

SAINT QUENTIN EN YVELINES

CONSTRUCTION D'UN LOTISSEMENT

Parcelle n°249P de la section AI

Rue Lapérouse

ELANCOURT (78)



ÉTUDE GEOTECHNIQUE PRELABLE
MISSION G1 ES + PGC

Rapport n°	Indice	Date	Établi par	Vérifié par	Nb pages	Modifications - Observations
NYy2023-04-60/1	0	29/6/2023	NY	CGB	21	-

SOMMAIRE

1. GENERALITES.....	3
1.1. Définition de l'opération	3
1.2. Mission demandée.....	3
1.3. Documents communiqués.....	3
1.4. Normes et références	4
2. DESCRIPTION SOMMAIRE DU SITE ET DU PROJET	5
2.1. Description du site	5
3. DESCRIPTION DU PROJET	8
4. SYNTHÈSE DOCUMENTAIRE DES DONNÉES EXISTANTES.....	9
4.1. Contextes géologique & hydrogéologique.....	9
4.2. Aléas naturels	10
5. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS	11
5.1. Campagnes d'investigations géotechniques.....	11
5.2. Synthèse lithologique et géomécanique des terrains traversés	12
5.3. Contexte hydrogéologique.....	15
5.4. Analyse en laboratoire	15
5.5. Synthèse des essais au pénétromètre dynamique.....	16
6. CONCLUSIONS ET APPLICATIONS AU PROJET.....	17
6.1. Synthèse géotechnique	17
6.2. Rappel du projet et des contraintes géotechniques.....	17
6.3. Principe de fondation	18
6.4. Sujétions vis-à-vis de l'eau souterraine	19
6.5. Terrassements	19
6.6. Sol du projet.....	19
7. MISSIONS COMPLÉMENTAIRES.....	20
8. ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS.....	20

ANNEXES

ANNEXE 1 : PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS IN-SITU

ANNEXE 2 : COUPES DES SONDAGES

ANNEXE 3 : ANALYSE EN LABORATOIRE

ANNEXE 4 : CLASSIFICATION ET SCHEMA D'ENCHAÎNEMENT DE LA NORME N F P 94-500 DE NOVEMBRE 2013

1. GENERALITES

1.1. Définition de l'opération

Maître d'Ouvrage : SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES
Commande : n° AM230103 du 27-04-2023
Projet : Construction d'un lotissement
Lieu : Parcelle n°249P de la section AI – Rue de Lapérouse – ELANCOURT (78)

1.2. Mission demandée

À la demande de SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES, BS CONSULTANTS a effectué une mission géotechnique dans le cadre du projet de réaménagement urbain pour la construction de maison individuelle, situés rue Lapérouse sur la commune d'ELANCOURT (78).

La mission concerne une étude géotechnique préalable – Missions G1 ES+PGC, selon la norme NF P94-500 de Novembre 2013.

Cette campagne a pour but de :

- établir une synthèse géotechnique et hydrogéologique sommaire du site ;
- évaluer et définir les aléas géotechniques ainsi que leurs incidences sur le projet d'aménagement ;
- définir les modes de fondations possibles et donner un encadrement des éléments de pré-dimensionnement ;
- définir les possibilités vis-à-vis des sols des projets ;
- donner les principales sujétions de conception et de réalisation des ouvrages géotechniques.

1.3. Documents communiqués

Il nous a été transmis par la Maître d'Ouvrage :

- le plan de situation du projet en date du 19/04/2023 établi par la Ville de Saint Quentin en Yvelines à l'échelle 1/5 000^{ème} ;
- Le plan de lotissement du site en date du 07/06/2022 établi par la Ville de Saint Quentin en Yvelines.

1.4. Normes et références

La présente étude est fondée sur les documents de références listés ci-après et généralement utilisés dans les études géotechniques :

- [1] NF P 94-500, 30 novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications ;
- [2] NF EN 1990, mars 2003 – Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures, et son annexe nationale NF EN 1990/NA de décembre 2011 ;
- [3] NF EN 1997 - 1, juin 2005 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'avril 2014 ;
- [4] NF EN 1997 – 1/NA : septembre 2018 – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'avril 2014 ;
- [5] NF EN 1997 - 2 septembre 2007 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais ;
- [6] NF P 94-261, juin 2013 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations Superficielles, et son amendement NF P 94-261/A1 du 12 octobre 2016 ;
- [7] NF DTU 13.1 - septembre 2019 - Travaux de bâtiment - Fondations superficielles,
- [8] NF P 94-262, juillet 2012 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes, et son amendement NF P 94-262/A1 de juillet 2018 ;
- [9] NF DTU 13.2 - mai 2020 - Travaux de bâtiment — Fondations Profondes,
- [10] NF EN 14199, septembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Micropieux ;
- [11] NF EN 1536+A1, novembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux forés ;
- [12] NF P 11-213-1, mars 2005 – DTU 13.3 – Dallage – Conception, calcul et exécution ;
- [13] NF P 94-282, mars 2009 - Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Écrans, et son amendement NF P 94-282/A1 de 2015 ;
- [14] Note CNJOG du 24 février 2014 – Prise en compte des niveaux d'eaux selon l'Eurocode 7 ;
- [15] NF EN 206 /CN+A1 de décembre 2014 – Béton — Spécification, performance, production et conformité.

2. DESCRIPTION SOMMAIRE DU SITE ET DU PROJET

2.1. Description du site

Le terrain objet de la présente étude se situe rue Lapérouse au sein de la ZAC des REAUX sur la commune de ELANCOURT (78).



Figure 1 : Localisation IGN de la zone d'étude

D'après les données à disposition sur le site internet geoportail.gouv.fr et notamment les données du plan topographique, l'altitude du terrain est estimée aux alentours des cotes 165-168 m NGF.

La zone d'étude s'inscrit dans un contexte de plateau.

A proximité de la zone des Réaux, en limite Est, un bassin de rétention des eaux pluviales (le bassin de la Boissière) a été réalisé avec l'aménagement de la Ville Nouvelle.

L'imperméabilisation des sols a nécessité la construction d'ouvrages de régulation permettant de limiter à des valeurs admissibles les débits de rejets en rivière.

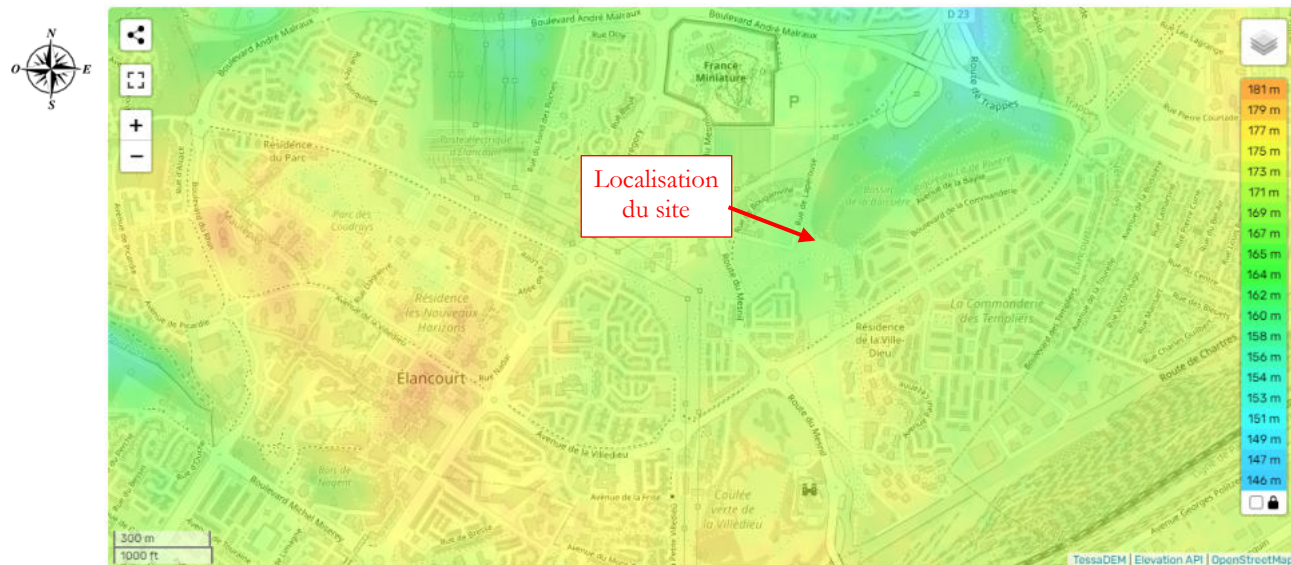


Figure 1 : Extrait de la topographie locale de la zone

Plus précisément, la zone d'étude intéresse la parcelle cadastrale n°249P de la section AI, d'une surface totale d'environ 7 157 m².

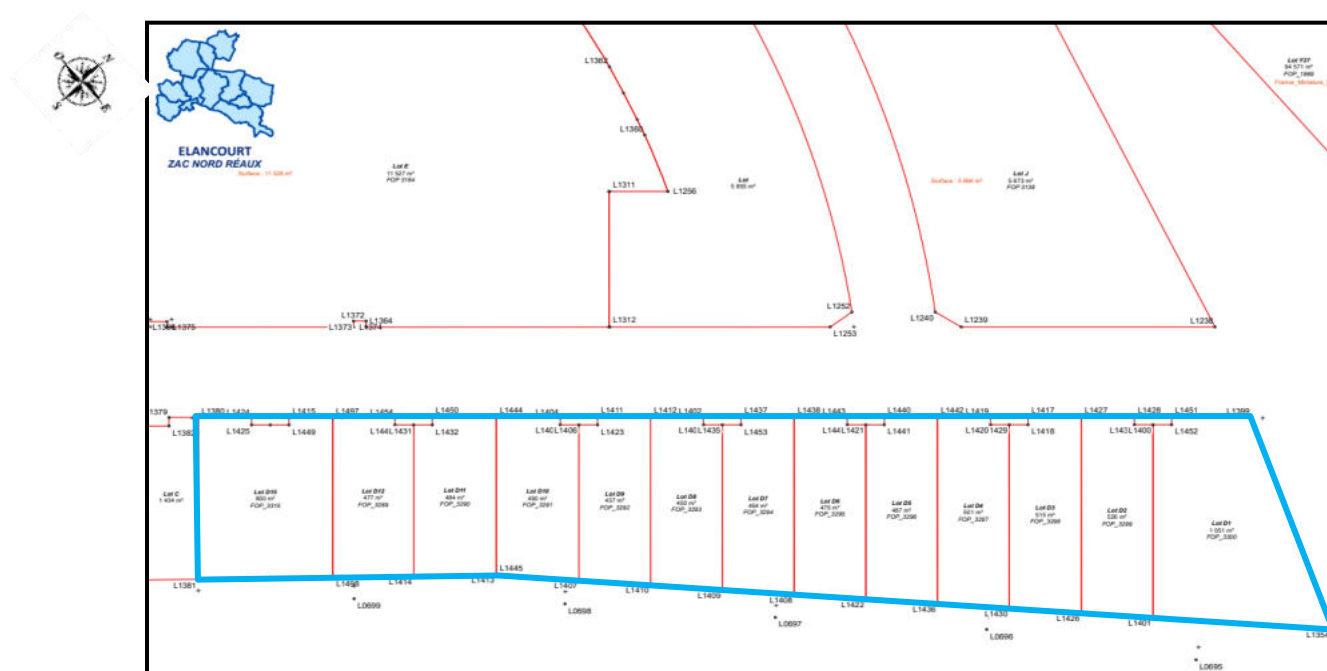


Figure 3 : Extrait du lot D objet de l'étude

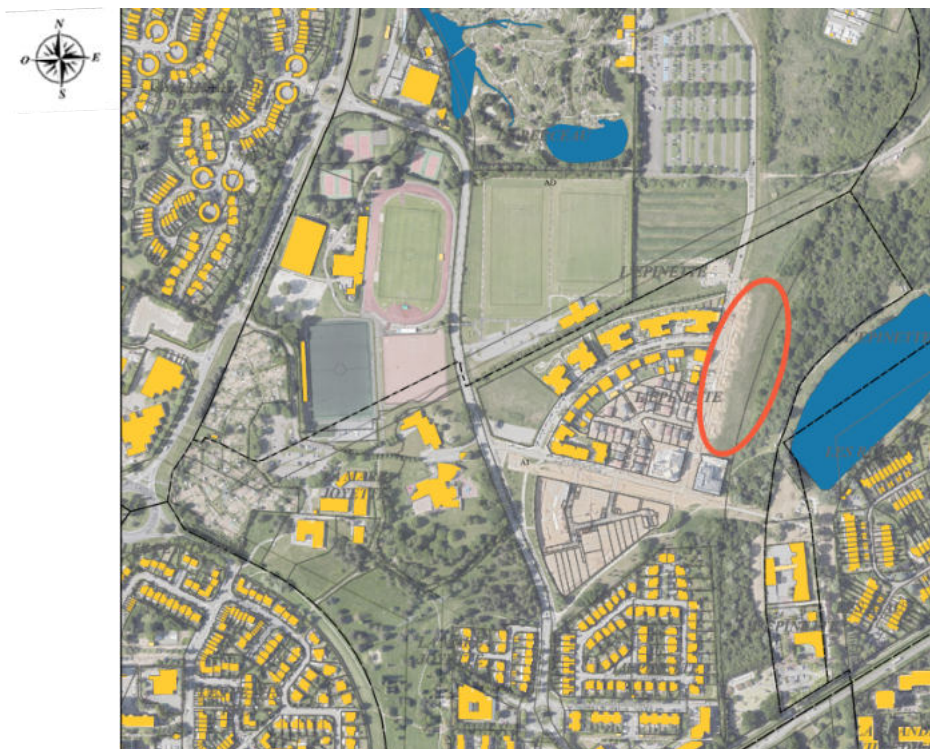


Figure 4 : Vue aérienne de la zone d'étude

Au moment de notre intervention en Mai 2023, le site correspondait à un espace en herbé libre de toute construction.

Jusqu'en 2012-2014, la zone d'étude correspondait à une zone agricole.



Figure 5 : Vue aérienne de la zone d'étude en 2012 et 2014

3. DESCRIPTION DU PROJET

À ce stade d'avancement des études, il est envisagé la construction de maisons individuelles sans sous-sol sur le lot D divisé en 15 parcelles.

Au moment de la rédaction du présent rapport, les caractéristiques précises et définitives du projet (combinaisons d'actions, plan de fondations, cote NGF du plancher bas...) ne nous ont pas été communiquées. Ainsi, notre étude gardera un caractère général préalable.

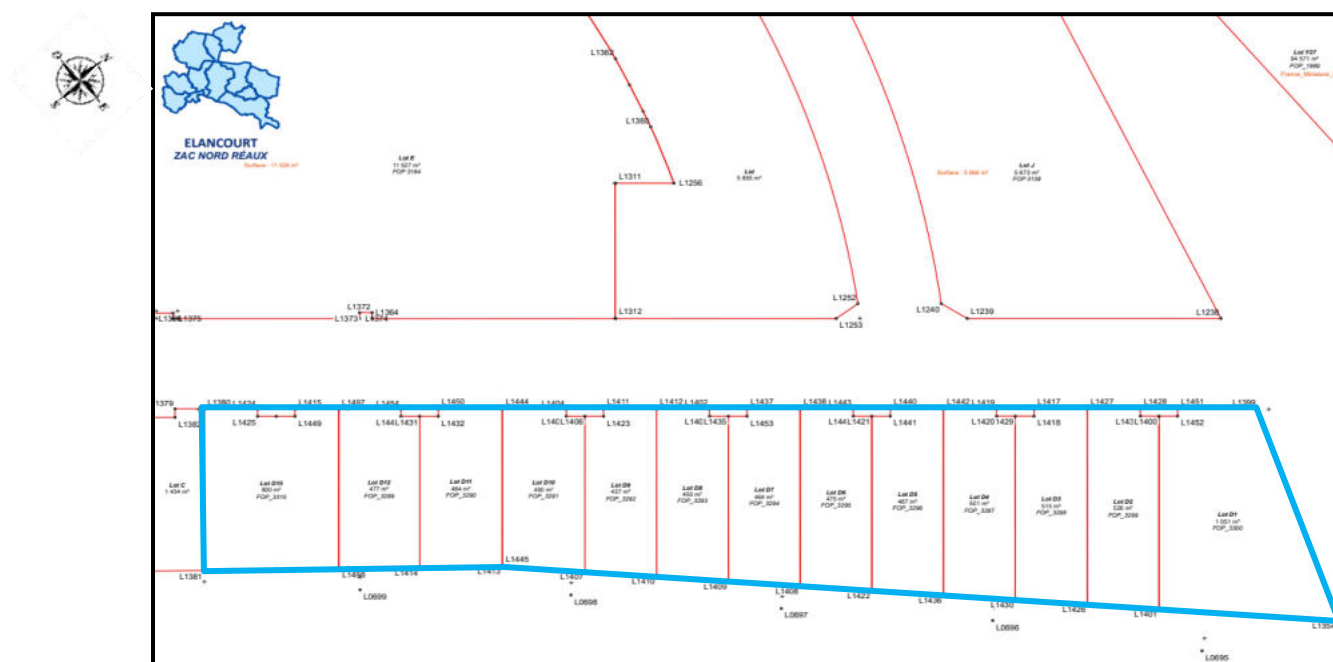


Figure 6 : Extrait des 15 parcelles à bâtir sur le lot D de la ZAC des Réaux

4. SYNTHÈSE DOCUMENTAIRE DES DONNÉES EXISTANTES

Afin de mener une telle synthèse, nous avons consulté les documents suivants :

- la carte topographique du secteur ;
- la carte géologique de la commune d'Elancourt,
- la banque de données du BRGM ;
- les documents de l'Inspection Générale des Carrières,
- les plans de prévention des risques :
 - d'inondations vis-à-vis de la nappe phréatique ;
 - retrait et gonflement d'argiles ;
 - liés à la sismicité.

4.1. Contextes géologique & hydrogéologique

D'après la carte du BRGM, feuille géologique de Rambouillet au 1/50 000^e éditée par le BRGM, les données du secteur et notre expérience locale, la succession lithologique attendue au droit de la zone d'étude est la suivante :

- Formations de surface : terre végétale et/ou remblais d'aménagements,
- Limon des Plateaux (LP),
- Argiles à Meulière de Montmorency (g2b2),
- Sables et Grès de Fontainebleau (g2a2) ;
- Marnes à Huîtres.

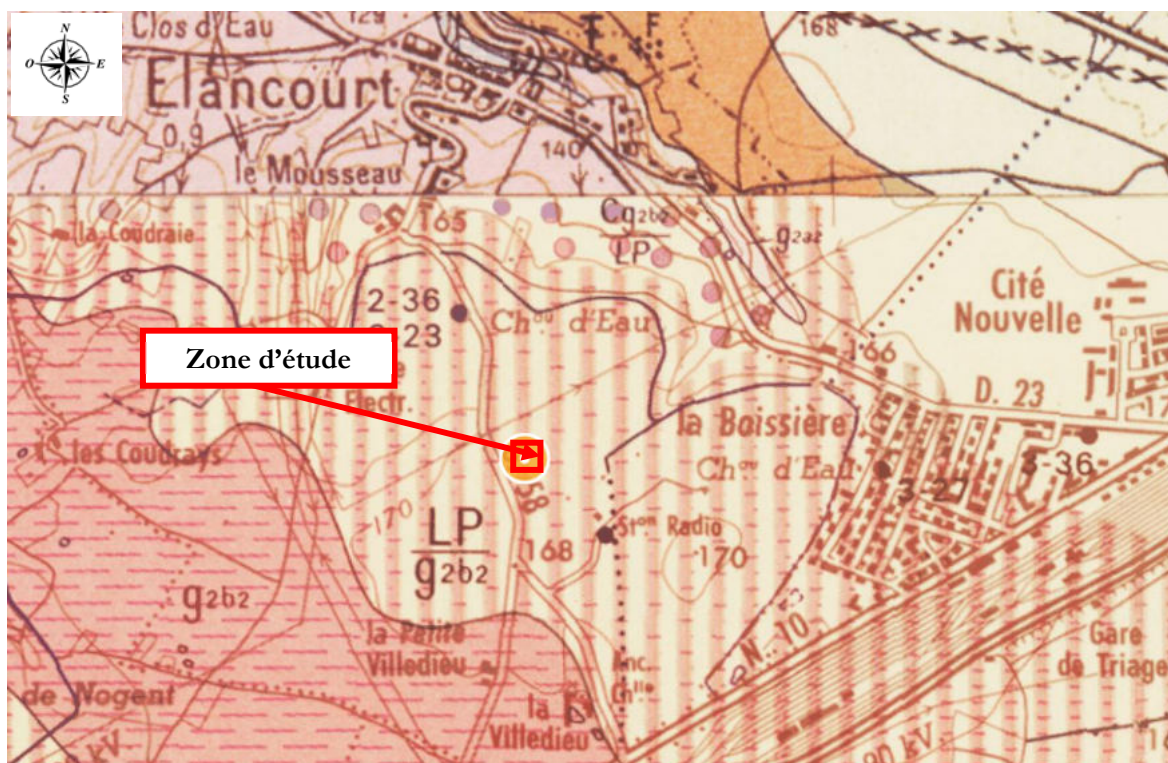


Figure 7 : Extrait de la carte géologique de Rambouillet au 1/50 000^e (BRGM)

D'un point de vue hydrographique, le projet se situe à proximité du Ru d'Elancourt qui s'oriente du Sud-Est vers le Nord-Ouest et conflue avec la Mauldre à Jouars-Pontchartrain.

Dans ce secteur, la nappe phréatique se situe normalement en profondeur, à la base des Sables de Fontainebleau.

En revanche, en période climatique humide, des circulations et accumulations d'eau peuvent se produire au sein des terrains superficiels ou à l'interface « Limons des Plateaux/Argiles à meulrières », à la faveur des passages les plus perméables.

4.2. Aléas naturels

En ce qui concerne les aléas géologiques, d'après les informations recueillies sur les cartes de l'IGC et sur le site internet **georisques.gouv.fr**, le site se trouve :

- En **aléa fort** concernant le phénomène de retrait-gonflement des argiles ;

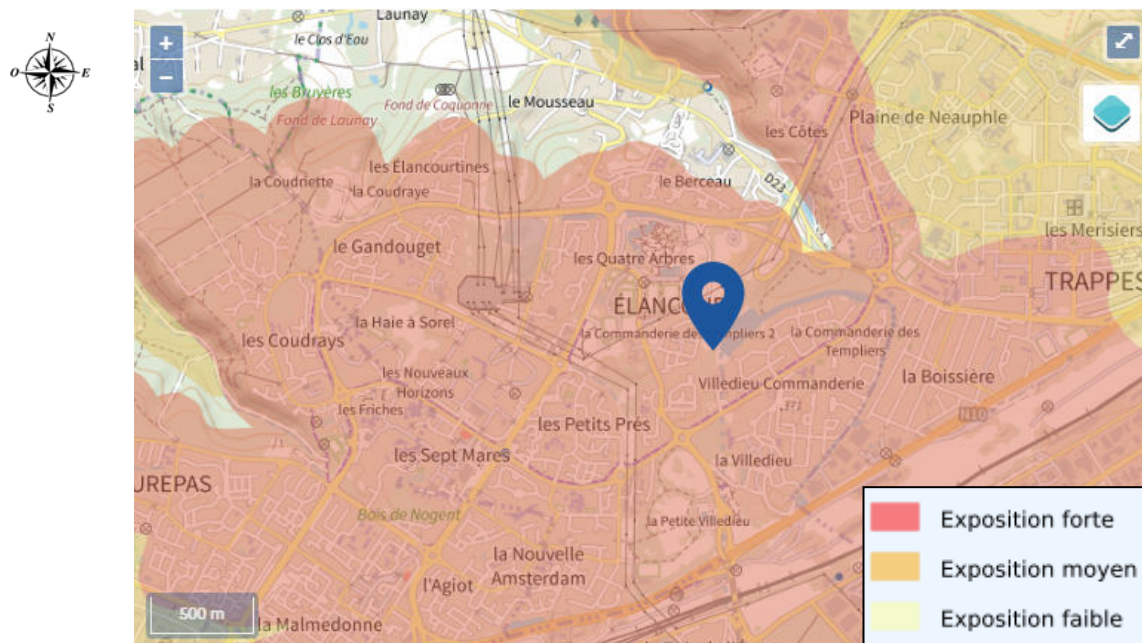


Figure 8 : Extrait de la carte d'aléa vis-à-vis du gonflement/retrait des argiles (source : BRGM)

- En dehors de zones connues de carrières souterraines et/ou à ciel ouvert ;
- A priori en dehors des zones concernées par le risque d'inondation par débordement d'un cours d'eau (absence de PPRI) ;
- En zone de sensibilité faible vis-à-vis du risque de remontée de nappe ;
- En-dehors des zones à risque vis-à-vis du phénomène de dissolution du Gypse Anteludien.
- En aléa très faible, soit en zone 1, vis-à-vis de la prévention du risque sismique et au sens des décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010. Aucune préconisation n'est demandée en aléa très faible.

5. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS

5.1. Campagnes d'investigations géotechniques

La campagne de sondage s'est déroulée du 30 janvier au 06 février 2023. La liste des sondages et essais in situ sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Sondages	Désignation	Prof. (m)	Commentaires
4 sondages pressiométriques	SP1+PZ	10	7 essais pressiométriques+ équipé d'un tube piézométrique PVC Ø52/60 mm lisse de 0 à 2 m et crépiné de 2 à 10 m
	SP2	10	7 essais pressiométriques
	SP3+PZ	10,3	7 essais pressiométriques+ équipé d'un tube piézométrique PVC Ø52/60 mm lisse de 0 à 2 m et crépiné de 2 à 10 m
	SP4	10	7 essais pressiométriques
7 sondages à la tarière	TH1	5	Prélèvement d'échantillons tous les mètres
	TH2	5	Prélèvement d'échantillons tous les mètres
	TH3	5	Prélèvement d'échantillons tous les mètres
	TH4	5	Prélèvement d'échantillons tous les mètres
	TH5	5	Prélèvement d'échantillons tous les mètres
	TH6	5	Prélèvement d'échantillons tous les mètres
	TH7	5	Prélèvement d'échantillons tous les mètres
7 essais au pénétromètre	PD1	4,1	Refus
	PD2	2,8	Refus
	PD3	3,4	Refus
	PD4	2,5	Refus
	PD5	1,9	Refus
	PD6	2,4	Refus
	PD7	4,3	Refus

Les sondages pressiométriques ont été réalisés en destructif au tricône de diamètre Ø 66 mm par l'intermédiaire d'un atelier de sondage de type SOCOMAFOR 50.

Nous rappelons qu'il s'agit de sondages géotechniques dont l'objectif n'est ni de détecter, ni de quantifier d'éventuelles pollutions des sols et de l'eau, un rapport de pollution est prévu à cet effet.

Les profils pressiométriques obtenus ont également été reportés en annexe. Sur ces profils, ont été portés en fonction de la profondeur, (échelle verticale du 1/100^{ème}) les renseignements suivants :

- La nature des terrains telle qu'elle apparaît au travers des cuttings,
- L'interprétation géologique,
- Le mode de forage et le type de sonde utilisée,
- La pression limite du sol exprimée en MPa (1 bar = 0.1 MPa),
- Le module de déformation pressiométrique exprimé en MPa également.

Les essais pressiométriques ont été conduits conformément à la norme NF EN ISO 22476-4 de mars 2016.

Afin de déterminer plus précisément la position des niveaux décomprimés, le forage pressiométrique a fait l'objet d'un enregistrement en continu des paramètres de forage :

- Via : vitesse d'avance de l'outil (en m/h)
- Po : pression sur l'outil (en bar)
- Pi : pression d'injection (en bar)
- Cr : couple de rotation (en bar)

Les investigations in-situ n'ont pas été nivelées et aucun plan topographique de la zone d'étude ne nous a été fournis. Les profondeurs sont exprimées à partir de la tête des sondages, réalisés depuis le terrain actuel (TA), lors de notre intervention. Si besoin est, les têtes des sondages pourront être rattachées au système NGF par le géomètre-expert du projet.

5.2. Synthèse lithologique et géomécanique des terrains traversés

Les coupes de sol et les limites des couches présentées sur les sondages pressiométriques et destructifs enregistrés (voir annexe) sont établies à partir des cuttings remontés à la surface et le fluide de forage, quand il n'y a pas perte d'injection totale.

Cette méthode est approximative et ne permet pas une précision équivalente à celle d'un sondage carotté. Cela dit, les sondages réalisés nous permettent d'établir la coupe approchée suivante au droit du projet.

- Limons et Argiles limoneuses

Des limons sableux et des argiles limoneuses, de couleur marron à brun avec présence de cailloutis calcaires ont été rencontrés jusque vers 1,2/2,6 m de profondeur environ selon les sondages.

Nous rappelons que les formations limoneuses peuvent présenter des surépaisseurs. De plus, les limons sont des matériaux sensibles à l'eau dans la mesure où ils sont susceptibles de perdre toute consistance pour une faible augmentation de leur teneur en eau.

Bien que nous n'ayons pas observé au droit de nos sondages, nous rappelons que les remblais peuvent être présents en-dehors de nos points de sondages et présenter des surépaisseurs localisées en fonction des aménagements passés du terrain et renfermer tout aussi bien des niveaux indurés de toutes dimensions que des passages complètement décomprimés. En fonction des différents aménagements passés du site, la présence d'éléments enterrés (anciennes fondations, anciens équipements, réseaux enterrés etc...) ne peut être exclue.

Les essais pressiométriques (5 essais) pratiqués dans ce complexe lithologique, mettent en évidence des matériaux de faible compacité, compressibles comme indiquées ci-dessous :

Données	Valeur minimale	Valeur maximum	Moyenne arithmétique	Moyenne harmonique	Ecart type
Pression limite (MPa)	0,35	0,82	0,51	-	0,18
Module pressiométrique (MPa)	6,7	13,5	-	8,9	3,2

- Argiles à Meulière

Sous les matériaux précédents, des argiles limoneuses légèrement sableuses avec des blocs à meulière indurée, de couleur orangé à marron clair ont été rencontrées au-delà d'environ 1,2/2,6 m de profondeur, soit jusque vers et jusque vers 7,0/8,5 m de profondeur environ, soit vers NGF.

Nous insistons sur la possibilité de rencontrer des blocs de meulière particulièrement résistants, de toute dimension, au sein de cette formation. Par ailleurs cette formation est susceptible de présenter une forte hétérogénéité et ainsi renfermer des niveaux argileux voire sableux altérés. Cette formation est connue pour l'irrégularité de ses faciès.

Les essais pressiométriques (18 essais) pratiqués dans ce complexe lithologique, mettent en évidence des matériaux de compacité moyenne à bonne, comme indiquées ci-dessous :

Données	Valeur minimale	Valeur maximum	Moyenne arithmétique	Moyenne harmonique	Ecart type
Pression limite (MPa)	0,51	3,71	1,49	-	0,87
Module pressiométrique (MPa)	5,1	55,7	-	18,1	12,1

- Sables de Fontainebleau

Sous les argiles à meulière, soit à partir de 7,0/8,5 de profondeur, nous rencontrons des sables et sables argileux de couleur jaune-beige jusqu'à la base des sondages dont le plus profond a été arrêté vers 10 m de profondeur

Cette formation se rattache aux toits des Sables et Grès de Fontainebleau (zone de transition argiles à meulière et sables), dont la puissance peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. Ces matériaux peuvent contenir des niveaux de grès indurés ainsi que des passages très denses.

Les 5 essais pressiométriques effectués dans cette formation mettent en évidence des matériaux de denses avec des valeurs pressiométriques moyennes à bonnes, comme indiquées ci-après dans l'analyse des mesures effectuées :

Données	Valeur minimale	Valeur maximum	Moyenne arithmétique	Moyenne harmonique	Ecart type
Pression limite (MPa)	1,54	3,23	2,39	-	0,60
Module pressiométrique (MPa)	18,2	>36,4	-	>22,8	Non significatif

Afin d'établir une synthèse des essais pressiométriques réalisés sur l'ensemble du site, nous insérons sur les figures ci-après une répartition des pressions limites et des modules pressiométriques (Valeurs de PI^* et E_M) en fonction de la profondeur.

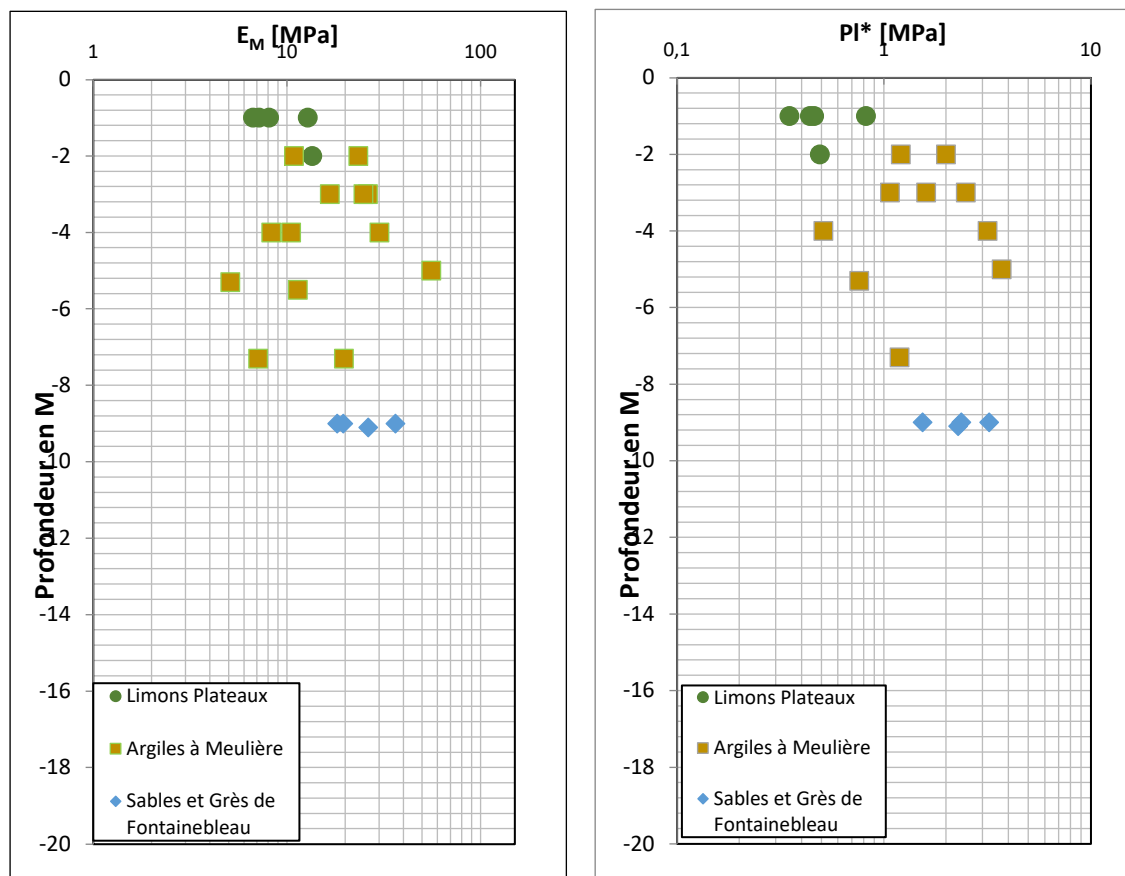


Figure 7 : Répartition des modules pressiométriques et des pressions limites mesurés en fonction de la profondeur en (m)

5.3. Contexte hydrogéologique

Deux piézomètres ont été installés sur site au droit des sondages. Les équipements piézométriques ont été réalisés avec une crépine de 2,0 à 10,0 m de profondeur.

Deux relevés ont été effectués. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	24/05/2023	05/06/2023
	Profondeur du niveau d'eau [m/TN]	
Pz1	2,20*	9,92**
Pz3	5,90*	8,27**

* niveau non stabilisé

** eau en fond de forage probable

Ainsi, des niveaux d'eau ont été rencontrés vers 8,3/9,9 m de profondeur en juin 2023 (probablement des accumulations d'eau au fond des piézomètre).

Néanmoins, comme indiqué précédemment, des circulations et accumulations d'eau peuvent se produire au sein des terrains superficiels ou à l'interface « limons/Argile à Meulière » ainsi qu'au sein des argiles à meulière, à la faveur des passages les plus perméables.

5.4. Analyse en laboratoire

Il s'agit exclusivement d'identification des sols selon le GTR. En totalité, des analyses ont été effectuées sur six échantillons de sols prélevés au droit des sondages exécutés à la tarière de TH1 à TH6. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Sondage	Profondeur m/TA	Description de l'échantillon	Teneur en eau wn [%]	Essai granulométrique		Limite d'Atterberg				VBS	Classe GTR
				Dmax mm	Tamisé Ø80µm [%]	WL	WP	Ip	Ic		
TH1	0,5 - 2,25	Limons de plateaux	18,9	20,0	73,1	47,9	23,4	24,5	-	-	A ₂
TH2	0,0 – 1,7	Limons de plateaux	18,0	18,0	90,4	-				1,67	A ₁
TH3	1,5 – 3,9	Argiles à Meulière	18,8	8,0	84,5	47,6	23,4	24,2	-	-	A _{2m}
TH4	0,4 – 3,1	Argiles à Meulière	21,2	20,0	65,8	83,8	26,0	57,8	1,13	-	A ₄
TH5	2,6 – 4,5	Argiles à Meulière	21,9	10,0	76,3	86,5	26,0	57,8	-	-	A ₄
TH6	3,5 – 4,8	Argiles à Meulière	33,0	15,0	90,4	97,2	30,6	66,6	0,93	-	A ₄

D'après ces résultats, les Limons de Plateaux sont constitués de matériaux classés selon le GTR en A₁ / A₂, soit des sols argileux plus ou moins plastiques. Ce type de sols est moyennement sensible aux variations de la teneur en eau et généralement peu sensible au phénomène retrait-gonflement. Argiles à Meulière sont composés de matériaux classés selon le GTR en A₄. Il s'agit de matériaux très argileux, fortement sensibles à la variation hydrique et au phénomène de retrait-gonflement.

5.5. Synthèse des essais au pénétromètre dynamique

Les diagrammes de pénétration dynamique présentent les valeurs de la résistance dynamique de pointe (R_d) en fonction de la profondeur, à partir du terrain naturel actuel.

A partir des pénétrogrammes, la compacité relative des terrains a été déterminée.

Les valeurs de résistance dynamique (R_d) mesurées peuvent être interprétées de la façon suivante :

R_d (MPa)	Compacité
0	Nulle
0 à 2	Très faible
2 à 4	Médiocre
4 à 8	Moyenne
>8	Élevée

Ainsi, les 7 essais au pénétromètre dynamique lourd ont mis en évidence les caractéristiques suivantes :

Profondeur	PD1	PD2	PD3	PD4-1	PD4-2	PD5	PD6	PD7
0-0,5 m								
0,5-1 m				refus				
1-1,5 m								
1,5-2 m								
2-2,5 m					refus	refus		
2,5-3 m		refus					refus	
3-3,5 m								
3,5-4			refus					
4-4,5	refus							refus

L'ensemble des essais mettent en évidence des terrains de compacité globalement médiocre jusque vers 1 à 2 m de profondeur environ, puis moyenne à élevée au-delà et jusqu'à la rencontre de refus observés entre 2 à 4 m de profondeur, ceci démontre la présence des blocs à meulière indurée et de faciès hétérogène.

6. CONCLUSIONS ET APPLICATIONS AU PROJET

6.1. Synthèse géotechnique

Suite à notre campagne d'investigation réalisée, il en ressort que le contexte géotechnique identifié successivement au droit du projet est le suivant :

- ❖ Des limons argileux (Limon des Plateaux), de faible à médiocre compacité, ont été rencontrés jusque vers 1,2/2,6 m de profondeur de profondeur.

Nous rappelons que les formations limoneuses peuvent présenter des surépaisseurs. De plus, les limons sont des matériaux sensibles à l'eau dans la mesure où ils sont susceptibles de perdre toute consistance pour une faible augmentation de leur teneur en eau.

Par ailleurs, il n'est pas exclu qu'une partie de ces limons corresponde à des remblais. Nous rappelons aussi que les remblais peuvent renfermer aléatoirement tant des niveaux indurés de toutes dimensions que des passages totalement décomprimés.

Ces matériaux peuvent présenter localement des épaisseurs variables (surprofondeurs possibles) selon la présence de réseaux enterrés, l'historique du site et notamment au droit et aux abords des anciennes constructions ;

- ❖ Des argiles plus ou moins sableuses, de compacité moyenne à bonne renfermant des blocs à meulière très indurés de manière aléatoire (Argiles à Meulière), rencontrées jusque vers 7,0/8,5 m de profondeur ;
- ❖ Des sables plus ou moins argileux, de bonne compacité, ces matériaux peuvent contenir des niveaux de grès indurés ainsi que des passages très denses, ils sont rencontrés jusqu'à la base des sondages volontairement arrêtés vers 10,0 m de profondeur.

Des niveaux d'eau stabilisé non représentatif (accumulation en fond de piézomètre) ont été rencontrés des 8,3/9,9 m de profondeur en juin 2023.

Cependant, comme indiqué précédemment, des circulations et accumulations d'eau peuvent se produire au sein des terrains superficiels ou à l'interface « limons/Argile à Meulière », à la faveur des passages les plus perméables en période climatique pluvieuse.

6.2. Rappel du projet et des contraintes géotechniques

Nous rappelons qu'à ce stade d'avancement des études, il est envisagé la construction de maisons individuelles sans sous-sol sur le lot D divisé en 15 parcelles.

Au moment de la rédaction du présent rapport, les caractéristiques précises et définitives du projet (combinaisons d'actions, plan de fondations, cote NGF du plancher bas...) ne nous ont pas été communiquées. Ainsi, notre étude gardera un caractère général préalable.

Nous retiendrons donc par la suite que le niveau du plancher bas fini sera établi approximativement au même niveau que celui du terrain naturel existant.

Les principales contraintes géotechniques pour le projet sont liées à la présence :

- de matériaux limoneux de compacité limitée jusqu'à 1,2/2,6 m de profondeur ;
- de matériaux argileux potentiellement sensibles aux variations de la teneur en eau et potentiellement sensibles au phénomène de retrait-gonflement ;
- aléatoire de blocs très indurés et de toute dimension au sein des Argiles à Meulière.

6.3. Principe de fondation

Dans ce contexte, pour un projet ne prévoyant pas de niveau enterré, on pourra s'orienter vers l'un des systèmes de fondations suivants :

- fondations superficielles de type semelles filantes armées et rigidifiées (linéarisation des charges), ancrées au-delà des remblais et terrains remaniés, dans les limons et argile limoneuses reconnus jusqu'à 1,2/2,6 m de profondeur environ.

La mise en œuvre de semelles isolées est à proscrire dans la mesure où ce type de fondation est plus sensible vis-à-vis des tassements différentiels.

- fondations de type semelles filantes et/ou isolée avec rattrapage en gros béton ou par l'intermédiaire de puits béton, ancrées dans les argiles à meulière reconnues à partir d'environ 1,2/2,6 m de profondeur, au-delà des limons et terrains remaniés.

En première approche, et sous réserve de sondages spécifiques et complémentaires dans le cadre de la mission G2-AVP, la contrainte de calcul à l'ELS sera comprise dans l'encadrement suivant, pour une charge verticale centrée :

Dans les limons et argiles limoneuses reconnus jusqu'à 1,2 et 2,6 m de profondeur :

$$0,10 \text{ MPa} \leq q'_{\text{ELS}} \leq 0,15 \text{ MPa}$$

Rappel : 0,1 MPa = 1 bar = 10 t/m²

Dans les Argiles à Meulière de Montmorency au-delà de 1,2/2,6 m de profondeur :

$$0,25 \text{ MPa} \leq q'_{\text{ELS}} \leq 0,45 \text{ MPa}$$

Rappel : 0,1 MPa = 1 bar = 10 t/m²

Remarque :

Elle pourra être précisée qu'à l'issue de l'étude géotechnique de conception (G2). En fonction des charges prévisionnelles du projet, la fourchette basse de l'encadrement de la contrainte de calcul pourrait être insuffisante (suivant l'élévation du projet et sa conception). Dans ce cas, il conviendra de prévoir un système de fondations profondes.

6.4. Sujétions vis-à-vis de l'eau souterraine

Seuls des niveaux d'eau retenus à la base des piézomètres ont été mesurés vers 8,3/9,9 m de profondeur en juin 2023 (niveau d'eau non significatifs).

Nous rappelons néanmoins que des accumulations et circulations d'eau anarchiques piégées à l'interface limons/argiles à meulière et dans les argiles à meulière sont à attendre en période climatique humide.

En phase provisoire, des moyens de pompage pourraient s'avérer nécessaires pour capter les eaux météoriques et/ou les circulations d'eau pouvant s'accumuler en fond de fouille. Le dispositif de pompage nécessitera alors un raccordement à un exutoire efficace.

Compte-tenu des profondeurs à atteindre pour la réalisation des fondations, il conviendra de prévoir un système de pompage adapté, permettant de procéder à l'assèchement des fouilles de fondation en cas de venues d'eau.

Des problèmes de traficabilité seront probables, nécessitant la mise en oeuvre de dispositions spécifiques (plateforme en matériaux d'apport, etc...).

Le projet ne prévoyant pas de niveau enterré, il n'y a pas de sujétion particulière concernant la phase définitive du projet.

Les eaux de ruissellement superficiel ne devront pas être dirigées vers les façades de la construction projetée et devront être évacuées de manière efficace.

6.5. Terrassements

En cas d'instabilité des fouilles de fondations, un blindage pourra s'avérer nécessaire,

Les déblais pourront être réalisés avec une pelle mécanique de bonne puissance jusqu'au niveau de fond de fouille. Il n'est toutefois pas à exclure la présence de niveaux indurés dans les terrains en place ou dans d'éventuelles remblais non rencontrés lors de nos sondages, pouvant ponctuellement nécessiter le recours à des engins désagrégateurs de type BRH.

L'étude de la stabilité des ouvrages mitoyens et avoisinants au cours de l'exécution des fouilles nécessite l'examen détaillé des constructions existantes et l'analyse des infrastructures du projet définitif. En tout état de cause, il est exclu de réaliser un terrassement ou des fondations sans assurer la stabilité des ouvrages mitoyens par un dispositif adapté pour interdire tout mouvement quelle que soit la phase de mise en oeuvre du projet.

Nous rappelons que dans tous les cas, il est exclu de réaliser un terrassement sans assurer la stabilité des ouvrages mitoyens et existants par un dispositif adapté, pour interdire tout mouvement, même en phase provisoire. On exclura des solutions techniques pouvant induire des efforts parasites sur les structures avoisinantes.

6.6. Sol du projet

En première approche, les sols des maisons individuelles sans sous-sol sera traité sur plancher porté sur vide sanitaire ou sur Biocofra de manière à s'affranchir du remaniement des terrains superficiels et des risques vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

7. MISSIONS COMPLEMENTAIRES

Le présent dossier constitue une étude préliminaire du site qu'il conviendra de compléter par une mission géotechnique de type G2 AVP conformément à l'enchaînement des missions géotechniques la norme NF-P 94 500 de novembre 2013 et en fonction de l'état d'avancement du projet. Cette mission permettra de dimensionner des fondations, déterminer la susceptibilité du sol vis-à-vis de l'aléa retrait-gonflement des argiles superficielles et déterminer le type de béton à utiliser pour les fondations.

8. ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS

1. Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéités locales) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
2. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager BUREAU SOL CONSULTANTS.
3. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « Présentation » du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à BUREAU SOL CONSULTANTS afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
4. De même des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple dissolutions, cavités, hétérogénéités localisées, venues d'eau etc...) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
5. Il est rappelé que les missions G1 devront être poursuivies par des missions G2AVP, G2 PRO G2 DCE/ACT, voire par des missions spécifique G5, puis G3 et G4 (études et suivis d'exécution des ouvrages géotechniques) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages. BS CONSULTANTS se tient à la disposition du maître d'œuvre pour la réalisation de ces missions.

Les Ulis, le 29 Juin 2023

N. YOUOGO

Ingénieur géotechnicien
rédacteur



C. GOUJON-BELLEVUE

Ingénieur géotechnicien relecteur



Annexe 1 : Implantation des sondages

DOSSIER : NYy2023-04-60

CLIENT : SQY

CHANTIER : Rue Lapérouse – ELANCOURT (78)

IMPLANTATION SCHEMATIQUE DES INVESTIGATIONS IN-SITU



Légende :

SP : Sondage pressiométrique

PD : Pénétromètre dynamique

PZ : Piézomètre

TH : Sondage à la tarière



Annexe 2 : Coupes de sondages

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date : 22/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

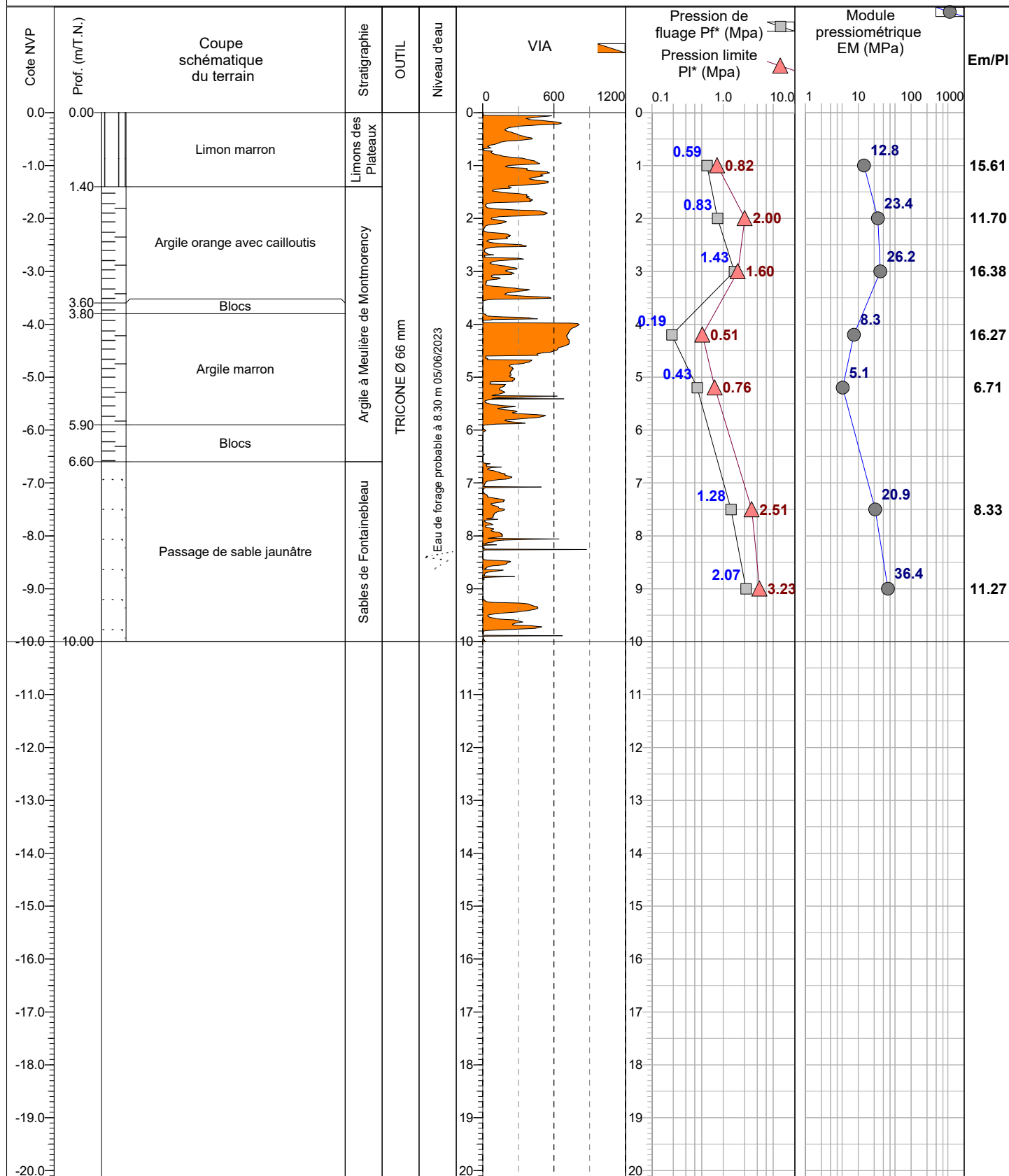
Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 10.00 m

Echelle : 1 / 100

Page : 1 / 1

Remarque : Forage équipé d'un piezomètre Ø 52/60 mm jusqu'à 10 m. Tube lisse de 0 à 2 m. Tube crépiné de 2 à 10 m.



Date : 22/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 10.00 m

Echelle : 1 / 100

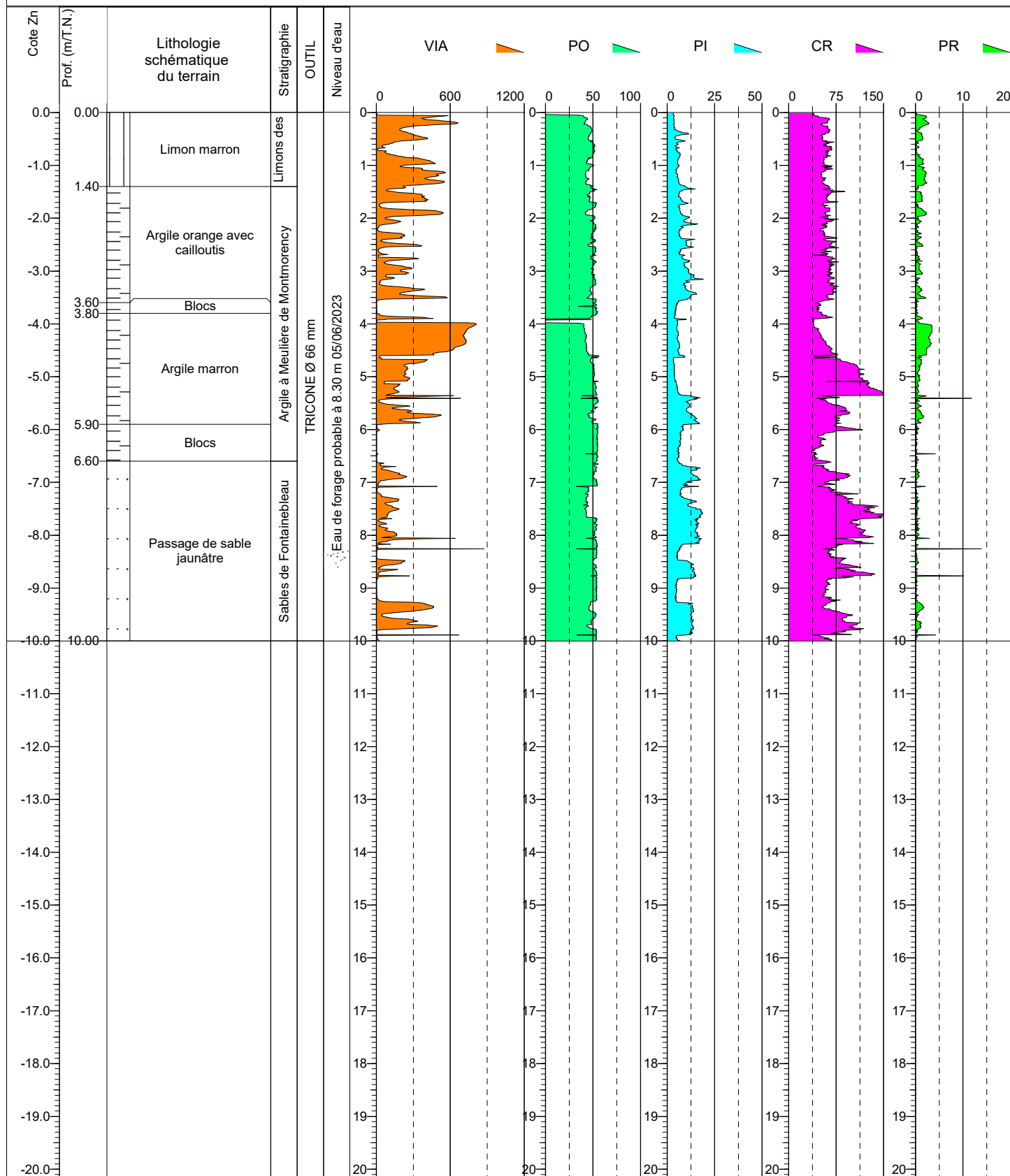
Page : 1 / 1

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque : Forage équipé d'un piezomètre Ø 52/60 mm jusqu'à 10 m. Tube lisse de 0 à 2 m. Tube crépiné de 2 à 10 m.



Date : 22/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 2.27 m

Echelle : 1 / 100

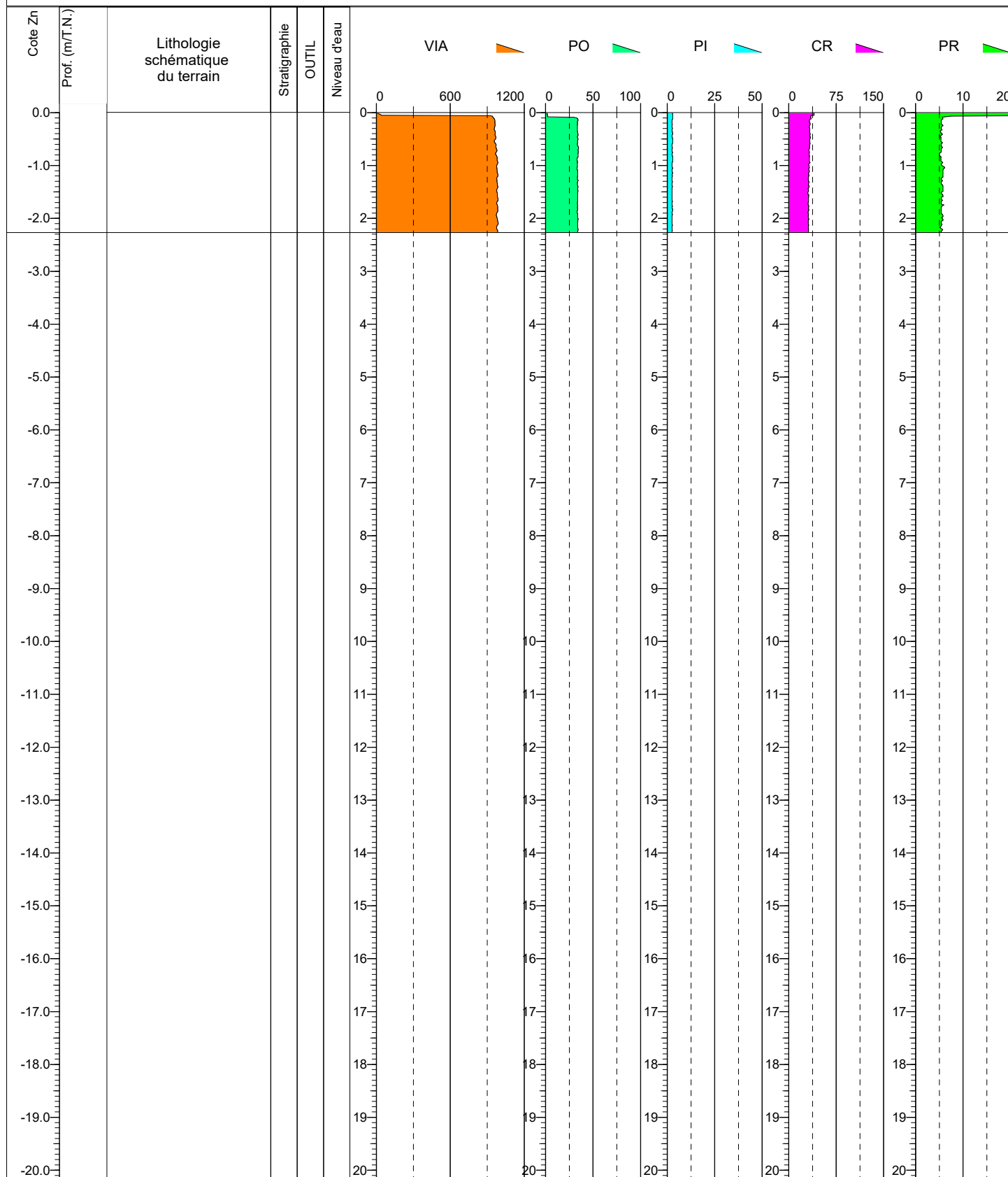
Page : 1 / 1

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque :



Date : 23/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 10.00 m

Echelle : 1 / 100

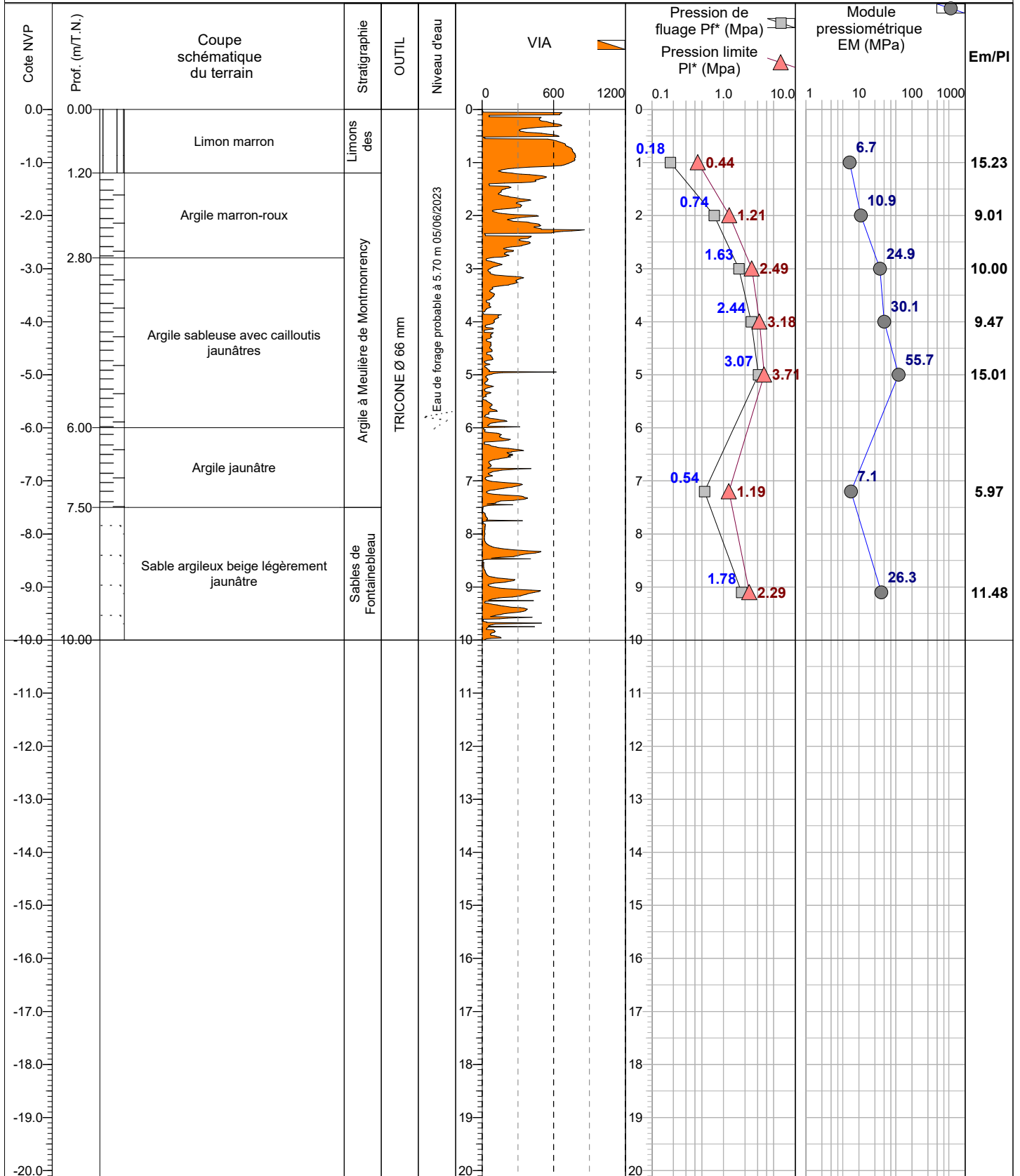
Page : 1 / 1

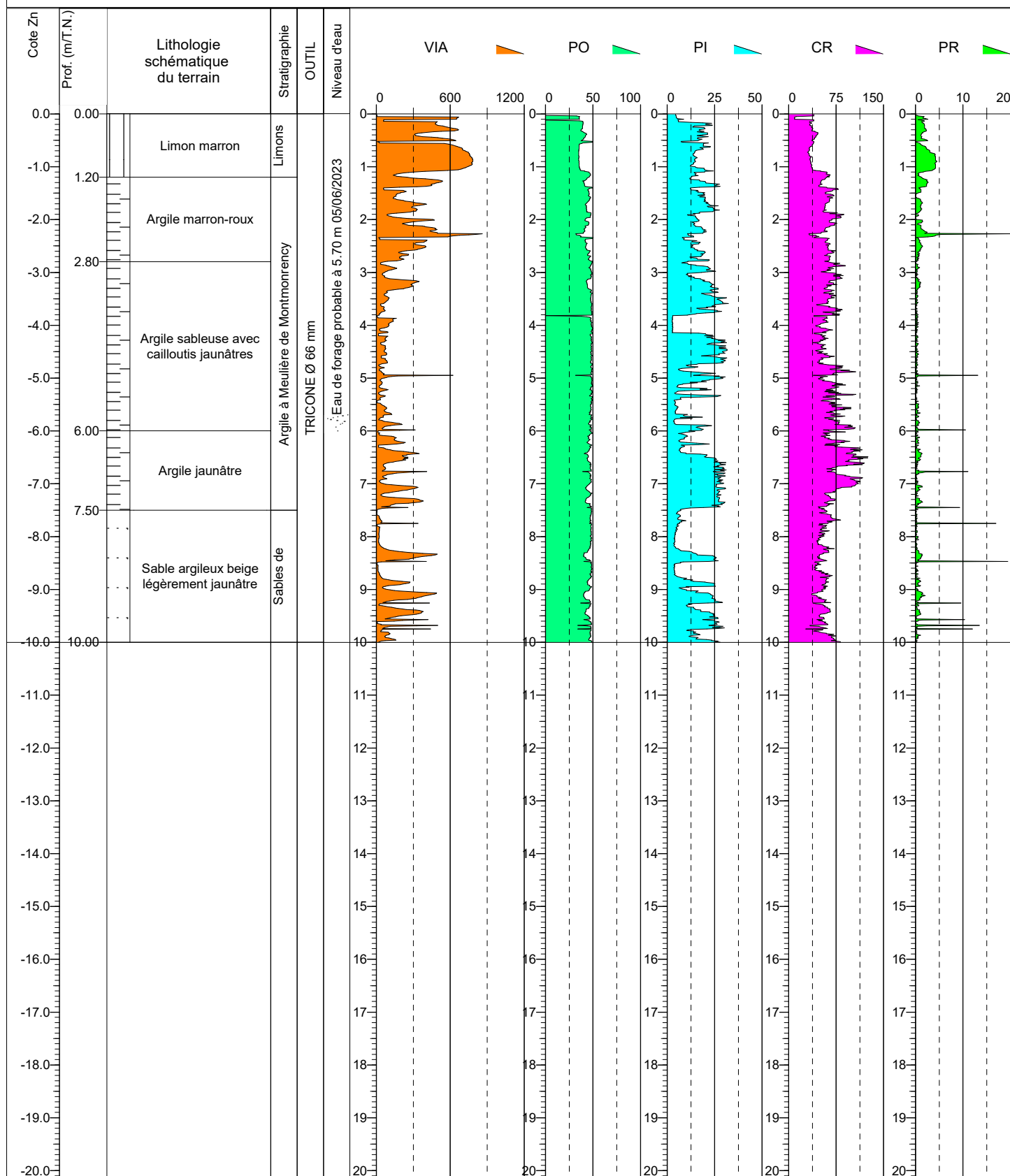
SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque :





Date : 23/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 2.27 m

Echelle : 1 / 100

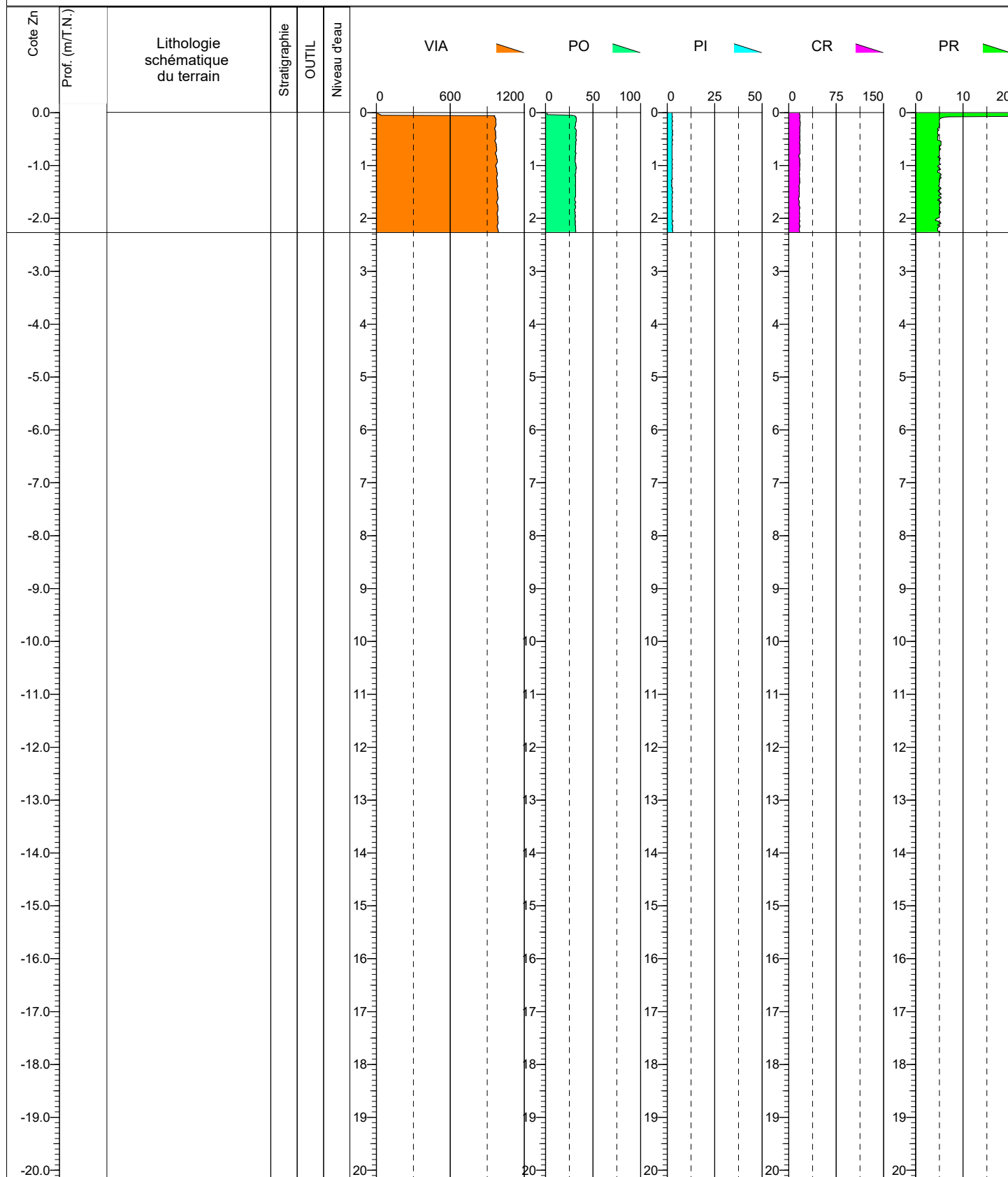
Page : 1 / 1

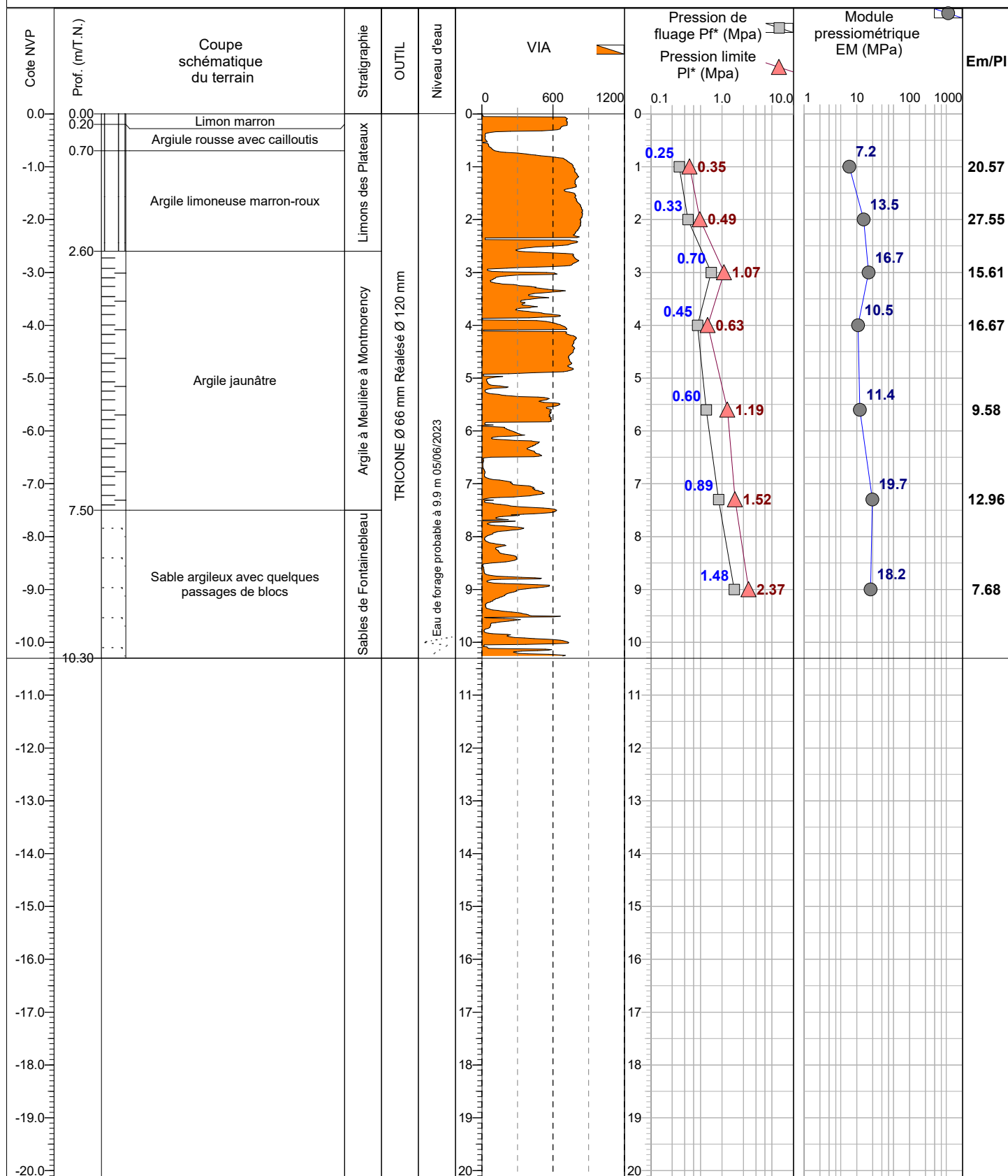
SITE : ELANCOURT (78)

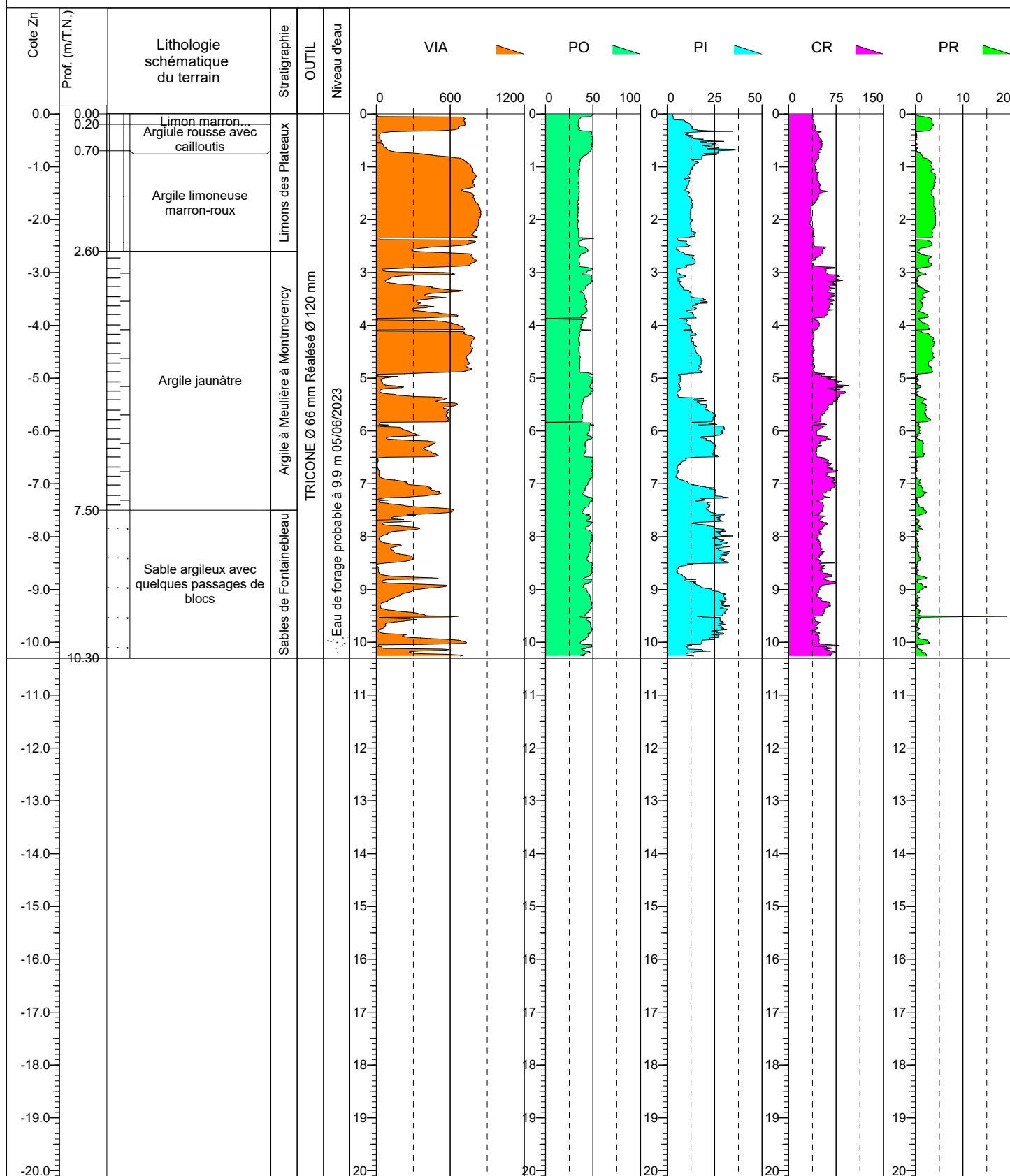
ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque :







Date : 25/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 10.02 m

Echelle : 1 / 100

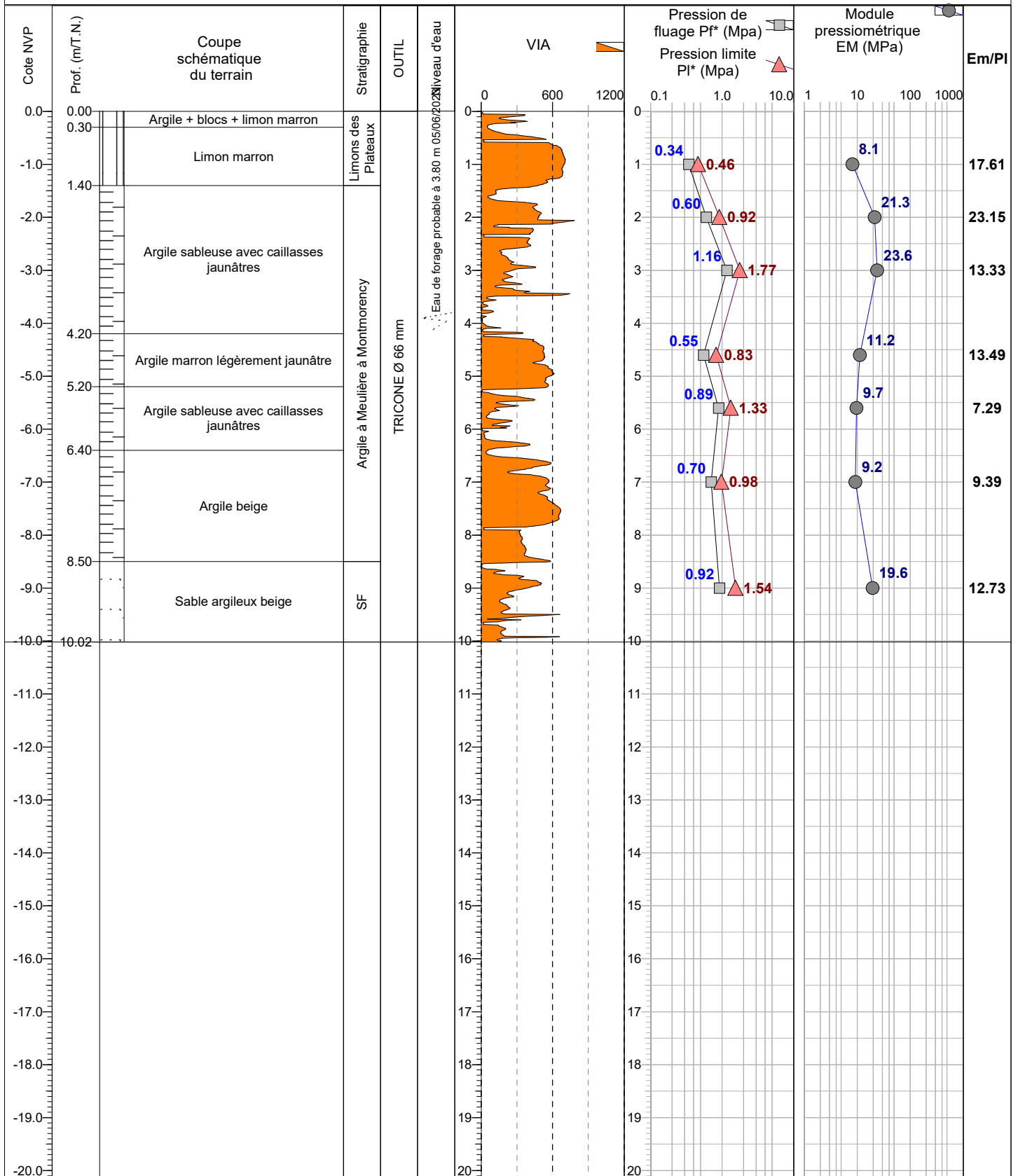
Page : 1 / 1

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque :



Date : 25/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 10.02 m

Echelle : 1 / 100

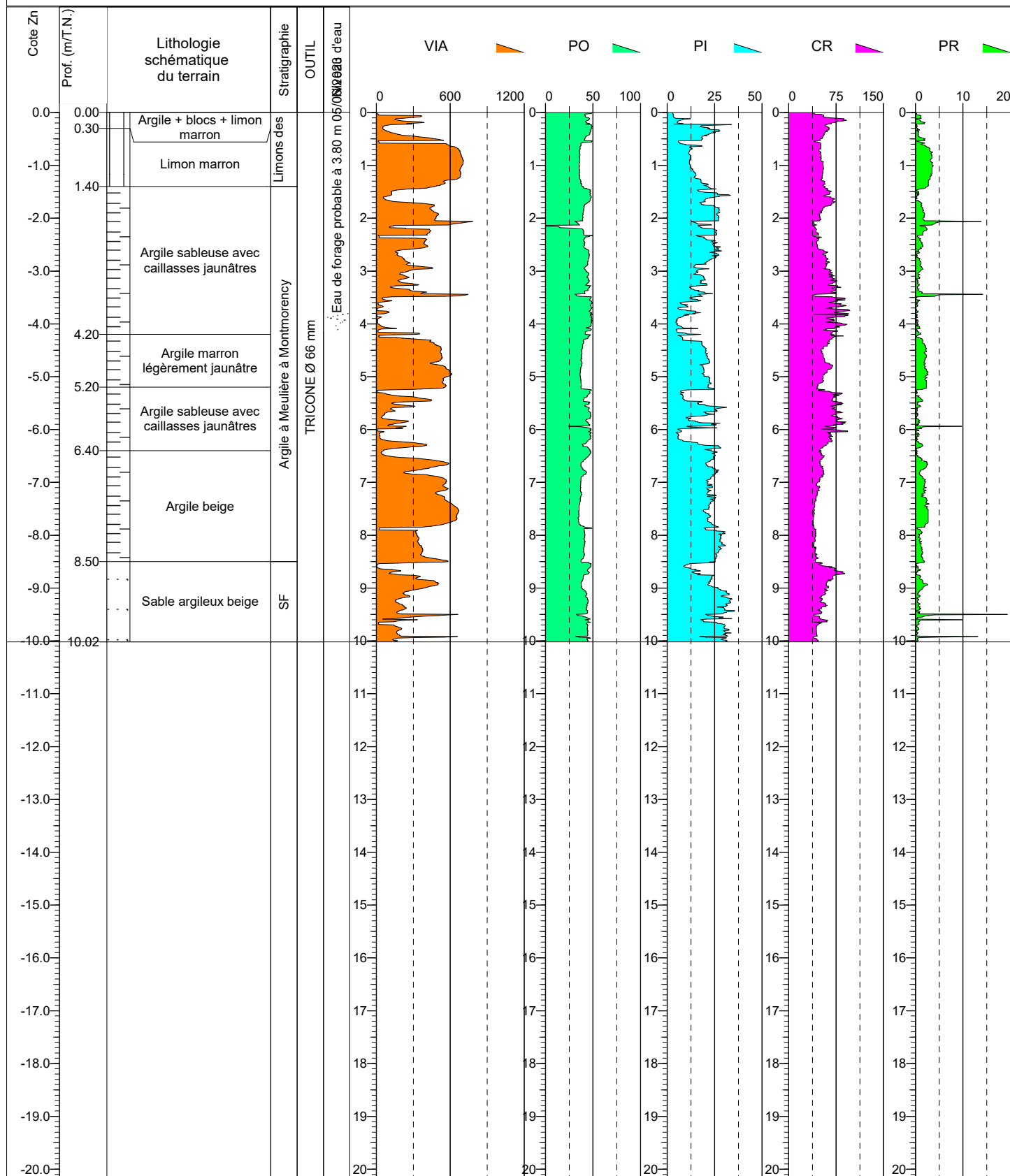
Page : 1 / 1

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque :



SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date :

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 4.10 m

Echelle : 1 / 26

Page : 1 / 1

Remarque : Refus sur blocs.

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Teneur en eau (%)	GTR	Outil
0	0.00	Limon marron	LP				
0.50		Argile marron-roux avec petits cailloux	Argile à Meulière à Montmorency				
-1							
-2							
2.25		Argile marron avec des passages gris					
-3							
3.70		Argile marron-jaune					
-4							
4.10							
-5							

TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date :

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 4.90 m

Echelle : 1 / 26

Page : 1 / 1

Remarque : Refus sur blocs

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Teneur en eau (%)	GTR	Outil
0	0.00	Limon argileux marron	Limens des Plateaux				TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm
-1							
	1.70	Argile jaunâtre avec petits cailloux	Argile à Meulière à Montmorency				
-2							
-3							
-4							
	4.90						
-5							

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date :

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 3.90 m

Echelle : 1 / 26

Page : 1 / 1

Remarque : Refus sur blocs.

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Teneur en eau (%)	GTR	Outil
0	0.00	Argile limoneuse marron-roux	LP				
0.50		Argile marron-roux avec passages gris					
-1							
1.50		Argile à Meulière à Montmorency					
-2		Argile marron-jaunâtre avec petits cailloux					
-3							
3.90							
-4							
-5							

TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date :

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 4.15 m

Echelle : 1 / 26

Page : 1 / 1

Remarque : Refus sur blocs.

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Teneur en eau (%)	GTR	Outil
0	0.00	Limon marron	LP				
0.40		Argile rousse avec passages de caillasses	Argile à Meulière à Montmorency				
-1							
-2							
-3	3.10	Argile marron-roux avec caillasses					
-4	4.15						
-5							

TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date :

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 4.50 m

Echelle : 1 / 26

Page : 1 / 1

Remarque : Refus sur blocs.

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Teneur en eau (%)	GTR	Outil
0	0.00	Argile roux-jaunâtre avec caillasses	Argile à Meulière à Montmorency				TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm
-1	1.50	Argile beige-jaunâtre avec petits cailloux					
-2	2.60	Argile jaunâtre avec petits cailloux					
-3	4.50						
-4							
-5							

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date :

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 5.00 m

Echelle : 1 / 26

Page : 1 / 1

Remarque :

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Teneur en eau (%)	GTR	Outil
0	0.00	Limon + blocs + argile	LP				
0.30		Argile orange-roux-verdâtre					
-1							
1.30		Argile marron clair avec caillasses	Argile à Meulière à Montmorency				
-2							
-3							
3.50		Argile marron clair avec quelques passages verdâtres					
-4							
4.80		Argile marron foncé					
-5	5.00						

TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date :

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

Machine : SOCOMAFOR50

Profondeur : 0.00 m 5.00 m

Echelle : 1 / 26

Page : 1 / 1

Remarque :

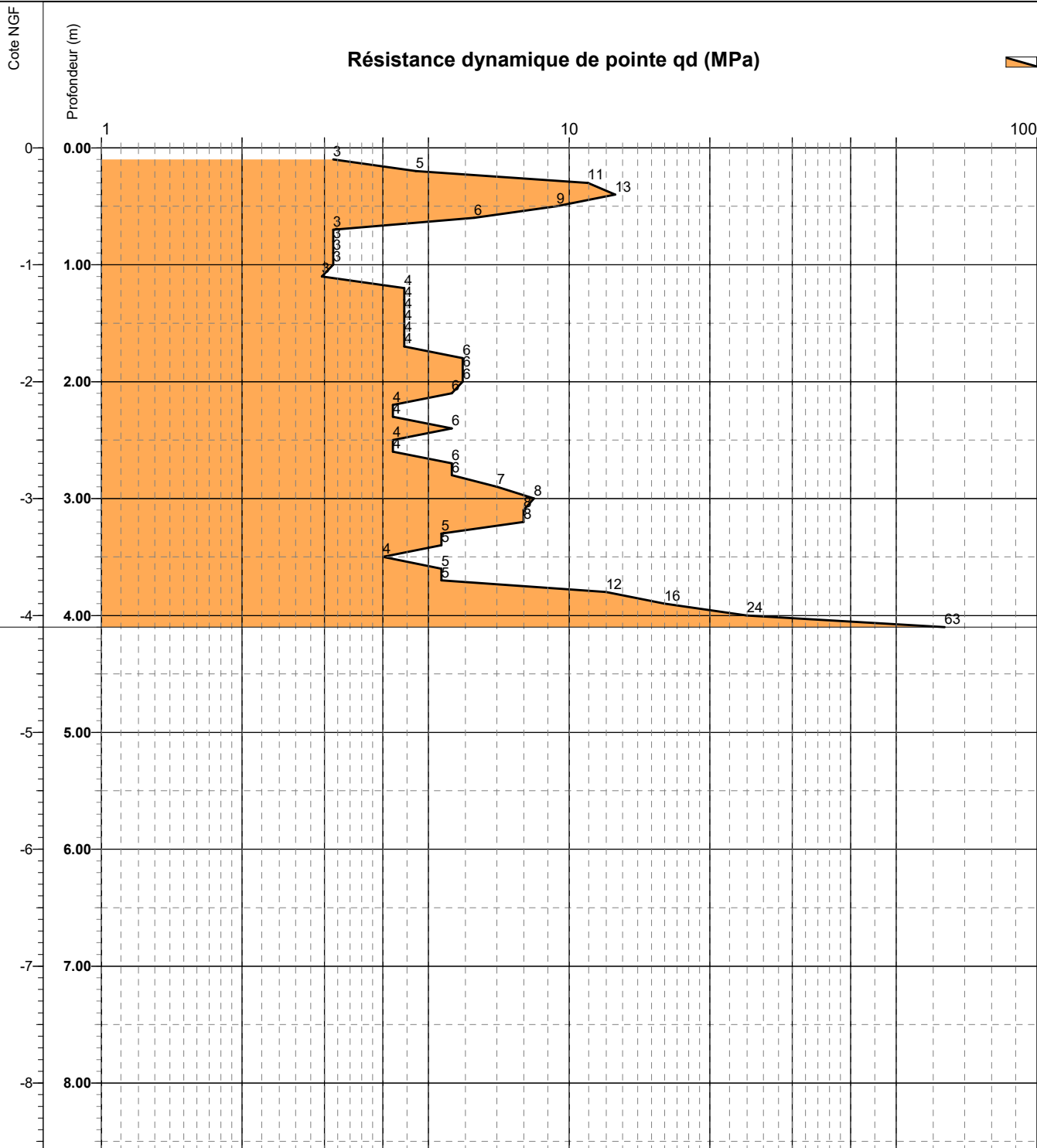
Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Teneur en eau (%)	GTR	Outil					
0	0.00	Argile marron	Argile à Meulière à Montmorency				TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm					
-1												
-2	2.10	Argile jaunâtre avec passages roux-vert										
-3												
-4	4.20	Argile jaunâtre avec petits cailloux										
-5	5.00											

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque : Refus à 4.10 m.



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

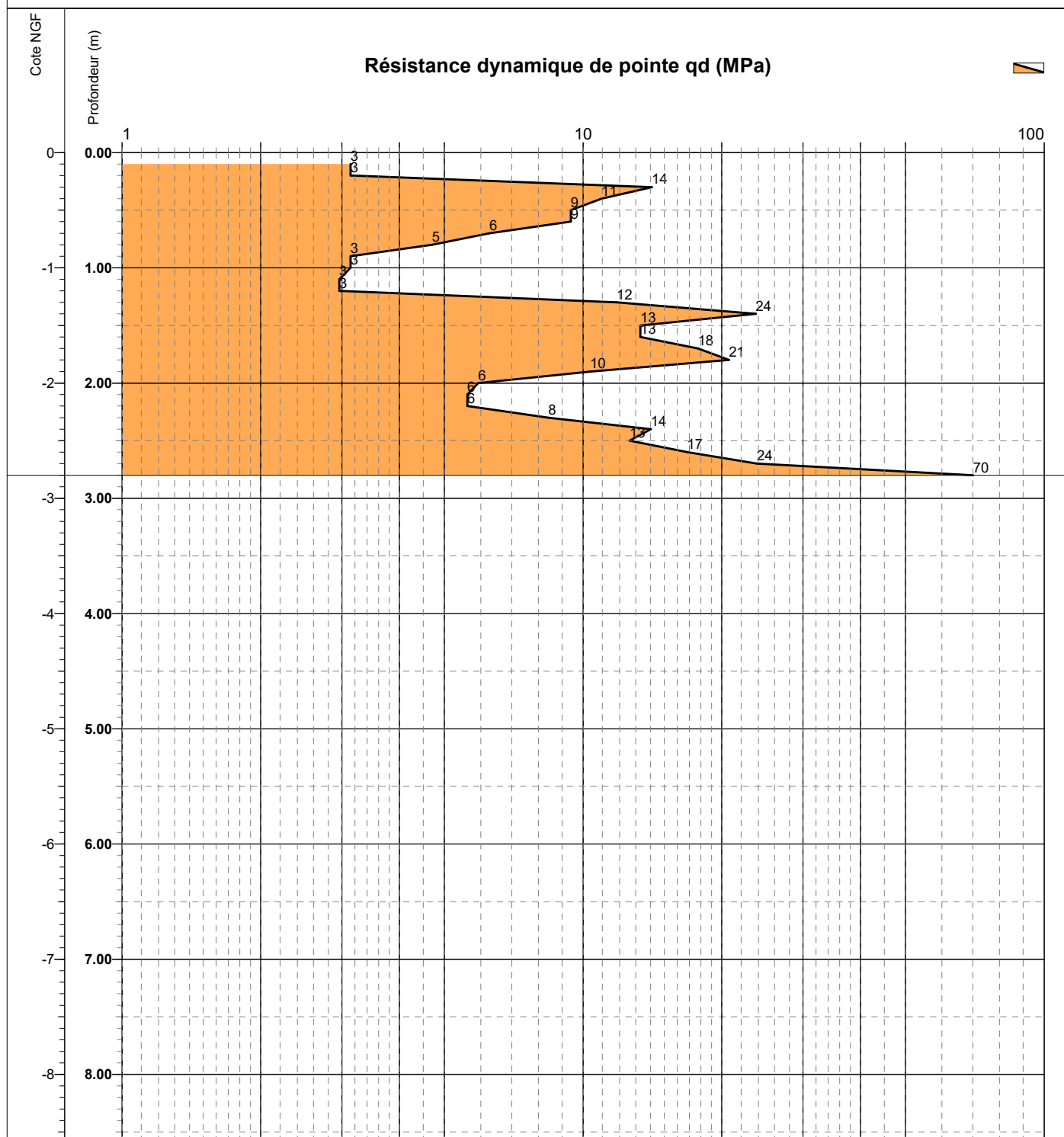
Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque : Refus à 2.8 m.



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date : 22/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

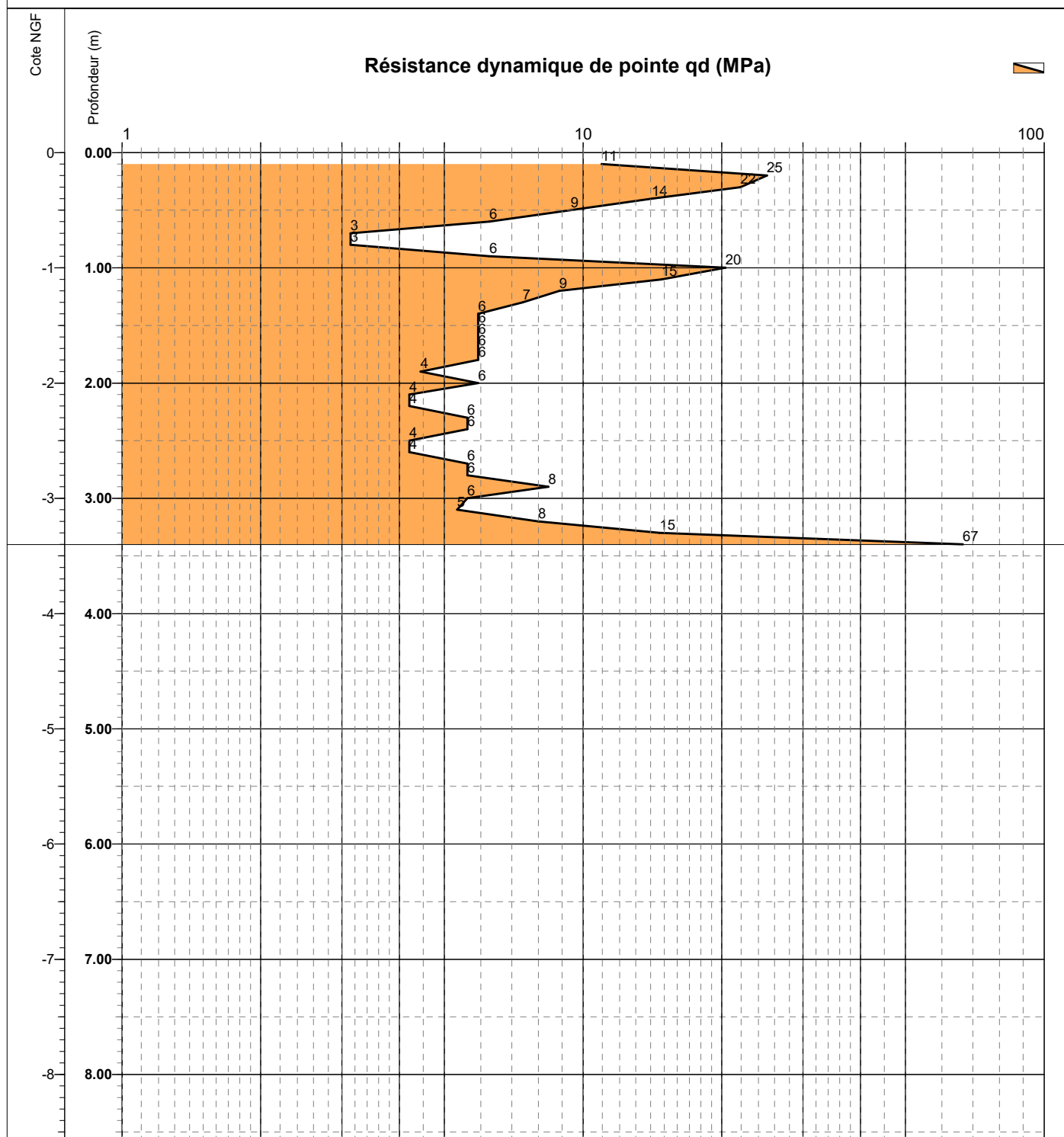
Machine : GEOTOOL

Profondeur : 0.00 m 3.40 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Remarque : Refus à 3.40 m.



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

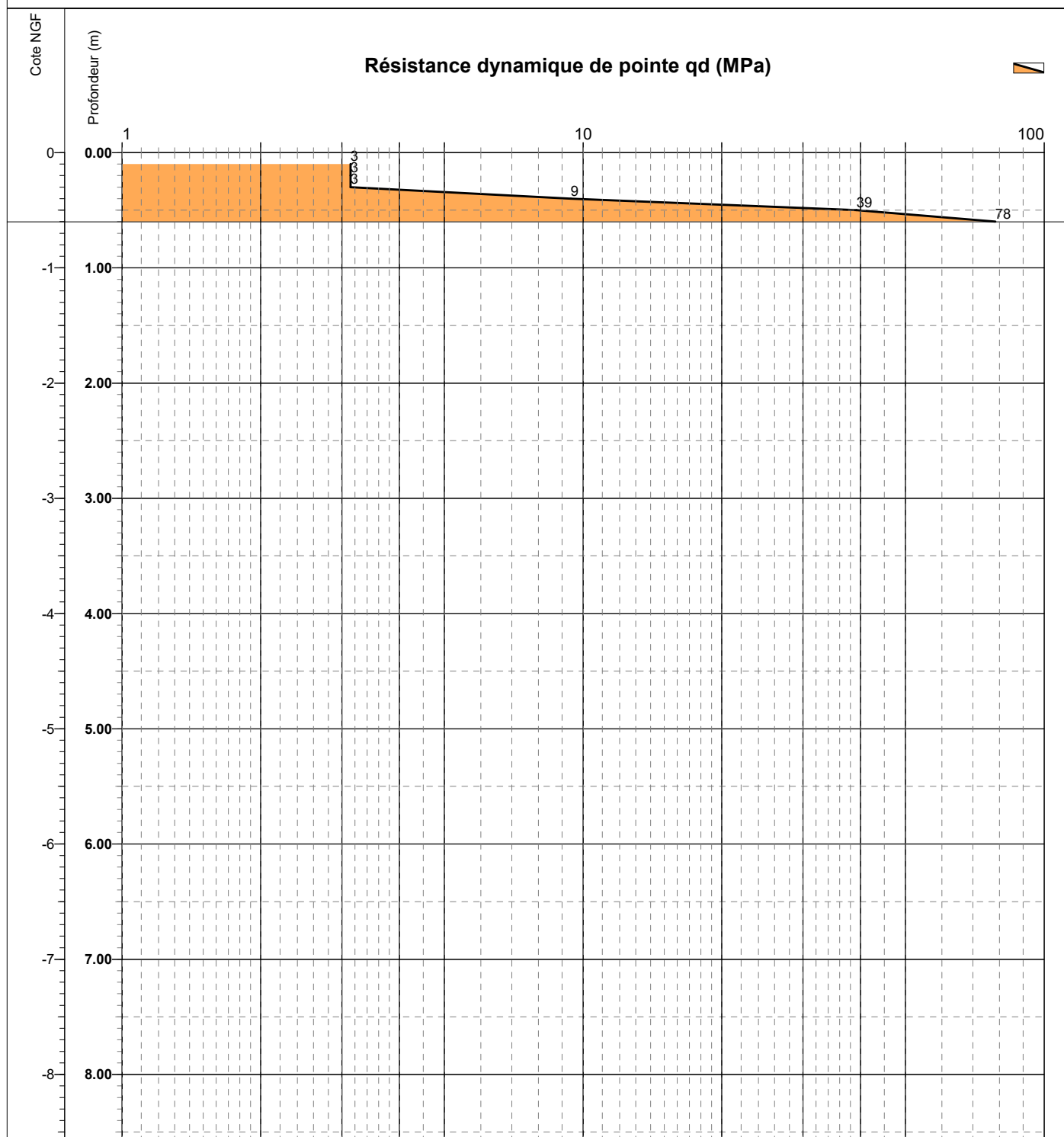
Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque : Refus à 0.6 m sur blocs. Forage décalé d'un mètre (PD4-2)



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date : 22/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

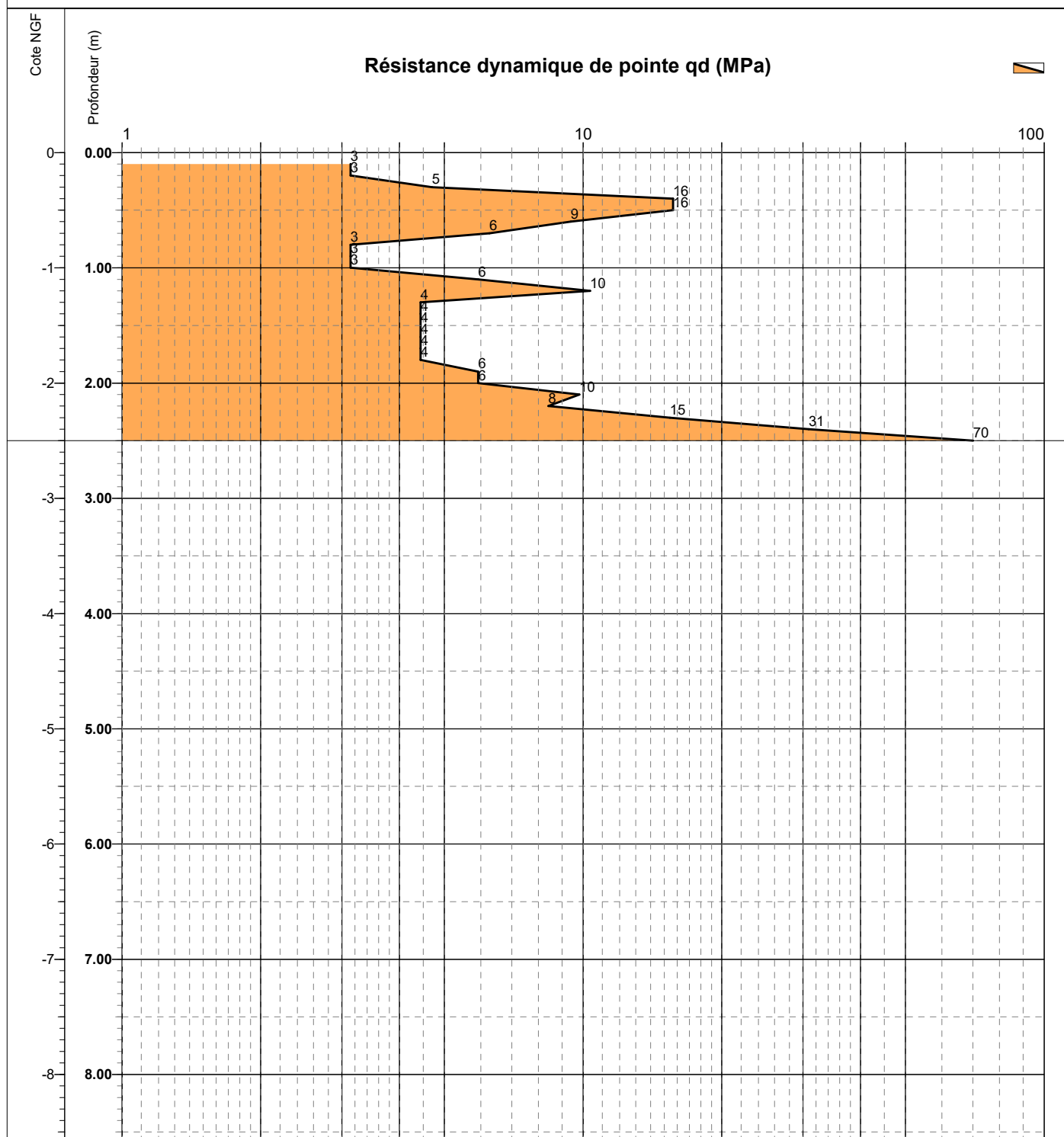
Machine : GEOTOOL

Profondeur : 0.00 m 2.50 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Remarque : Refus à 2.50 m.



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Date : 22/05/2023

Cote X :

Cote Y :

Cote Z :

Inclinaison :

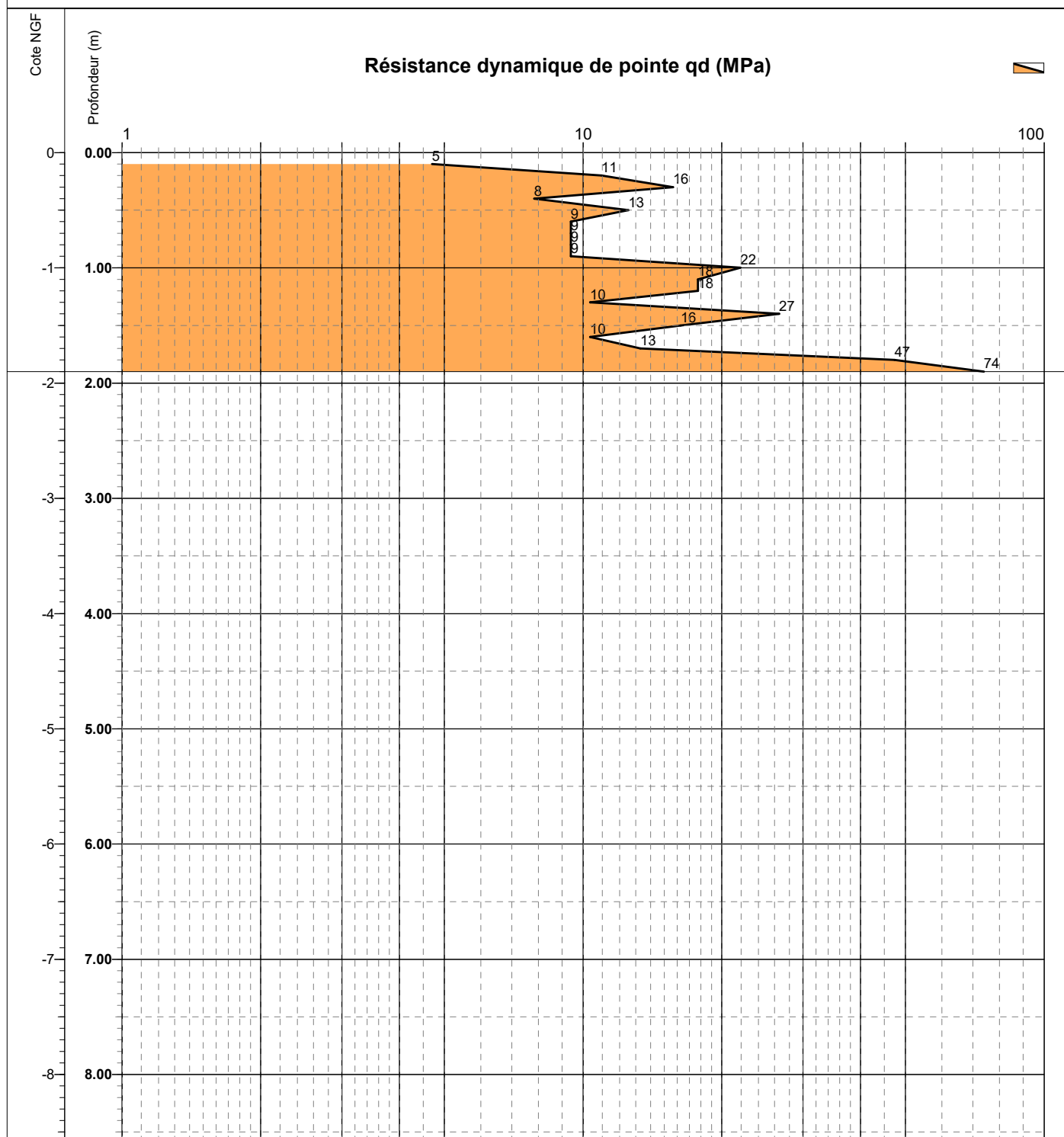
Machine : GEOTOOL

Profondeur : 0.00 m 1.90 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Remarque : Refus à 1.90 m.



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

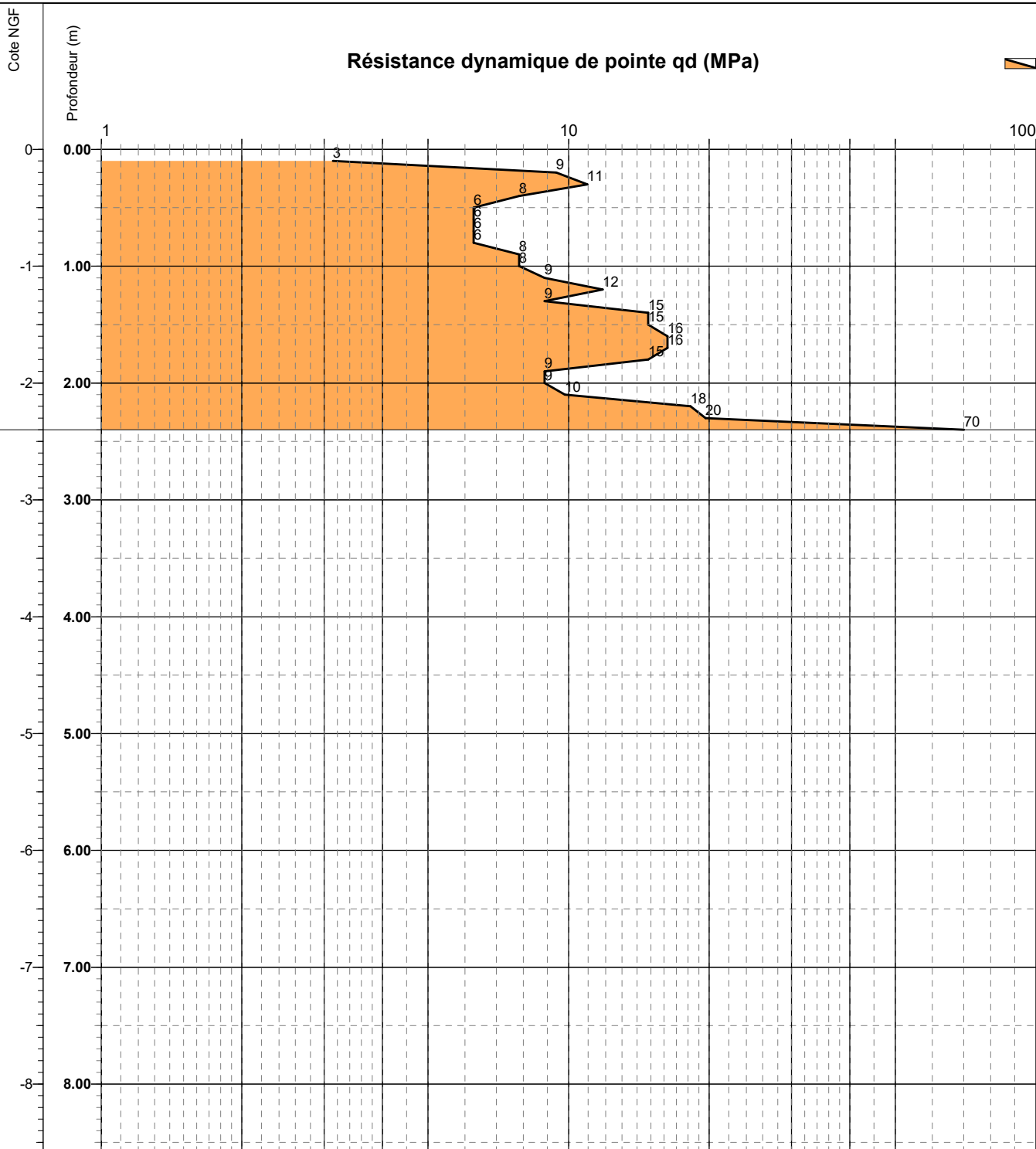
Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque : Refus à 2.40 m.



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

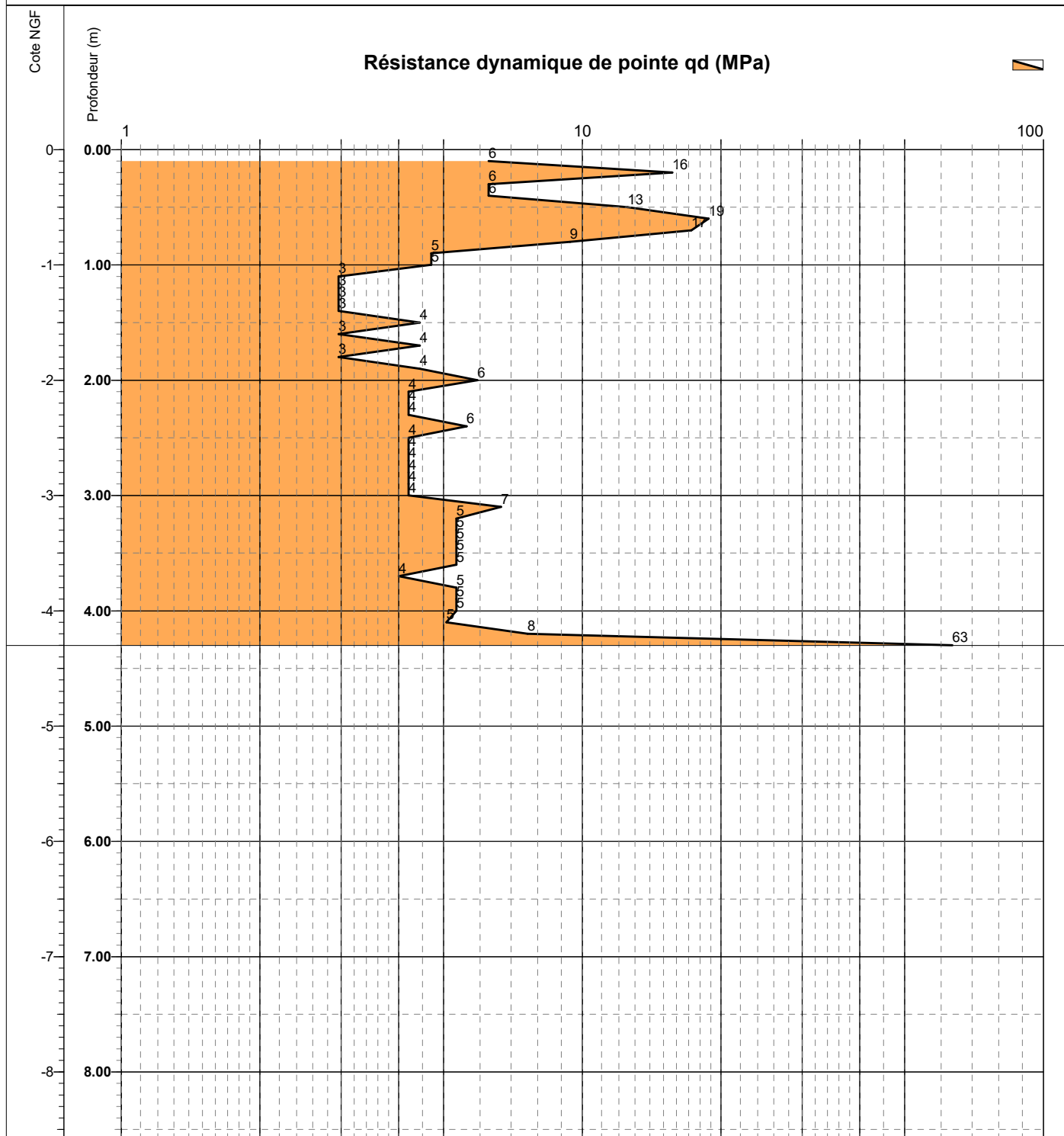
Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

SITE : ELANCOURT (78)

ETUDE : Rue Lapérouse

CLIENT : SQY

Remarque : Refus à 4.30 m.



Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDA

Aire de la section droite de la pointe	0.002 m ²	Masse d'une tige	5.55 kg
Hauteur de chute du mouton	0.75 m	Masse de la pointe	0.682 kg
Masse enclume	25 kg	Masse mouton	63.5 kg

Annexe 3 : Analyses en laboratoire

AFFAIRE	2023-04-60	Opérateur	I DIALLO	
SITE	Rue de LAPEROUSSE- ELANCOURT	Vérificateur		
Date	23/06/2023			

Sondage	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	TH6
Profondeur	0,5-2,25	0,0-1,7	1,5-3,9	0,4-3,1	2,6-4,5	3,5-4,8
Description	Argile limoneuse marron-beige à rare cailloutis	Limon marron peu plastique	Argile limoneuse marron	Argile à mélière à passage gris-beige et cailloux calcaire	Argile beige à grain calcaire	Argile beige plastique

ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS

Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat	(%)	18,9	18,0	18,8	21,2	21,9	33,0
Masse volumique humide	ph	(g/cm³)						
Masse volumique sèche	pd	(g/cm³)						
Indice des vides	e							
Degré de saturation	Sr	(%)						

Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie

Diamètre maximal	Dmax	(mm)	20,0	18,0	8,0	20,0	10,0	15,0
Passant à 50 mm	< 50 mm	(%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Passant à 2 mm	< 2 mm	(%)	86,3	97,3	98,8	81,9	95,0	96,9
Passant à 80 µm	< 80 µm	(%)	73,1	90,4	84,5	65,8	76,3	90,4
Passant à 2 µm	< 2 µm	(%)						

Valeur au Bleu de Méthylène

Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)		1,67				
-----------------------------	-------	----------	--	------	--	--	--	--

Limites d'Atterberg

Limite de liquidité	W _L	(%)	47,9		47,6	83,8	86,5	97,2
Limite de plasticité	W _P	(%)	23,4		23,4	26,0	26,0	30,6
Indice de plasticité	I _P		24,5		24,2	57,8	60,5	66,6
Indice de consistance	I _C				1,13		1,00	0,93

Equivalent de sable

Equivalent de sable	SE(10)	(%)						
---------------------	--------	-----	--	--	--	--	--	--

CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)	A2	A1	A2 m	A4	A4	A4
--	----	----	------	----	----	----

ANALYSES CHIMIQUES

Teneur en matières organiques	MO	(%)						
Teneur en carbonates	CaCO ₃	(%)						

ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE

Teneur en eau à l'OPN	Wopn	(%)						
Densité sèche à l'OPN	pd (Wopn)	(g/cm³)						
Indice Portant Immédiat à l'OPN	IPI (Wopn)							
Indice Portant Immédiat à Wnat	IPI (Wnat)							
Indice CBR Immédiat à Wnat	ICBR (Wnat)							

ESSAIS DE PERMEABILITE

Coefficient de perméabilité	k	(m/s)						
-----------------------------	---	-------	--	--	--	--	--	--

ESSAIS TRIAXIAUX

Type UU	Cohésion	C _{uu}	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ _{uu}	(°)					
Type CU+U	Cohésion	C'	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ'	(°)					

CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT A LA BOITE

Type UU	Cohésion	C _{uu}	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ _{uu}	(°)					
Type CD	Cohésion	C'	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ'	(°)					

COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE

Contrainte de préconsolidation	σ'p	(kPa)						
Indice de compression	Cc							
Indice de gonflement	Cs							

GONFLEMENT A L'OEDOMETRE

Pression de gonflement	σ'g	(kPa)						
Rapport de gonflement	Rg							

RETRAIT LINEAIRE

Limite de retrait effectif	W _{Re}	(%)						
Facteur de retrait effectif	R _I							

ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS

Essai Los Angeles	LA							
Essai Micro-Deval	MDE							
Coefficient de dégradabilité	DG							
Coefficient de fragmentabilité	FR							
Résist. à la compression uniaxiale	σc	MPa						
Module de Young	E	MPa						
Coefficient de Poisson	ν							
Résistance à la traction indirecte	σtb	MPa						

Annexe 4 : Classification et schéma d'enchaînement de la norme N F P 94 500 de Novembre 2013

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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).

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les	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	risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	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