



5 Rue du Lieutenant MOUNIER - 22190 PLERIN
Standard : 02.96.74.56.15 Fax : 02.96.74.47.01
www.eta-etudes.com

Baie d'Armor Aménagement

PROJET D'AMENAGEMENT D'UN LOTISSEMENT

-
RUE OLIVIER PROVOST

ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE G1 ES-PGC

Hillion (22)

Référence : Projet d'aménagement d'un lotissement – rue Olivier Provost - G1 ES-PGC - Hillion (22)					
Affaire n° GEO-20-017			Destinataire(s) : Guillaume BATARD Baie d'Armor Aménagement		
Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Modifications	Nb de pages
0	17/03/20	V. PEETSON	N. REBUFIE	-	25 + 3 annexes

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

Sont annexés à ce rapport :

- * Le plan d'implantation des sondages.
- * Les coupes des sondages à la tarière ainsi que les résultats des essais pressiométriques et pénétrométriques.
- * Le rappel des missions géotechniques.

SOMMAIRE

1. OBJET DU RAPPORT	3
1.1. Mission	3
1.2. Description du projet	3
1.3. Objectif de l'étude	4
1.4. Documents utilisés.....	5
1.5. Sondages et essais.....	5
1.6. Remarques	6
2. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE	7
2.1. Localisation du site	7
2.2. Etat actuel.....	7
2.3. Topographie du site	9
2.4. Contexte géologique	9
2.5. Contexte hydrogéologique	10
2.6. Risques naturels répertoriés	11
3. RESULTATS DES RECONNAISSANCES DE TERRAIN.....	13
3.1. Sondages de reconnaissance géologique.....	13
3.2. Essais pressiométriques	15
3.3. Essais pénétrométriques.....	15
4. SYNTHESE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE.....	19
5. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES.....	20
5.1. Rappel	20
5.2. Contexte géotechnique du site.....	20
5.3. Modes de fondations envisageables	21
5.4. Plancher/Dallage.....	22
5.5. Présence de sous-sol	22
5.6. Mise en œuvre et terrassement	22
6. ORIENTATION DU PROJET.....	24
ANNEXES.....	26



Plan de composition

1.3. OBJECTIF DE L'ETUDE

Conformément à la demande du client, cette étude a pour but :

- De préciser le contexte géologique et hydrogéologique du site (nature des terrains, coupes lithologiques, niveau d'eau dans les sondages...),
- D'identifier les risques géotechniques et de préconiser les techniques particulières à mettre en œuvre,
- D'identifier les zones d'implantation préférentielles et les zones à éviter, la sensibilité des sols aux tassements, l'opportunité de créer ou non des sous-sols, l'identification des risques naturels,
- De mesurer les caractéristiques mécaniques des sols au droit du projet (résistance, portance),
- De présenter des suggestions de type de fondations envisageables (superficielles, semi-profonde, profonde) sans prédimensionnement,
- Les incertitudes et risques géotechniques qui subsistent après cette phase de la mission quant à la connaissance du site ;
- Les types d'investigation envisageables pour réduire ces incertitudes et risques géotechniques.

La présente mission est de type **G₁-Es-PGC (étude de site)**, selon la norme des missions géotechniques NFP 94-500 (révisée en novembre 2013).

1.4. DOCUMENTS UTILISES

Les documents suivants nous ont été fournis :

- Plan de composition, *SCP GESLAND-HAMELOT Architectes*, 30/07/2019, 1/500^{ème} ;

La campagne de sondages et d'essais suit les normes et documents en vigueur :

- DTU 11.1 – Cahier des charges applicable aux travaux de sondage.
- EN ISO 22476-4 – Essai pressiométrique MENARD.
- NFP 94-261 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles.

Nous avons par ailleurs utilisé les sites suivants :

- www.infoterre.brgm.fr ;
- www.geoportail.gouv.fr ;
- www.georisques.gouv.fr ;

1.5. SONDAGES ET ESSAIS

Ont été réalisées, les 5, 6 et 9 mars 2020, les investigations suivantes, dont les procès-verbaux et plans d'implantation sont fournis en annexe :

- 14 sondages semi-destructifs à la tarière 63 mm (SP1, TP1 à TP13), réalisés en tarière mécanique diamètre 63mm. Ils ont été descendus entre 5.00m/TN (TP1 à TP13) à 6.00m/TN (SP1) ou jusqu'au refus rencontré entre 3.50 à 4.80m/TN en TP4, TP6, TP7 et TP11. Ces sondages ont permis de connaître la nature lithologique des terrains et de noter les éventuelles venues d'eau et de réaliser au droit des sondages.
- 13 sondages au pénétromètre dynamique lourd, nommés TP1 à TP13, descendus jusqu'à 5.00m/TN ou jusqu'au refus rencontré entre 0.80 à 4.40m de profondeur. Cette technique réalisée conformément à la norme NF P 94-115, a permis d'apprécier la résistance dynamique apparente de rupture q_d , des divers terrains traversés, déterminée tous les 0.20m d'enfoncement.
- 1 profil pressiométrique avec 4 essais, répartis au sein du sondage SP1 et effectués à l'aide d'un CPV relié à une sonde pressiométrique. Il a permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols (module pressiométrique et pression limite).

Les points de sondage ont tous été nivelés par un opérateur géomètre. Le tableau ci-après présente les résultats de ce levé topographique :

Sondages	SP1	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7
Altitude du TN (m NGF)	26.28	26.19	26.88	28.86	30.71	25.49	27.60	29.21

Sondages	TP8	TP9	TP10	TP11	TP12	TP13
Altitude du TN (m NGF)	24.71	25.61	25.64	24.96	23.98	24.64

1.6. REMARQUES

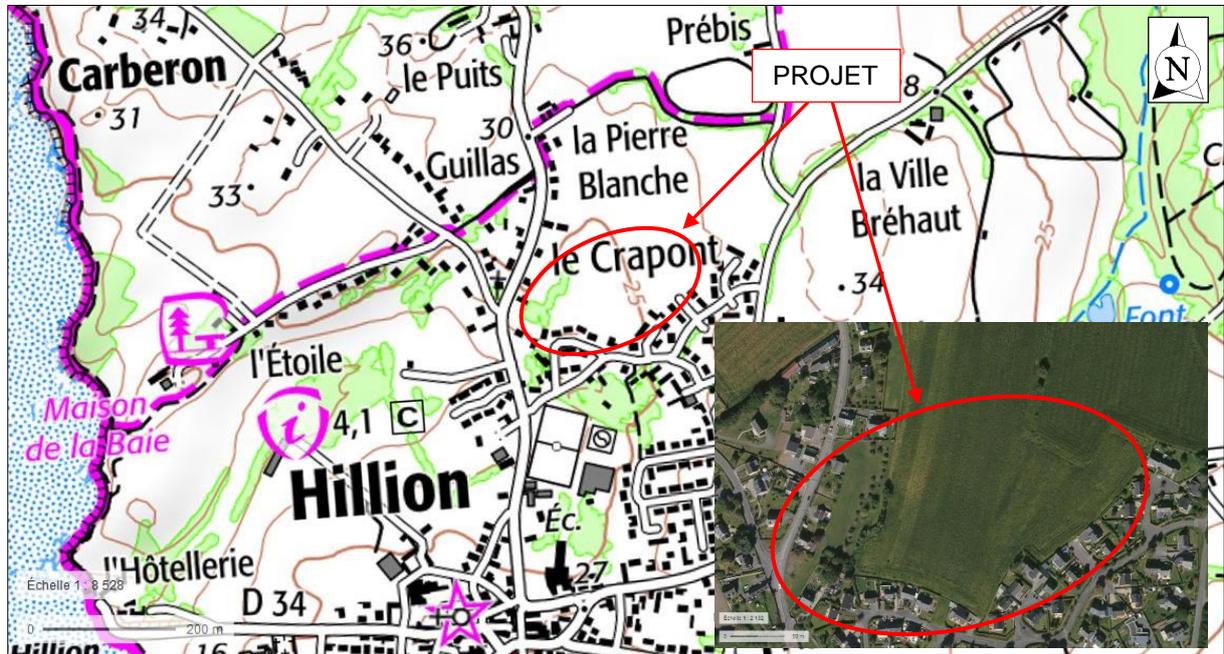
Les prescriptions du présent rapport devront être respectées **dans leur intégralité**. Dans le cas contraire, la responsabilité de notre bureau d'étude ne pourra pas être engagée.

Notre bureau d'étude devra également être informé de toute modification apportée au projet, et pouvant remettre en cause les conclusions du présent rapport.

2. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

2.1. LOCALISATION DU SITE

Le site se localise au niveau de la rue Olivier Provost sur la commune de Hillion (22), au Nord du centre-bourg de la commune.



Localisation du site étudié sur carte IGN – Source : www.geoportail.gouv.fr

2.2. ETAT ACTUEL

La zone d'étude est actuellement occupée par une partie (au Sud et Ouest) du lotissement qui a été viabilisée et par des champs/prairies sur la partie Nord (cf. photographies ci-dessous).



Panorama du site de l'étude



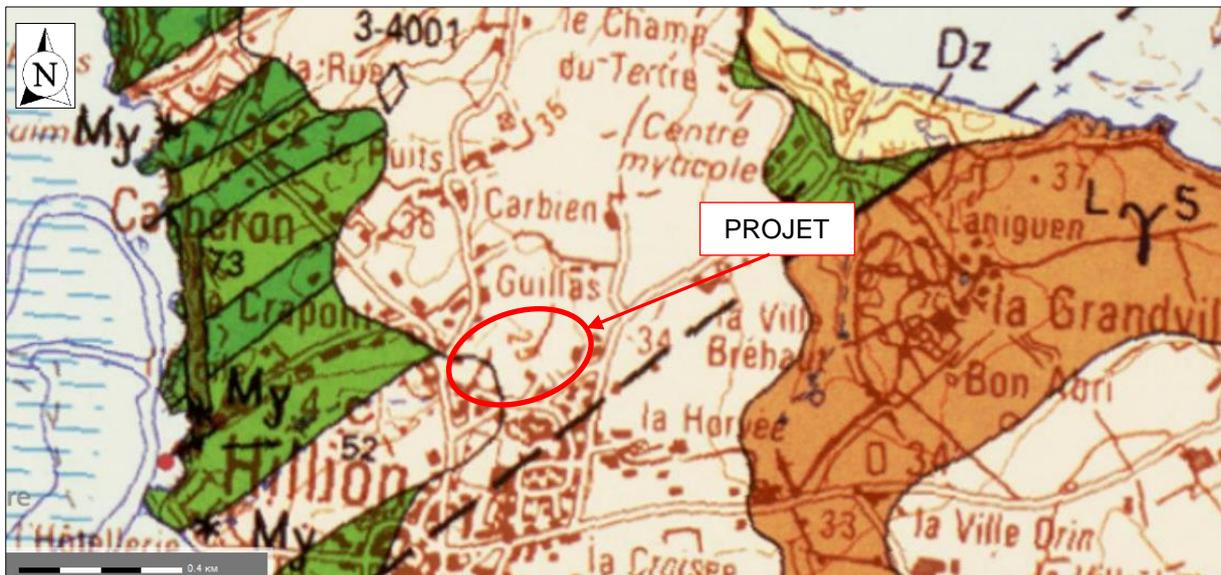
Panoramas du site de l'étude

2.3. TOPOGRAPHIE DU SITE

D'après le levé topographique des points de sondages effectué par nos soins, l'altitude du site est située aux alentours de 24 à 31 m NGF. Globalement, le site présente une pente de direction Sud.

2.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

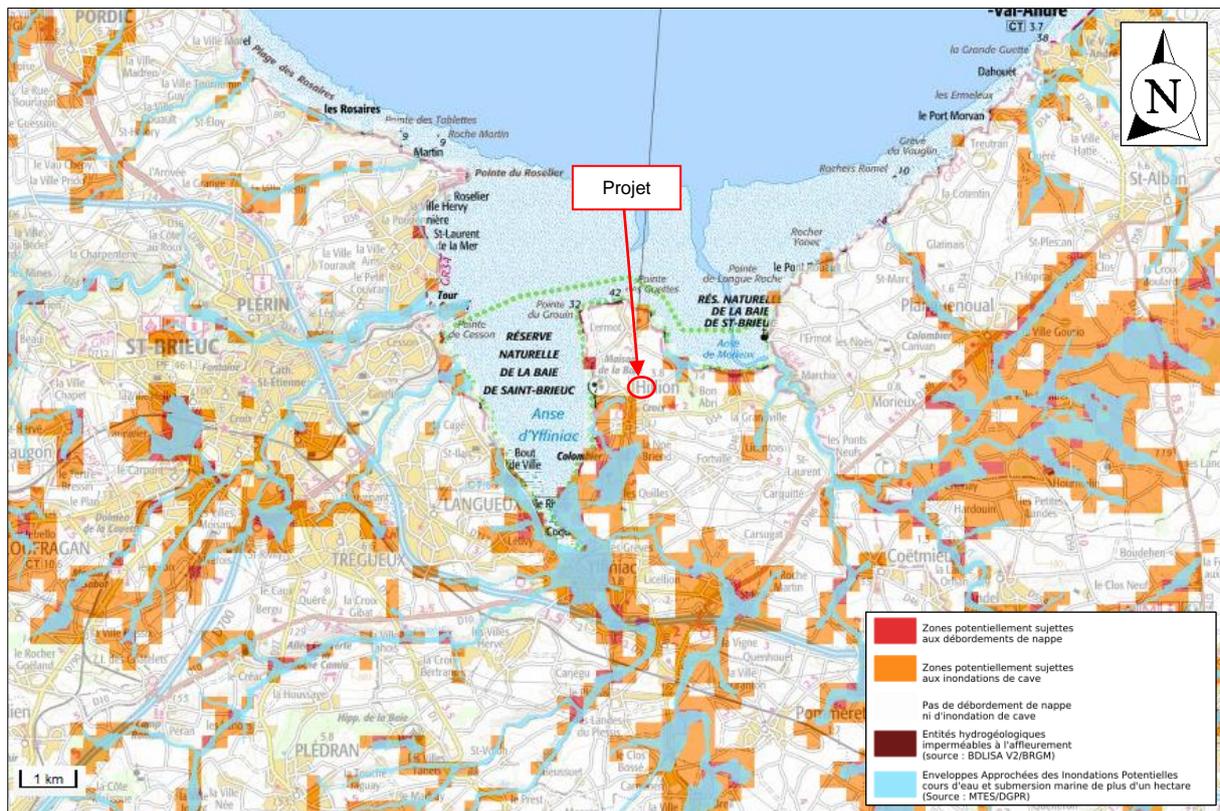
D'après la carte géologique de Saint-Brieuc au 1/50 000^{ème}, la zone d'étude se caractérise par la « formation de Lanvallon ». Il s'agit d'une roche métamorphique d'origine volcano-sédimentaire que l'on appellera « micaschiste » dans la suite de ce rapport. Le toit de cette roche est +/- altéré et fracturé en son sommet où elle se délite en blocs et plaquettes +/- grossiers liés dans une matrice sablo-limoneuse. Cette formation est recouverte par de fortes épaisseur de limons lœssiques.



Contexte géologique du projet – Source : www.infoterre-brgm.fr

2.5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

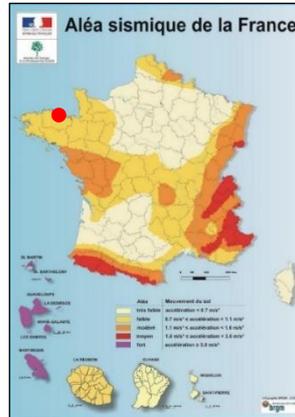
D'après la cartographie du site « www.georisques.gouv.fr », le projet étudié se situe en **zone non concernée** vis-à-vis du phénomène de remontée de nappe mais est **situé à proximité Nord-Est d'une zone potentiellement sujette aux inondations de caves**. Du point de vue hydrogéologique, la formation de micaschiste constitue un niveau aquifère, dont la productivité est liée à son degré d'altération, de fracturation et de porosité. A noter que des niveaux d'eau ont été relevés dans nos sondages réalisés entre le 05 et le 09 mars 2020 (cf. §3.1).



2.6. RISQUES NATURELS REPERTORIES

Risque sismique

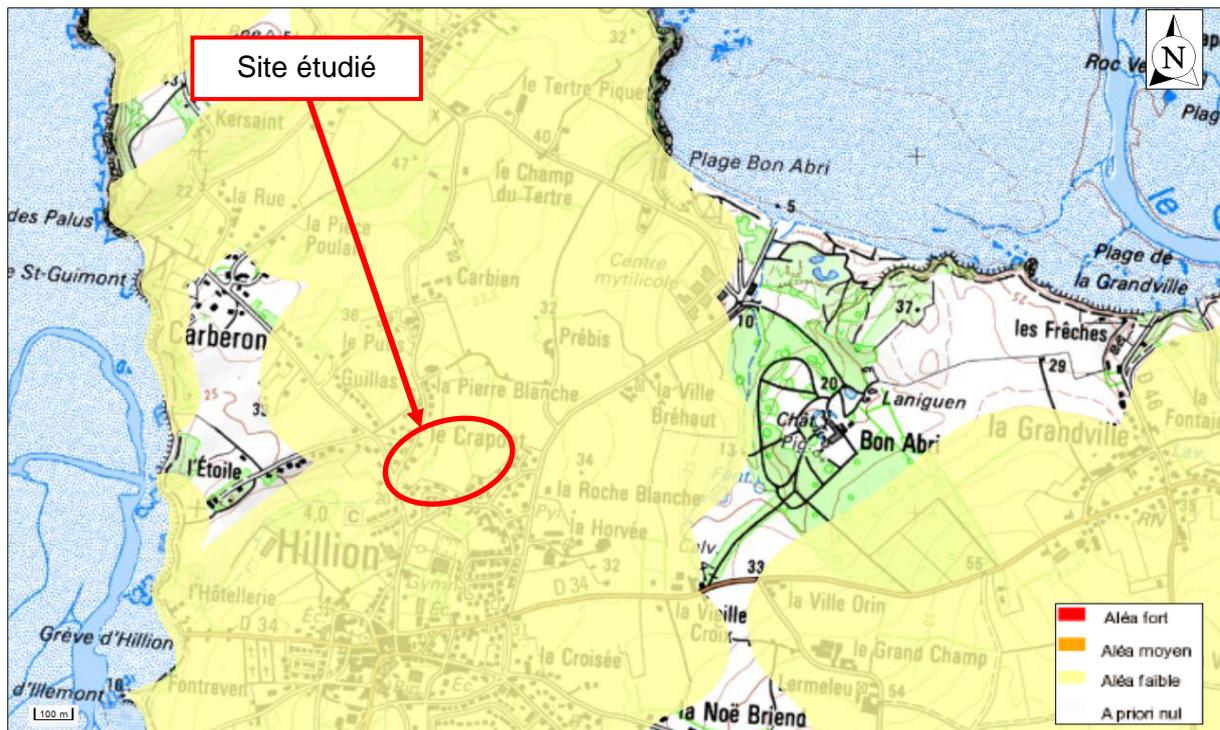
Le nouveau zonage sismique de la France (datant d'octobre 2010 et entré en vigueur le 01/05/2011) classe la région Bretagne, en zone de sismicité 2 (aléa faible) caractérisée par une accélération des terrains de l'ordre de 0,7 à 1,1 m/s².



Carte des zones sismiques (source : www.planseisme.fr)

Retrait-gonflement des argiles

D'après la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles établie par le BRGM, le site étudié est situé en zone d'aléa « faible ».



Carte d'aléa « Retrait-gonflement des argiles » (source : www.georisques.gouv.fr)

Mouvements de terrain et cavités souterraines

D'après la cartographie établie par le BRGM, aucun mouvement de terrain n'est répertorié à proximité du site d'étude. De plus, la commune de Hillion (22) n'est pas répertoriée comme comportant des cavités souterraines et mouvements de terrain non localisés.

Potentiel radon

A la demande de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, l'IRSN a réalisé une cartographie qui permet de connaître le potentiel radon des communes. **La cartographie du potentiel du radon des formations géologiques établie par l'IRSN conduit à classer les communes en 3 catégories.**

Catégorie	Description
1	<p>Les communes à potentiel radon de catégorie 1 sont celles localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. Ces formations correspondent notamment aux formations calcaires, sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain) et à des formations volcaniques basaltiques (massif central, Polynésie française, Antilles...).</p> <p>Sur ces formations, une grande majorité de bâtiments présente des concentrations en radon faibles. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que seulement 20% des bâtiments dépassent 100 Bq.m-3 et moins de 2% dépassent 400 Bq.m-3.</p>
2	<p>Les communes à potentiel radon de catégorie 2 sont celles localisées sur des formations géologiques présentant des teneurs en uranium faibles mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments.</p> <p>Les communes concernées sont notamment celles recoupées par des failles importantes ou dont le sous-sol abrite des ouvrages miniers souterrains... Ces conditions géologiques particulières peuvent localement faciliter le transport du radon depuis la roche jusqu'à la surface du sol et ainsi augmenter la probabilité de concentrations élevées dans les bâtiments.</p>
3	<p>Les communes à potentiel radon de catégorie 3 sont celles qui, sur au moins une partie de leur superficie, présentent des formations géologiques dont les teneurs en uranium sont estimées plus élevées comparativement aux autres formations. Les formations concernées sont notamment celles constitutives de massifs granitiques (massif armoricain, massif central, Guyane française...), certaines formations volcaniques (massif central, Polynésie française, Mayotte...) mais également certains grès et schistes noirs.</p> <p>Sur ces formations plus riches en uranium, la proportion des bâtiments présentant des concentrations en radon élevées est plus importante que dans le reste du territoire. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que plus de 40% des bâtiments situés sur ces terrains dépassent 100 Bq.m-3 et plus de 6% dépassent 400 Bq.m-3.</p>

D'après l'IRSN, le potentiel radon de la commune de **Hillion est classé en catégorie III. Il est recommandé, sans obligation, de prévoir des systèmes constructifs, de ventilations et de chauffages adaptés (vide sanitaire aéré etc.).**

3. RESULTATS DES RECONNAISSANCES DE TERRAIN

3.1. SONDAGES DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Le 05, 06 et 09 mars 2020, afin d'aborder la nature et la structure du sous-sol et le contexte hydrogéologique, nous avons procédé à la réalisation de 14 sondages semi-destructifs (SP1, TP1 à TP13) à la tarière mécanique 63 mm, menés jusqu'à 5.00 à 6.00m/TN ou au refus rencontré entre 3.50 à 4.80m/TN en TP4, TP6, TP7 et TP11. Les coupes de ces sondages sont disponibles en annexe 2. Les profondeurs sont données par rapport au terrain naturel tel qu'il était le jour de notre intervention. Les investigations menées ont permis d'observer les éléments suivants :

Formations de recouvrement :

- Couche 0-TV : **terre végétale** reconnue sur 0.05 à 0.20m d'épaisseur, en SP1, TP1, TP2, TP7 à TP11 ;
- Couche 1-1 : **limon sableux remanié (marron)** reconnu uniquement en partie Sud, en TP12 et TP13, sur 0.60m d'épaisseur ;
- Couche 1-2 : **limon légèrement sableux à quelques cailloutis (marron-orange)** reconnu au droit de tous les sondages sur 0.35 à 2.10m d'épaisseur, excepté en SP1 et TP11 où il n'a pas été observé.

Altération poussée du substratum micaschisteux sous-jacent à partir de 1.20 à 2.20m/TN :

- Couche 2-1 : **altérite schisteuse limono-argileuse à quelques cailloutis (beige-jaune-blanc-gris-orange)** reconnue uniquement au droit des sondages TP9 et TP13 où elle a été observée sur 1.50 à 1.60m d'épaisseur ;
- Couche 2-2 : **altérite micaschisteuse limono-sablo-argileuse (jaune-beige-rouge-rose-gris-blanc)** reconnue sur 0.40 à 1.20m d'épaisseur en TP1 à TP3, TP5, TP6 et TP12 puis jusqu'en fin des sondages TP9 et TP13, arrêtés à 5.00m/TN (1.40 m à 1.90 m d'épaisseur minimale).

Substratum et ses produits d'altération à partir de 0.10 à 3.40m/TN :

- Couche 3-1 : **micaschiste altéré (jaune-blanc)** reconnu en SP1, TP1 à TP5, TP7, TP8, TP10 et TP12 sur 0.30 à 1.80m d'épaisseur. Il s'agit d'une roche de texture grenue qui se débite en blocs +/- grossiers.
- Couche 3-2 : **micaschiste peu altéré (jaune-beige-vert-gris-blanc-orange-bleu)** rencontré en TP4, TP7, TP8, TP10 et TP11 sur 1.50 à 3.00m d'épaisseur puis jusqu'en fin des sondages SP1, TP1 à TP3, TP5 et TP12 arrêtés à 5.00 à 6.00m/TN où cette couche a été observée sur 0.60 à 5.20 m d'épaisseur. Il s'agit également d'une roche de texture grenue qui se débite en blocs +/- grossiers, plus compacte qu'en 3-1.

- **Couche 3-3 : micaschiste rocheux (gris-jaune-blanc-vert)** rencontré :
 - jusqu'en fin des sondages TP8 et TP10 arrêtés à 5.00m/TN,
 - jusqu'au refus rencontré entre 3.50 à 4.80m/TN en TP4, TP6, TP7 et TP11, où il a été observé sur 0.50 à 1.00m d'épaisseur au minimum. Il s'agit également d'une roche de texture grenue qui se débite en blocs +/- grossiers, de plus en plus compacte avec la profondeur.

Hydrogéologie :

- Du point de vue hydrogéologique, des niveaux d'eau et des arrivées d'eau ont été mesurés en cours et en fin des sondages arrêtés à 6.00m/TN au maximum, les jours de notre intervention 05 et 06 mars 2020 :

Sondages	SP1	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7
Altitude du TN (m NGF)	26.28	26.19	26.88	28.86	30.71	25.49	27.60	29.21
Arrivée d'eau (m/TN)	3.20	2.60	-	-	-	-	-	-
Fin eau (m/TN)	0.90	1.70	-	-	-	1.50	3.40	-

Sondages	TP8	TP9	TP10	TP11	TP12	TP13
Altitude du TN (m NGF)	24.71	25.61	25.64	24.96	23.98	24.64
Arrivée d'eau (m/TN)	-	2.60	-	-	-	-
Fin eau (m/TN)	4.70	2.60	-	3.10	4.00	2.70

Remarque : ces mesures ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter en période pluvieuse.

3.2. ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Le tableau suivant présente les caractéristiques mécaniques (module pressiométrique E_M et pression limite PI) des faciès rencontrés. Elles ont été obtenues par des essais pressiométriques, au nombre de 4, répartis dans le sondage SP1 selon les interfaces rencontrées lors du forage. Les procès-verbaux de ces essais sont disponibles en annexe 2. La réalisation de ces essais suit la norme EN ISO 22476-4.

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Nombre d'essais pressio.	Pressions Limites (Mpa)			Modules pressiométriques (Mpa)		
				Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
SP1									
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.10	26.28 à 26.18	-	-			-		
Micaschiste altéré (3-1)	0.10 à 0.80	26.18 à 25.48	1	1.70			20.30		
Micaschiste peu altéré (3-2)	0.80 à 6.00*	25.48 à 20.28*	3	>2.32			91.7	149.0	109.8

*Profondeur d'arrêt du sondage

3.3. ESSAIS PENETROMETRIQUES

Le tableau suivant présente les caractéristiques mécaniques (résistance de pointe Q_d) des faciès rencontrés. Elles ont été obtenues par des essais au pénétromètre dynamique de type B descendus jusqu'à 5.00m/TN ou jusqu'au refus rencontré entre 0.80 et 4.40 m/TN. Les procès-verbaux de ces essais sont disponibles en annexe 2. La réalisation de ces essais suit la norme NF P 94-115, a permis d'apprécier la résistance dynamique apparente de rupture q_d , des divers terrains traversés, déterminée tous les 0,2 m d'enfoncement.

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Q_d (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP1					
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.05	26.19 à 26.14	-		
Limon sableux à cailloutis (1-2)	0.05 à 1.20	26.14 à 24.99	0.98	1.96	1.14
Altérite micaschisteuse (2-2)	1.20 à 1.60	24.99 à 24.59	1.96	4.90	3.10
Micaschiste altéré (3-1)	1.60 à 2.80	24.59 à 23.39	10.04	32.46	14.03
Micaschiste peu altéré (3-2)	2.80 à 5.00*	23.39 à 21.19*	61.51	64.07 (refus à 3.20 m/TN)**	62.78

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP2					
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.05	26.88 à 26.83	-		
Limon sableux (1-2)	0.05 à 1.70	26.83 à 25.18	0.00	4.90	1.10
Altérite micaschisteuse (2-2)	1.70 à 2.10	25.18 à 24.78	5.48	10.96	7.75
Micaschiste altéré (3-1)	2.10 à 3.60	27.78 à 23.28	13.67	23.92	17.49
Micaschiste peu altéré (3-2)	3.60 à 5.00*	23.28 à 21.88*	29.70	36.12 (refus à 4.20 m/TN)	31.98

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP3					
Limon sableux (1-2)	0.00 à 1.40	28.86 à 27.46	0.98	2.94	1.76
Altérite micaschisteuse (2-2)	1.40 à 2.60	27.46 à 26.26	3.65	9.13	4.65
Micaschiste altéré (3-1)	2.60 à 3.20	26.26 à 25.66	11.96	22.21	16.83
Micaschiste peu altéré (3-2)	3.20 à 5.00*	25.66 à 23.86*	29.05	36.73 (refus à 3.60 m/TN)**	32.66

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP4					
Limon sableux (1-2)	0.00 à 0.90	30.71 à 29.81	0.00	1.06	0.64
Micaschiste altéré (3-1)	0.90 à 1.80	29.81 à 28.91	13.73	29.42	22.85
Micaschiste peu altéré (3-2)	1.80 à 3.30	28.91 à 27.41	35.61	47.48 (refus à 2.20 m/TN)**	41.12
Micaschiste rocheux (3-3)	3.30 à 4.10**	27.41 à 26.61**	-		

*Profondeur de refus à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP5					
Limon sableux (1-2)	0.00 à 1.80	25.49 à 23.69	0.00	1.06	0.47
Altérite micaschisteuse (2-2)	1.80 à 2.40	23.69 à 23.09	4.57	7.30	5.67
Micaschiste altéré (3-1)	2.40 à 4.20	23.09 à 21.29	10.96	23.92	17.04
Micaschiste peu altéré (3-2)	4.20 à 5.00*	21.29 à 20.49*	27.29 (refus à 4.40 m/TN)**		

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP6					
Limon sableux (1-2)	0.00 à 2.10	27.60 à 25.50	0.98	5.29	2.61
Altérite micaschisteuse (2-2)	2.10 à 3.20	25.50 à 24.40	5.48	10.04	7.72
Micaschiste rocheux (3-3)	3.20 à 3.80**	24.40 à 23.80**	22.21	46.13 (refus à 3.60 m/TN)**	32.00

*Profondeur de refus à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP7					
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.20	29.21 à 29.01	0.00		
Limon sableux à cailloutis (1-2)	0.20 à 0.80	29.01 à 28.41	0.98	1.06	1.03
Micaschiste altéré (3-1)	0.80 à 1.10	28.41 à 28.11	14.71		
Micaschiste peu altéré (3-2)	1.10 à 3.80	28.11 à 25.41	38.24 (refus à 1.20 m/TN)**		
Micaschiste rocheux (3-3)	3.80 à 4.80**	25.41 à 24.41**	-		

*Profondeur de refus à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP8					
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.05	24.71 à 24.66	-		
Limon sableux à cailloutis (1-2)	0.05 à 1.20	24.66 à 23.51	0.98	3.18	1.37
Micaschiste altéré (3-1)	1.20 à 1.70	23.51 à 23.01	7.84	20.59	12.70
Micaschiste peu altéré (3-2)	1.70 à 4.50	23.01 à 20.21	30.13	43.83 (refus à 2.20 m/TN)**	35.46
Micaschiste rocheux (3-3)	4.50 à 5.00*	20.21 à 19.71*	-		

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP9					
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.05	25.61 à 25.56	-		
Limon sableux (1-2)	0.05 à 2.00	25.56 à 23.61	0.98	3.18	1.36
Altérite schisteuse (2-1)	2.00 à 3.60	23.61 à 22.01	1.71	5.48	3.48
Altérite micaschisteuse (2-2)	3.60 à 5.00*	22.01 à 20.61*	4.01	7.57	5.38

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP10					
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.05	25.64 à 25.59	-		
Limon sableux à cailloutis (1-2)	0.05 à 0.40	25.59 à 25.24	3.18	4.24	3.67
Micaschiste altéré (3-1)	0.40 à 1.20	25.24 à 24.44	21.18	27.46	24.32
Micaschiste peu altéré (3-2)	1.20 à 4.20	24.44 à 21.44	39.22	52.05 (refus à 1.80 m/TN)**	47.04
Micaschiste rocheux (3-3)	4.20 à 5.00*	21.44 à 20.64*	-		

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP11					
Terre végétale (0-TV)	0.00 à 0.10	24.96 à 24.86	-		
Micaschiste peu altéré (3-2)	0.10 à 3.00	24.86 à 21.96	12.71	38.24 (refus à 0.80 m/TN)**	27.07
Micaschiste rocheux (3-3)	3.00 à 3.50**	21.96 à 21.46**	-		

*Profondeur de refus à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP12					
Limon sableux remanié (1-1)	0.00 à 0.60	23.98 à 23.38	5.29	8.47	6.19
Limon sableux à cailloutis (1-2)	0.60 à 2.20	23.38 à 21.78	0.00	3.65	0.73
Altérite micaschisteuse (2-2)	2.20 à 3.40	21.78 à 20.58	1.83	5.98	3.32
Micaschiste altéré (3-1)	3.40 à 4.40	20.58 à 19.58	10.25	20.06	14.95
Micaschiste peu altéré (3-2)	4.40 à 5.00*	19.58 à 18.98*	32.91	59.03 (refus à 2.20 m/TN)**	42.98

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière ** Profondeur de refus au pénétromètre dynamique lourd

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Résistance de pointe Qd (en MPa)		
			Min	Max	Moy
TP13					
Limon sableux remanié (1-1)	0.00 à 0.60	24.64 à 24.04	4.24	6.35	5.22
Limon sableux à cailloutis (1-2)	0.60 à 1.60	24.04 à 23.04	2.94	3.92	3.70
Altérite schisteuse (2-1)	1.60 à 3.10	23.04 à 21.54	0.91	2.56	1.66
Altérite micaschisteuse (2-2)	3.10 à 5.00*	21.54 à 19.64	3.21	8.32	4.37

*Profondeur d'arrêt du sondage

4. SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

L'ensemble des investigations et observations de terrain permettent de relever les points suivants :

- Les différents faciès géologiques présentent les caractéristiques mécaniques suivantes :

Formation	Profondeur globale du toit de la couche	PI* (MPa)	Em (Mpa)	Qd moy. (MPa)	Caractéristiques mécaniques
Couche 0-TV – Terre végétale	Dès le Terrain Naturel	-	-	0.00	Très faibles
Couche 1-1 - Limon sableux remanié	Dès le Terrain Naturel (rencontré seulement en T12 et TP13)	-	-	5.22 à 6.19	Modestes
Couche 1-2 - Limon sableux à cailloutis	0.00 à 0.60 (absent en SP1 et TP11)	-	-	0.47 à 3.70	Très faibles à faibles
Couche 2-1 - Altérite schisteuse	1.60 à 2.00 (rencontrée seulement en TP9 et TP13)	-	-	1.66 à 3.48	Faibles
Couche 2-2 - Altérite micaschisteuse	1.20 à 3.60 (absente en SP1, TP4, TP7, TP8, TP10 et TP11)	-	-	3.10 à 7.75	Faibles à modestes
Couche 3-1 - Micaschiste altéré	0.10 à 3.40 (absent en TP6, TP9, TP11 et TP13)	1.70	20.3	12.70 à 24.32	Bonnes
Couche 3-2 - Micaschiste peu altéré	0.10 à 4.40 (absent en TP6, TP9 et TP13)	>2.32	109.8	27.07 à 62.78	Très bonnes à excellentes
Couche 3-3 - Micaschiste rocheux	3.00 à 4.50 (rencontré en TP4, TP6, TP7, TP8, TP10 et TP11)	-	-	>32.00	Excellentes

- Du point de vue hydrogéologique, des arrivées d'eau et des niveaux d'eau ont été mesurés, lors de notre intervention (05, 06 et 09 mars 2020) entre 0.90 à 4.70m/TN. Ce constat ayant un caractère ponctuel et instantané, il ne permet pas de préciser les variations de la nappe, qui peut remonter fortement en période pluvieuse. Toutefois, nous rappelons que le projet étudié est situé dans une **zone non concernée** vis à vis du risque de remontée de nappe (cf. §2.5). A la suite d'épisodes pluvieux, il sera possible de rencontrer de petites nappes d'accumulation au sein des horizons d'altération superficiels.
- Les parois des sondages n'ont pas montré d'instabilité significative.
- Attention, les coupes de sol établies n'impliquent en rien qu'il ne puisse exister d'anomalie de la stratigraphie entre les sondages. En particulier, la position exacte des interfaces entre couches ne saurait se déduire d'une simple extrapolation des relevés de sondages.

5. ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

5.1. RAPPEL

Les éléments constitutifs du projet n'étant pas fixés à ce jour (structure, descentes de charges, ...), nous nous bornerons dans le présent rapport à donner les grands traits de caractère géotechnique du site afin d'en guider l'aménagement (mission G1).

Lorsque le projet sera arrêté, cette étude devra obligatoirement être complétée par une mission G2 AVP.

5.2. CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE

Globalement, le sous-sol du site est constitué par une formation rocheuse micaschisteuse +/- profonde, qui présente un état d'altération de plus en plus évolué vers la surface. Les caractéristiques mécaniques mesurées sont bonnes dans le micaschiste altéré et fracturé puis excellentes dans la frange peu altérée à rocheuse. Le degré d'altération de cette roche est très variable, avec par endroits des pointements sains peu profonds et par ailleurs, une épaisseur plus importante très fracturée et démantelée en blocs. Ces niveaux rocheux +/- tendres n'ont pas été observés au droits des sondages TP9 et TP13 (partie Sud-Est du site).

Globalement, sur les premiers mètres, nous avons rencontré des niveaux meubles +/- épais constitués par une succession de **terre végétale, de limons +/- sableux (parfois remaniés) puis l'altération poussée du micaschiste surmontant le rocher altéré**. Ce faciès appelé altérite, est issu d'une altération +/- évoluée de la roche sous-jacente. Dans ces couches meubles, les caractéristiques mécaniques mesurées sont globalement hétérogènes, augmentant avec la profondeur, allant de très faibles à modestes.

Au vu de la structure des horizons meubles et remaniés (couches 0-TV et 1-1), nous préconisons de **les proscrire pour tout projet de construction**. De plus, ils sont sensibles à l'affouillement, au remaniement mécanique et leur portance peut chuter brutalement en présence d'eau. Enfin, ces faciès ont un caractère évolutif.

Pour la couche 1-2, l'ancrage dans ces terrains demande de respecter de nombreuses conditions de mise en œuvre pour assurer une bonne exécution et s'avérerait contraignant pour tout projet.

5.3. MODES DE FONDATIONS ENVISAGEABLES

Deux grandes orientations sont envisageables. Le choix sera fait en fonction des résultats des **sondages qui seront réalisés en G2 AVP pour chaque lot** :

- Lorsque le **substratum et ses produits d'altération** (couches 3-1, 3-2 et 3-3) sont **observés dans les sondages (SP1 à TP8 et TP10 à TP12)** on s'orientera pour le futur projet vers une solution de **fondations superficielles (de type semelles filantes ou isolées avec longrines) à semi-profondes (de type massifs et longrines), ancrés d'au moins 30 cm** :
 - Pour de faibles à moyennes charges (maisons individuelles en R+1 et petits collectifs en R+2), on cherchera un ancrage dans le **micaschiste altéré (3-1)** ;
 - Pour des charges élevées (petits et moyens collectifs), on cherchera un ancrage dans le **micaschiste +/- altéré à rocheux** (couches 3-2 et 3-3), selon les secteurs.

- Lorsque le **substratum et ses produits d'altération** (couches 3-1, 3-2 et 3-3) **ne sont pas observés** dans les sondages descendus à 6.00m/TN au maximum (TP9 et TP13), on s'orientera sur **des projets de faibles charges (à prioriser en simple RDC et le plus homogène possible)** vers une solution de fondations superficielles de type massifs isolés de grandes dimensions ou de type radier sur une couche de forme débordant de l'ouvrage. **Cette solution devra être validée par un bureau d'études structure, après réalisation d'une étude géotechnique en phase avant-projet (G2avp)**. La qualité apportée à l'exécution des travaux, de la mise en place d'un **système de drainage**, ainsi que le choix de la période de ceux-ci (**juillet à septembre**) sont prépondérants à la bonne stabilité des ouvrages :
 - Pour les **massifs isolés**, ils seront de grande taille (de l'ordre de 1.20 x 2.20 disposés tous les 3m) et devront être réalisées dans les règles de l'art (coffrage, béton de propreté en fond de fouille...), en absence d'eau et en période sèche.
 - Pour le **radier général sur une couche de forme d'un mètre minimum et débordant de l'ouvrage**, cette solution comporte de nombreuses contraintes. En effet, il sera nécessaire de laisser une bande de 3m minimum à l'intérieur des limites de propriétés, sans construction autour de la maison. Il est essentiel de répartir uniformément les charges de la structure sur la plateforme. De plus, dans ces sols mous et tendres, la mise en place d'une couche de forme dans les règles de l'art est très compliquée.

5.4. PLANCHER/DALLAGE

Compte tenu de la qualité des terrains de surface et du potentiel radon qui classe la commune de Hillion en zone III, des **dallages portés sur vide-sanitaire** seront privilégiés pour les maisons individuelles. Un **dallage sur terre-plein** pourra éventuellement être envisagé, seulement sur la parcelle devant accueillir un petit collectif, après purge des formations superficielles de mauvaise portance et de la frange altérée, de l'altération poussée du substratum micaschisteux, au minimum.

En phase projet, les modules de déformation Es devront être évalués pour vérifier la validité du dallage sur terre-plein, avec la réalisation de sondages pressiométriques.

5.5. PRESENCE DE SOUS-SOL

Le substratum rocheux est rencontré à une profondeur variable, allant de 0.10 à 3.40m/TN et est absent en partie Sud-Est. La mise en œuvre de sous-sols :

- sera proscrite dans les secteurs très meubles (notamment les lots du secteur Sud-Est),
- nécessitera sur certaines zones des moyens de terrassement plus lourds (dent de déroctage voire même BRH).

5.6. MISE EN ŒUVRE ET TERRASSEMENT

Moyens d'exécution

La mise en œuvre de fondations superficielles et des réseaux nécessitera des terrassements en déblais. Les fouilles seront ouvertes à l'aide de pelles mécaniques de puissance courante ou de forte puissance en fonction de la présence ou non du substratum micaschisteux. Dans les secteurs rocheux peu profonds et sains, il sera nécessaire d'employer une pelle mécanique puissante munie d'une dent de déroctage voire même d'un BRH dans les franges rocheuses les plus saines. Tout de même, dans l'ensemble, le toit de la roche présente un certain degré de fracturation qui devrait permettre en grande partie de la déliter à l'aide d'une pelle mécanique de moyenne à bonne puissance, avec l'appui d'une dent de déroctage dans les passes plus résistantes.

Pour tout aménagement (fondations, réseaux), les fouilles terrassées seront blindées au-delà de 1.30 m de profondeur.

En cas de venues d'eau en fond de fouille, un pompage avec évacuation vers l'aval sera mis en place. Si les venues d'eau sont trop importantes, un blindage des fouilles sera mis en place.

En cas de fortes intempéries et/ou d'éboulement des parois des fouilles, ces dernières seront impérativement curées et purgées des matériaux remaniés. Si les instabilités sont trop importantes, on blindera les fouilles.

Talutage

Concernant les talus (talus provisoire, talus définitifs), les coefficients de sécurité minimum au glissement devront être les suivant :

- pour un talus provisoire, $F_s=1.3$
- pour un talus définitif, $F_s=1.5$

De plus, dans **les formations de recouvrement et l'altération poussée du substratum micaschisteux**, la pente des talus ne devra pas excéder **3H/2V** en absence d'eau, et **2H/1V** en présence d'eau. Dans le **micaschiste altéré à rocheux**, les pentes pourront être de **1H/1V** en l'absence d'eau et **3H/2V** en présence d'eau.

Traficabilité

Etant donné la configuration du site (pente globale Sud à Sud-Est), il faut s'attendre en période humide à avoir des ruissellements et des stagnations d'eau du fait de terrains très peu perméables à faible profondeur. Il faudra donc prévoir d'aménager des pistes de circulation pour les engins après décapage des couches superficielles.

Eau et drainage

Lors de notre intervention (05, 06 et 09 mars 2020), des venues d'eau ont été observées dans nos sondages entre 0.90 à 4.70m/TN. En fonction de la date de réalisation des terrassements, du niveau fini et des arrivées d'eau éventuelles dans les fouilles (ruissellement, circulations superficielles, remontées de nappe), un pompage provisoire pourra s'avérer nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher les fouilles des terrassements généraux (dans ce cas, attention aux départs de fines et affouillements).

6. ORIENTATION DU PROJET

Nous rappelons que le projet en est au stade de l'esquisse. Cette étude a été menée dans le cadre d'une mission de type G1 (définition ci-jointe d'après la norme NF P 94-500 de novembre 2013). Une mission complémentaire du type G2-AVP sera réalisée pour compléter la présente étude.

Lors de la mission G2 AVP, **il conviendra de prévoir des sondages pressiométriques au droit des projets de construction**, afin de préciser les contraintes admissibles aux ELU et ELS, d'évaluer les éventuels tassements générés par les descentes de charges et de préciser les modules de déformation nécessaires au dimensionnement des dallages.

La définition du programme d'investigations de la mission G2-AVP devra être déterminée en fonction de l'avant-projet.

Notre étude G₁ se termine à la remise du présent rapport.

Nous restons à la disposition des Maitres d'Ouvrage et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Fait à Plérin, le 17 mars 2020

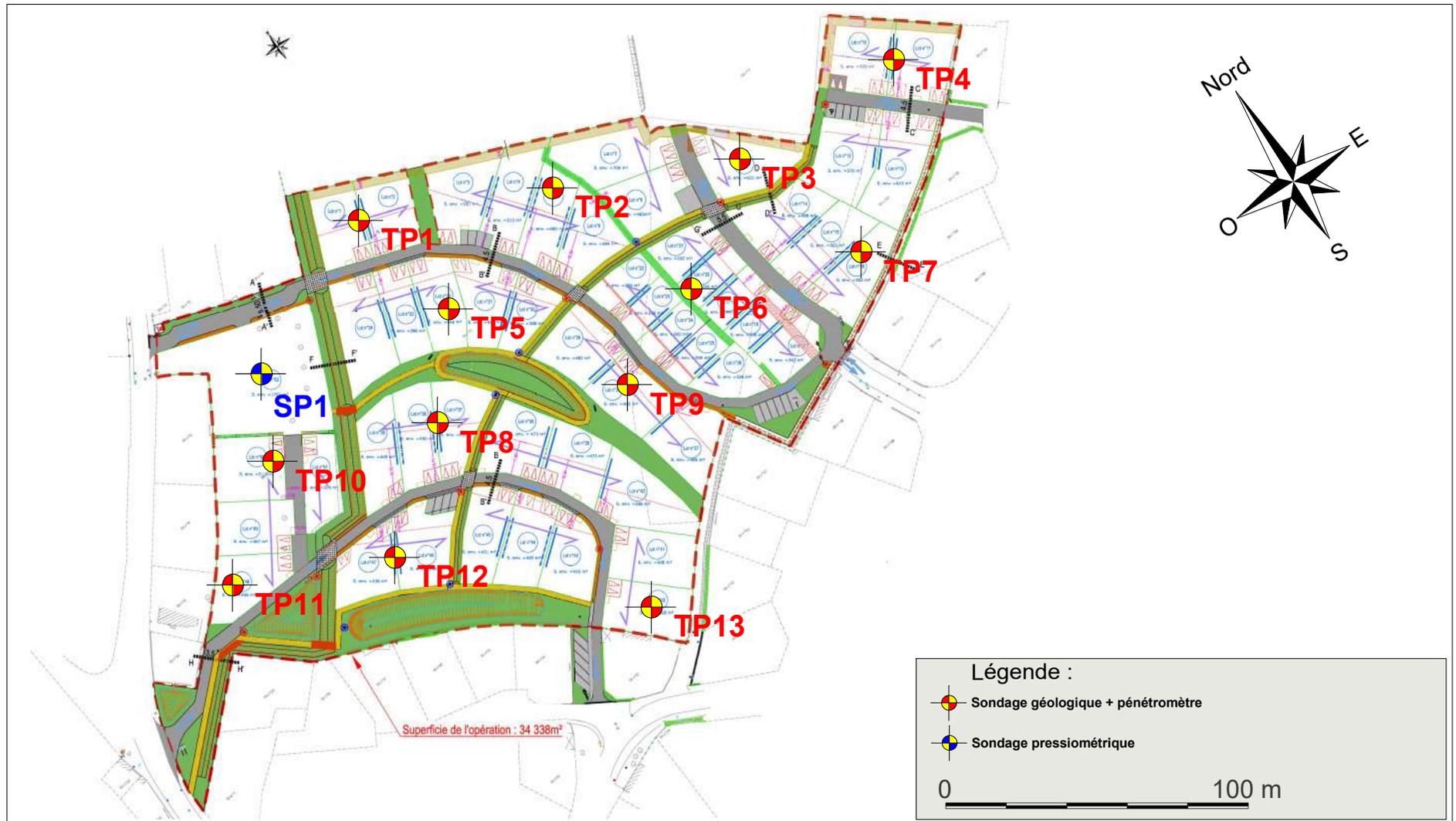
Victor PEETSON

Nicolas REBUFIE

ANNEXES

ANNEXE 1 :
Plan d'implantation des sondages

Plan d'implantation



ANNEXE 2 :

**Sondages à la tarière mécanique et résultats
des essais pressiométriques/pénétrométriques**



5 Rue du Lieutenant MOUNIER - 22190 PLERIN
Standard : 02.96.74.56.15 Fax : 02.96.74.47.01
www.eta-etudes.com

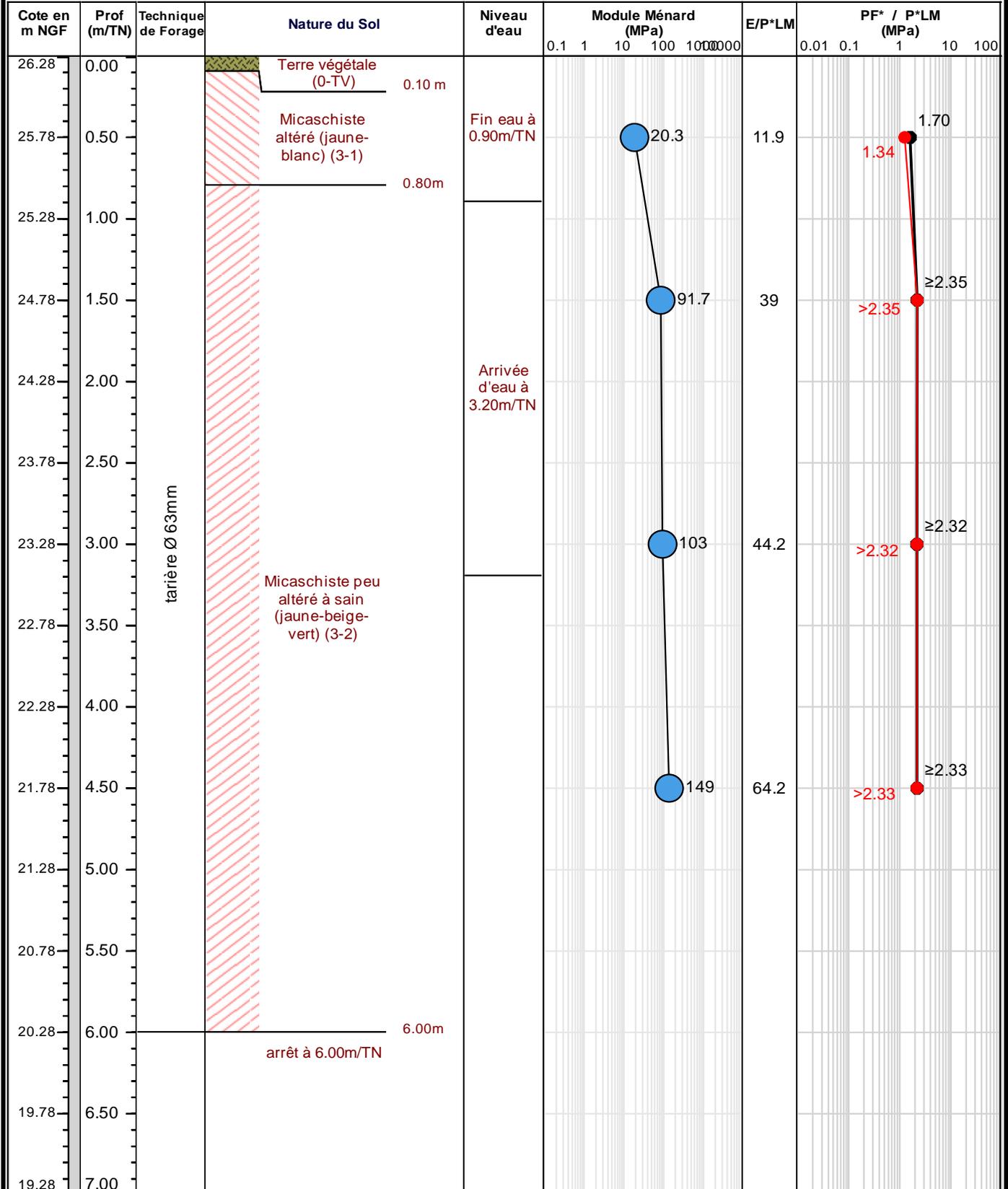
Sondage pressiométrique

effectué conformément à la norme EN ISO 22476-4

SP1

Date : 05/03/2020 Coordonnées en Lambert 93 (m)
Opérateur : Dany BUCHER X : 281870.548
Foreuse : ECOFORE CE302G Y : 6839307.306

Dossier : GEO_20_017 Chantier : Aménagement d'un lotissement
Sondage : SP1 Adresse : Hillion (22)



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement

Coordonnées à Lambert 93 (m)

Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)

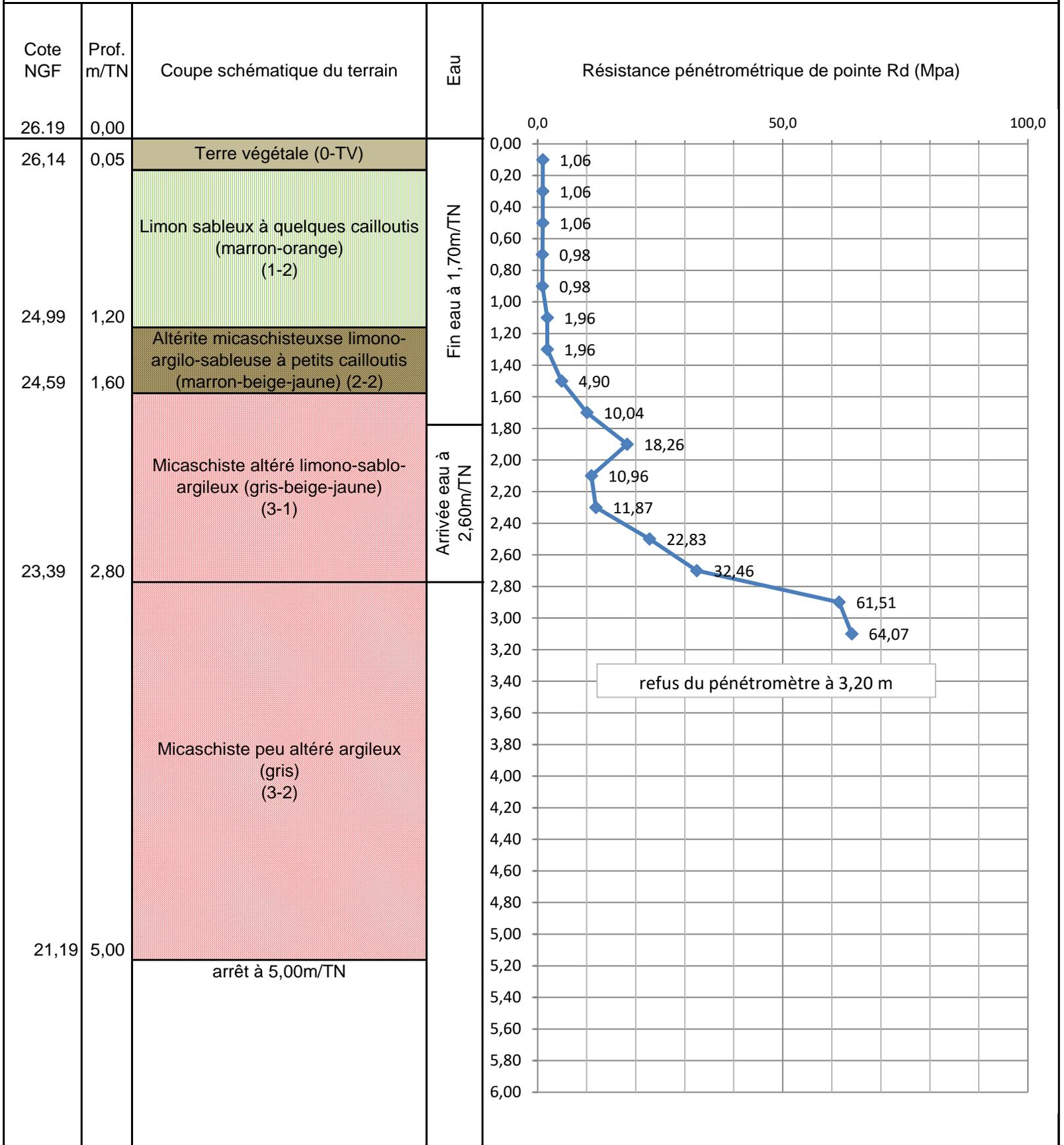
X : 281923.314

N° de dossier : GEO-20-017

Y : 6839340.812

Date : 05/03/2020

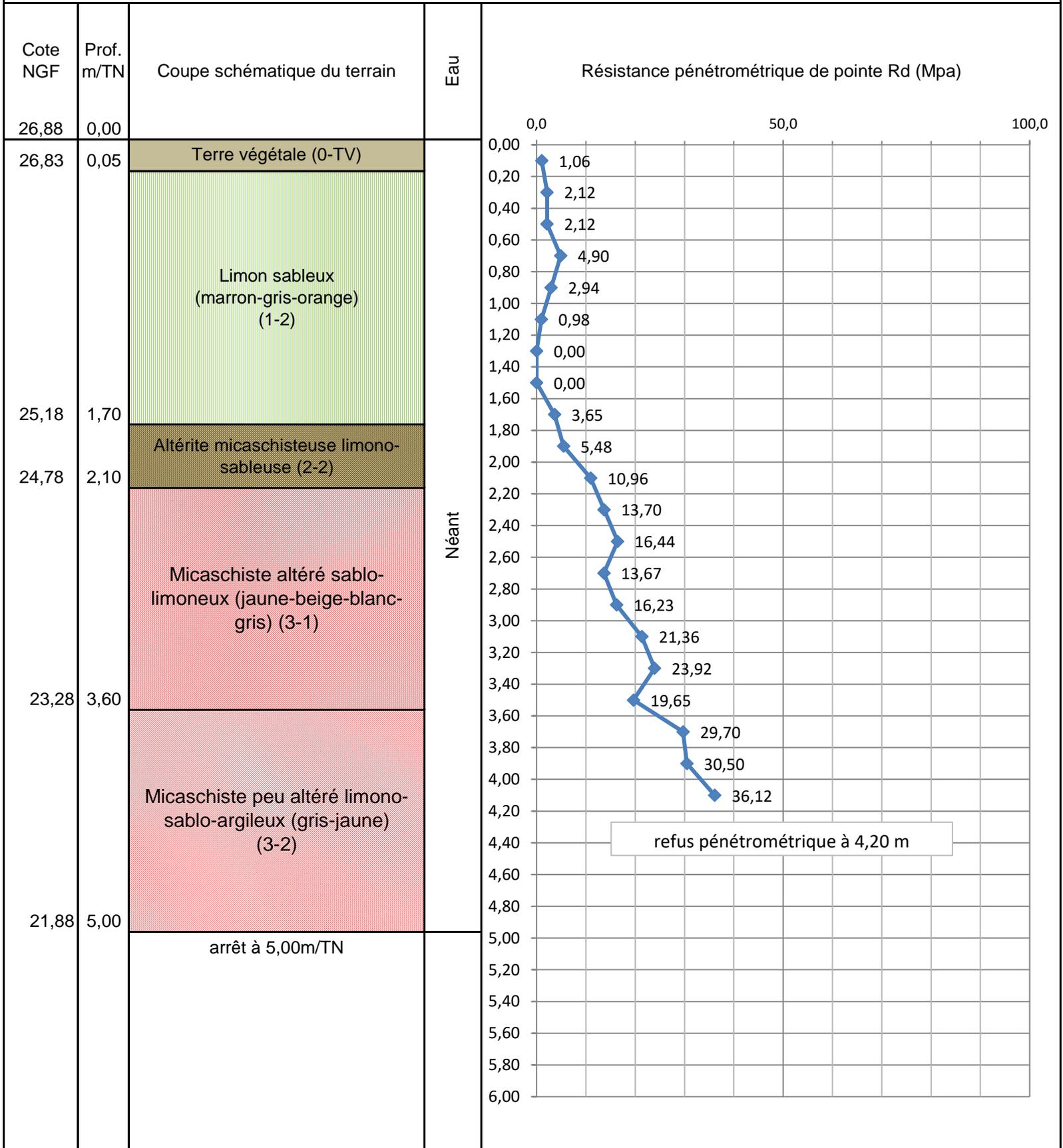
Z : 26.19



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

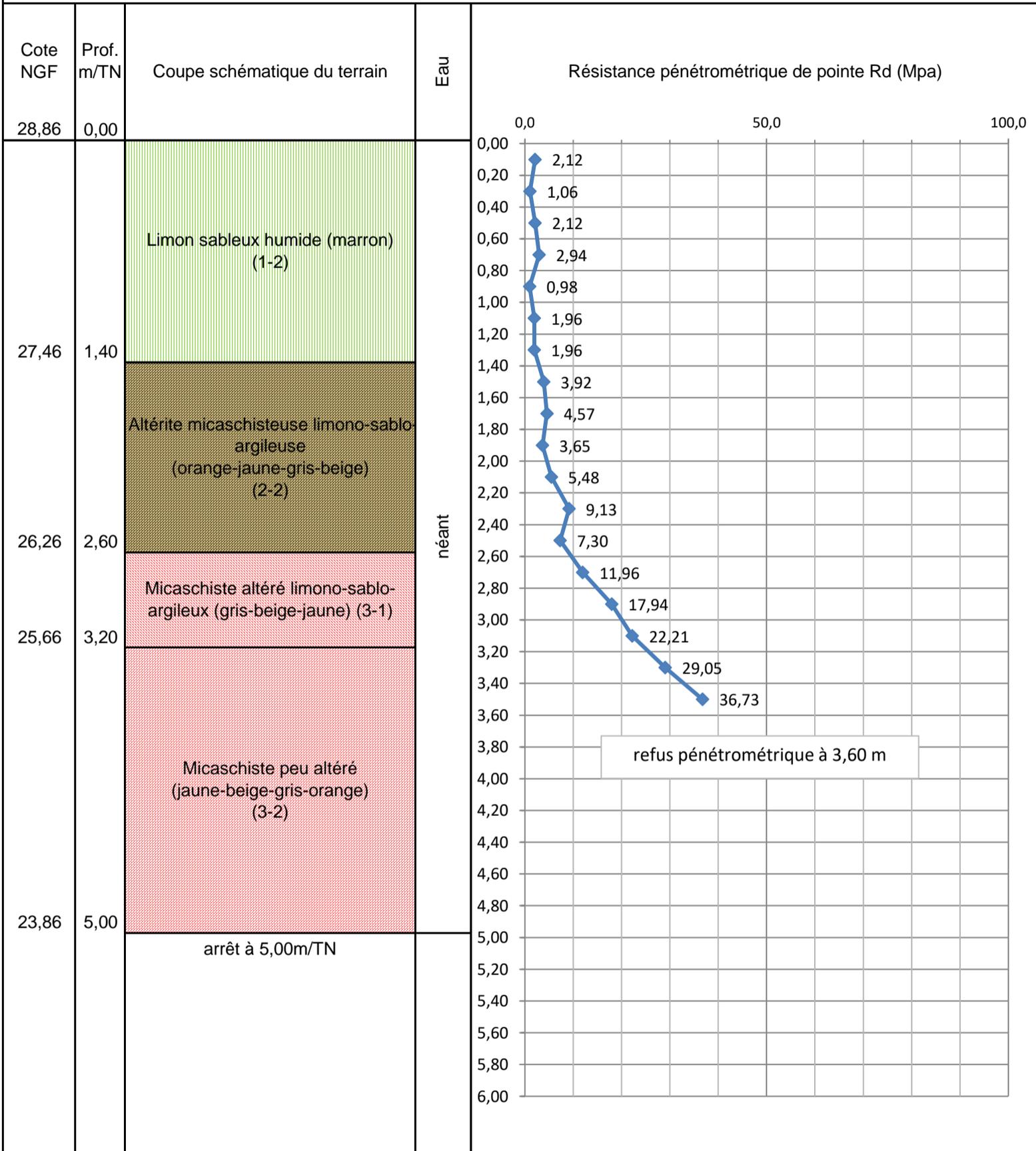
Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 281984.539
 Y : 6839321.811
 Z : 26,88



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

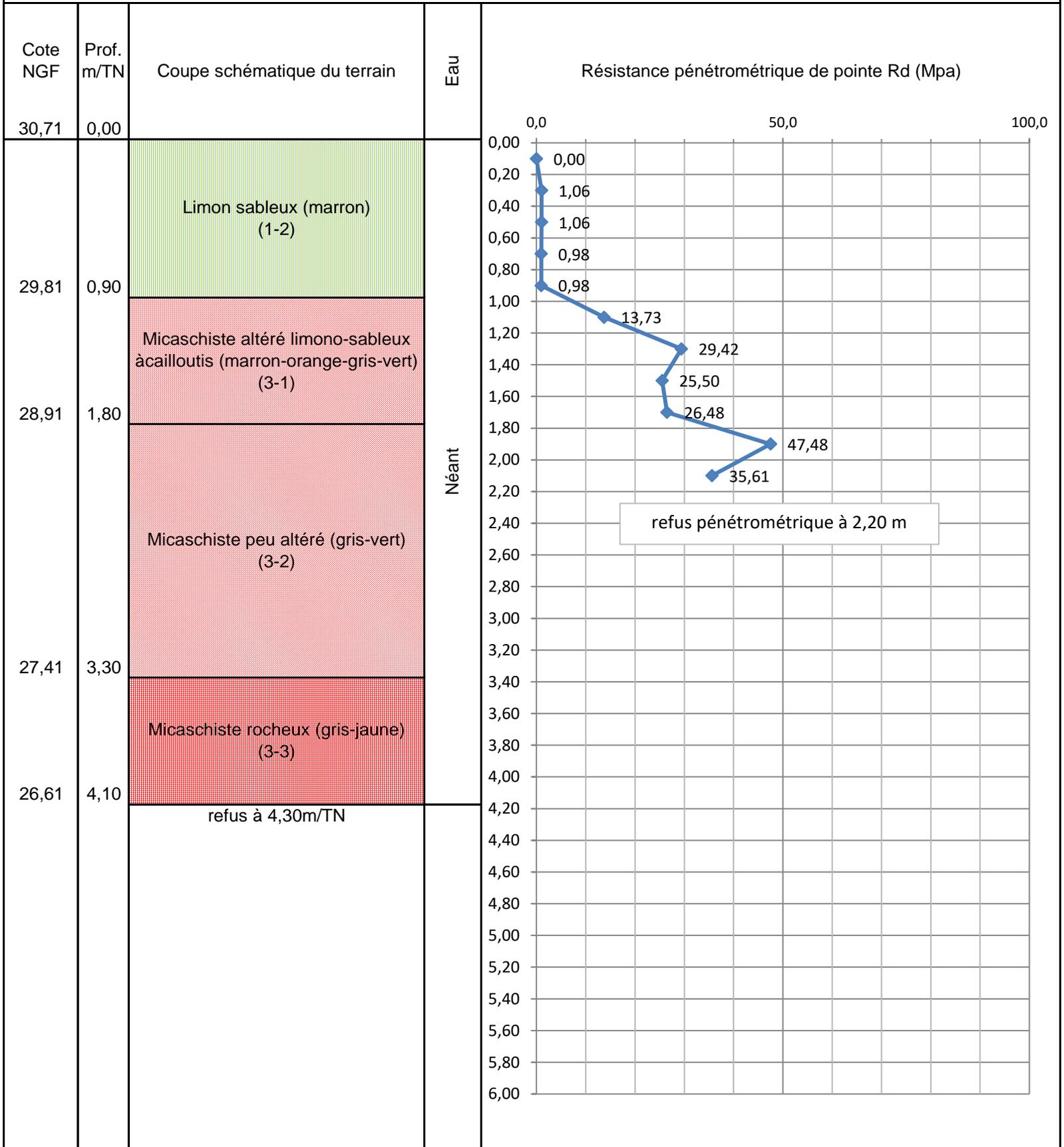
Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 282046.128
 Y : 6839304.330
 Z : 28,86



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

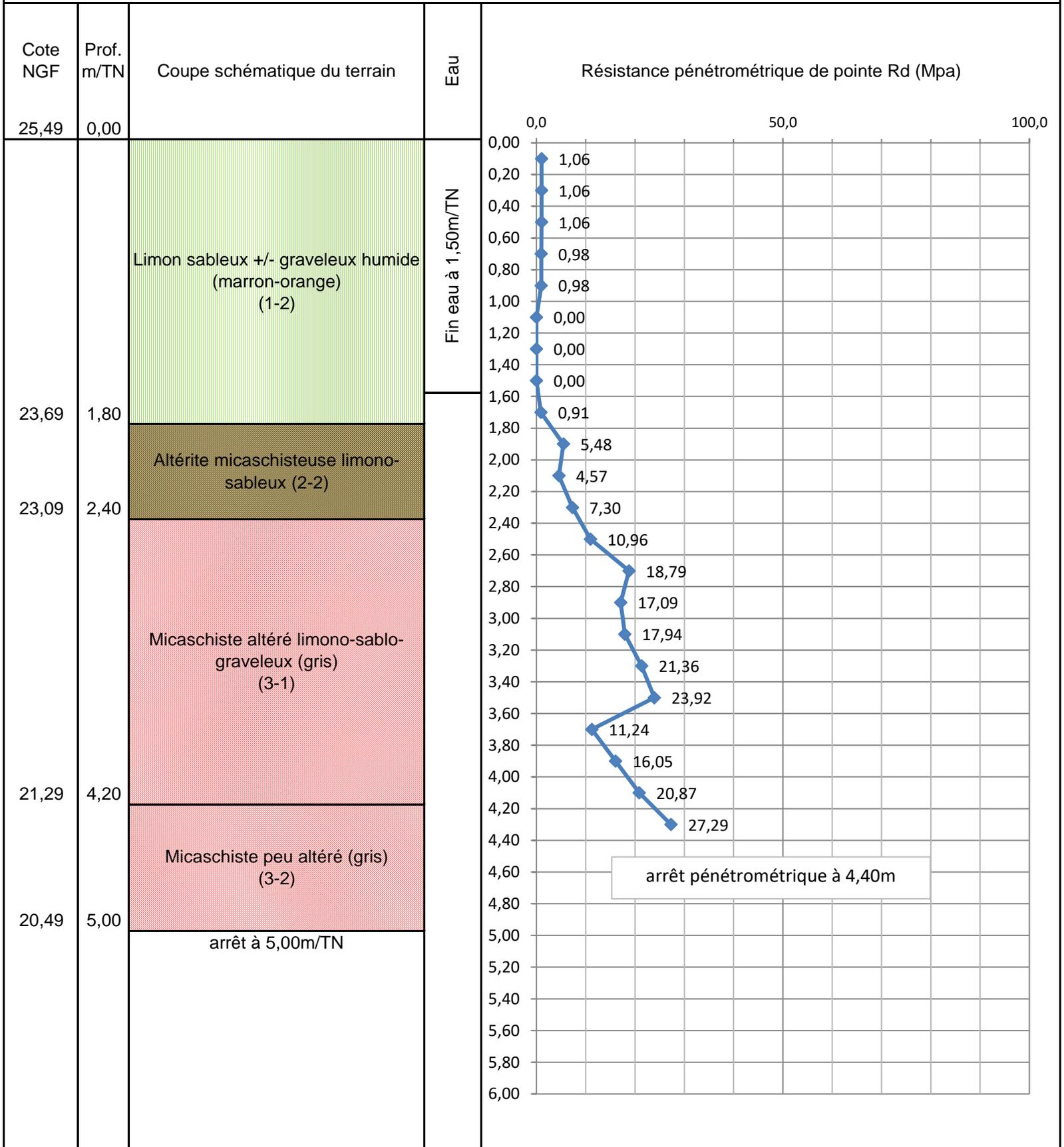
Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 282107.573
 Y : 6839314.096
 Z : 30,71



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

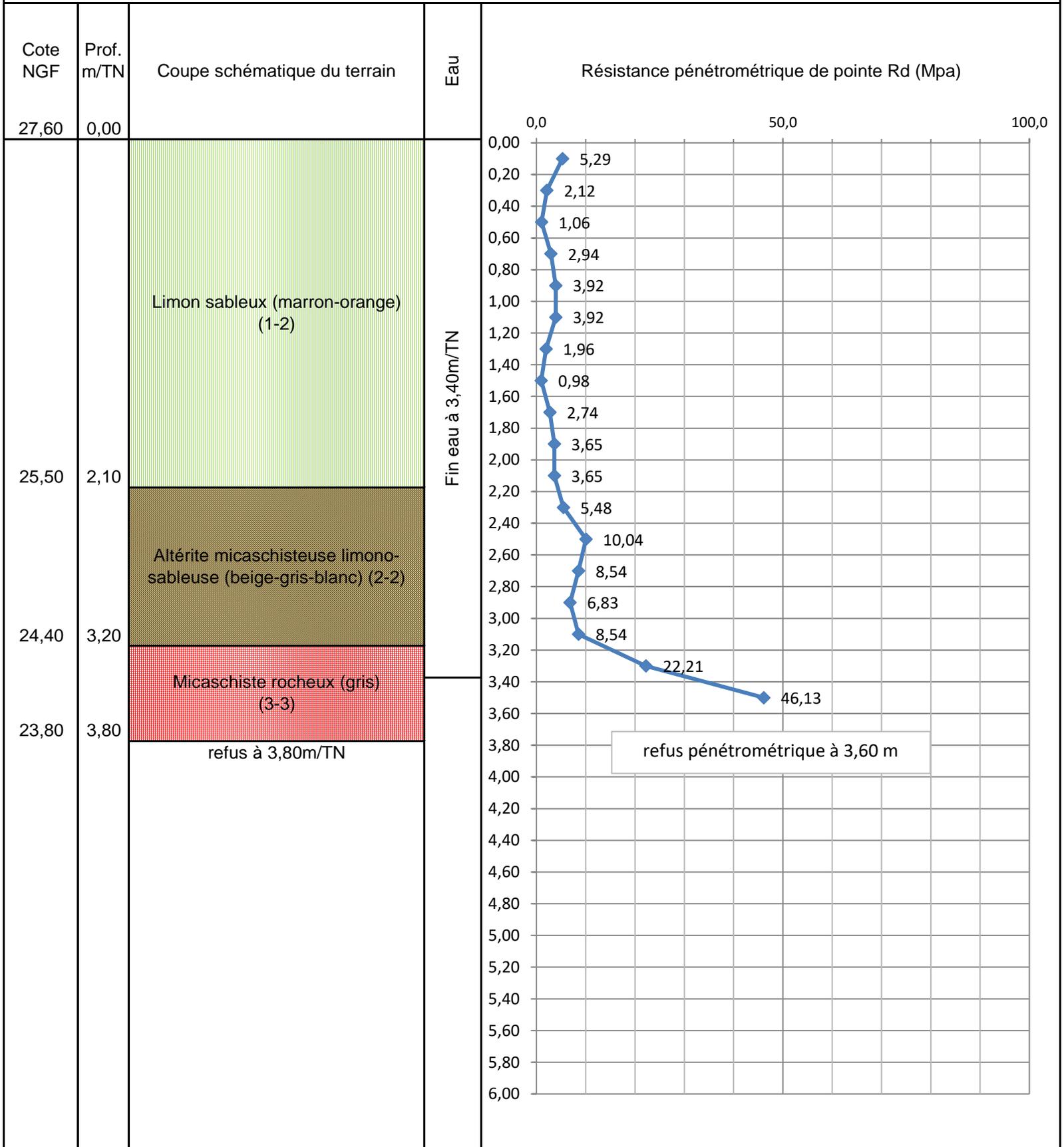
Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 281938.505
 Y : 6839303.815
 Z : 25,49



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 282014.042
 Y : 6839275.770
 Z : 27,6



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement

Coordonnées à Lambert 93 (m)

Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)

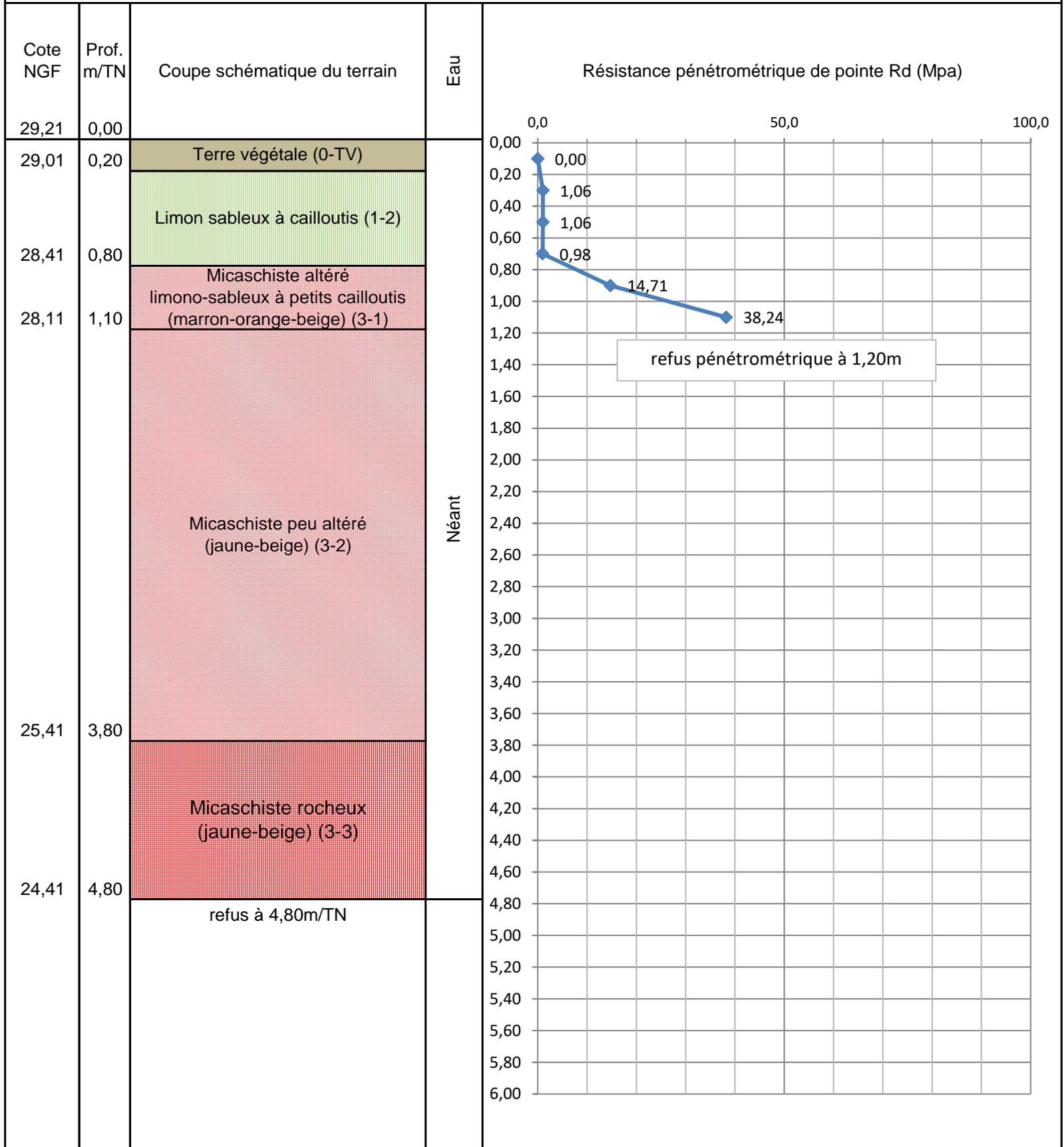
X : 282069.333

N° de dossier : GEO-20-017

Y : 6839261.663

Date : 05/03/2020

Z : 29,21



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement

Coordonnées à Lambert 93 (m)

Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)

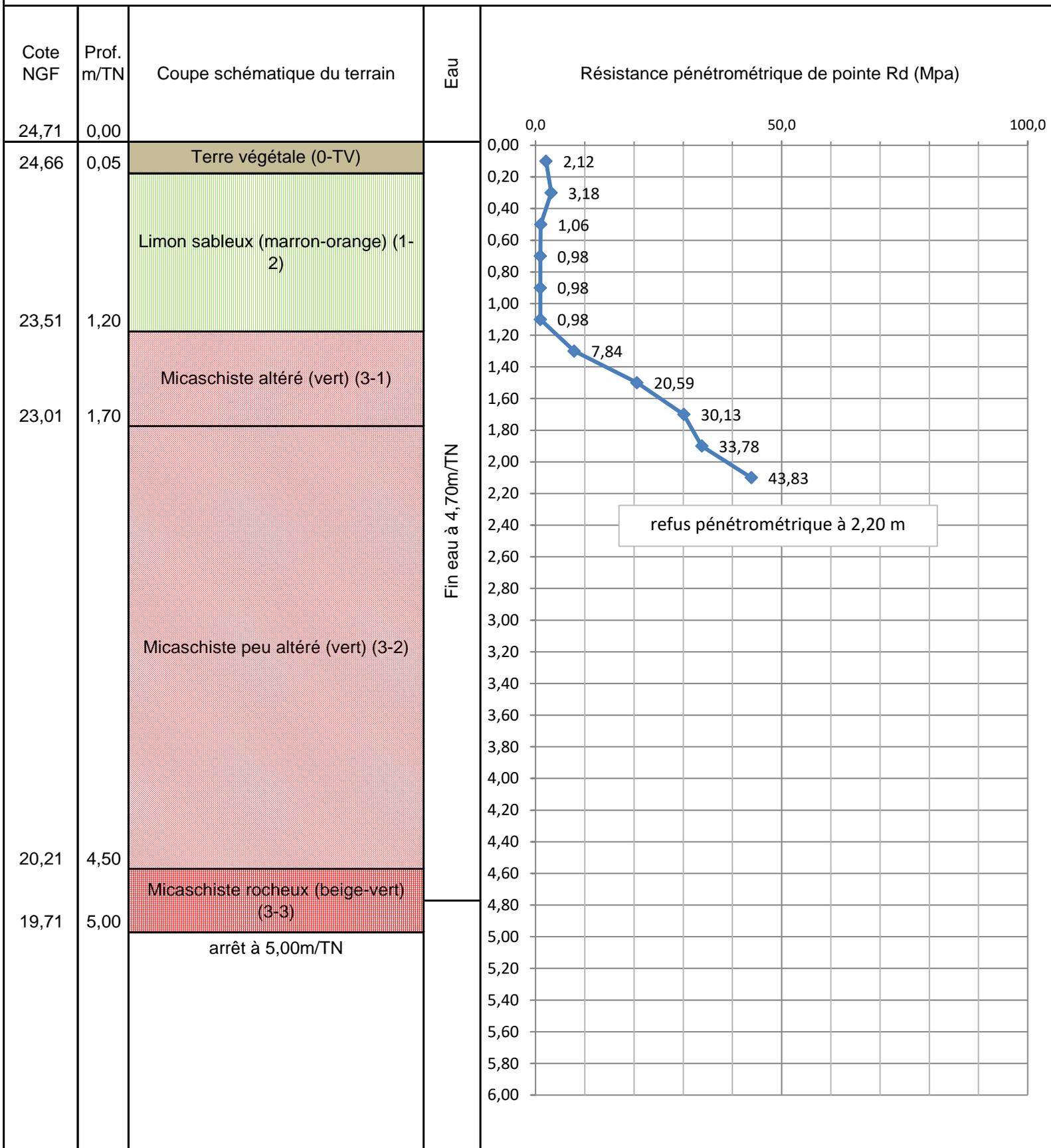
X : 281913.659

N° de dossier : GEO-20-017

Y : 6839272.195

Date : 05/03/2020

Z : 24,71



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement

Coordonnées à Lambert 93 (m)

Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)

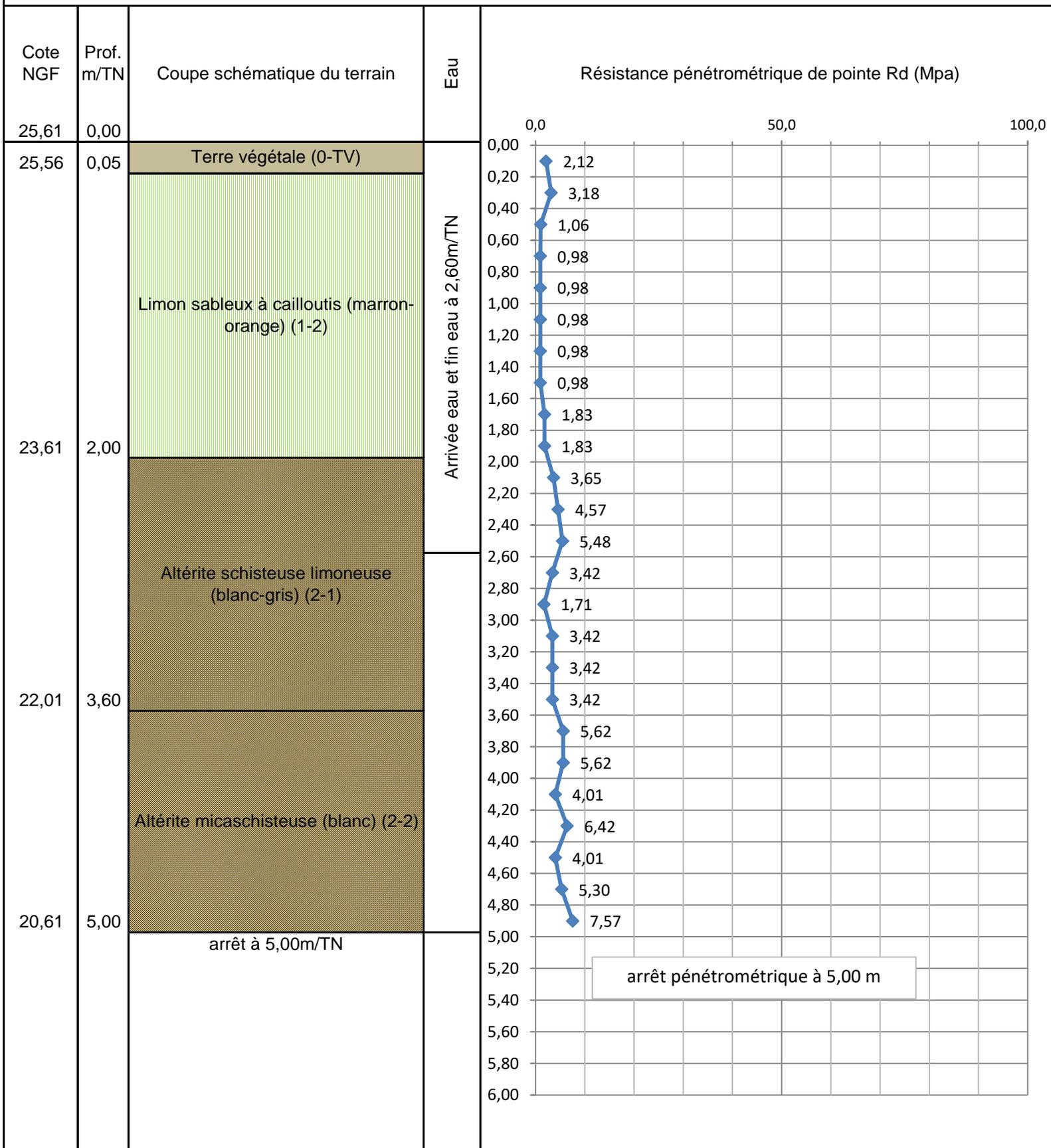
X : 281979.754

N° de dossier : GEO-20-017

Y : 6839250.910

Date : 05/03/2020

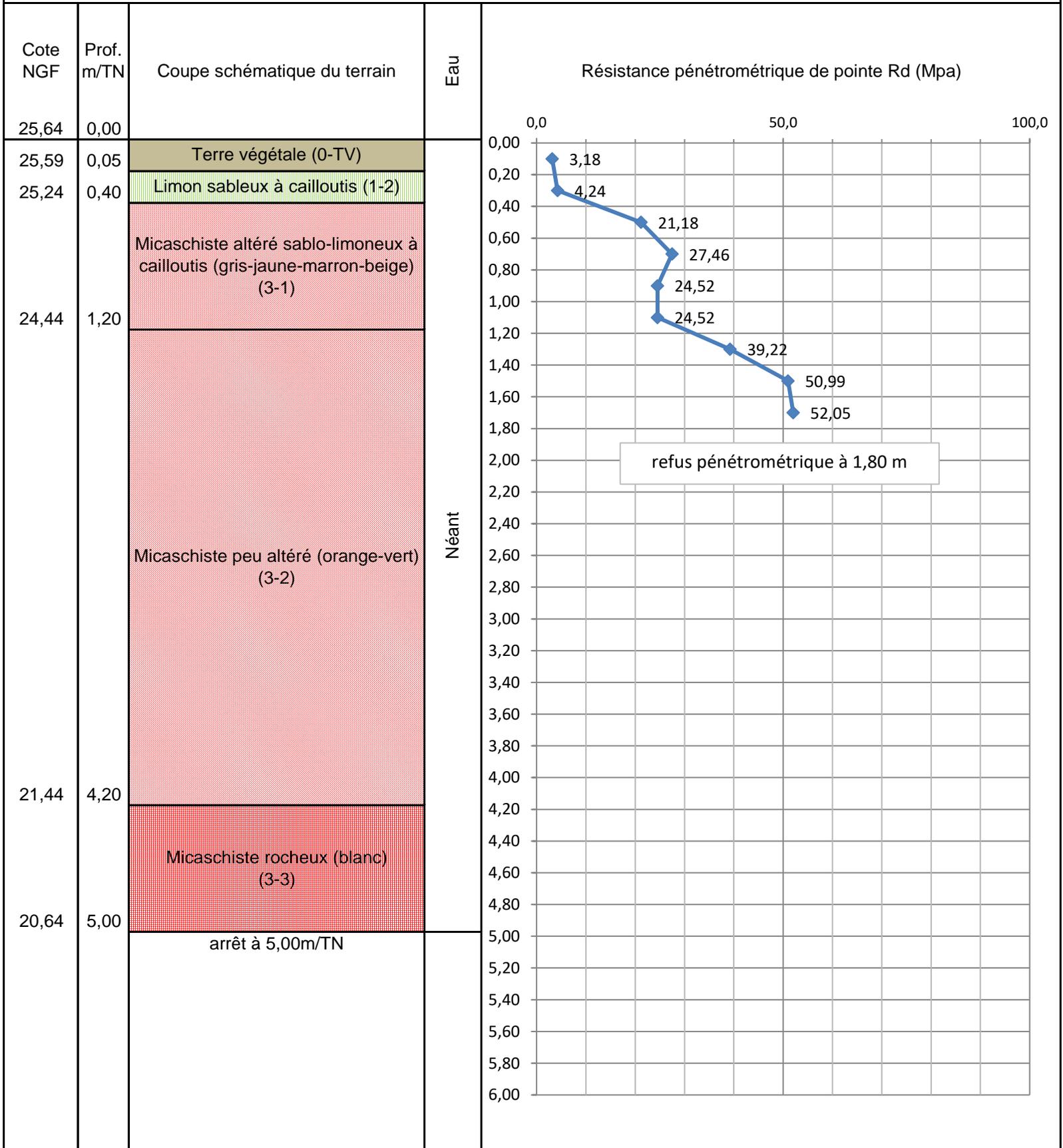
Z : 25,61



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

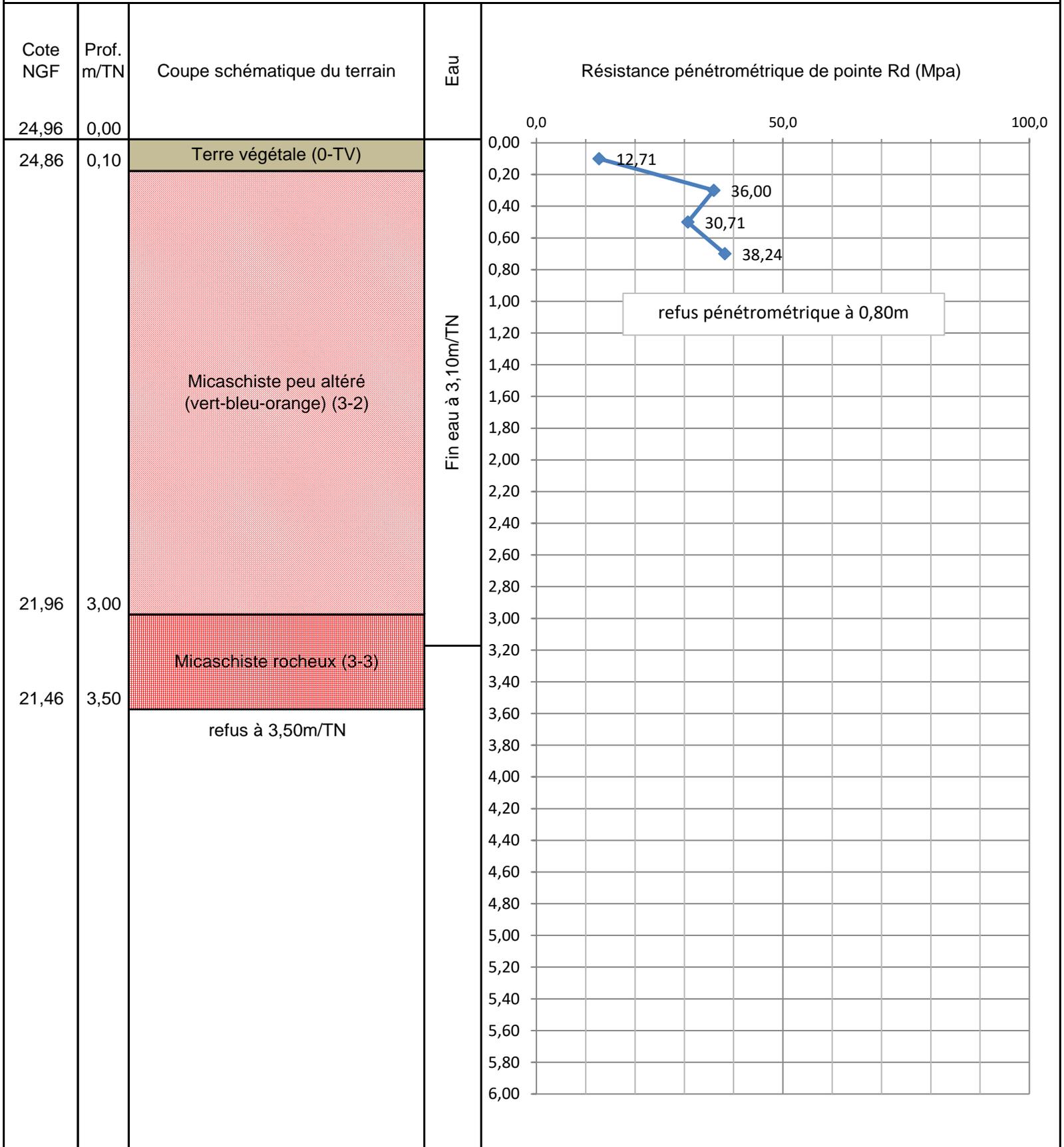
Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 281860.313
 Y : 6839279.301
 Z : 25,64



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

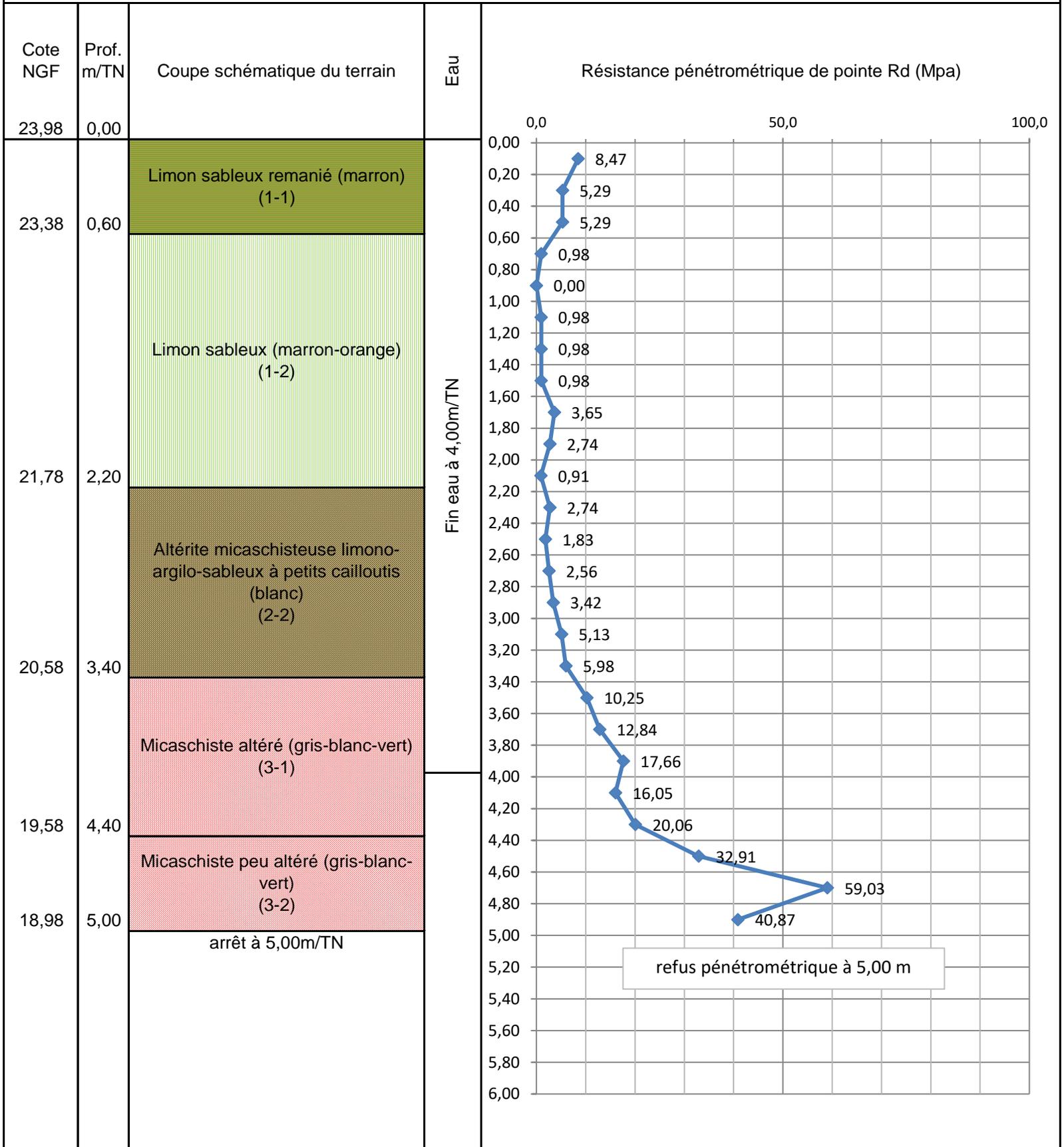
Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 281835.423
 Y : 6839246.260
 Z : 24,96



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement
 Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)
 N° de dossier : GEO-20-017
 Date : 05/03/2020

Coordonnées à Lambert 93 (m)
 X : 281885.899
 Y : 6839236.963
 Z : 23,98



Observations :

Client : Baie d'Armor Aménagement

Coordonnées à Lambert 93 (m)

Chantier : Aménagement d'un lotissement - Hillion (22)

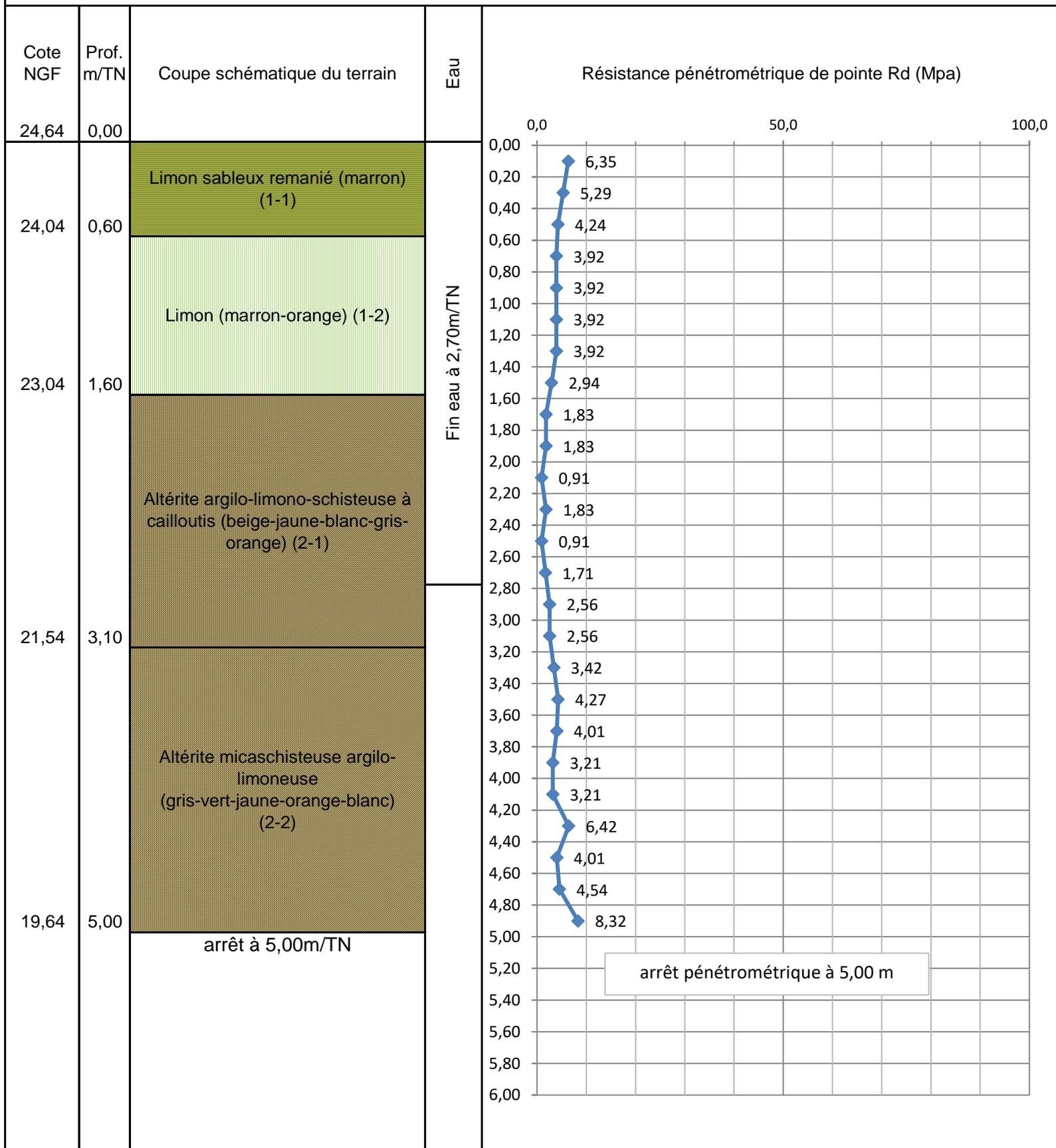
X : 281954.315

N° de dossier : GEO-20-017

Y : 6839184.610

Date : 05/03/2020

Z : 24,64



Observations :

ANNEXE 3:
Rappel des missions géotechniques

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Version Novembre 2013)

1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique, 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'étude géotechnique préliminaire de site (G1), d'étude géotechnique d'avant projet (G2 AVP), d'étude géotechnique de projet (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- 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 type G1 à G5 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 G1 à G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques.
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 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, suivi géotechniques d'exécution (mission G3) ou de la supervision géotechnique d'exécution (mission G4) 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.

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

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

Schéma d'enchaînement des missions types 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

Classification des missions types 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'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.

ETAPE 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).