SODEB

Construction d'un bâtiment industriel
FONTAINE
(Territoire de Belfort)

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

(Mission G2 AVP)

Dossier n°	Indice	Date	Rédigé par :	Vérifié par :
C.18.20271	0	07/01/19	Laurent COLIN	-

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

1. INTRODUCTION

À la demande de la SODEB, la Direction Régionale FRANCHE-COMTÉ du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE EST** a réalisé une mission **G2 AVP** dans le cadre de la construction **d'un bâtiment industriel à FONTAINE, sur le site de l'aéroparc.**

Cette mission s'inscrit dans le cadre de la norme NFP 94.500 de Novembre 2013 des missions géotechniques de l'AFNOR-USG, à savoir :

- Mission G1 : Étude géotechnique préalable
  - Phase Étude du site (ES)
  - Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

- **Mission G2 : Étude géotechnique de projet**
  - **Phase Avant Projet (AVP)**
  - Phase Projet (PRO)
  - Phase DCE/ACT

- Mission G3 : Étude et suivi géotechniques d'exécution
  - Phase étude
  - Phase suivi

- Mission G4 : Supervision géotechnique d'exécution
  - Phase supervision de l'étude d'exécution
  - Phase supervision du suivi d'exécution

- Mission G5 : Diagnostic géotechnique

Les hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport s'entendent sous réserve de la stricte application de cette norme et plus généralement de l'ensemble des normes et règlements en vigueur.

Cette mission a été réalisée par **Laurent COLIN** Ingénieur géologue – géotechnicien, DESS de Géologie Appliquée.

L'étude géotechnique conduite sur le terrain ainsi que le présent rapport correspondent à une mission G2 AVP de l'Union Syndicale Géotechnique dont la classification et le contenu sont joints en annexes. Conformément à la norme NF P 94-500 de novembre 2013, la présente mission devra être suivie par les autres missions G2, puis par la mission G4 de supervision géotechnique, la mission G3 étant à réaliser par l'entreprise adjudicataire.

Cette étude ne traite pas de la recherche de vestiges ou engins pyrotechniques enterrés, ni de la caractérisation d'une pollution éventuelle, ni de la définition des éventuels dispositifs d'infiltration des eaux pluviales.

2. PROGRAMME SPÉCIFIQUE DES INVESTIGATIONS MISES EN ŒUVRE

Conformément au cahier des charges transmis par la SODEB et à l'implantation des sondages définie dans ce cahier des charges, ont été réalisés sur la parcelle concernée par le projet :

- **10 sondages de reconnaissance géologique de type destructif,**
  notés SP1 à SP10,
  conduits entre 8,01 et 21,24 m de profondeur, en diamètre 64 mm, les outils étant adaptés aux types de terrain.

- **95 essais pressiométriques,**
  suivant une maille de principe de 1,5 m,
  permettant la mesure, par un essai de chargement in situ :
  - du module de compressibilité : E
  - de la pression de fluage : pf
  - de la pression limite brute de rupture:pl laquelle après estimation
  - de la pression horizontale des terres au niveau de l'essai sigHS permet celle
  - de la pression limite nette pl*

- **L'enregistrement des paramètres de forage avec un appareil numérique de type Lutz, permettant la mesure de :**
  - la vitesse à l'avancement en m/h,
  - la pression d'injection en bar,
  - le couple de rotation,
  - la pression de poussée en bar.

- **En SP6, la pose d'un piézomètre PVC Ø 50 mm crépiné de 4,0 à 8,0 m de profondeur, avec tête de protection métallique.**

- **Le relevé du piézomètre SP6 et de 4 autres piézomètres posés sur le site dans le cadre du diagnostic pollution, le 03/01/18.**

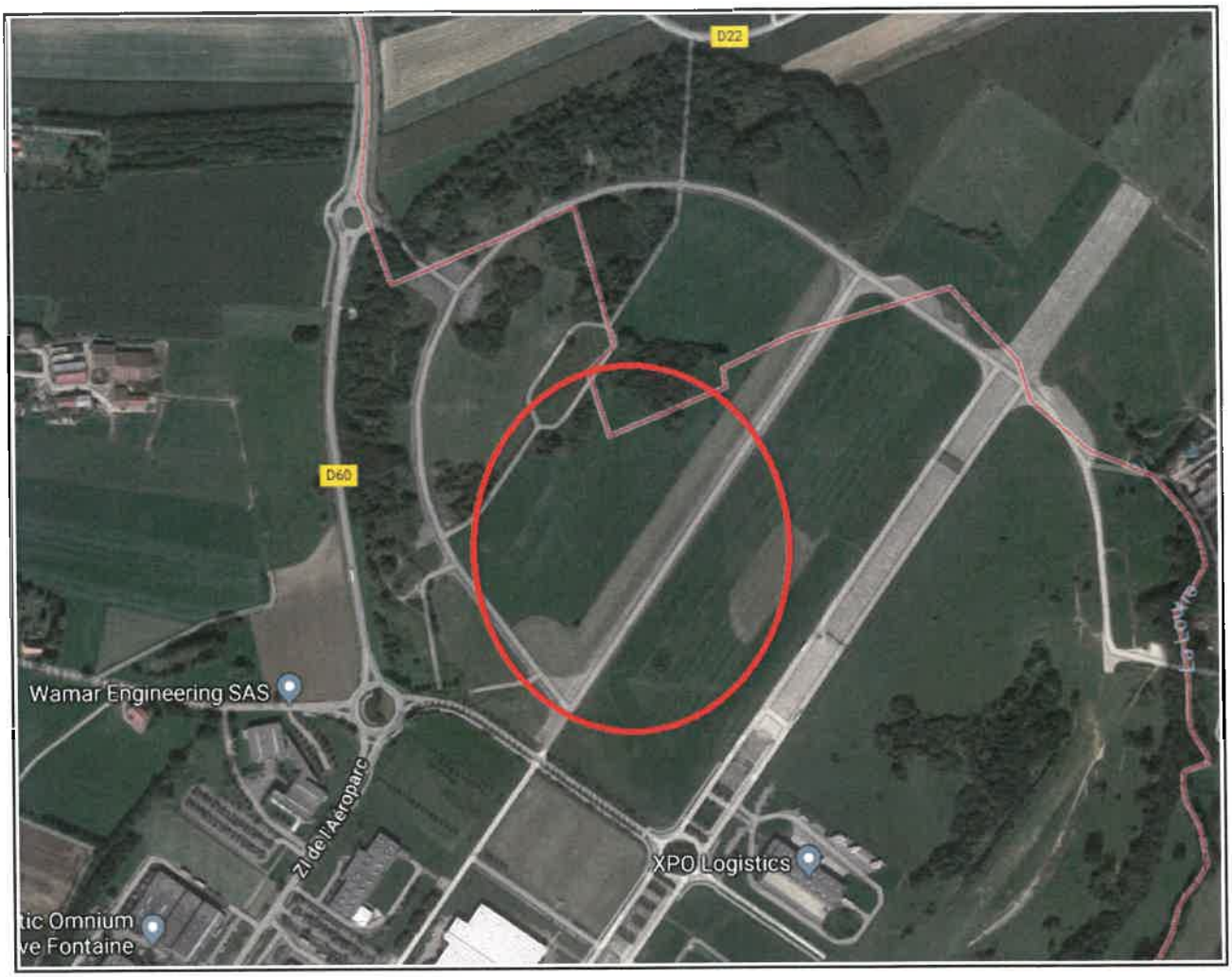
- **11 sondages de reconnaissance géologique à la pelle hydraulique,**
  notés PM1 à PM11,
  descendus entre 2,0 et 3,0 m de profondeur, avec identification des formations rencontrées à l'avancement et prélèvements d'échantillons pour analyses en laboratoire.

- **11 essais au pénétromètre dynamique,**
  notés PD1 à PD11,
  descendus entre 7,6 m (refus) et 10 m de profondeur, avec calcul de la résistance de pointe tous les 0,2 m par la formule de Redtenbacher.

- **En laboratoire :**
  - 7 mesures de la teneur en eau naturelle sur la fraction 0/20 mm,
  - 7 essais au bleu de méthylène,
  - 7 analyses granulométriques.

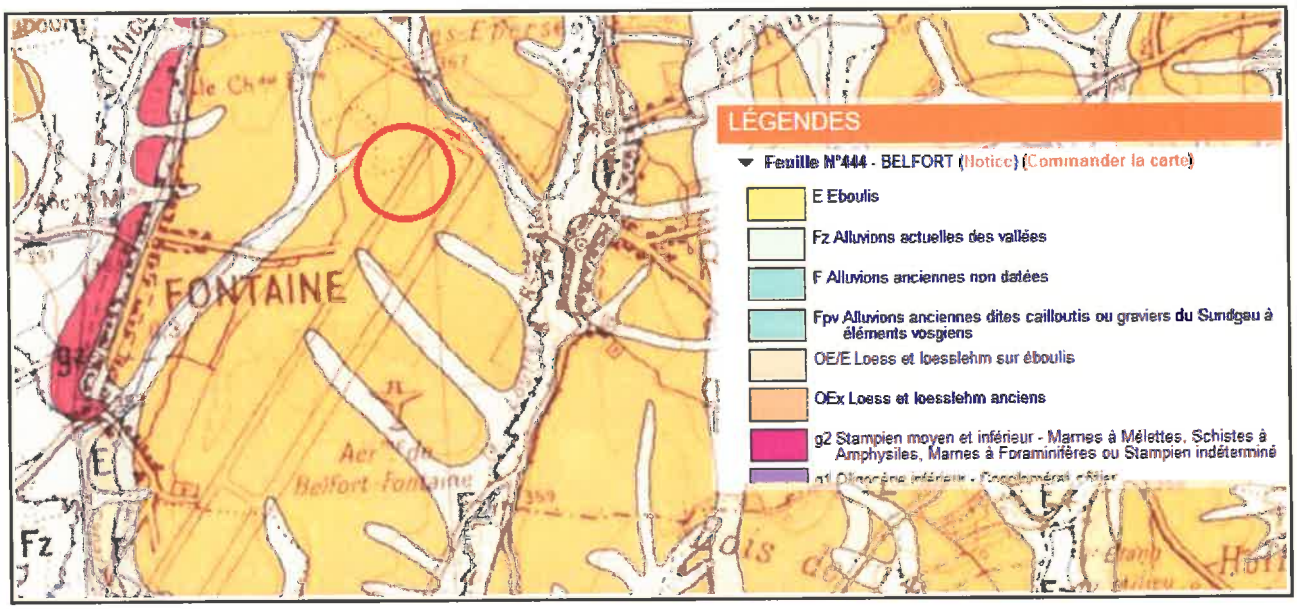
3. CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Le terrain étudié correspond à un vaste pré, sensiblement plat et horizontal, au Nord – Est du site de l'Aéroparc, autrefois occupé par une base aérienne.



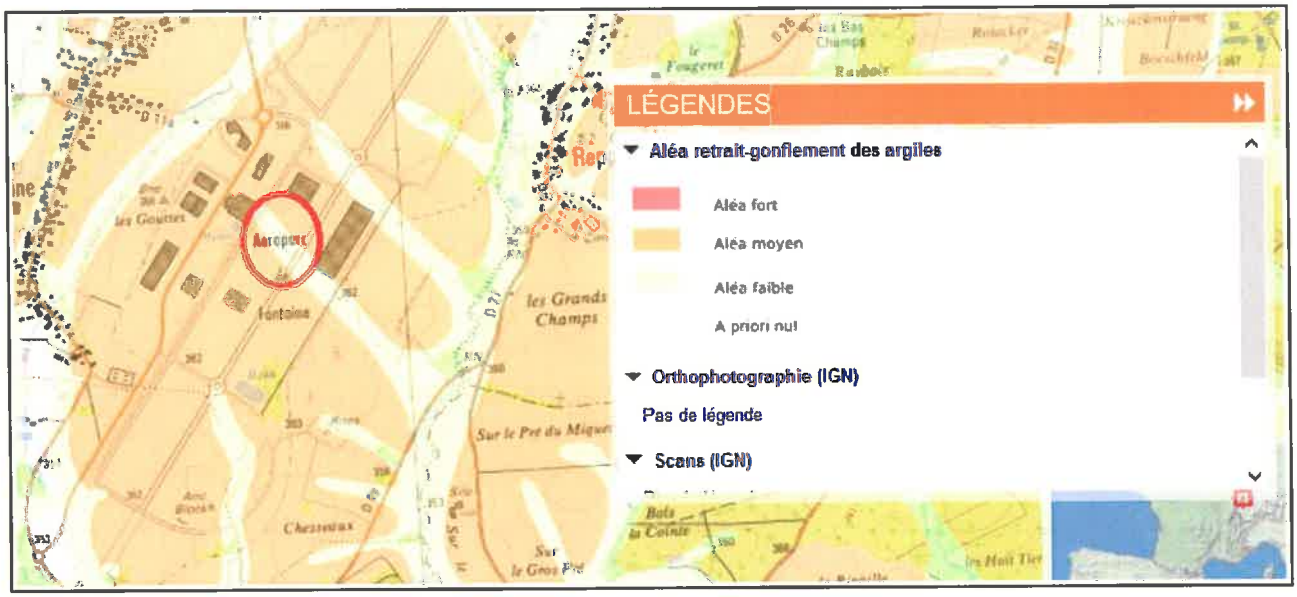
Vue aérienne du site

D'après la carte géologique au 1/50 000 éditée par le BRGM (dont un extrait est présenté ci-après) et notre expérience du site, les sols en présence sous de possibles remblais ou sols remaniés d'aménagement du site, devraient correspondre à des loess anciens (OEx) ou à des alluvions anciennes (légende Fz) correspondant à des matériaux argilo-limono-silteux ; passant à la formation des « cailloutis du Sundgau » caractérisée par des argiles sableuses à graviers et des sables et graviers à matrice argileuse ; reposant sur un substratum de l'Oligocène constitué de marnes (légende g_2).



Extrait de la carte géologique

Le site infoterre.fr du BRGM précise que les sols en présence sont sensibles au retrait / gonflement avec un aléa moyen.



Extrait de la carte sur l'aléa retrait / gonflement

4. CONTEXTES GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

4.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les investigations exécutées sur le site ont relevé la succession lithologique suivante :

- des limons et limons silteux bruns à racines sur 0,2 à 0,3 m d'épaisseur, correspondant à l'horizon de « terre végétale »,

- en PM2, PM3, PM5, PM6 et PM7, des remblais constitués d'un mélange de limons bruns et graviers et renfermant des câbles, morceaux de briques et de béton en proportions variables. Les forages destructifs notés SP n'ont pas observé ces remblais mais il est possible que de tels matériaux soient présents sans qu'ils n'aient pu être observés compte tenu du petit diamètre de foration,

- surmontant un complexe limono-silto-argileux beige-jaune, marron, brun, ocre-beige et gris-brun, relevé entre 0,2 et 1,1 m de profondeur,

- passant à des argiles sablo-graveleuses ocre-marron reconnues aux profondeurs suivantes :

Sondages	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8	SP9	SP10
Prof (m)	8,5	5,8	8,0	5,6	8,9	4,8	5,8	6,8	5,2	5,8

La profondeur de rencontre de ces matériaux est approximative du fait du mode de foration à l'eau et en petit diamètre. On note toutefois que la profondeur du toit des argiles sablo-graveleuses est variable.

Le faciès de cet horizon est variable et peut correspondre aussi à des sables et graviers à matrice argileuse abondante. Cet horizon correspond aux « cailloutis du Sundgau ».

- Reposant sur des marnes grises et beiges relevées entre 11,0 et 13,0 m de profondeur et jusqu'à la base des sondages arrêtés dans cet horizon vers 20 m de profondeur pour les plus profonds. La profondeur de rencontre du toit des marnes est variable et approximative du fait de la foration à l'eau et en petit diamètre.

4.2. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

Lors des investigations, aucune arrivée d'eau n'a été relevée dans les sondages à la pelle. Les forages profonds ayant été réalisés avec injection d'eau comme fluide de forage, il n'a pas été possible d'y observer des arrivées d'eau éventuelles.

Néanmoins, compte tenu de notre expérience du site, nous retiendrons la présence de 2 nappes superposées :

- l'une à faible profondeur au sein des matériaux limono-argilo-silteux, caractéristique d'une nappe de stagnation étroitement liée aux conditions météorologiques et dont le développement est conditionné par la nature et la perméabilité des sols,

- l'autre en profondeur, associée aux horizons argilo-graveleux des « cailloutis du Sundgau » sujette à des fluctuations et en charge.

Le 03 janvier 2018, un relevé piézométrique effectué en SP6 et sur 4 piézomètres posés sur le site dans le cadre du diagnostic environnemental indiquait les niveaux d'eau statiques suivants :

Piézomètre	SP6	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4
Prof nappe (m) / TN	3,31	4,91	7,52	8,27	7,62

Ces niveaux d'eau sont soumis à variations. Ils confirment la présence de 2 nappes : l'une superficielle relevée entre 3,3 et 4,9 m le 03/01/2018 et l'autre plus profonde, entre 7,50 et 8,3 m le même jour.

5. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES ET CONDITIONS SISMIQUES

5.1. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

5.1.1 Compacité des sols

Les essais pressiométriques ont permis de mesurer la compacité des formations rencontrées. On note :

- les caractéristiques géotechniques des matériaux limono-silto-argileux sont hétérogènes, faibles à très élevées mais globalement moyennes, avec sur 38 mesures :

  $1,5 \leq E \leq 25,8$ MPa, avec comme moyenne $\bar{E}$ = 9,8 MPa et 7,9 MPa comme moyenne géométrique

  $0,25 \leq pl^* \leq 2,35$ MPa, avec comme moyenne pl* = 0,96 MPa et 0,83 MPa comme moyenne géométrique

- la compacité des argiles sablo-graveleuses est moyenne à très élevée mais globalement élevée, avec sur 29 mesures :

  $7,8 \leq E \leq 93,8$ MPa, avec comme moyenne $\bar{E}$ = 27,8 MPa et 23,5 MPa comme moyenne géométrique

  $0,82 \leq pl^* \leq 4,57$ MPa, avec comme moyenne pl* = 2,18 MPa et 1,96 MPa comme moyenne géométrique

- les caractéristiques géotechniques des marnes grises sont moyennes à très élevées mais globalement élevées, avec sur 28 mesures :

  $6,8 \leq E \leq 60,8$ MPa, avec comme moyenne $\bar{E}$ = 25,2 MPa et 22,2 MPa comme moyenne géométrique

  $0,88 \leq pl^* \leq 3,26$MPa, avec comme moyenne pl* = 1,68 MPa et 1,61 MPa comme moyenne géométrique

Les essais au pénétromètre dynamique indiquent des résistances de pointe qd :

- très variables sur 1,0 à 1,2 m en tête, très faibles à très élevées, avec $0,53 \leq qd \leq 9,2$ MPa,
- modestes à moyennes dans les matériaux limono-argilo-silteux, avec $1,3 \leq qd \leq 6,0$ MPa,
- généralement élevées dans les argiles sablo-graveleuses, avec $5,0 \leq qd \leq 16$ MPa.

Ponctuellement, la compacité diminue sur quelques décimètres dans des horizons argileux ou sableux pauvres en graviers, mais elle reste néanmoins moyenne.

Le refus a été obtenu entre 7,6 et 9,2 m de profondeur dans les 3 essais. Les autres essais ont été arrêtés volontairement à 10 m de profondeur et n'ont pas atteint le toit des marnes.

5.1.2 Essais en laboratoire

Des essais d'identification des sols en laboratoire ont été réalisés sur des échantillons prélevés dans les sondages à la pelle. Les résultats complets sont joints en annexes.

Au sens du GTR, les matériaux limono-argilo-silteux sont classés A1, avec des caractéristiques très homogènes. Ces matériaux sont très sensibles à l'eau et au remaniement.

Les remblais graveleux à matrice limoneuse rencontrés ponctuellement en PM6 sont classés C1 B5.

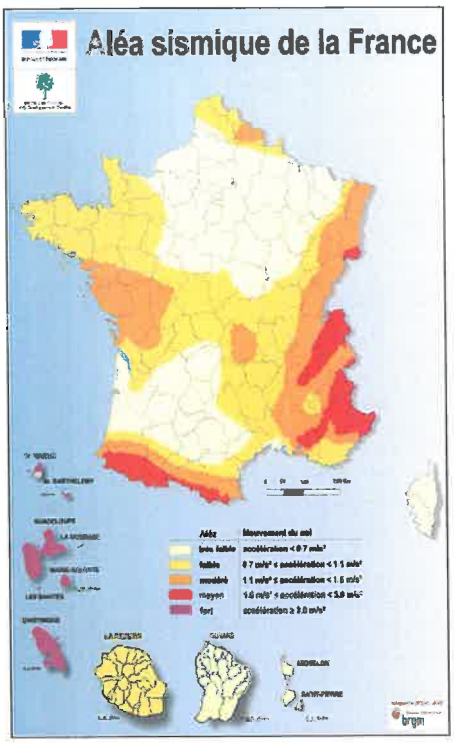
5.2. CONDITIONS SISMIQUES

5.2.1. Classification du site

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique (voir carte ci-dessous) divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 et n° 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

La carte de l'aléa sismique de la France est présentée ci-dessous.



Selon la nouvelle réglementation parasismique applicable depuis le 1er Mai 2011 (http://macommune.prim.net), le site étudié est classé en zone 3 d'aléa modéré.

Les bâtiments, équipements et installations sont répartis entre les catégories d'importance suivantes :

- 1° Catégorie d'importance I : ceux dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique.
- 2° Catégorie d'importance II : ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes.
- 3° Catégorie d'importance III : ceux dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique.
- 4° Catégorie d'importance IV : ceux dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public.

En considérant la classe de l'ouvrage déterminée par le maître d'ouvrage, la valeur minimale de l'accélération nominale est donnée dans le tableau ci-dessous :

ALÉA SISMIQUE	CATÉGORIE D'IMPORTANCE II	CATÉGORIE D'IMPORTANCE III	CATÉGORIE D'IMPORTANCE IV
2 (faible)	1,1	1,6	2,1
3 (modérée)	1,6	2,1	2,6
4 (moyenne)	2,4	2,9	3,4
5 (forte)	4	4,5	5

5.2.2. Classification des sols

La classe du sol a été définie en considérant les profils lithologiques des sondages de reconnaissance et les essais géotechniques réalisés in situ.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		V_s (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	C_u (KPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 - 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de vs de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec vs > 800 m/s			
S_1	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (IP > 40) et une teneur en eau importante	< 100 valeur indicative	-	10 - 20
S_2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S1			

Le profil de sol probable sur ce site serait de classe E.

6. SYNTHÈSE

De ce site, nous retiendrons les éléments suivants :

- **Du point de vue géologique et géotechnique** : la présence de limons silteux à racines sur 0,2 à 0,5 m d'épaisseur et localement de remblais ; surmontant des matériaux limono-silto-argileux de compacité très hétérogène, faible à très élevée, reconnus entre 0,2 et 1,1 m de profondeur ; passant à des argiles sablo-graveleuses de compacité moyenne à très élevée reconnues entre 4,8 et 8,9 m de profondeur ; reposant sur des marnes grises et beiges reconnues entre 11,0 et 13,0 m de profondeur et de compacité moyenne à très élevée mais globalement élevée.

- **Du point de vue hydrogéologique :** la présence d'une nappe de rétention superficielles et d'une nappe plus profonde dans les « cailloutis du Sundgau », toutes deux soumises à variations. La nappe plus profonde est en charge.

- **Le projet** prévoit la construction d'un bâtiment industriel dont la surface au sol n'a pas été communiquée, ni son implantation précise. Il sera en ossature béton avec poteaux en béton armé, poutres précontraintes et dalles alvéolées. Les descentes de charges sur appuis ponctuels seront de 481 t aux ELS et 688 t aux ELU et les charges sur dallage seront comprises entre 0,5 t/m² et 7,5 t/m². Il n'est pas prévu de fosses enterrées.

Compte tenu de ces éléments et des descentes de charges, nous conseillons :

- un mode de fondation sur des pieux forés et tubés ancrés dans les marnes grises et beiges,
- un renforcement des sols par colonnes ballastées sous les dallages chargés entre 2,5 et 5 t/m² ou une dalle portée par les pieux.
- des dalles portées par des pieux forés et tubés ancrés dans les marnes pour des surcharges supérieures à 5 t/m²,

7. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATION SUR PIEUX ANCRÉS DANS LES MARNES

7.1. PRINCIPE ET NIVEAU D'ASSISE

Il s'agirait de pieux forés et tubés jusqu'au toit des marnes et ancrés dans les marnes grises et beiges.

Au sens des Eurocodes 7, ces pieux sont de classe 4 et catégorie 1 jusqu'au toit des marnes et de classe 1 et catégorie 1 dans les marnes. Les pieux seront réalisés au travers des sols limono-silto-argileux et des matériaux argilo-graveleux et ancrés d'au moins 3 diamètres dans les marnes grises et beiges rencontrées entre 11,0 et 13,0 m de profondeur. La longueur minimale des pieux sera donc de l'ordre de 11 m + 3 Ø à 13,0 m + 3 Ø au droit des sondages.

Classe	Catégorie	Technique de mise en œuvre	Abréviation	Norme de référence
1	1	Foré simple (pieux et barettes)	FS	NF EN 1538
	2	Foré boue (pieux et barettes)	FB	
	3	Foré tubé (virole perdue)	FTP	
	4	Foré tubé (virole récupérée)	FTR	
	5	Foré simple ou boue avec rallonge au puits	FSR, FBR, PU	
2	6	Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation	FTC, FTCD	NF EN 1536
3	7	Vissé moulé	VM	NF EN 12699
	8	Vissé tubé	VT	
4	9	Battu béton préfabriqué ou précontraint	BPF, BPR	NF EN 12699
	10	Battu enrobé (béton – mortier – coulis)	BE	
	11	Battu moulé	BM	
	12	Battu acier fermé	BAF	
5	13	Battu acier ouvert	BAO	NF EN 12699
6	14	Profilé H battu	HB	NF EN 12699
	15	Profilé H battu injecté	HBI	
7	16	Palplanches battues	PP	NF EN 12699
1 bis	17	Micropieu type I	M1	NF EN 1536/14199/12699
	18	Micropieu type II	M2	
8	19	Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)	PIGU, MIGU	
	20	Pieu ou micropieu injecté mode IRS (type IV)	PIRS, MIRS	

Extrait de la norme NFP 94-262

7.2. CAPACITÉ PORTANTE :

7.2.1. Théorie

Elle est la somme du terme de pointe et du frottement axial. Elle est calculée à partir des règles de justification des fondations profondes développées au sein de la norme NF P94-262 et suivant l'approche 2 des Eurocodes 7.

Les calculs à la compression sont réalisés ci-après et sont basés sur la méthode dite du «modèle de terrain».

On a :

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$$

Avec:

$R_{c,k}$ = portance du terrain pour un pieu,

$R_{b,k}$ = résistance à la compression du terrain sous la base du pieu,

$$R_{b,k} = A_b x q_{b,k} \quad \text{et} \quad q_{b,k} = \frac{q_b}{\gamma_{r,d}}$$

$R_{s,k}$ = résistance du frottement le long du fût du pieu.

$$R_{s,k} = P_s \int_0^D q_{s,k}(z)dz \quad \text{et} \quad q_{s,k} = \frac{q_s}{\gamma_{r,d}}$$

Avec : $\gamma_{r,d} = \gamma_{r,d1} \times \gamma_{r,d2}$

	Procédure du « pieu modèle » (utilisation des coefficients ξ ou de l'annexe D de la norme NF EN 1990) Procédure du « modèle de terrain »		Procédure du « modèle de terrain »	
	$\gamma_{R;d1}$ Compression	$\gamma_{R;d1}$ Traction	$\gamma_{R;d2}$ Compression	$\gamma_{R;d2}$ Traction
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,15	1,4	1,1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1à 7 hors pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	2,0	2,0		

Annexe F de la norme NFP 94-262

Résistance à la compression $R_{b,k}$:

$q_b = k_p \times Ple^* + q_o$

avec : kp = facteur de portance = K_{pmax} (1,6) si $D_{ef}/B > 5$, valeur à ajuster en fonction des longueurs réelles des pieux

ple* = limite nette équivalente = 1,61 MPa dans les marnes grises et beiges

qo = contrainte verticale au niveau de la pointe (négligée).

A_b = aire nominale de la pointe du pieu

Résistance du frottement latéral $R_{s,k}$:

Elle est donnée par la relation :

$$R_{s,k} = P_s \sum_0^D \cdot q_{s,k}(z)dz \quad \text{avec} \quad q_{s,k} = \frac{q_s}{\gamma_{r,d}}$$

avec : P_s = périmètre du fut du pieux (m),

D = longueur de la fondation dans le terrain (m),

$q_{s,k\,(z)}$ = frottement latéral unitaire limite à la cote z (kPa).

Avec : $q_s(z) = \alpha_{pieu-sol} f_{sol}[Pl^*(z)]$

7.2.2. Calcul des pieux

Pour le dimensionnement des pieux conformément aux Eurocodes 7, nous retiendrons les paramètres géotechniques suivants :

Formation	Épaisseur moyenne (m)	E (MPa)	Pl (MPa)	α	courbe	α pieu - sol	f sol (KPa)	Qs (KPa)
Matériaux limono-silto-argileux	5,5	7,9	0,83	0,5	Q1	1,25	40	50
Matériaux argilo-graveleux	5,0	23,5	1,96	0,5	Q1	1,25	46	57
Marnes	3 Ø mini	22,2	1,61	0,5	Q4	1,5	92	138

Les épaisseurs seront à adapter en fonction des épaisseurs réelles au droit de chaque pieu. Un « mort terrain » sera pris en compte sur 1 m en tête des pieux sous le terrain actuel.

Valeur de la portance caractéristique $R_{c,k}$:

Elle est donnée par la relation :

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$$

Valeur de la portance de calcul $R_{c,d}$:

Elle est donnée par la relation :

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t}$$

Situation durables et transitoires	γ_t =	1.1
Situations accidentelles	γ_t =	1.0

Valeur de la portance aux ELS :

Pour des éléments mis en œuvre sans refoulement :

$$R_{c,cr,k} = 0.5R_{b,k} + 0.7R_{s,k}$$

Valeur de la portance critique de fluage $R_{c,cr,d}$:

$$R_{c,cr,d} = \frac{R_{c,cr,k}}{\gamma_{cr}}$$

Elle est donnée par la relation :

Combinaisons caractéristiques	γ_{cr}=	0.9
Combinaisons permanentes	γ_{cr} =	1.1

La capacité portante de pieux Ø 720 et 820 mm est donnée dans les tableaux ci-après pour des pieux ancrés de 3 Ø minimum dans les marnes grises et beiges et pour un ancrage de 1 à 4 ml supplémentaire dans ces marnes.

Les tassements seront négligeables (de l'ordre de 0,01 Ø) sous réserve du non remaniement du niveau d'ancrage.

7.3. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées :

→ à la réalisation d'une plate-forme de travail après le décapage de l'horizon de « terre végétale » sur toute son épaisseur,

→ à la prise en compte de la sismicité et à la vérification du comportement transversal des pieux et donc à l'adaptation du ferraillage et des diamètres,

→ à la réalisation des pieux à travers les horizons plastiques et compacts et à leur ancrage de 3 Ø minimum dans le substratum marneux, et donc à l'utilisation d'engins adaptés aux terrains en présence, aux diamètres retenus et aux profondeurs à atteindre ; les pieux seront tubés provisoirement jusqu'au toit des marnes,

→ aux difficultés possibles liées à la présence de matériaux parfois pulvérulents et parfois collants et aux difficultés occasionnées par la présence de la nappe,

→ au dimensionnement des pieux et de leur maillage en fonction des charges à reprendre,

→ au bétonnage au tube plongeur sous la nappe,

→ à la présence d'une nappe en charge,

→ à l'utilisation d'un béton hydrofuge,

→ à la variation des fiches des pieux en fonction de la cote de rencontre des marnes,

→ à l'enregistrement des paramètres de forages pour s'assurer de l'ancrage dans les marnes,

→ au contrôle des quantités de béton injectées et à la qualité des bétons,

Référence dossier :	C18.20271
Observations :	Pieux forés et tubés
Sondage(s) de référence :	Sondage moyen

CALCULS SELON LA MÉTHODE DU MODÈLE DE TERRAIN (NFP 94-262)

HYDROGÉOTECHNIQUE

Le sol				Paramètres fonction du type de pieu et du type de terrain						
	z (m)	pl*;k (MPa)	terrain	$\alpha_{pieu\ sol}$	courbe	f_{sol}[pl*] (kPa)	qs (kPa)	qs utilisateur (kPa)	γR;d1 compression	γR;d1 traction
Mort terrain	0	0	Argile %CaCO3<30% Limons, Argile Sableuse	1,25	Q1	0	0	*	1,15	1,4
Matériaux limono-silto-argileux	-1	0,83	Argile %CaCO3<30% Limons, Argile Sableuse	1,25	Q1	40	50	*	1,15	1,4
Argiles sablo-graveleuses	-6,5	1,96	Argile %CaCO3<30% Limons, Argile Sableuse	1,25	Q1	46	57	*	1,15	1,4
Marnes	-11,5	1,61	Marne et calcaire-marneux	1,4	Q4	92	129	138	1,15	1,4
								*		
								*		
								*		
								*		
								*		
								*		

Le pieu

		Catégorie	Classe
Type de pieu	4 FTR - Foré tubé (virole récupérée)	4	1
forme de l'enveloppe de la section du pieu	circulaire		
plus petite largeur ou diamètre du pieu B (m)	0,72		

	calcul	utilisateur	
Aire de la pointe Ab (m²)	0,407	*	*laisser * ou mettre ° si vous voulez utiliser les valeurs calculées*
Périmètre du fût Ps (m)	2,262	*	*laisser * ou mettre ° si vous voulez utiliser les valeurs calculées*
Hauteur de chemisage (m)	0		

Longueurs de pieux testées D (m)	13,66	14,66	15,66	16,66	17,66
cote de la pointe (m)	-13,66	-14,66	-15,66	-16,66	-17,66

remarque: respecter ancrage des pieux (3 diamètre ou 1,50m mini pour des pieux de Ø>0,5m par exemple)

Effet de groupe éventuel (sur maille carrée)

m =	*	Nombre de ligne de pieux
n =	*	Nombre de pieux par ligne
d =	*	Entraxe entre les pieux en m
B =	0,72	Diamètre des pieux en m
Cd =	*	
Ce =	1,00	

Pas d'effet de groupe considéré

Résistance de pointe

Longueurs de pieux testées D (m)	13,66	14,66	15,66	16,66	17,66
couche d'ancrage (Nième)	4	4	4	4	4
ancrage dans la couche porteuse h (m)	2,16	3,16	4,16	5,16	6,16
ple* (MPa)	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
ple* utilisateur (MPa)	*	*	*	*	*
Def (m)	8,27	8,08	7,86	7,64	7,43
Def/B	11,48	11,22	10,92	10,62	10,31
kpmax	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
kp	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
qb = kp ple* (MPa)	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33
γR;d1 en compression	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
γR;d2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
qb;k = qb / (γR;d1 x γR;d2) (MPa)	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Rb;k = Ab.qb;k (kN)	**751**	**751**	**751**	**751**	**751**

remarque, dans certains cas (frottement négatif, sols très légers, fondations hors-sol) on peut vouloir prendre en compte q0. Ce n'est pas le cas ici.

Résistance de frottement axial en compression

Longueurs de pieux testées D (m)	13,66	14,66	15,66	16,66	17,66
profils des qs,k = qs / (γR;d1 x γR;d2) **retenus de 0 à D (avec prise en compte** de l'éventuelle partie chemisée et des éventuels rabattement de qs pour certaines catégories de pieux de grande longueur)	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 40 de -6,5m à -11,5m qs;k = 45 de -11,5m à -13,66m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 40 de -6,5m à -11,5m qs;k = 45 de -11,5m à -14,66m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 40 de -6,5m à -11,5m qs;k = 45 de -11,5m à -15,66m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 40 de -6,5m à -11,5m qs;k = 45 de -11,5m à -16,66m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 40 de -6,5m à -11,5m qs;k = 45 de -11,5m à -17,66m qs;k = 109
Ce x Rs;k = Ce x Ps x Σ (h_i.$qs_{i;k}$) (kN)	**1539**	**1786**	**2032**	**2279**	**2526**

Résistance de frottement axial en traction

Longueurs de pieux testées D (m)	13,66	14,66	15,66	16,66	17,66
profils des qs,k = qs / (γR;d1 x γR;d2) retenus de 0 à D (avec prise en compte de l'éventuelle partie chemisée et des éventuels rabattement de qs pour certaines catégories de pieux de grande longueur)	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 33 de -6,5m à -11,5m qs;k = 37 de -11,5m à -13,66m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 33 de -6,5m à -11,5m qs;k = 37 de -11,5m à -14,66m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 33 de -6,5m à -11,5m qs;k = 37 de -11,5m à -15,66m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 33 de -6,5m à -11,5m qs;k = 37 de -11,5m à -16,66m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6,5m qs;k = 33 de -6,5m à -11,5m qs;k = 37 de -11,5m à -17,66m qs;k = 90
Ce x Rs;k = Ce x Ps x Σ (h_i.$qs_{i;k}$) (kN)	**1264**	**1467**	**1670**	**1872**	**2075**

Etats limite de portance et de traction (ELU) et de charge de fluage en compression et en traction (ELS)

Longueurs de pieux testées D (m)	13,66	14,66	15,66	16,66	17,66	Etat limite		Observations
Valeur de calcul de la portance du pieu Rc;d (kN)	**2 082**	**2 306**	**2 531**	**2 755**	**2 979**	ELU situations durables et transitoires	compression	Les éléments suivants, potentiellement limitatifs, ne sont pas intégrés aux valeurs de portance calculées - effet de bloc, - flambement, - effets limitatifs liés à l'effet de cône en traction - sollicitations cycliques
Valeur de calcul de la portance du pieu Rc;d (kN)	**2 290**	**2 537**	**2 784**	**3 031**	**3 277**	ELU situations accidentelles	compression	
Valeur de calcul de la charge de fluage de compression du pieu Rc;cr;d (kN)	**1 614**	**1 806**	**1 998**	**2 190**	**2 382**	ELS combinaisons caractéristiques	compression	
Valeur de calcul de la charge de fluage de compression du pieu Rc;cr;d (kN)	**1 321**	**1 478**	**1 635**	**1 792**	**1 949**	ELS combinaisons quasi permanentes	compression	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu Rt;d (kN)	**1 099**	**1 275**	**1 452**	**1 628**	**1 804**	ELU situations durables et transitoires	traction	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu Rt;d (kN)	**903**	**1 048**	**1 193**	**1 337**	**1 482**	ELU UPL	traction	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu Rt;d (kN)	**1 204**	**1 397**	**1 590**	**1 783**	**1 976**	ELU situations accidentelles	traction	
Valeur de calcul de la charge de fluage de traction du pieu Rt;cr;d (kN)	**804**	**933**	**1 062**	**1 191**	**1 320**	ELS combinaisons caractéristiques	traction	
Valeur de calcul de la charge de fluage de traction du pieu Rt;cr;d (kN)	**590**	**685**	**779**	**874**	**968**	ELS combinaisons quasi permanentes	traction	

Référence dossier :	C18.20271
Observations :	Pieux forés et tubés
Sondage(s) de référence :	Sondage moyen

CALCULS SELON LA MÉTHODE DU MODÈLE DE TERRAIN (NFP 94-262)

HYDROGÉOTECHNIQUE

Le sol				Paramètres fonction du type de pieu et du type de terrain						
	z (m)	pl*;k (MPa)	terrain	$\alpha_{pieu-sol}$	courbe	$f_{sol}[pl^*]$ (kPa)	qs (kPa)	qs utilisateur (kPa)	$\gamma R;d1$ compression	$\gamma R;d1$ traction
Mort terrain	0	0	Argile %CaCO3<30% Limons, Argile Sablouse	1,25	Q1	0	0	*	1,15	1,4
Matériaux limono-silto-argileux	-1	0,83	Argile %CaCO3<30% Limons, Argile Sablouse	1,25	Q1	40	50	*	1,15	1,4
Argiles sablo-graveleuses	-6,5	1,96	Argile %CaCO3<30% Limons, Argile Sablouse	1,25	Q1	46	57	*	1,15	1,4
Marnes	-11,5	1,61	Marne et calcaire-marneux	1,4	Q4	92	129	138	1,15	1,4
								*		
								*		
								*		
								*		
								*		
								*		

Le pieu

		Catégorie	Classe
Type de pieu	4 FTR - Foré tubé (virole récupérée)	4	1
forme de l'enveloppe de la section du pieu	circulaire		
plus petite largeur ou diamètre du pieu B (m)	0,82		

	calcul	utilisateur	
Aire de la pointe Ab (m²)	0,528	*	*laisser ' ou mettre * si vous voulez utiliser les valeurs calculées*
Périmètre du fût Ps (m)	2,576	*	*laisser ' ou mettre * si vous voulez utiliser les valeurs calculées*
Hauteur de chemisage (m)	0		

Longueurs de pieux testées D (m)	13,96	14,96	15,96	16,96	17,96
cote de la pointe (m)	-13,96	-14,96	-15,96	-16,96	-17,96

remarque: respecter ancrage des pieux (3 diamètre ou 1,50m mini pour des pieux de Ø>0,5m par exemple)

Effet de groupe éventuel (sur maille carrée)

m =	*	Nombre de ligne de pieux
n =	*	Nombre de pieux par ligne
d =	*	Entraxe entre les pieux en m
B =	0,82	Diamètre des pieux en m
Cd =	*	
Ce =	1,00	

Pas d'effet de groupe considéré

Résistance de pointe

Longueurs de pieux testées D (m)	13,96	14,96	15,96	16,96	17,96
couche d'ancrage (Nième)	4	4	4	4	4
ancrage dans la couche porteuse h (m)	2,46	3,46	4,46	5,46	6,46
ple* (MPa)	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
ple* utilisateur (MPa)	*	*	*	*	*
Def (m)	8,93	9,23	9,01	8,80	8,58
Def/B	10,89	11,26	10,99	10,73	10,46
kpmax	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
kp	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
qb = kp ple* (MPa)	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33
$\gamma R;d1$ en compression	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
$\gamma R;d2$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
qb;k = qb / ($\gamma R;d1$ x $\gamma R;d2$) (MPa)	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Rb;k = Ab.qb;k (kN)	**975**	**975**	**975**	**975**	**975**

remarque, dans certains cas (frottement négatif, sols très légers, fondations hors-sol) on peut vouloir prendre en compte q0. Ce n'est pas le cas ici.

Résistance de frottement axial en compression

Longueurs de pieux testées D (m)	13,96	14,96	15,96	16,96	17,96
profils des qs;k = qs / ($\gamma R;d1$ x $\gamma R;d2$) **retenus de 0 à D (avec prise en compte de l'éventuelle partie chemisée et des éventuels rabattement de qs pour certaines catégories de pieux de grande longueur)**	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 40 de -6.5m à -11.5m qs;k = 45 de -11.5m à -13.96m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 40 de -6.5m à -11.5m qs;k = 45 de -11.5m à -14.96m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 40 de -6.5m à -11.5m qs;k = 45 de -11.5m à -15.96m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 40 de -6.5m à -11.5m qs;k = 45 de -11.5m à -16.96m qs;k = 109	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 40 de -6.5m à -11.5m qs;k = 45 de -11.5m à -17.96m qs;k = 109
Ce x Rs;k = Ce x Ps x Σ (h_i.$qs_{i;k}$) (kN)	**1837**	**2118**	**2399**	**2680**	**2961**

Résistance de frottement axial en traction

Longueurs de pieux testées D (m)	13,96	14,96	15,96	16,96	17,96
profils des qs;k = qs / ($\gamma R;d1$ x $\gamma R;d2$) **retenus de 0 à D (avec prise en compte de l'éventuelle partie chemisée et des éventuels rabattement de qs pour certaines catégories de pieux de grande longueur)**	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 33 de -6.5m à -11.5m qs;k = 37 de -11.5m à -13.96m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 33 de -6.5m à -11.5m qs;k = 37 de -11.5m à -14.96m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 33 de -6.5m à -11.5m qs;k = 37 de -11.5m à -15.96m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 33 de -6.5m à -11.5m qs;k = 37 de -11.5m à -16.96m qs;k = 90	de 0m à -1m qs;k = 0 de -1m à -6.5m qs;k = 33 de -6.5m à -11.5m qs;k = 37 de -11.5m à -17.96m qs;k = 90
Ce x Rs;k = Ce x Ps x Σ (h_i.$qs_{i;k}$) (kN)	**1509**	**1740**	**1971**	**2201**	**2432**

Etats limite de portance et de traction (ELU) et de charge de fluage en compression et en traction (ELS)

Longueurs de pieux testées D (m)	13,96	14,96	15,96	16,96	17,96	Etat limite		Observations :
Valeur de calcul de la portance du pieu Rc;d (kN)	2 556	2 811	3 067	3 322	3 578	ELU situations durables et transitoires	compression	Les éléments suivants, potentiellement limitatifs, ne sont pas intégrés aux valeurs de portance calculées - effet de bloc, - flambement, - effets limitatifs liés à l'effet de cône en traction - sollicitations cycliques
Valeur de calcul de la portance du pieu Rc;d (kN)	2 812	3 093	3 374	3 655	3 936	ELU situations accidentelles	compression	
Valeur de calcul de la charge de fluage de compression du pieu Rc;cr;d (kN)	1 970	2 189	2 407	2 626	2 845	ELS combinaisons caractéristiques	compression	
Valeur de calcul de la charge de fluage de compression du pieu Rc;cr;d (kN)	1 612	1 791	1 970	2 148	2 327	ELS combinaisons quasi permanentes	compression	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu Rt;d (kN)	1 312	1 513	1 714	1 914	2 115	ELU situations durables et transitoires	traction	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu Rt;d (kN)	1 078	1 243	1 408	1 572	1 737	ELU UPL	traction	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu Rt;d (kN)	1 437	1 657	1 877	2 097	2 317	ELU situations accidentelles	traction	
Valeur de calcul de la charge de fluage de traction du pieu Rt;cr;d (kN)	960	1 107	1 254	1 401	1 548	ELS combinaisons caractéristiques	traction	
Valeur de calcul de la charge de fluage de traction du pieu Rt;cr;d (kN)	704	812	920	1 027	1 135	ELS combinaisons quasi permanentes	traction	

→ au contrôle de la quantité minimale de béton estimée à 1.5 Vs où Vs est le volume du forage avant injection sur la hauteur injectée,

→ au bétonnage à la remontée des tubes,

→ au recepage soigné des pieux,

→ à la réalisation d'essais de contrôle de continuité et de qualité des fûts des pieux,

→ à la réalisation de dalles portées par les pieux lorsque les surcharges sont supérieures à 5 t/m²,

→ à la réalisation d'un diagnostic pollution et pyrotechnique.

8. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE RENFORCEMENT DES SOLS PAR COLONNES BALLASTÉES SOUS LES DALLAGES CHARGÉS AU MAXIMUM À 5 T/M²

8.1. MÉTHODE

Le procédé de colonnes ballastées vibrées consiste à mettre en œuvre, par voie sèche, au moyen d'un tube vibré entraîné, en expansion des matériaux d'apports concassés calcaires, non sensibles à l'attrition et au délitage. Cette technique qui permet d'obtenir une colonne expansée sans extraction de sol assure par voie sèche une bonne mise en œuvre du concassé et une compaction, donc une amélioration des sols encaissants.

Les colonnes seront conduites au refus et probablement arrêtées au toit des niveaux argilo-graveleux voire dans les argiles de compacité correcte, ce qui pourrait conduire à des colonnes d'une fiche de l'ordre de 6,0 à 8,0 m. Cependant, les sols superficiels étant assez plastiques, avec parfois des compacités correctes et renfermant des graviers à des profondeurs variables, il est probable que les fiches fluctuent. En raison de la plasticité forte de certaines argiles et de leur compacité, il sera nécessaire de prévoir un engin possédant une énergie suffisante pour traverser ces couches plastiques.

8.2. CALCUL DE PORTANCE DES COLONNES

Les colonnes ballastées n'ont d'action que grâce à la réaction latérale du sol environnant. Il est donc admis que la colonne ballastée se comporte comme un matériau sablo-graveleux soumis à un essai de cisaillement triaxial.

On considère alors que la pression verticale dépend de la pression horizontale des terres et de l'angle de frottement interne du matériau de la colonne et s'exprime par :

$$Pv = \frac{Ph\,(1 + \sin\varphi)}{(1 - \sin\varphi)}$$

Dans le cas de colonnes ballastées, la pression horizontale correspond à celle du sol en place, donc à la pression limite nette de l'étreinte latérale lue au pressiomètre. Dans ce cas, il s'agit de matériaux argilo-limono-silteux possédant des pressions limites variables, avec une pression limite équivalente moyenne estimée à 0,83 MPa. L'angle de frottement interne correspond à celui des matériaux de la colonne, qui en général est compris pour un concassé entre 35 et 40° (pris en général égal à 36° dans les calculs de dimensionnement).

On obtient alors Pv = 4 pl*

Tous les auteurs préconisent l'emploi d'un coefficient de sécurité de 2, ce qui conduit à prendre une contrainte admissible :

qad = 2 pl, soit ici qad = 1,66 MPa

soit 2 fois l'étreinte latérale du sol encaissant (sans pour autant dépasser 0,8 MPa comme le préconise la réglementation). La contrainte admissible sera donc ici prise à 0,8 MPa.

Compte tenu de l'existence en tête de sols possédant localement des caractéristiques faibles, il sera nécessaire de prévoir localement, avant la réalisation des colonnes ballastées, des purges ou bien il faudra prendre en compte une couche de sols possédant des caractéristiques réduites avec une expansion des colonnes plus importantes. L'existence de niveaux plus résistants pourra à contrario nécessiter la réalisation de préfonçages.

En tablant sur une valeur maximale de 0,8 MPa, ramenée à la section de la colonne, on peut estimer que la charge admissible pour des colonnes de 60 cm expansées au maximum à 70 cm serait comprise entre 20 et 30 tonnes.

Connaissant qad (≈ 2 pl) et la section d'une colonne, on peut en déduire la force portante et on calculera alors le nombre de colonnes (le maillage du traitement) et en fonction des charges à reprendre. Les dallages chargés à moins de 5/tm² reposeront ensuite à la fois sur les colonnes ballastées et le sol ambiant et c'est l'ensemble « sol + colonne » qui va finalement fonctionner sous l'effet des charges induites par la structure.

La mise en œuvre de colonnes ballastées ne s'affranchit pas de la mise en place d'une couche de forme épaisse.

8.3. ESTIMATION DES TASSEMENTS

Les tassements sont très délicats à apprécier, mais il faudra les estimer à partir de la théorie élastique de l'essai triaxial en considérant que la déformation ε de la colonne sous la charge de service est proportionnelle à la hauteur de la colonne, et inversement proportionnelle au module de déformation de celle-ci à partir de la relation :

$$\Delta h = \frac{P}{H.Esol} lp$$

où :

P : charge en tête de colonne

H : hauteur de la colonne après recépage

Esol : module d'élasticité du sol

Ip : facteur d'influence dépendant du rapport K = Ecol/Esol où Ecol est le module d'élasticité de la colonne.

Les tassements seront déterminés par le bureau d'étude de la société réalisant les colonnes et une note de calcul fournie avec détermination de la méthode de calcul employée. Les hypothèses de tassements seront confirmées par des essais de chargement.

8.4. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées :

- aux terrassements et à la mise en œuvre d'une plate-forme de travail après le décapage de la « terre végétale » et des remblais sur toute leur épaisseur pour permettre la traficabilité des engins. Cette plate-forme ne pourra pas être réutilisée comme couche de forme définitive sous dallage car les matériaux seront pollués et remaniés fortement durant l'exécution des colonnes. En période favorable, son épaisseur sera au minimum de 0,5 m,

- à la réalisation même des colonnes ballastées,

- au contrôle des volumes mis en œuvre,

- à la qualité des granulats d'apport,

- à l'enregistrement des paramètres lors de la mise en œuvre des colonnes, pour apprécier au plus juste la fiche des colonnes,

- au recepage des colonnes,

- à la réalisation d'un essai de chargement d'une colonne,

- à la nécessité de vérifier les caractéristiques d'une partie des colonnes ballastées en prévoyant des contrôles au pressiomètre ou au pénétromètre statique. La fréquence des contrôles sera au minimum de 1 pour 50 colonnes,

- à la nécessité de prévoir une énergie suffisante pour traverser les couches argileuses plastiques. On ne prévoira pas d'arrêter les colonnes dans ces horizons argileux mais dans les argiles sablo-graveleuses (en fonction de la technique préconisée des préforages pourraient être nécessaires),

- à la purge éventuelle de sols très plastiques ou très mous en fond d'arase, avant la mise en œuvre de la couche de forme,

- à la modification du maillage des colonnes dans le cas de rencontre de sols possédant de très mauvaises caractéristiques ou bien de vestiges de l'ancien aérodrome (cuve, fosse, ouvrages enterrés),

- à la mise en place d'un maillage de colonnes adapté sous les dallages chargés au maximum à 5 t/m².

9. COUCHES DE FORME SOUS DALLAGES ET VOIRIES

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable du fait de la forte sensibilité des sols superficiels à l'eau et au remaniement.

La couche de forme sera mise en place sur un géotextile après le décapage de l'horizon de « terre végétale » et des remblais sur toute leur épaisseur. Elle sera constituée par une grave concassée de bonne qualité, insensible à l'eau et au gel, soigneusement compactée avec un objectif q3.

Dans le cas de dallages chargés à moins de 2,5 t/m² et pour des voiries légères, l'épaisseur minimale de la couche de forme sera de 0,65 m, avec par exemple un matériau 0/80 mm à la base, terminé par 0,15 m de 0/31,5 mm en tête. On vérifiera par des essais à la plaque une portance minimale EV2 de 50 MPa. Le renforcement des sols ne sera pas nécessaire dans ce cas.

Dans le cas de dallages chargés entre 2,5 et 5 t/m² , la mise en place de colonnes ballastées sera prévue sous les dallages pour limiter les déformations à long terme. La mise en œuvre de colonnes ballastées ne s'affranchit pas de la mise en place d'une couche de forme d'une épaisseur minimale de 0,80 m sur un géotextile. Dans ce cas, la couche de forme ne devra pas servir de plate-forme de travail car l'exécution des colonnes ballastées entraînera une pollution des matériaux granulaires par les fines et probablement le foisonnement des matériaux superficiels qui entraînerait alors une surélévation de la plate-forme qu'il faudrait ensuite araser.

Pour les voiries lourdes, l'épaisseur de la couche de forme sera au minimum de 0,8 m d'épaisseur. On vérifiera par des essais à la plaque une portance minimale de 80 MPa (module EV2).

Les épaisseurs sont données pour des travaux réalisés dans de bonnes conditions météorologiques. Dans le cas contraire, il faudrait épaissir les couches de forme pour obtenir le même module de réception à la plaque.

Sous les dallages on prévoira le drainage de la couche de forme avec mise en place de drains annelés et collecteurs avec évacuation vers le réseau EP. Un drainage périphérique du bâtiment sera en outre indispensable. Un drainage sera également prévu à la base des quais de chargements. Le niveau du bâtiment sera calé en fonction des cotes fil d'eau des exutoires pour permettre une évacuation gravitaire des eaux collectées par les drains des quais, sous dallage et périphériques.

Pour les dallages chargés à plus de 5 t /m², il faudra prévoir des dalles portées par les pieux.

Notre mission se termine avec la remise du présent rapport qui constitue un ensemble indissociable.

Nous restons à la disposition de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

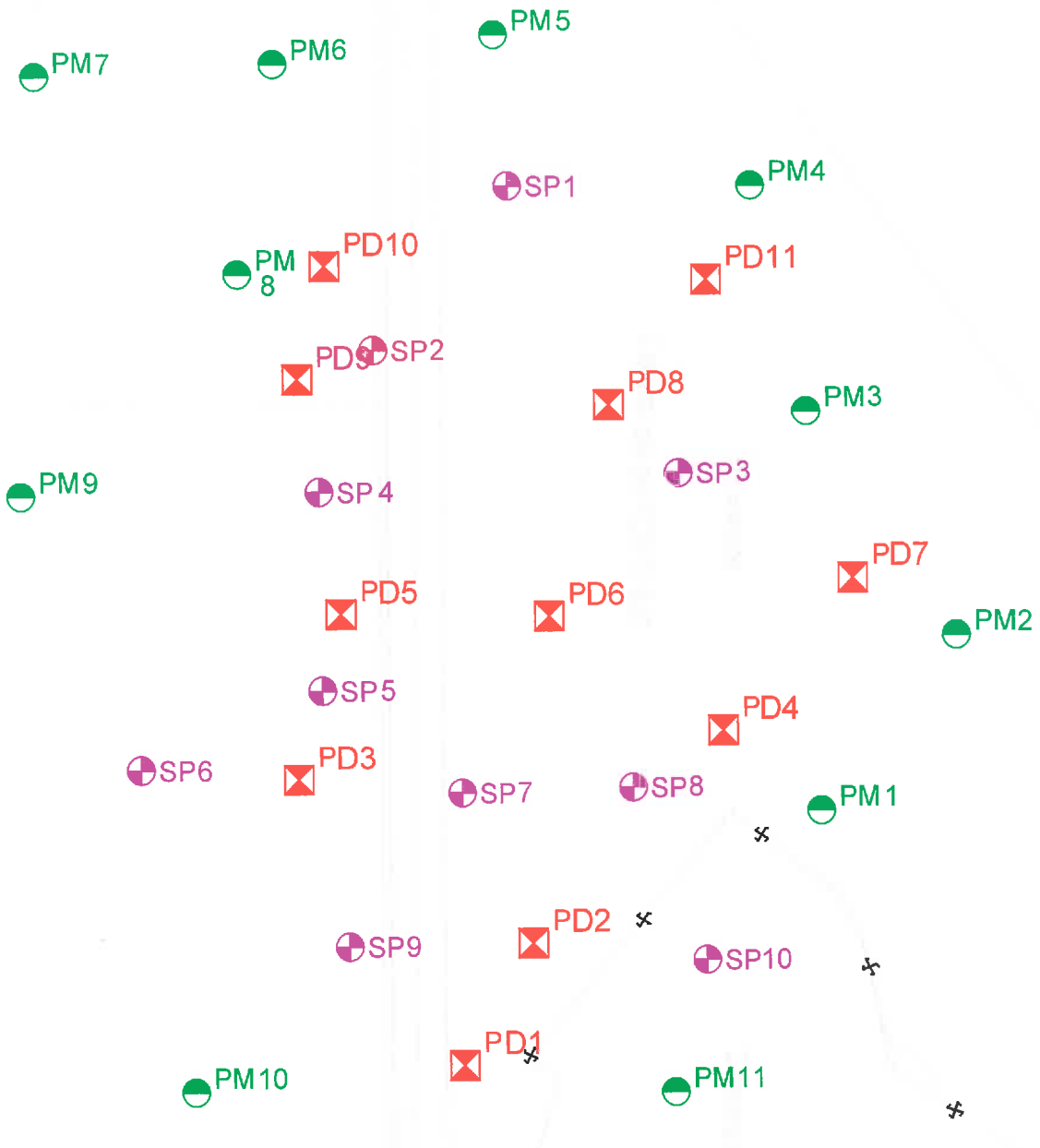
Dressé par l'Ingénieur soussigné

Laurent COLIN

ANNEXES

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Plan d'implantation des sondages



Légende

- PD: Sondages au pénétromètre dynamique
- SP: Sondages préssiométriques
- PM: Sondages à la pelle mécanique

SONDAGES DE RECONNAISSANCE GÉOLOGIQUE

C1820271

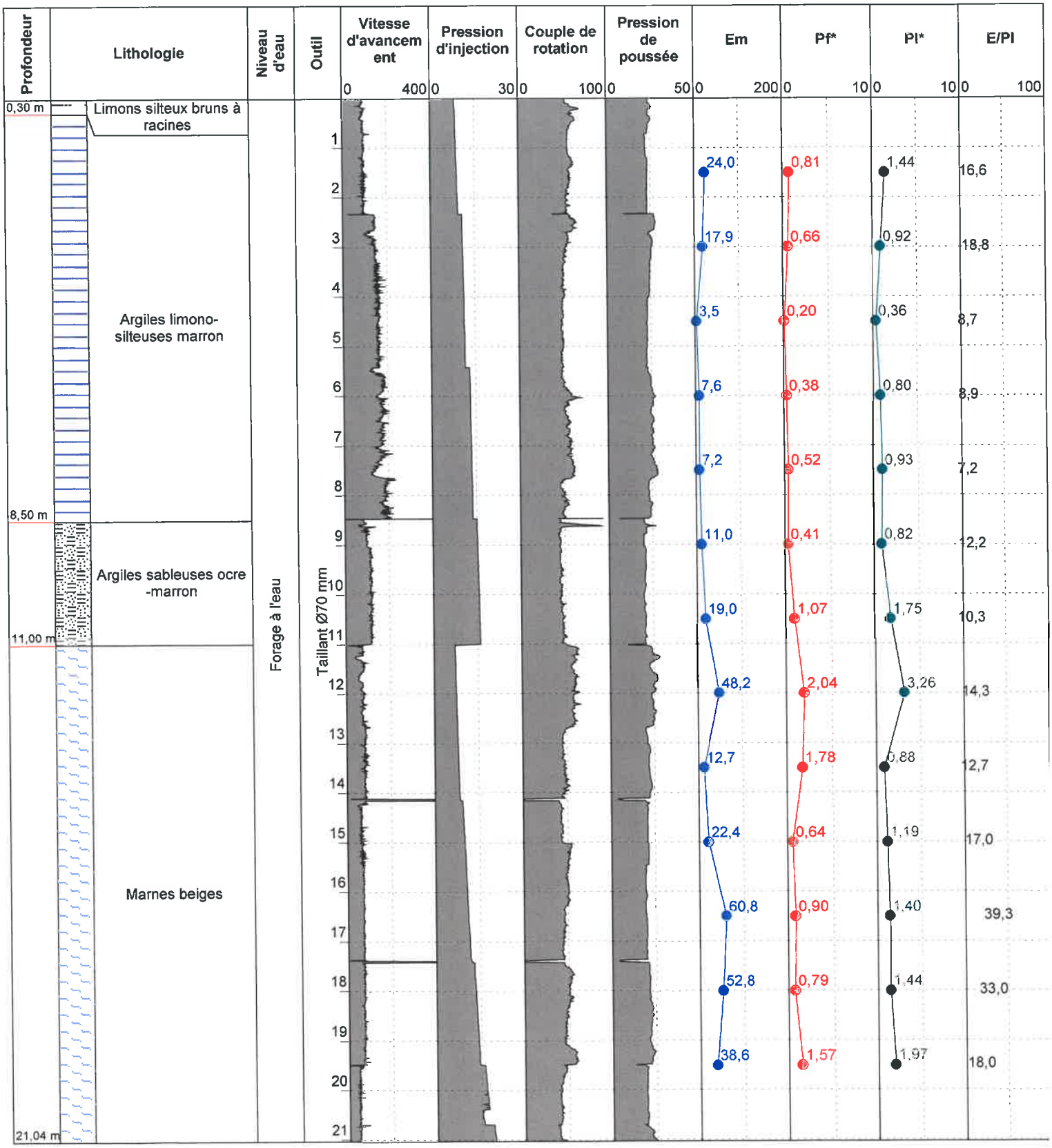
HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

FONTAINE - Projet industriel

Date : 23/11/2018 Machine : H750 Profondeur : 0,00 - 21,04 m

SP1

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

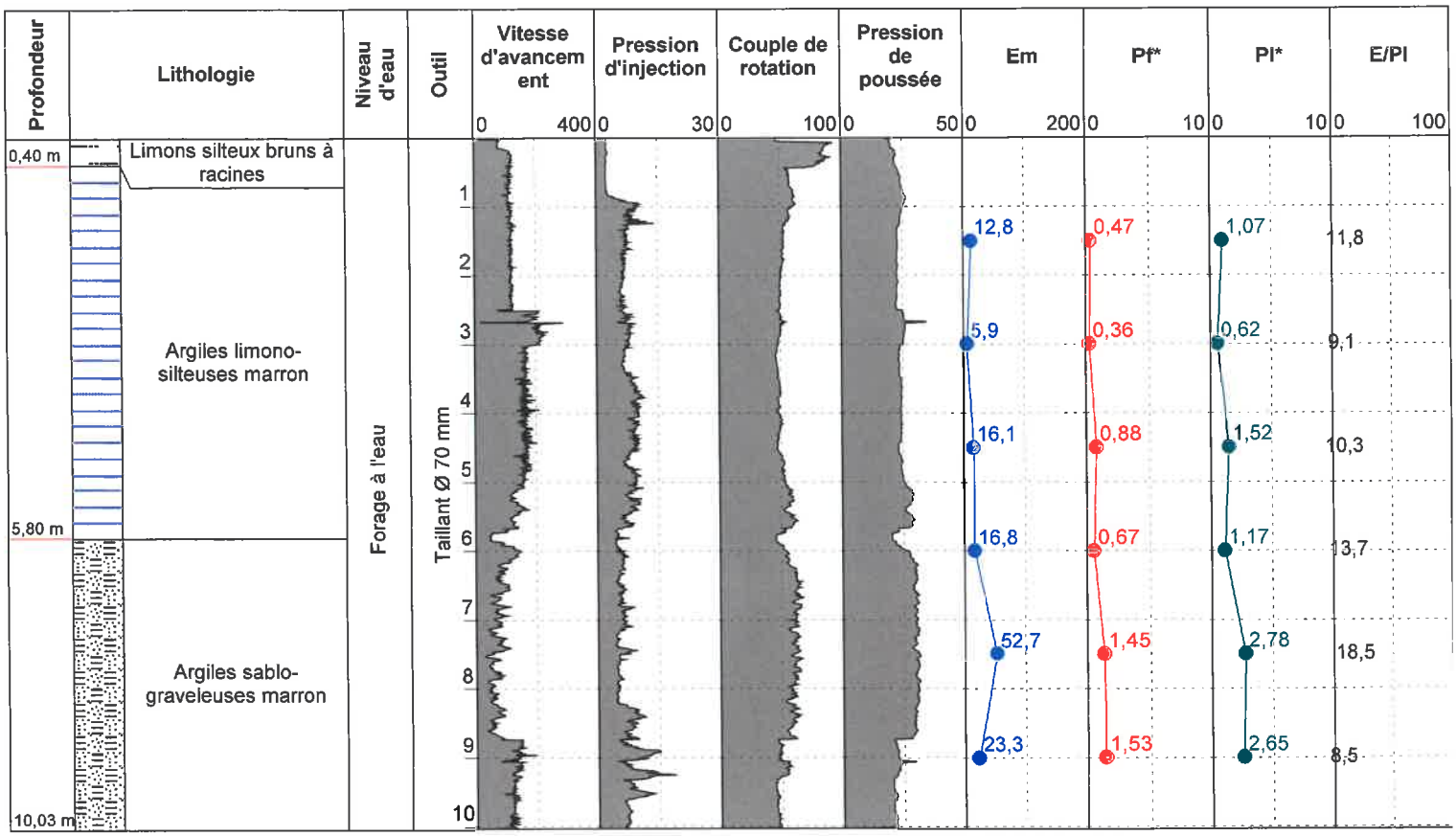
FONTAINE - Projet industriel

Date : **30/11/2018** Machine : **H750** Profondeur : **0,00 - 10,03 m**

1/105

SP2

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

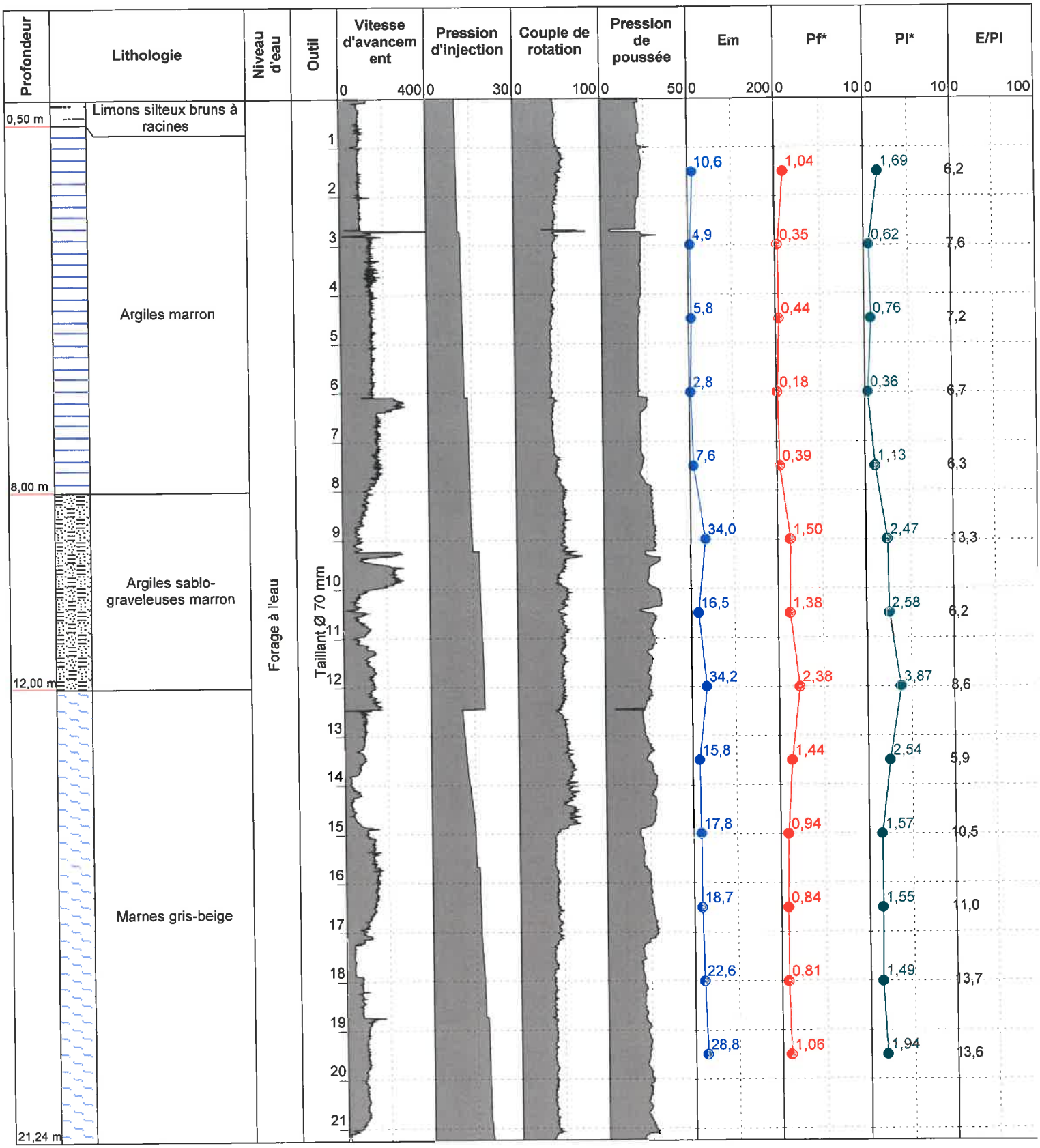
FONTAINE - Projet industriel

Date : 26/11/2018 Machine : H750 Profondeur : 0,00 - 21,24 m

1/105

SP3

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

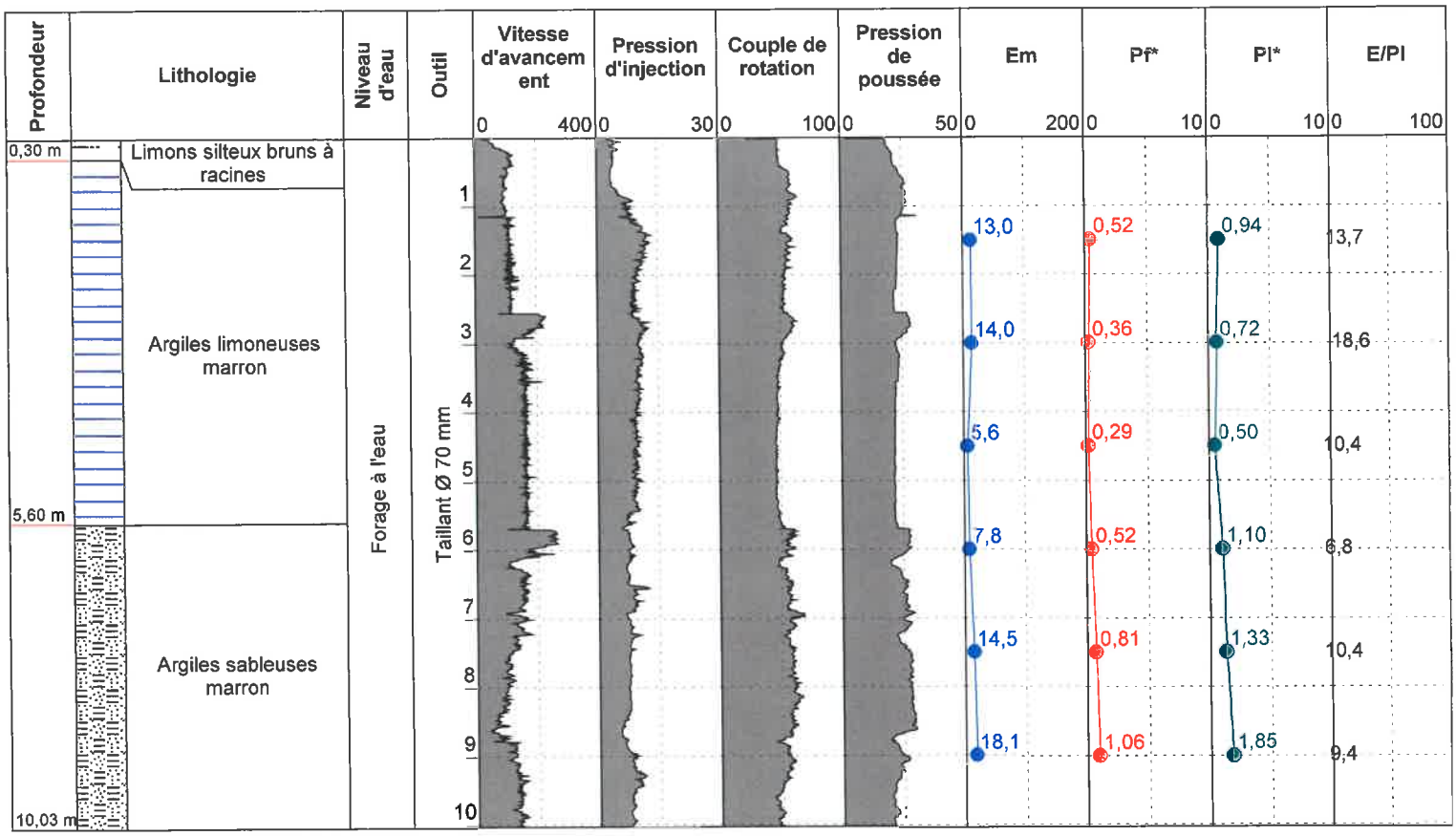
FONTAINE - Projet industriel

Date : 03/12/2018 Machine : H750 Profondeur : 0,00 - 10,03 m

1/105

SP4

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

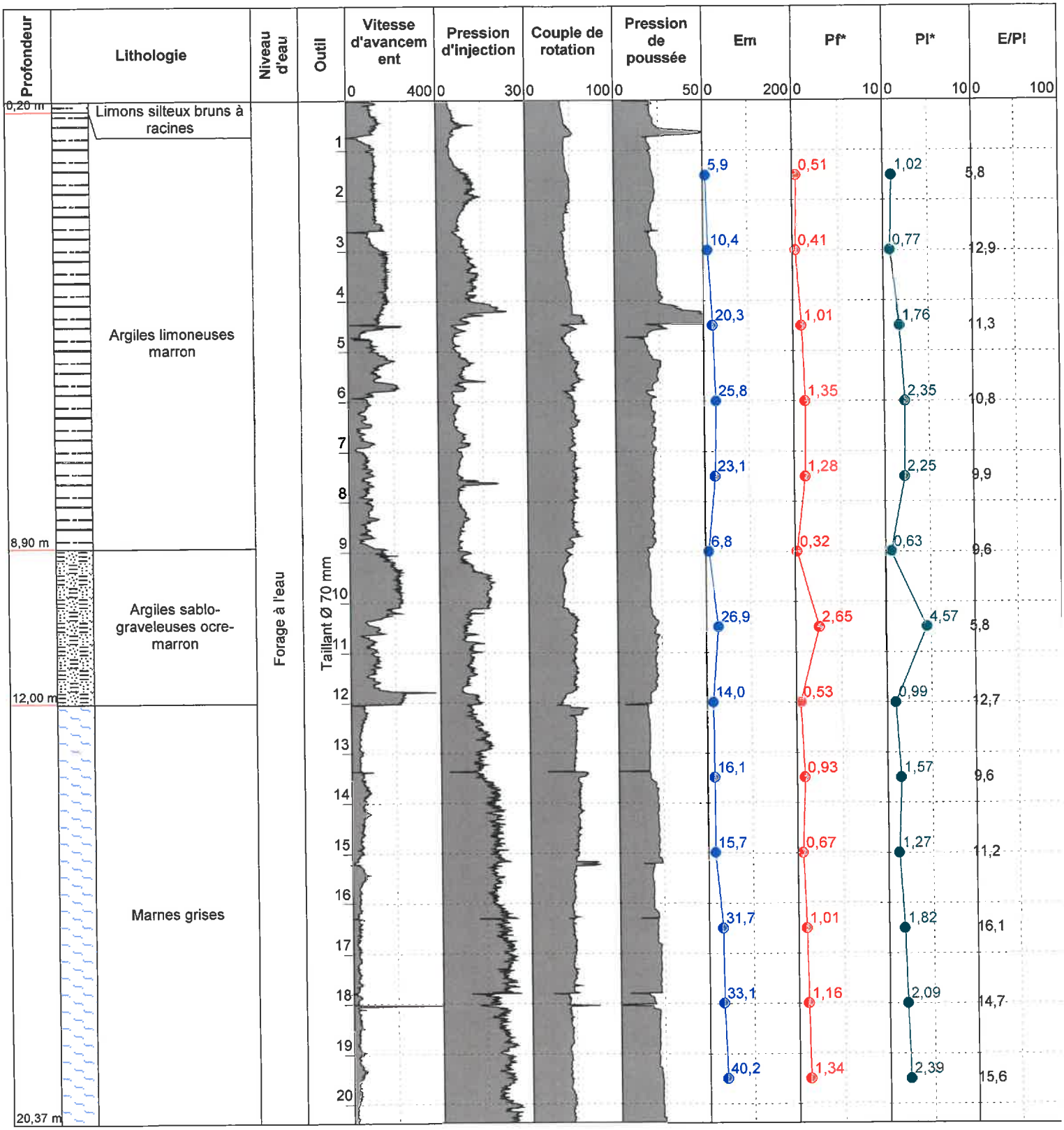
HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

FONTAINE - Projet industriel

Date : 03/12/2018 Machine : H750 Profondeur : 0,00 - 20,37 m

SP5

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

FONTAINE - Projet industriel

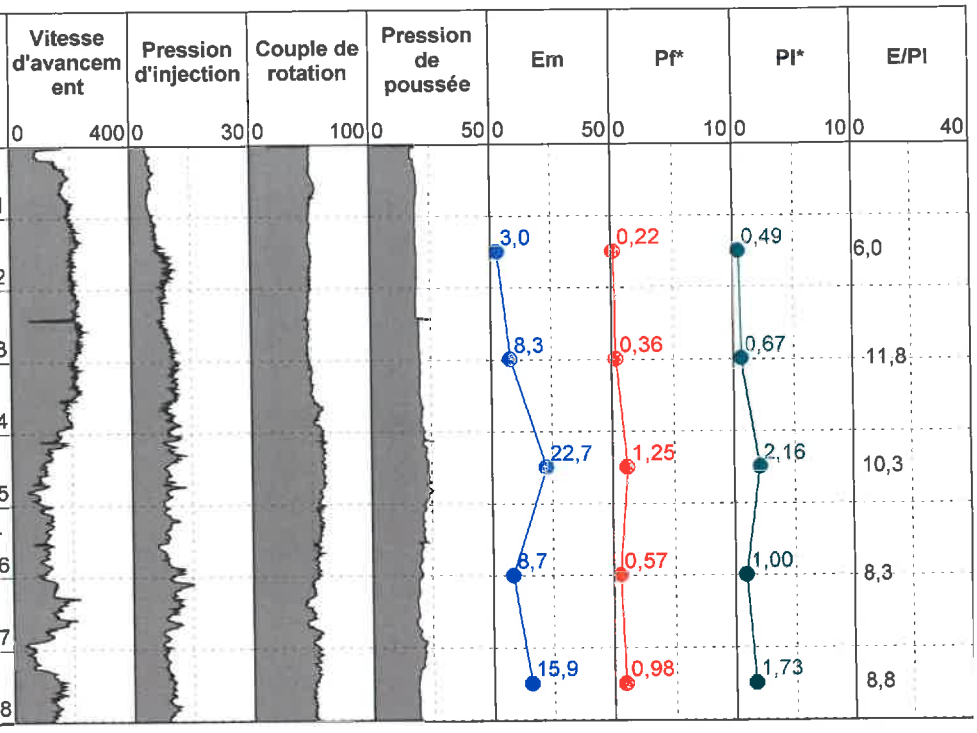
Date : **04/12/2018** Machine : **H750** Profondeur : **0,00 - 8,01 m**

1/105

SP6

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR

Profondeur	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Equipement forage
0,30 m	Limons silteux bruns à racines	Forage à l'eau	Taillant Ø 70 mm	Piezomètre PVC 50mm crépiné de 4 à 8m avec tête de protection métallique
4,80 m	Argiles limono-silteuses marron			
8,01 m	Argiles sablo-graveleuses marron			



C1820271

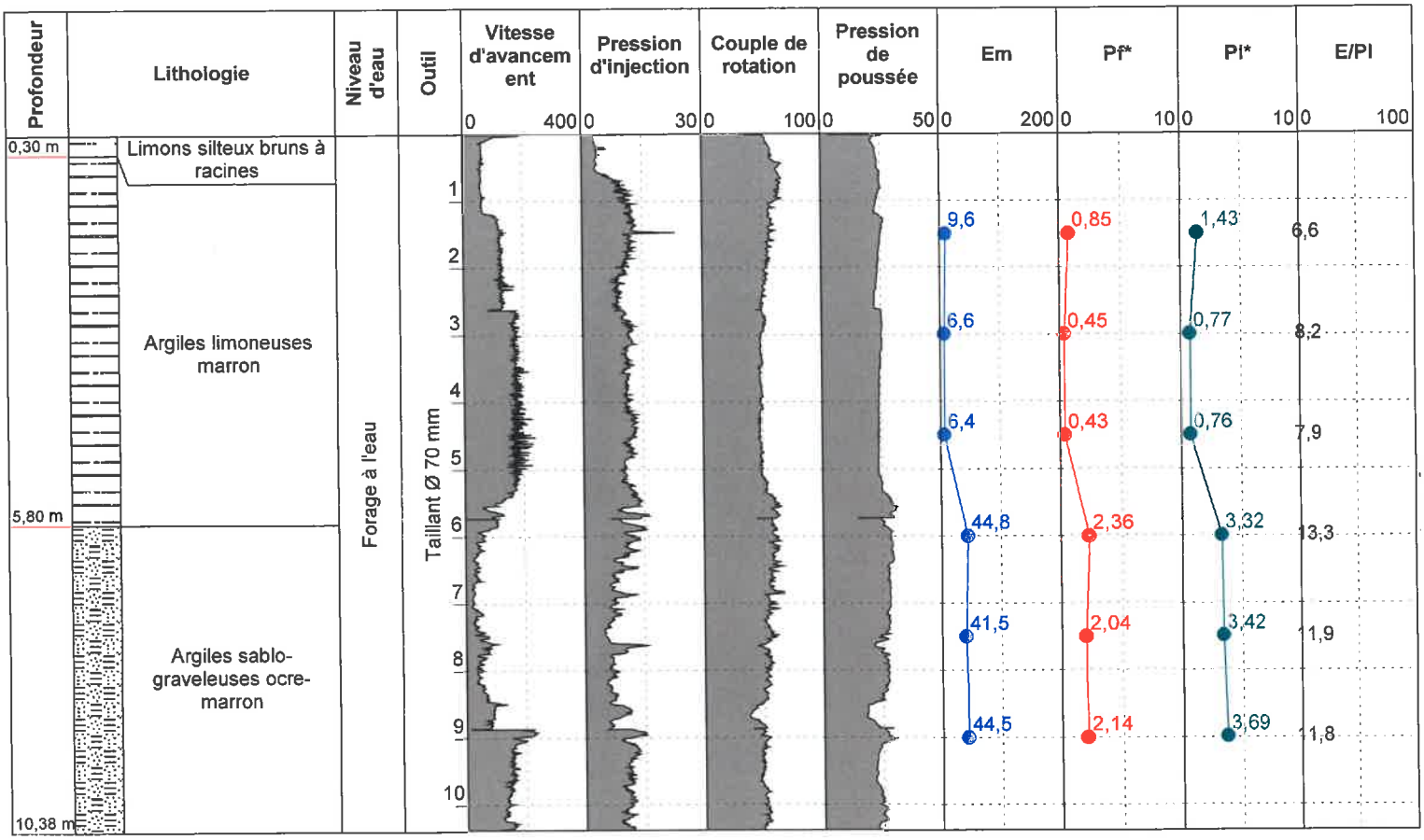
FONTAINE - Projet industriel

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Date : 29/11/2018 Machine : H750 Profondeur : 0,00 - 10,38 m

SP7

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

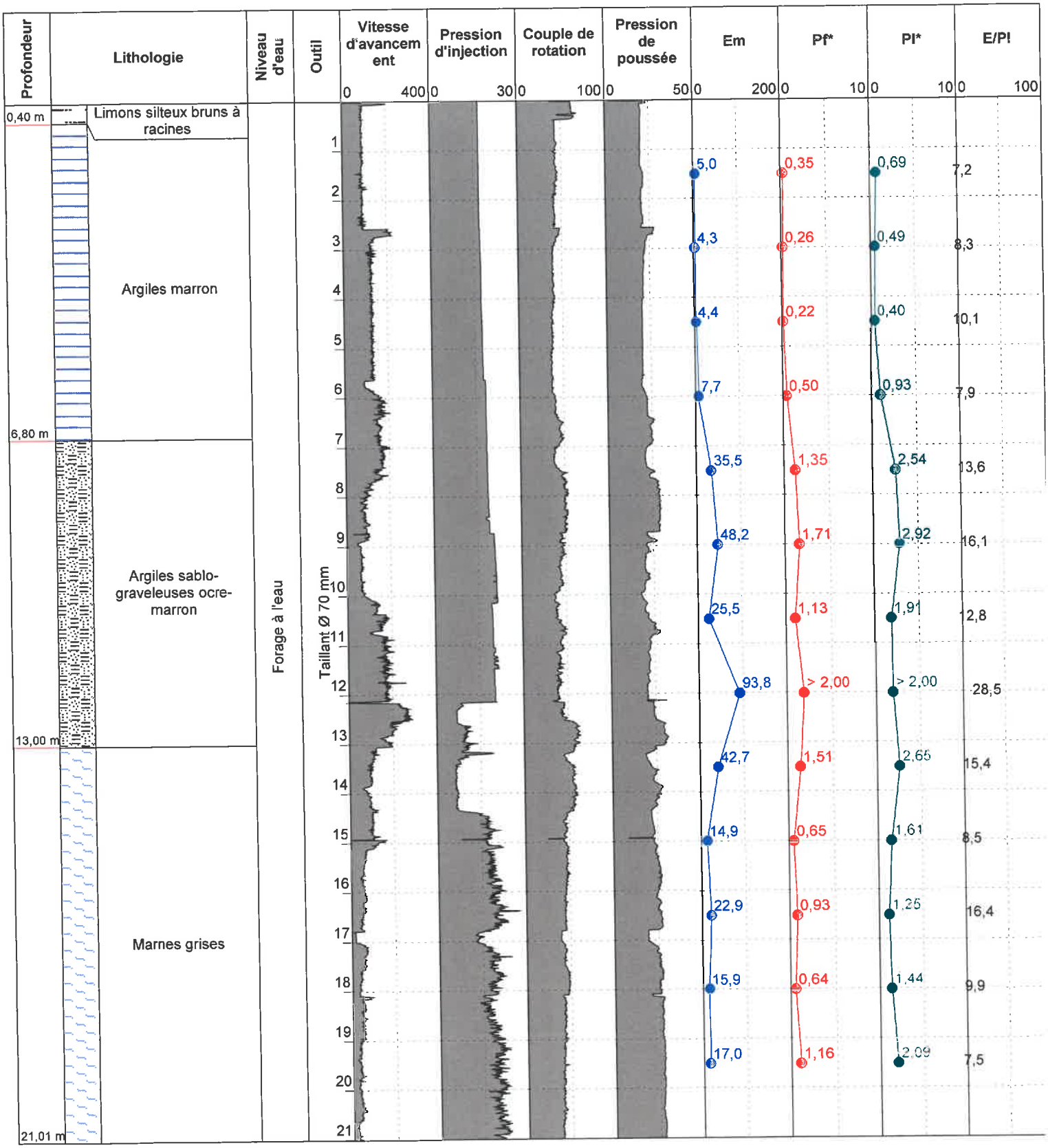
HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

FONTAINE - Projet industriel

Date : 27/11/2018 Machine : H750 Profondeur : 0,00 - 21,01 m

SP8

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

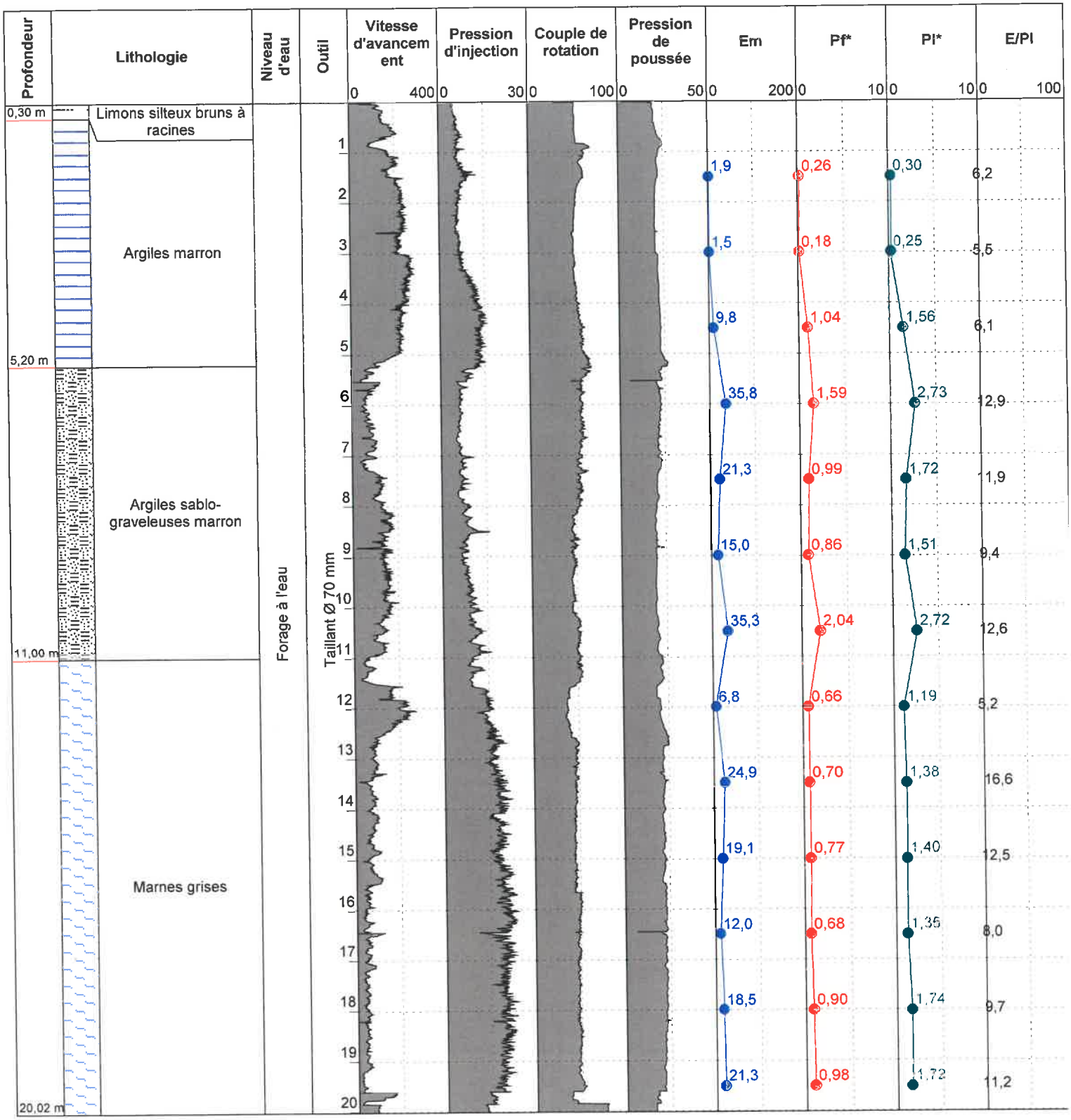
FONTAINE - Projet industriel

Date : 05/12/2018 Machine : H750 Profondeur : 0,00 - 20,02 m

1/105

SP9

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



C1820271

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

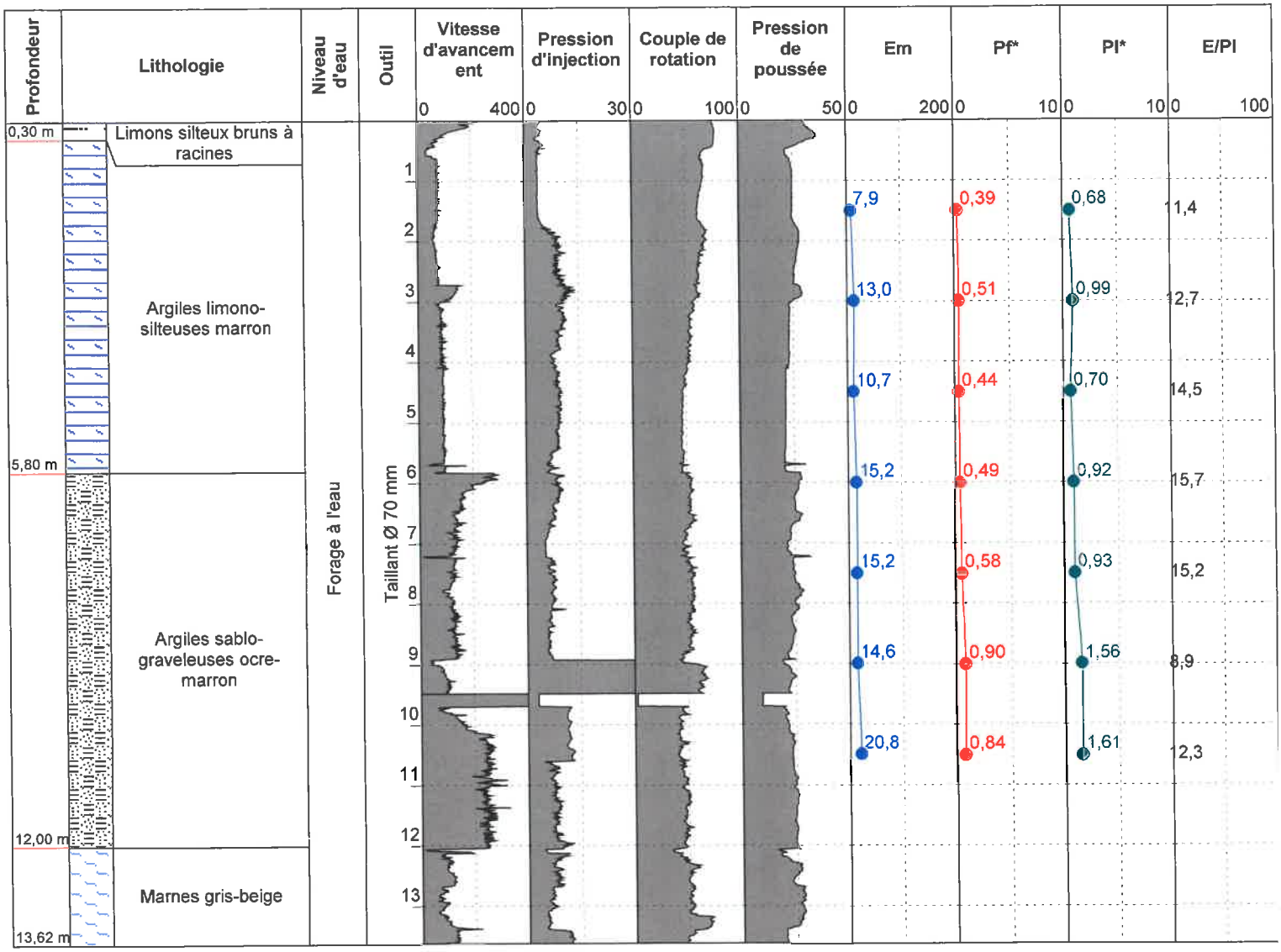
FONTAINE - Projet industriel

Date : **29/11/2018** Machine : **H750** Profondeur : **0,00 - 13,62 m**

1/105

SP10

EXGTE ß3.17.9/LB2EPF580FR



HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : 12/11/2018

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

EXGTE ß3.17.9/GTE

Forage : PM1

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
2,00	Limons silteux beiges			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : **12/11/2018**

Profondeur : **0,00 - 2,00 m**

EXGTE ß3.17.9/GTE

Forage : PM2

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
0,90	Remblais : Limons bruns à graviers, câble			
2,00	Limons silteux beige-jaune			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : **12/11/2018**

Profondeur : **0,00 - 2,00 m**

EXGTE ß3.17.9/GTE

Forage : PM3

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
0,70	Remblais : Limons bruns à graviers			
2,00	Limons silteux marron			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : 12/11/2018

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

Forage : PM4

EXGTE ß3.17.9/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
0,60	Limons silteux beige-jaune			
2,00	Limons argilo-silteux beige à gris			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : 12/11/2018

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

EXGTE ß3.17.9/GTE

Forage : PM5

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,30	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
1,10	Remblais : Limons bruns à graviers et câble			
2,00	Limons silteux beige-jaune			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : **12/11/2018**

Profondeur : **0,00 - 2,50 m**

Forage : PM6

EXGTE ß3.17.9/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux bruns à quelques cailloutis et graviers siliceux et racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
0,90	Remblais : Limons silteux marron-beige à cailloux, graviers, débris de béton et de plastiques			
1,10	Remblais : Graviers et galets à matrice limono-silteuse marron-beige			
1,80	Limons silteux marron-beige			
2,50	Limons silteux ocre-beige			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : **12/11/2018**

Profondeur : **0,00 - 2,80 m**

EXGTE ß3.17.9/GTE

Forage : PM7

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,30	Limons silteux marron-beige à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
0,80	Remblais : Limons silteux beige-ocre à rares graviers siliceux			
2,80	Limons argilo-silteux ocre-beige			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : **12/11/2018**

Profondeur : **0,00 - 2,00 m**

Forage : PM8

EXGTE ß3.17.9/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,30	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
2,00	Limons silteux jaunes à beiges			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : 12/11/2018

Profondeur : 0,00 - 2,90 m

EXGTE ß3.17.9/GTE

Forage : PM9

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux marron-beige à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
0,45	Limons silteux ocre-beige			
2,90	Limons silteux ocre-beige à passées grises			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : 12/11/2018

Profondeur : 0,00 - 3,00 m

EXGTE ß3.17.9/GTE

Forage : PM10

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
3,00	Limons silteux beige-jaune			

HYDROGEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DU ETAT DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contrat C18.20271

FONTAINE - Projet industriel

Date début : **12/11/2018**

Profondeur : **0,00 - 3,00 m**

Forage : PM11

EXGTE ß3.17.9/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0,20	Limons silteux bruns à racines	PELLE 8T	Pas notoire lors du sondage	
3,00	Limons silteux beige-jaune			

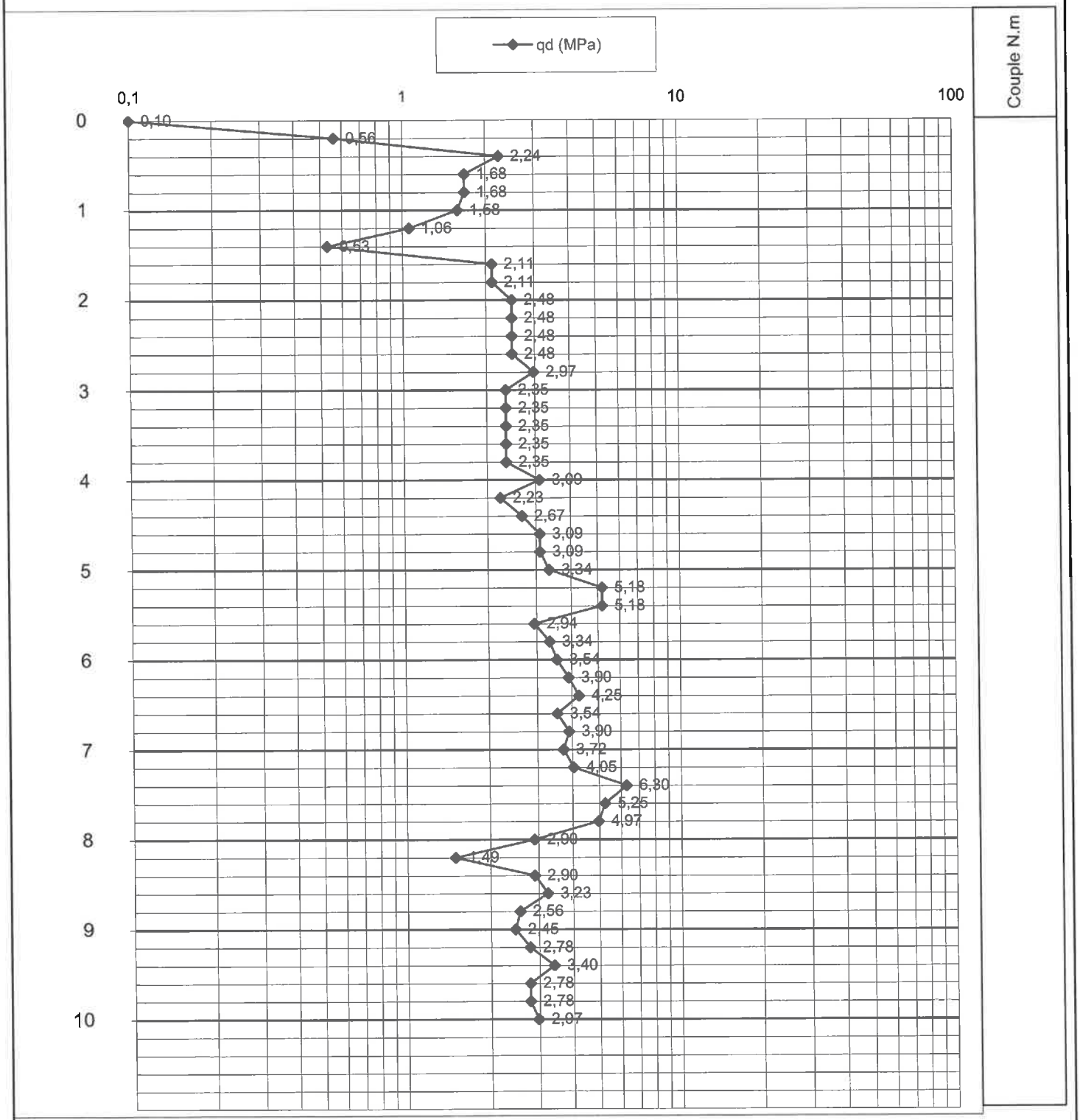
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD1

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

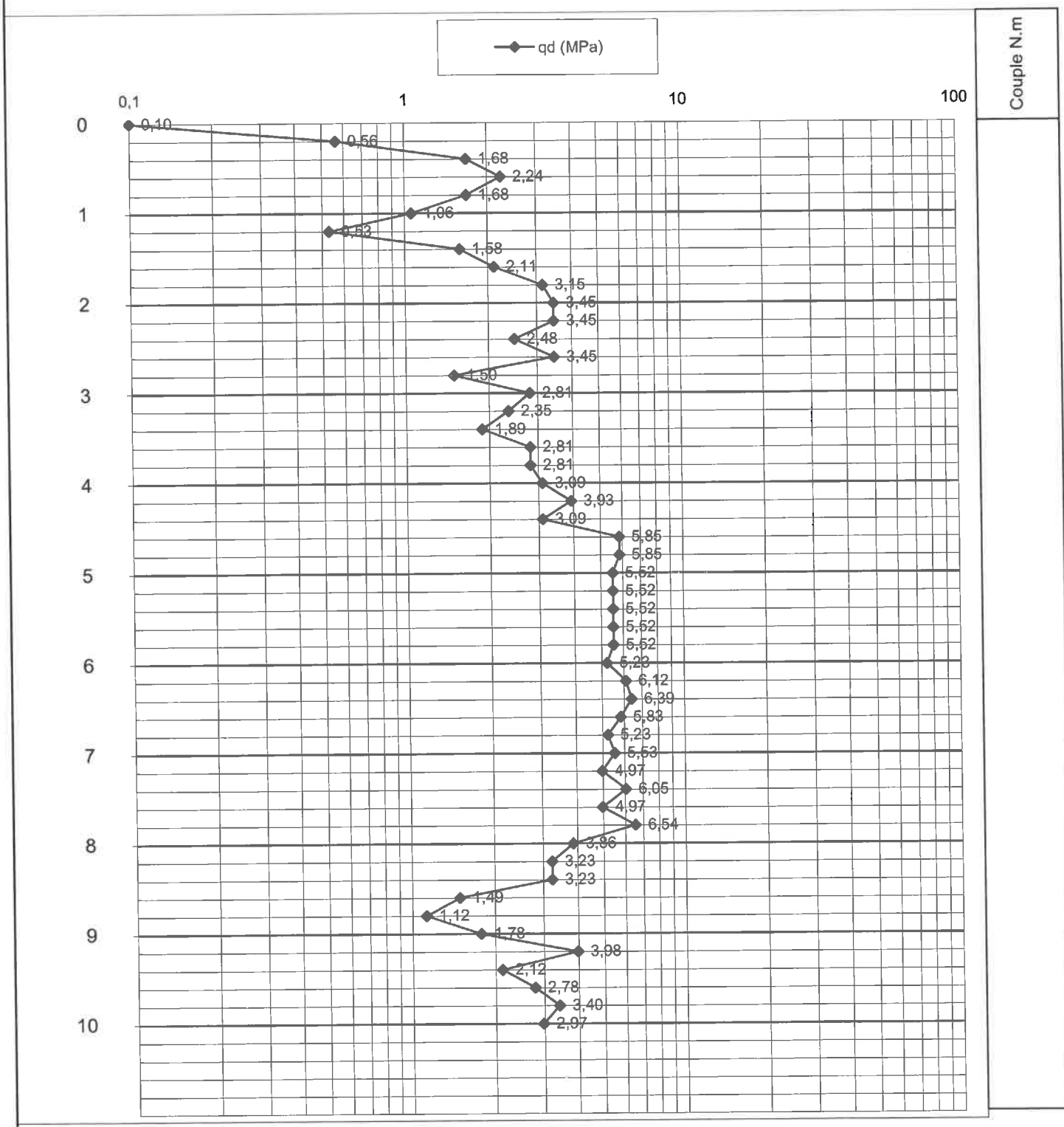
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD2

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

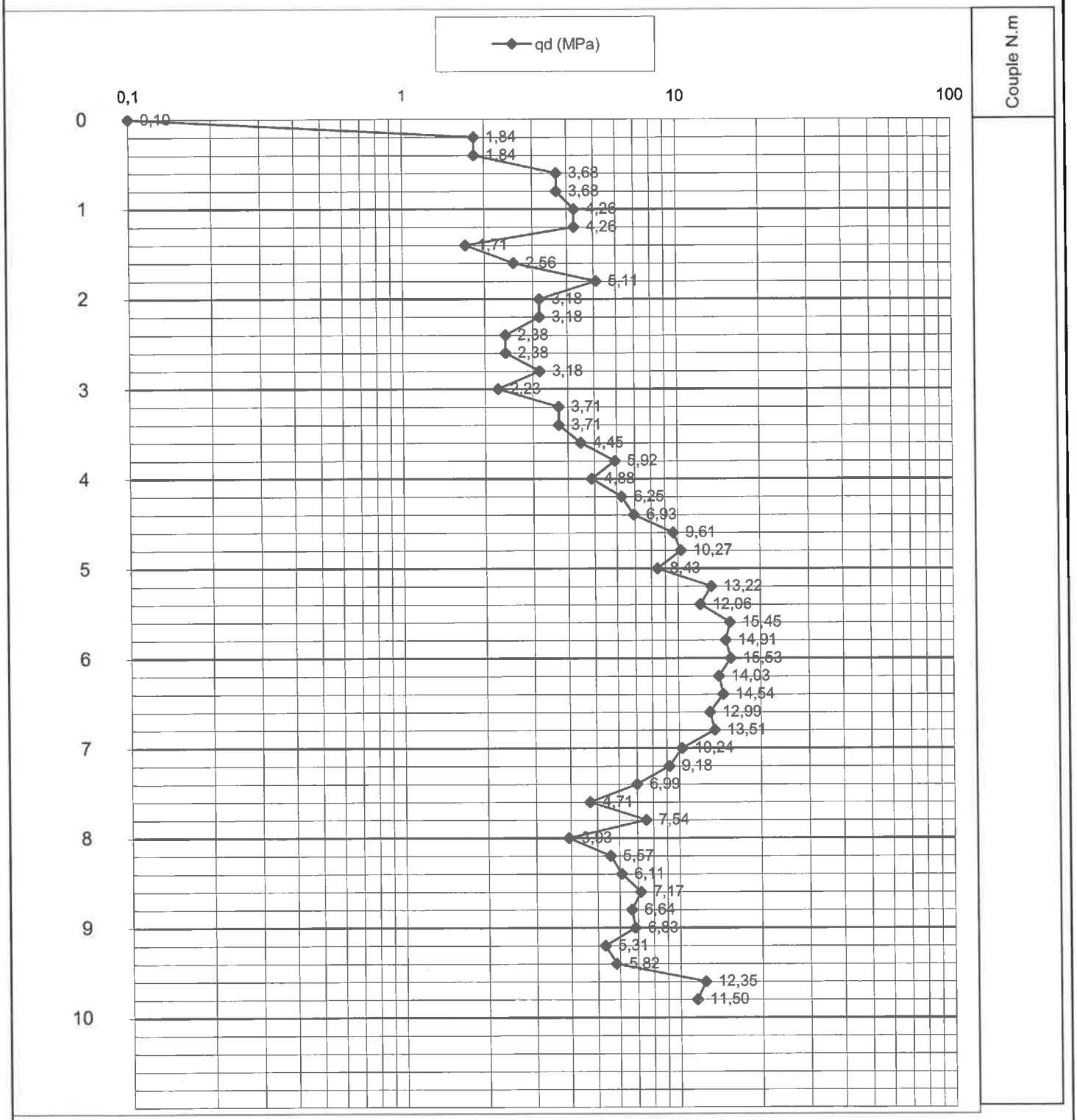
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD3

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

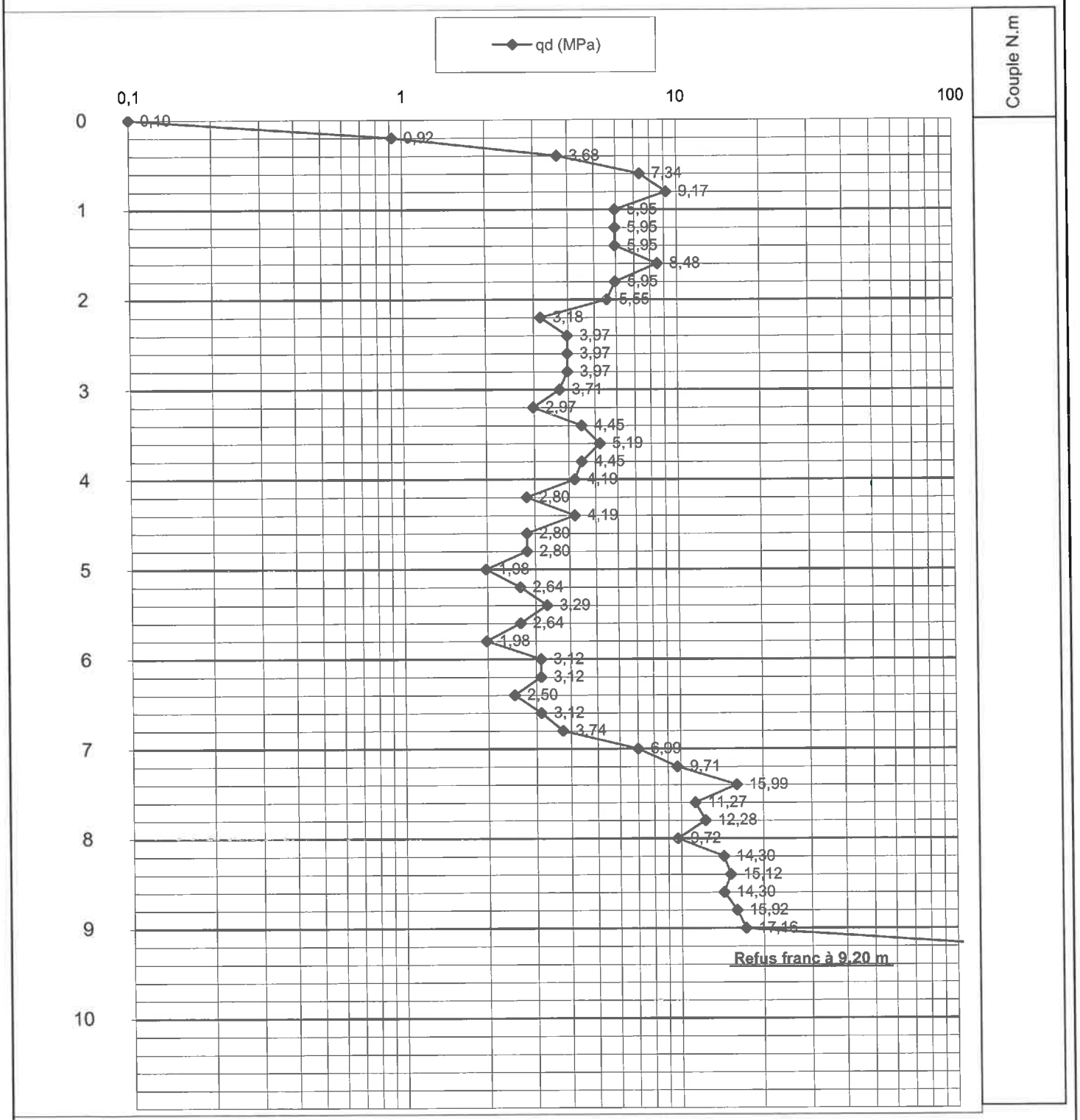
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD4

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

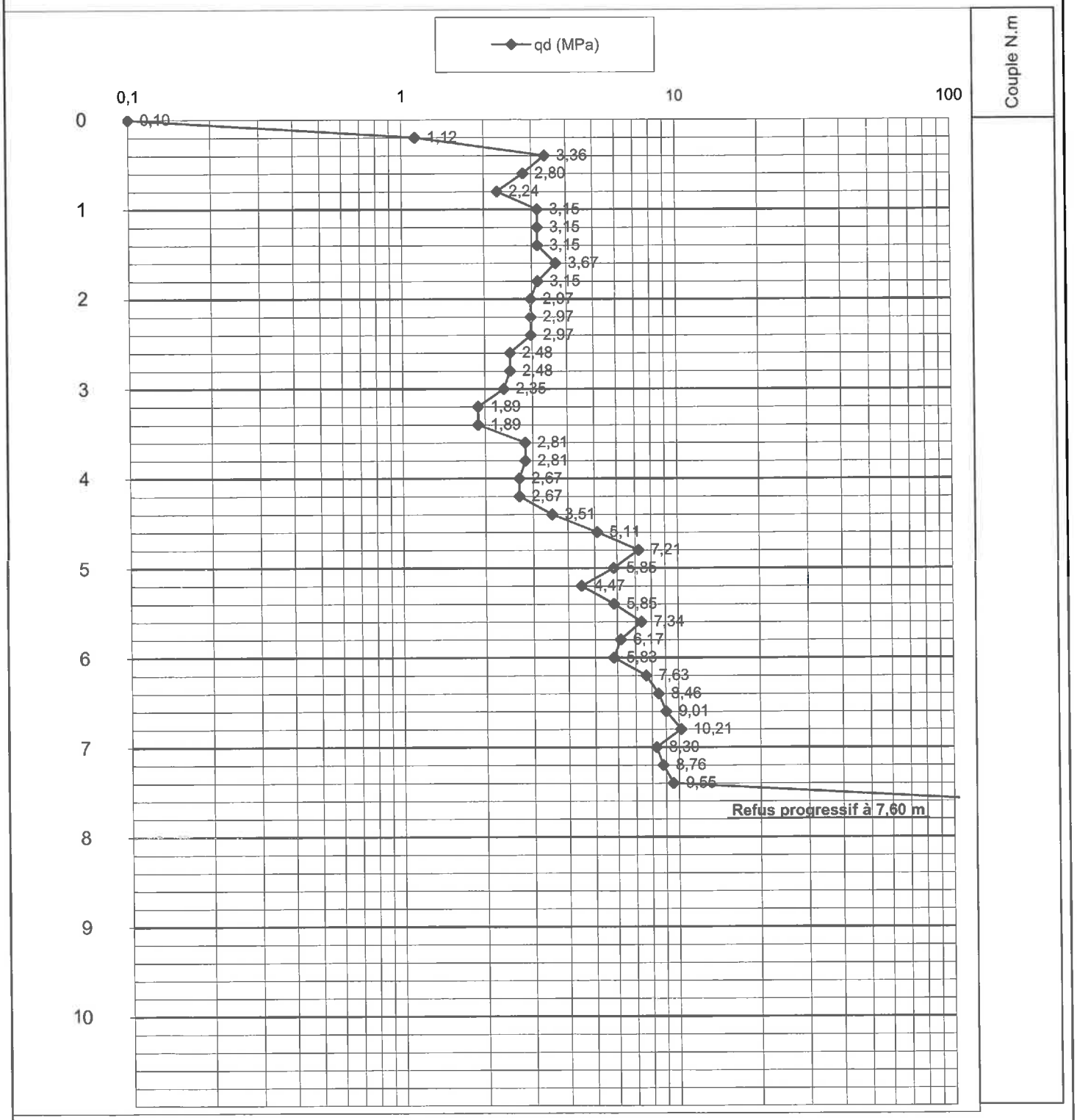
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD5

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

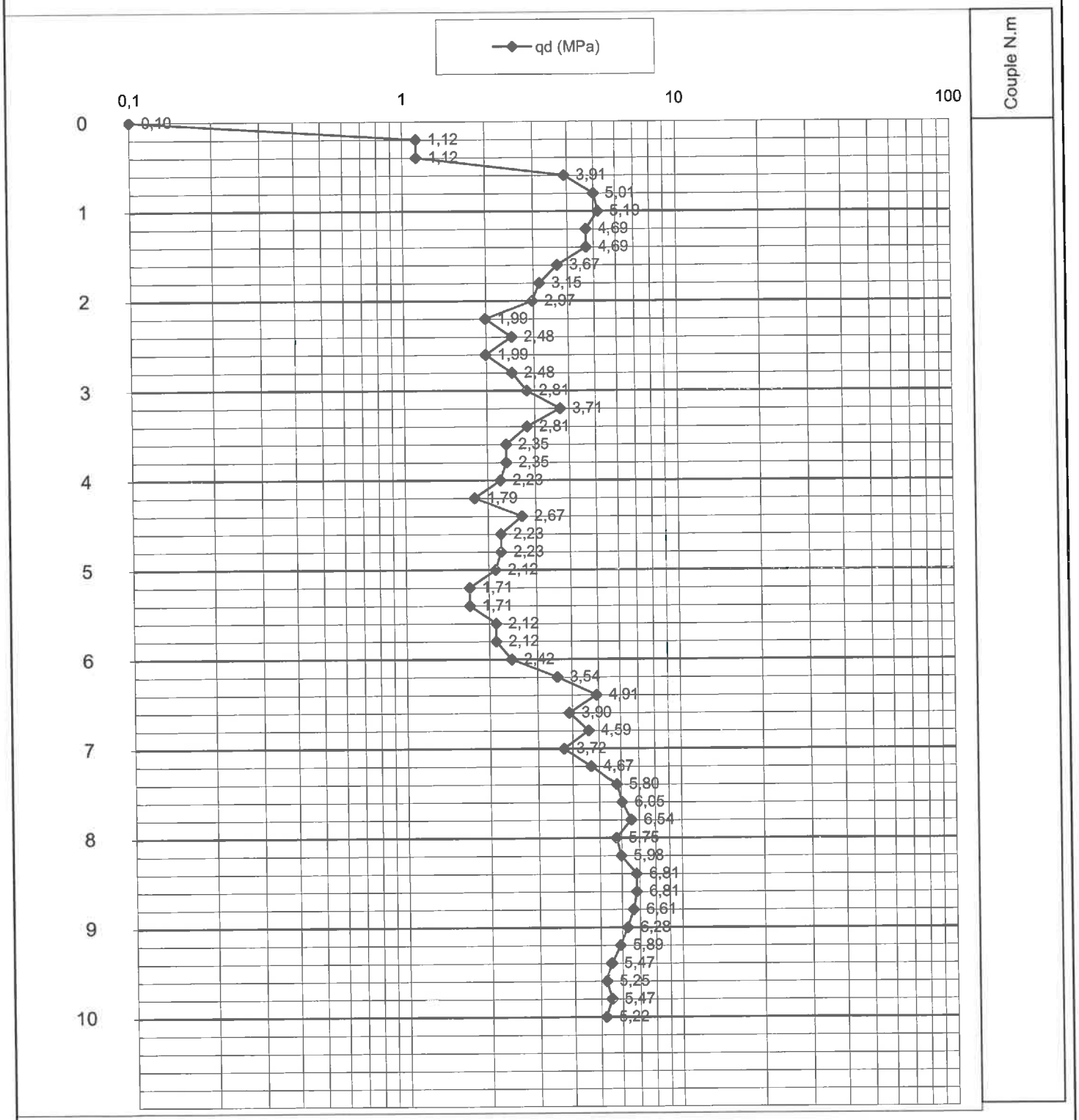
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD6

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

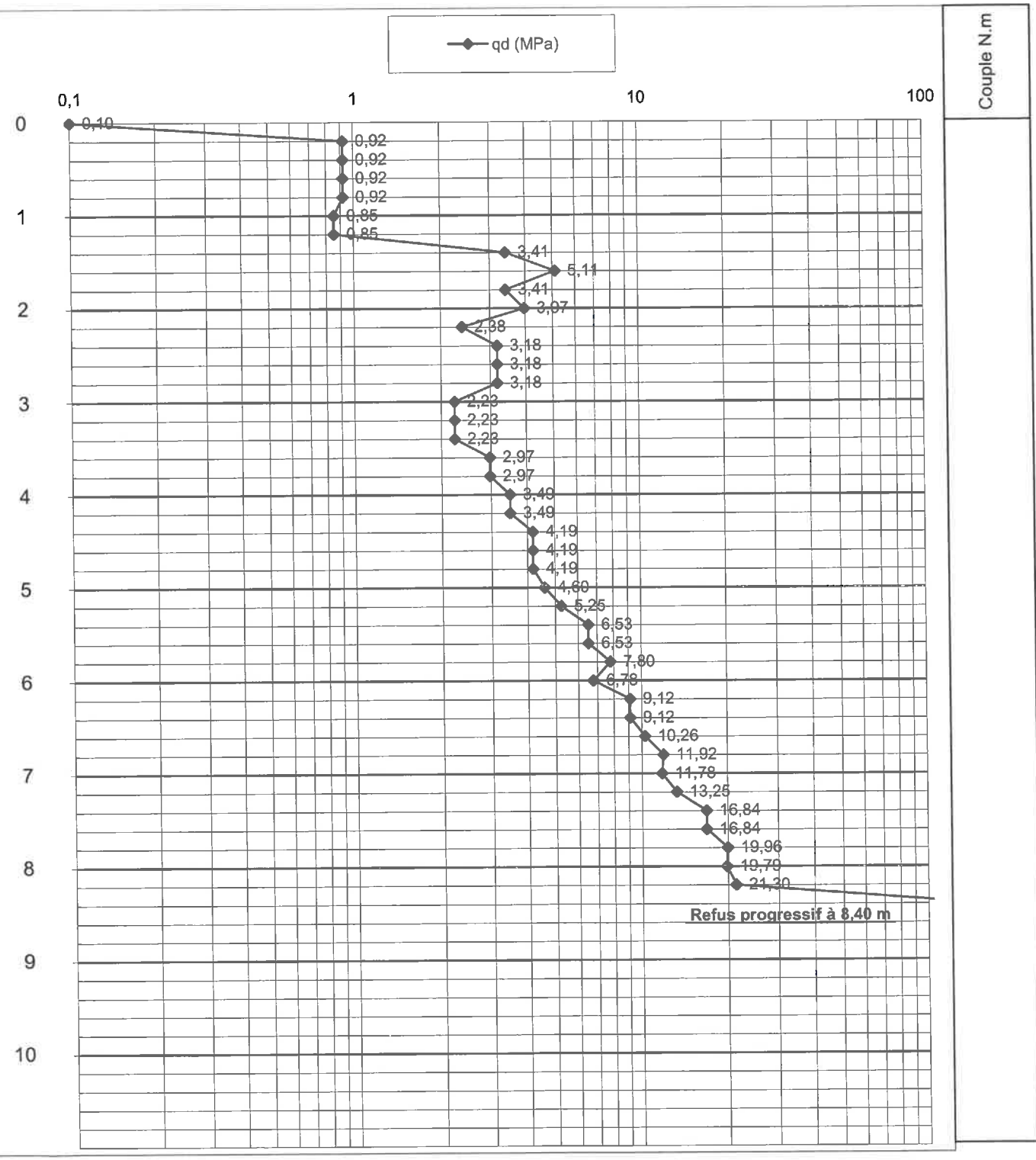
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD7

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

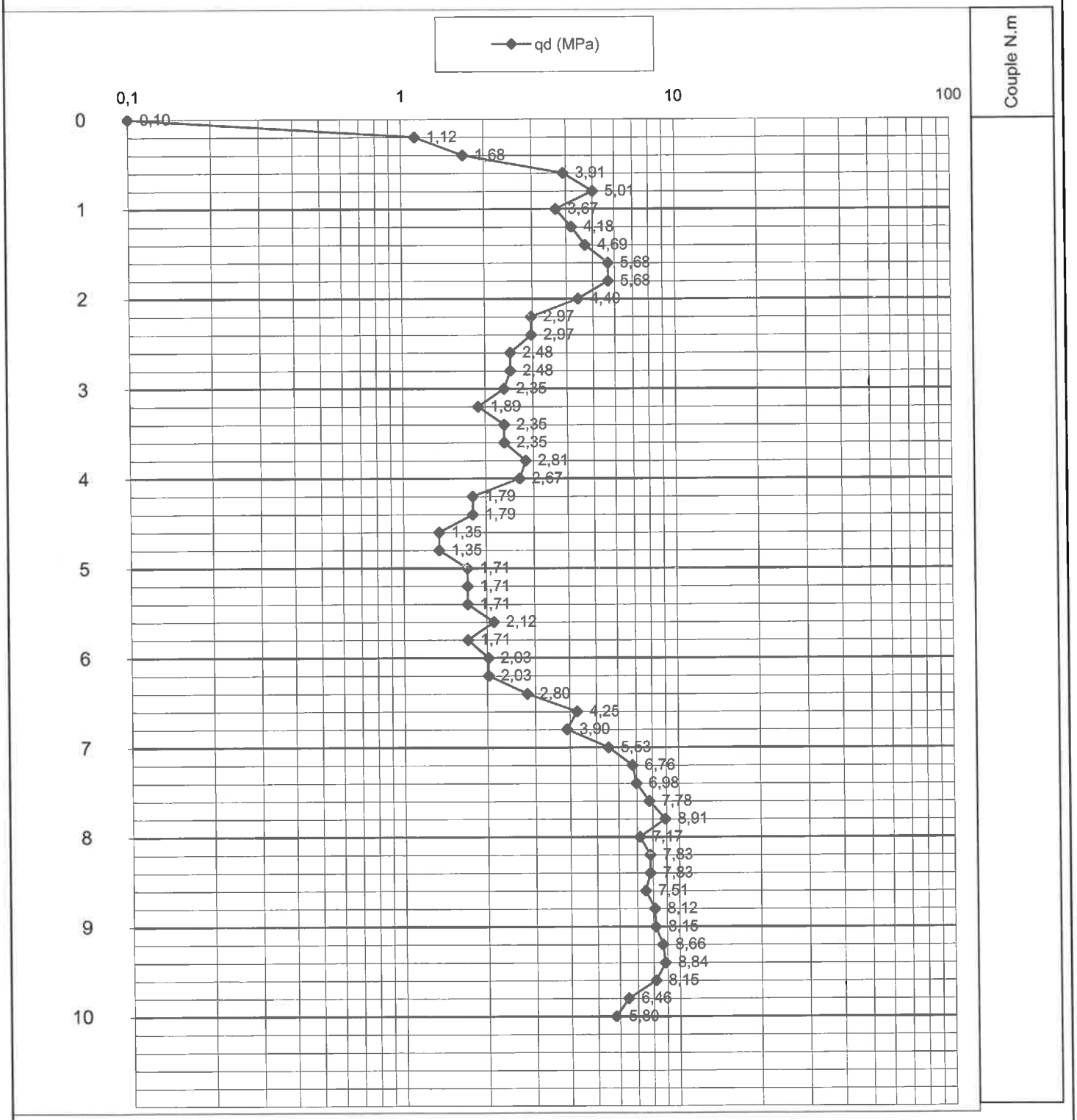
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD8

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

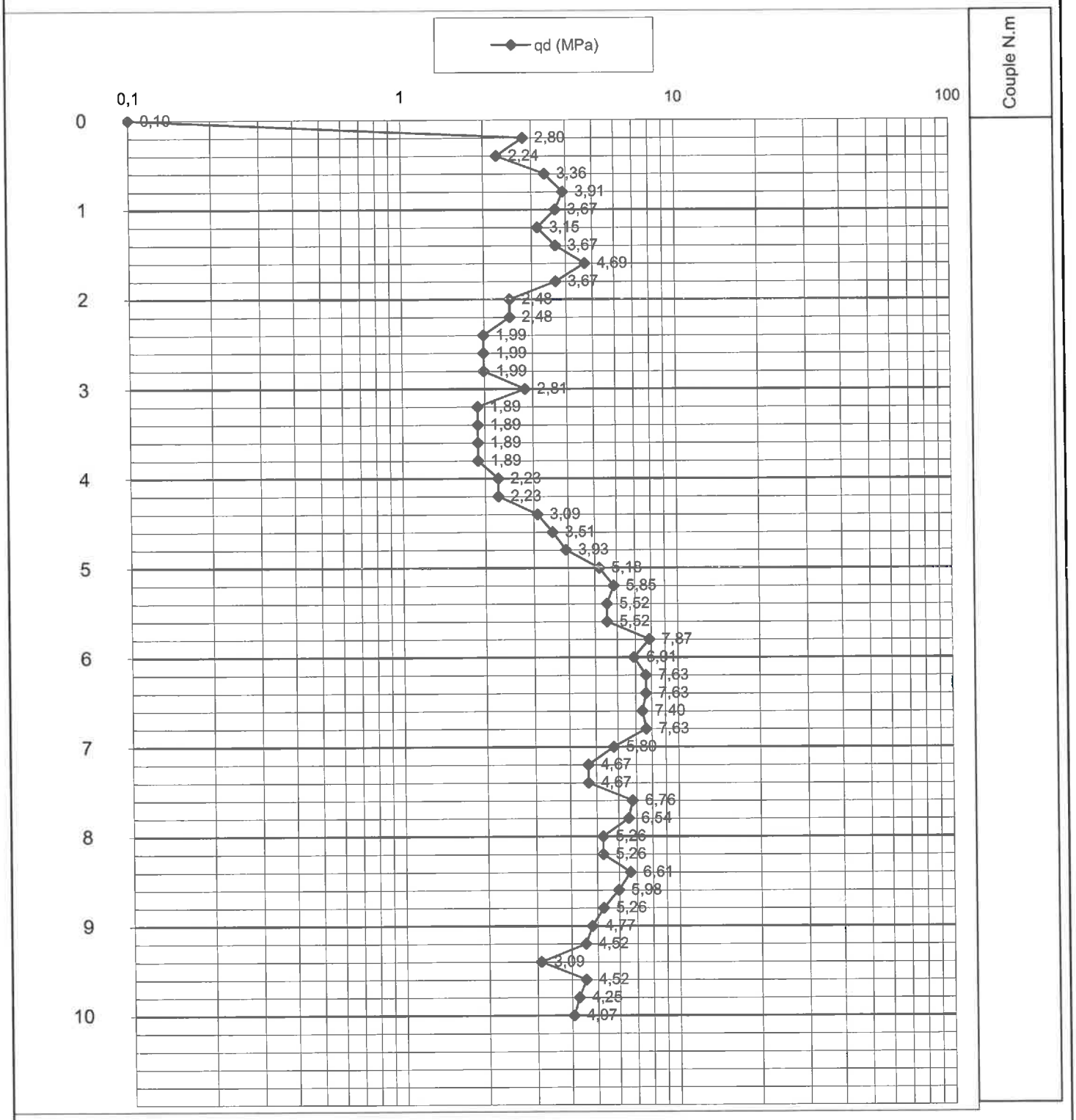
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD9

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

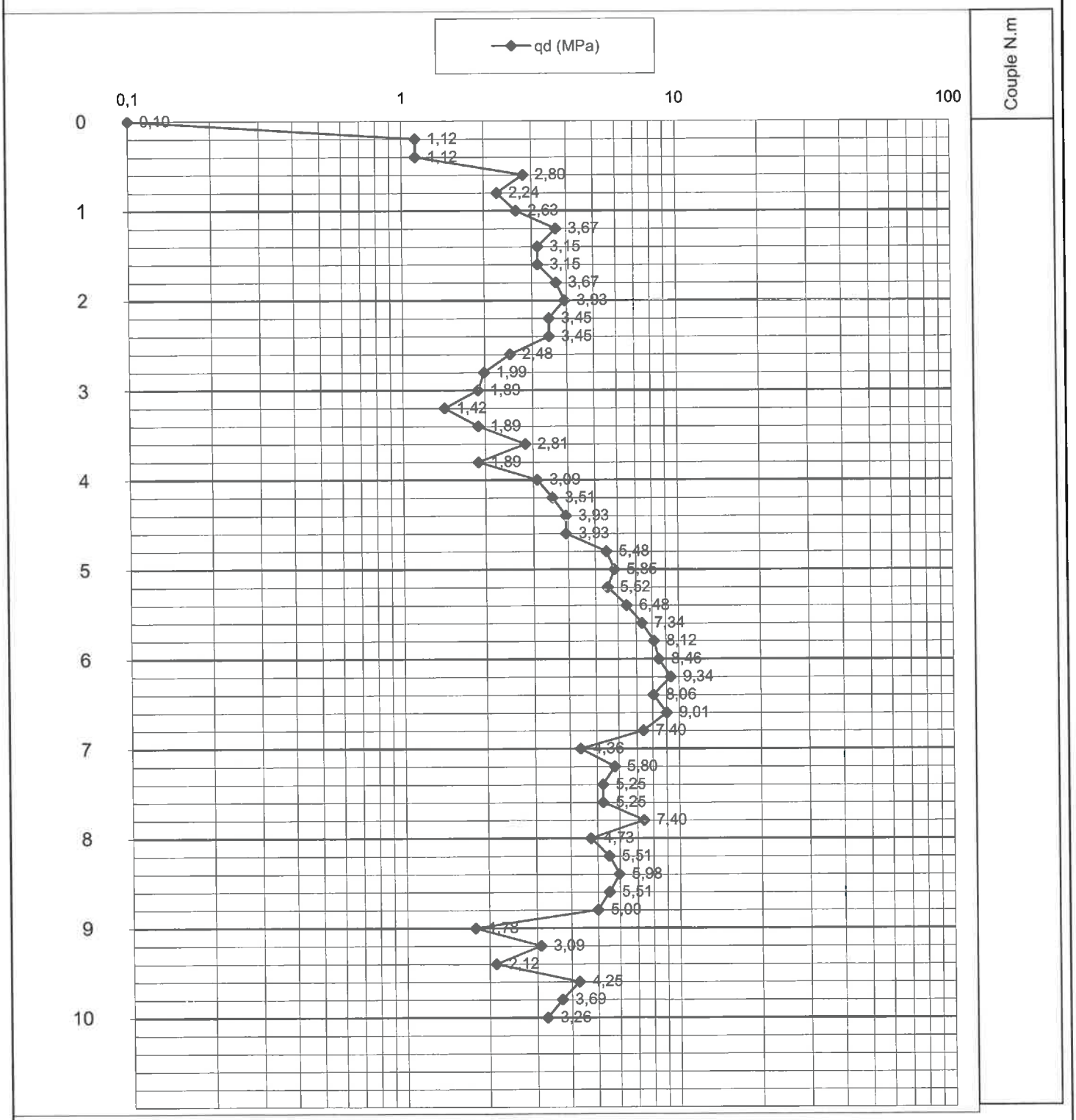
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD10

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

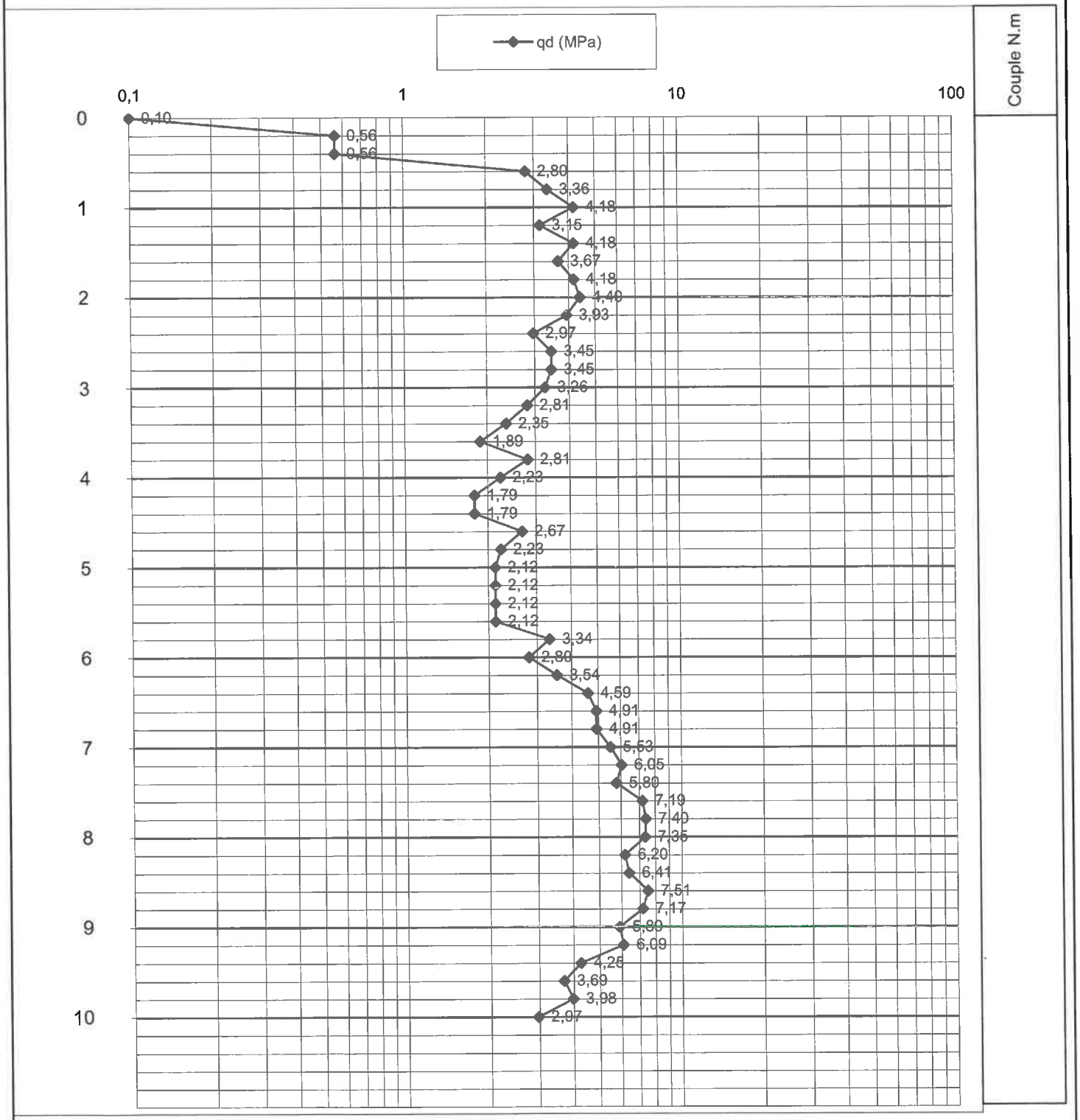
HYDRO-GEOTECHNIQUE
LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU DES SOLS DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

Client SODEB
Chantier FONTAINE - Projet industriel
Dossier C18.20271

Sondage PD11

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Eau : pas notoire lors de la foration

ESSAIS DE LABORATOIRE

RESULTATS DE LABORATOIRE

Affaire: Projet industriel

Lieu : Fontaine

Dossier C.18.20271

ESSAIS D'IDENTIFICATION			Réaction à l'acide	Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Valeur au bleu	Los Angeles	Micro-Deval	Granulométrie par tamisage							Compactage ESSAI PROCTOR et POINCONNEMENT		
			-	11-300	94-050	94-050	94-068	1097-2	1097-1	94-056							94-078		
										% de passant							Naturel		
Sondages	*Prof (m)*	*Nature*	*RA*	*GTR*	*W% (0/D)*	*W% (0/20)*	*VBS*	*LA*	*MDE*	*Dmax (mm)*	*50 mm*	*20 mm*	*5 mm*	*2 mm*	*400 µm*	*80 µm*	*Wn% (0/20)*	*IPI*	*γd Wn t/m3 (0/20)*
PM2	1,0-2,0		-	A1	17,1%	17,1%	2,18	-	-	49	100,0	97,8	97,5	96,9	95,4	94,6	-	-	-
PM4	1,0-2,0		-	A1	16,8%	17,3%	1,47	-	-	39	100,0	99,8	98,5	98,1	96,5	95,3	-	-	-
PM6	0,9-1,1		-	C1B5	10,6%	10,6%	0,61	-	-	95	73,3	46,0	31,2	28,9	25,5	24,4	-	-	-
PM7	0,2-0,8		-	A1	17,4%	17,4%	1,54	-	-	-	100,0	99,7	99,7	99,6	98,8	97,6	-	-	-
PM9	1,5-2,0		-	A1	24,6%	24,6%	1,30	-	-	-	100,0	100,0	100,0	99,6	98,6	98,2	-	-	-
PM10	1,0-2,0		-	A1	20,5%	20,5%	2,03	-	-	-	100,0	100,0	99,5	98,2	96,3	95,6	-	-	-
PM11	1,0-2,0		-	A1	19,3%	19,3%	1,94	-	-	-	100,0	100,0	99,9	98,8	97,1	96,7	-	-	-

Groupe HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par:	Laurent COLIN
En date du:	21/11/2018

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.18.20271	Chantier:	Projet industriel
Affaire:	Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu:	Fontaine

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

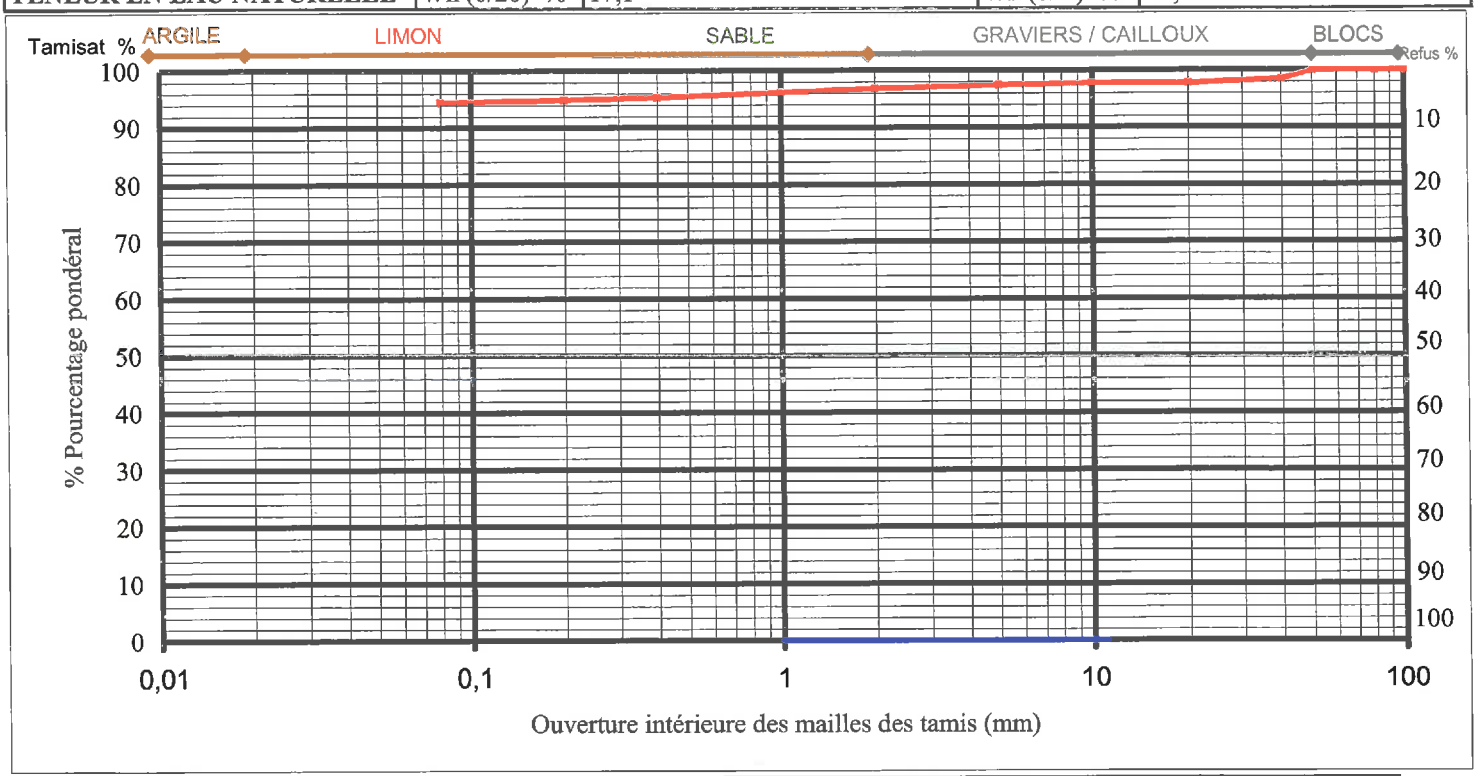
Sondage :	PM2	Date prélèvement:	S46
Profondeur (m):	1,0-2,0	Réaction à l'acide :	-
Nature :	0	T° étuvage (°C) :	105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Anjoutey	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau	**NF P 94-050**	LZ
Analyse granulométrique des sols	**NF P 94-056**	LZ
Analyse granulométrique par sédimentation	**NF P 94-057**	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	**NF P 94-068**	LZ
Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	Wn (0/20) %	17,1	Wn (0/D) %	16,7



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	98	98	98	98	97	96	95	95	94,6

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm):	49
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	94,6
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	94,6
D60 (mm):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	-		
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	2,19
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300): **A1**

Groupe HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par:	Laurent COLIN
En date du:	21/11/2018

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.18.20271	Chantier:	Projet industriel
Affaire:	Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu:	Fontaine

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

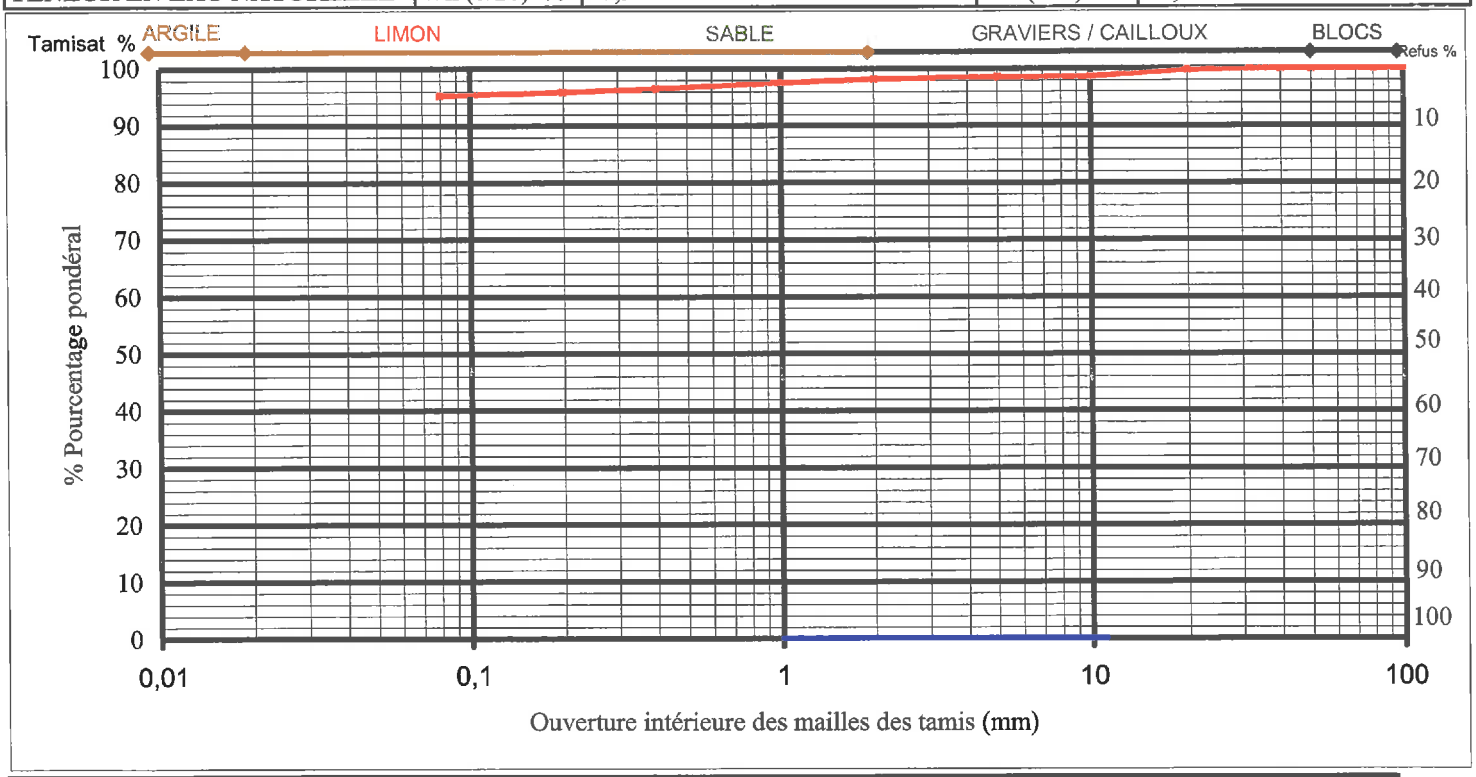
Sondage :	PM4	Date prélèvement:	S46
Profondeur (m):	1,0-2,0	Réaction à l'acide :	-
Nature :	0	T° étuvage (°C) :	105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Anjoutey	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau	**NF P 94-050**	LZ
Analyse granulométrique des sols	**NF P 94-056**	LZ
Analyse granulométrique par sédimentation	**NF P 94-057**	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	**NF P 94-068**	LZ
Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	Wn (0/20) %	17,3	Wn (0/D) %	17,2



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	98	97	96	95,3

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm):	39
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	95,3
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	95,3
D60 (mm):	-		
Coefficient courbure (Cc):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	1,47
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300): **A1**

Groupe HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par:	Laurent COLIN
En date du:	21/11/2018

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.18.20271	Chantier:	Projet industriel
Affaire:	Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu:	Fontaine

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

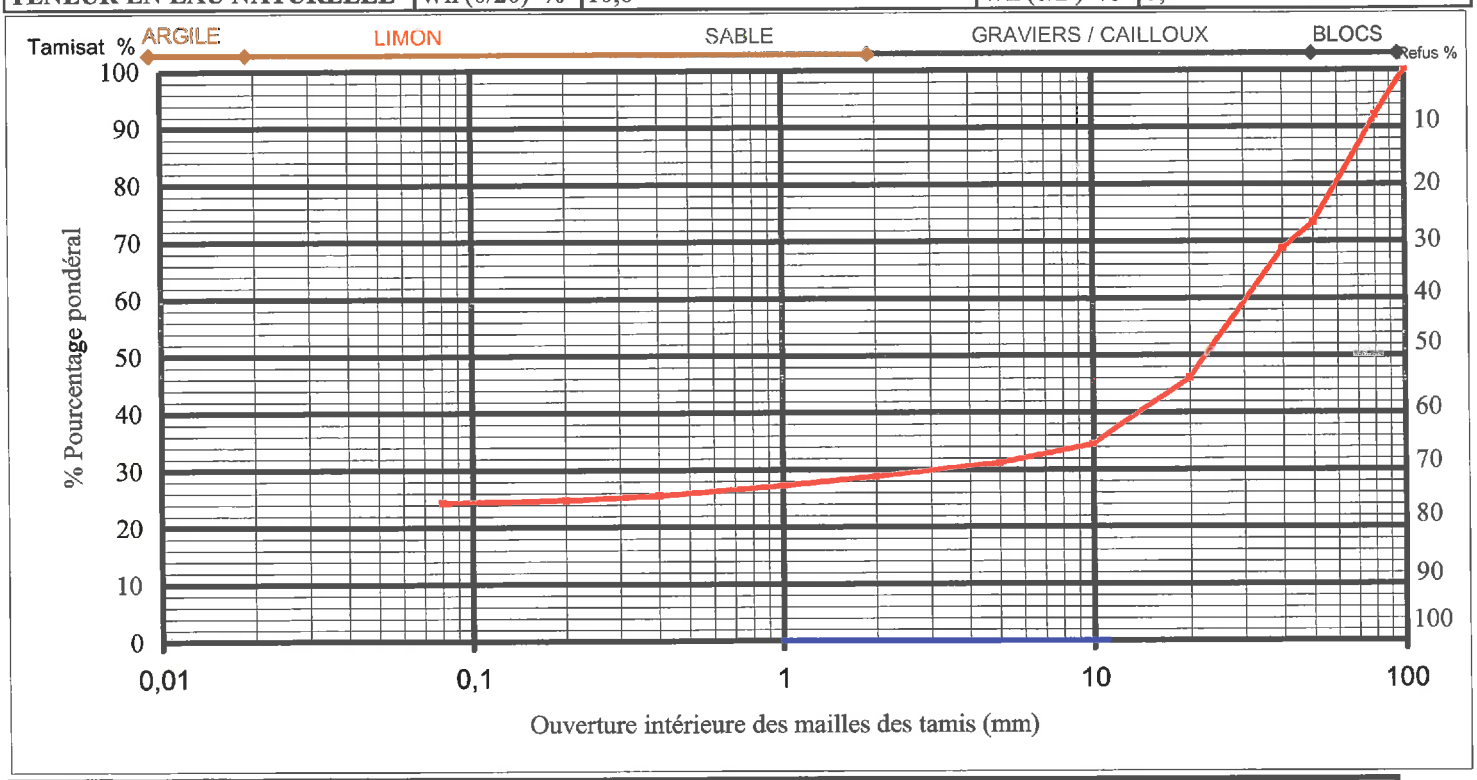
Sondage :	PM6	Date prélèvement:	S46
Profondeur (m):	0,9-1,1	Réaction à l'acide :	-
Nature :	0	T° étuvage (°C) :	105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Anjoutey	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau	**NF P 94-050**	LZ
Analyse granulométrique des sols	**NF P 94-056**	LZ
Analyse granulométrique par sédimentation	**NF P 94-057**	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	**NF P 94-068**	LZ
Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	Wn (0/20) %	10,6	Wn (0/D) %	6,2



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	92	73	69	46	34	31	29	27	26	25	24,4

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm):	95
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	24,4
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	33,2
D60 (mm):	-		
Coefficient courbure (Cc):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,61
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300):
C1B5

Groupe HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par:	Laurent COLIN
En date du:	21/11/2018

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.18.20271	Chantier:	Projet industriel
Affaire:	Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu:	Fontaine

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

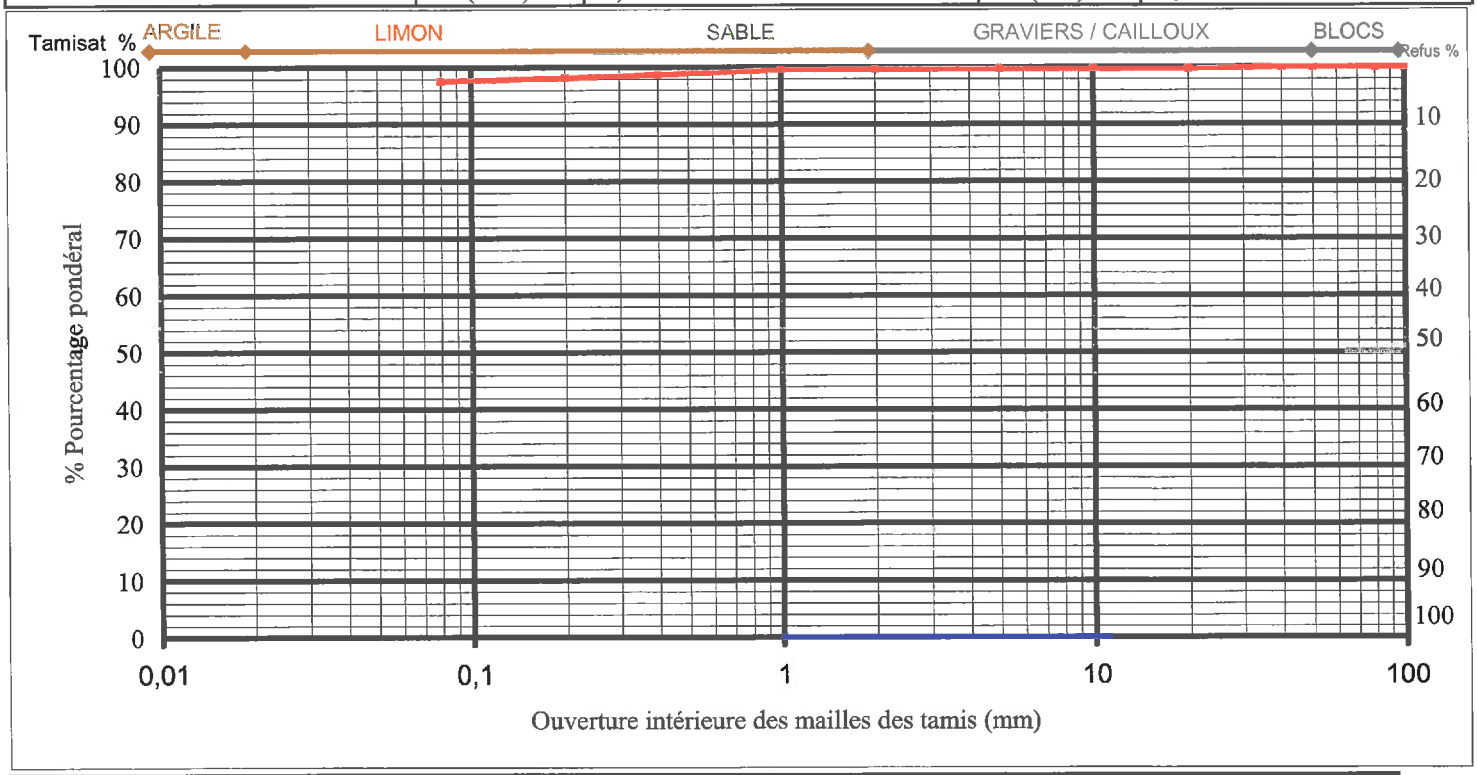
Sondage :	PM7	Date prélèvement:	S46
Profondeur (m):	0,2-0,8	Réaction à l'acide :	-
Nature :	0	T° étuvage (°C) :	105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Anjoutey	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau	**NF P 94-050**	LZ
Analyse granulométrique des sols	**NF P 94-056**	LZ
Analyse granulométrique par sédimentation	**NF P 94-057**	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	**NF P 94-068**	LZ
Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	Wn (0/20) %	17,4	Wn (0/D) %	17,3



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	97,6

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm):	0
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	97,6
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	97,6
D60 (mm):	-		
Coefficient courbure (Cc):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	1,54
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300): **A1**

Groupe HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par:	Laurent COLIN
En date du:	21/11/2018

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.18.20271	Chantier:	Projet industriel
Affaire:	Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu:	Fontaine

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

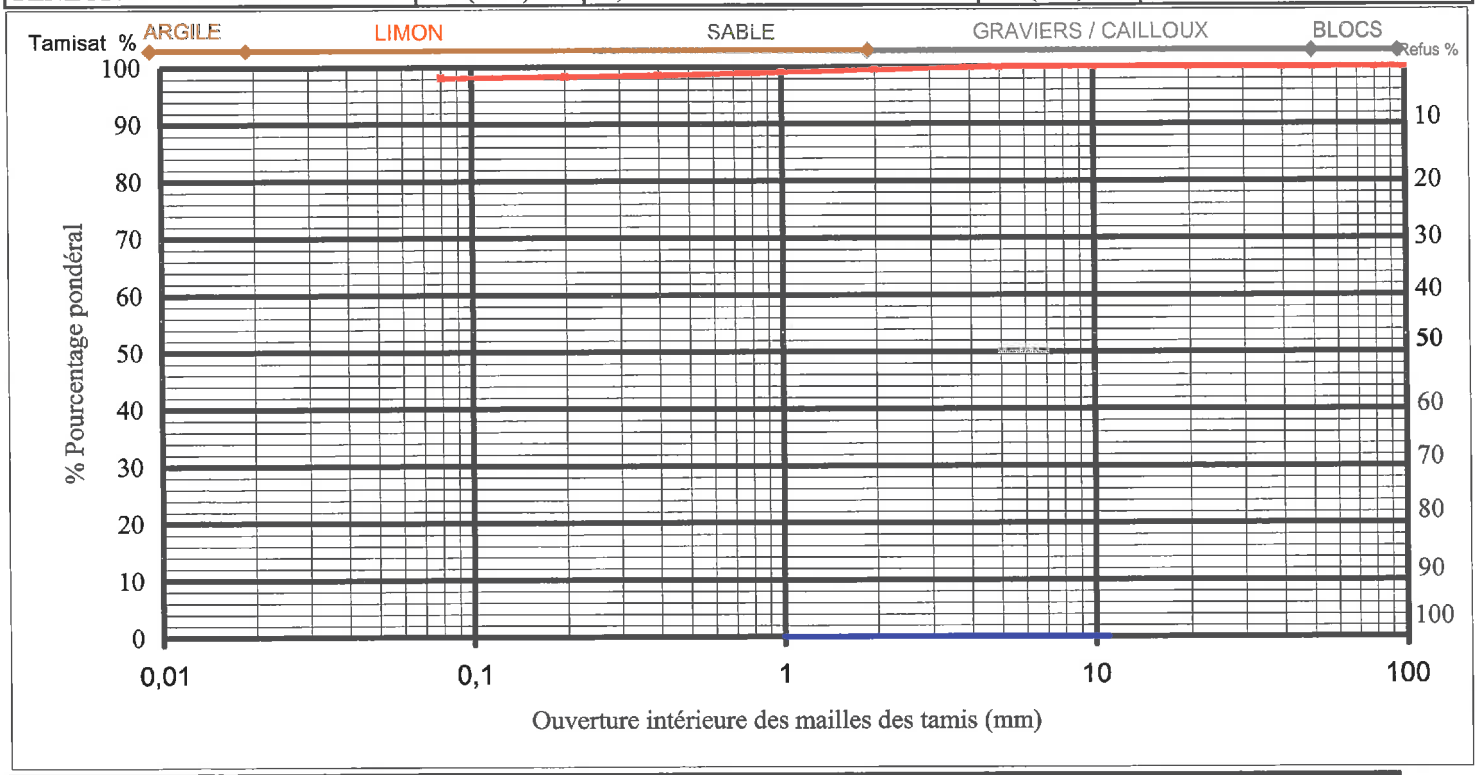
Sondage :	PM9	Date prélèvement:	S46
Profondeur (m):	1,5-2	Réaction à l'acide :	-
Nature :	0	T° étuvage (°C) :	105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Anjoutey	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau	**NF P 94-050**	LZ
Analyse granulométrique des sols	**NF P 94-056**	LZ
Analyse granulométrique par sédimentation	**NF P 94-057**	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	**NF P 94-068**	LZ
Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	Wn (0/20) %	24,6	Wn (0/D) %	#DIV/0!



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	98,2

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm):	0
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	98,2
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	98,2
D60 (mm):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	-		
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	1,30
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300): **A1**

Groupe HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par:	Laurent COLIN
En date du:	21/11/2018

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.18.20271	Chantier:	Projet industriel
Affaire:	Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu:	Fontaine

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

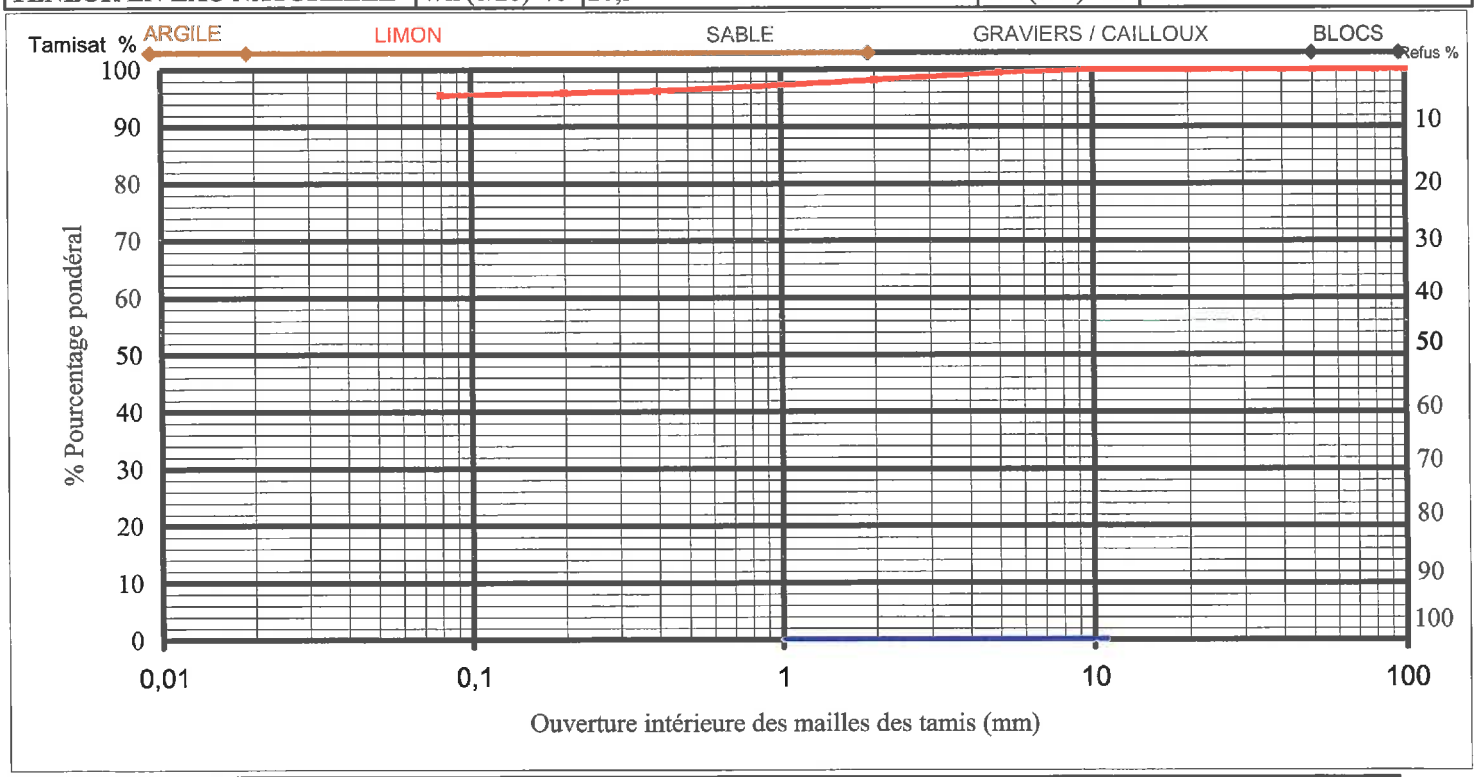
Sondage :	PM10	Date prélèvement:	S46
Profondeur (m):	1,0-2,0	Réaction à l'acide :	-
Nature :	0	T° étuvage (°C) :	105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Anjoutey	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau	**NF P 94-050**	LZ
Analyse granulométrique des sols	**NF P 94-056**	LZ
Analyse granulométrique par sédimentation	**NF P 94-057**	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	**NF P 94-068**	LZ
Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	Wn (0/20) %	20,5	Wn (0/D) %	#DIV/0!



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	97	96	96	95,6

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm):	0
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	95,6
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	95,6
D60 (mm):	-		
Coefficient courbure (Cc):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	2,03
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300): **A1**

Groupe HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

Affaire suivie par:	Laurent COLIN
En date du:	21/11/2018

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.18.20271	Chantier:	Projet industriel
Affaire:	Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu:	Fontaine

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

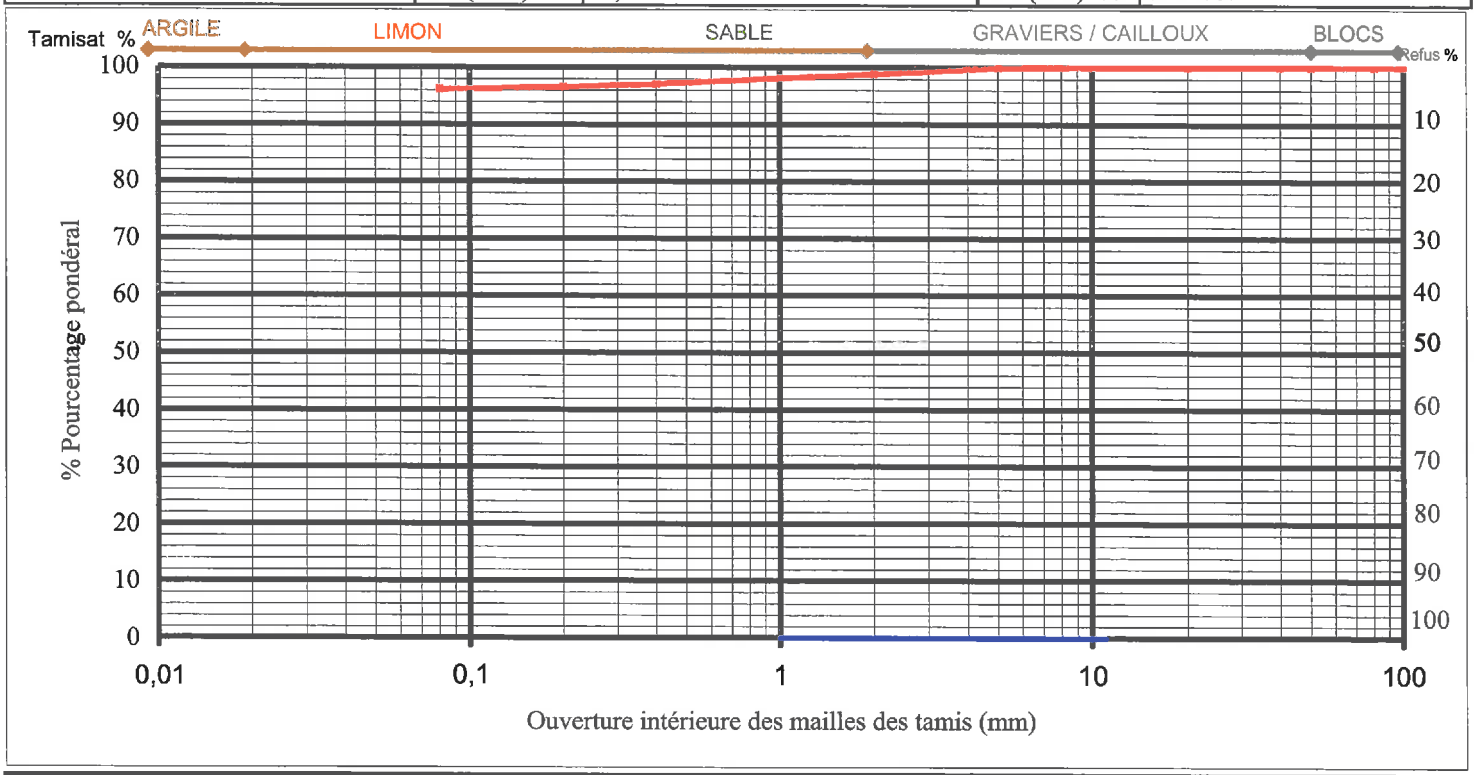
Sondage :	PM11	Date prélèvement:	S46
Profondeur (m):	1,0-2,0	Réaction à l'acide :	-
Nature :	0	T° étuvage (°C) :	105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Anjoutey	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau	**NF P 94-050**	LZ
Analyse granulométrique des sols	**NF P 94-056**	LZ
Analyse granulométrique par sédimentation	**NF P 94-057**	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	**NF P 94-068**	LZ
Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	Wn (0/20) %	19,3	Wn (0/D) %	#DIV/0!



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	97	97	96,2

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm):	0
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	96,2
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	96,2
D60 (mm):	-		
Coefficient courbure (Cc):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	1,94
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300): **A1**

MISSIONS GÉOTECHNIQUES

ANNEXE 1

Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

(NF P 94-500 novembre 2013)

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.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXE 2

CONDITIONS GENERALES GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE (version du 01/07/2012)

1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du co-contractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.
Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire

2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaitre l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Le Client fournit par écrit au Prestataire les servitudes et la position précise des ouvrages sensibles et/ou enterrés et des réseaux en site privé ; les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client

Conformément à l'art L 411-1 du nouveau code minier, le Client s'engage à déclarer au BRGM tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'arrêté du 11/09/2003 et à l'art R 214-1 du code de l'environnement du 29/03/1993, le Client s'engage à établir une déclaration en Préfecture des sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.
La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant que si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.
Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.
Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.
Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.
Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnisations correspondantes sont à la charge du Client.

7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. 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 actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégrale des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission. Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture. En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40€.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple,, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelles que raisons que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Ce contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Le client prendra en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières.
Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en réfèrera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc... En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.