

Schweecherdaulerstroos, 2  
L – 8551 Noerdange

**S.A.R.L.**

Tel. : 00352 26 51 18 65  
GSM : 00352 621 498 933  
web : [www.icmengineering.eu](http://www.icmengineering.eu)

Nos Réf. ES 2025/011

<b>Contractant</b>	EMCA SA 11, Rue Principale L-6557 Dickweiler
<b>Situation</b>	Nonnebësch 9948 Wincrange
<b>Cadastre</b>	Hëlzen Parcelle 1522/2
<b>Concerne</b>	TERRAIN POUR LA CONSTRUCTION D'UNE ÉOLIENNE  ESSAIS GÉOTECHNIQUES
<b>Désignation</b>	RAPPORT DE RÉSULTATS DES SONDAGES AU PÉNÉTROMÈTRE STATIQUE ET FORAGE CAROTTÉ AVEC ESSAIS PRÉSSIONÉTRIQUES

## **ESSAIS GÉOTECHNIQUES**

### **TERRAIN EN VUE DE LA CONSTRUCTION D'UNE ÉOLIENNE**

**Hëlzen – Commune de Wincrange**

#### **Examen géotechnique**

Suite à la demande de la société EMCA, une étude de sol de fondation a été réalisée selon les moyens explicités ci-après, courant février 2025, sur le site de construction d'une éolienne.

Trois essais au pénétromètre statiques et un forage carotté ont été réalisés aux localisations reprises au plan d'implantation en annexe.

Les essais ont été réalisés à partir du niveau du terrain naturel au moment des sondages.

LUREF		WGS84		UTM WGS84	
X	64037.58	long	5° 56' 41.63"	X	710473.57
Y	132714.82	lat	50° 7' 41.91"	Y	5557049.63
Elevation (Lidar) :				485.45	

## **2a. Forages de reconnaissance, essais pressiométriques et essais au pénétromètre**

### *2.1 Reconnaissance géologique*

Les forages de reconnaissance ont été réalisés aux emplacements comme représentés au plan d'implantation repris en annexe.

#### *2.1.1 Matériel et méthode de forage*

Les forages ont été exécutés à l'aide d'une sondeuse de type Socomafor 35 montée sur chenillard).

Cette machine a été spécialement conçue pour la réalisation de forage de reconnaissance (par battage et par rotation) et pour l'utilisation du pressiomètre type Ménard.


Le terrain est foré en Ø 63 mm au moyen d'une tarière, d'un outil carbure ou d'un carottier (stellité ou diamanté) en fonction des terrains rencontrés. Au fur et à mesure de l'avancement, un tubage métallique Ø 90 mm provisoire est posé pour éviter tout éboulement dans le forage.

Durant le forage il a été procédé à l'enregistrement en continu des paramètres de rotation, poussée sur l'outils et vitesse d'avancement du forage.

#### *2.1.2 Résultats des forages*

Les forages de reconnaissance initialement envisagés ont été réalisés aux emplacements indiqués au plan d'implantation repris ci-après.

La nature et l'épaisseur des différentes couches rencontrées sont reprises en page suivante.

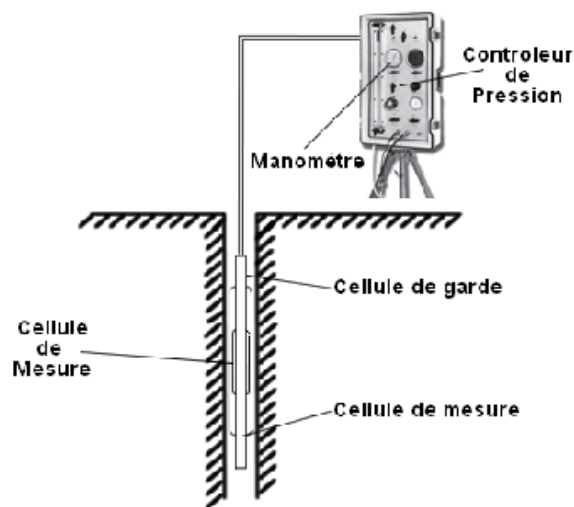
Commune : Hëlzen		Fiche établie par : Corman Marc					
Nom de la rue : Nonnebësch		Fonction : Ingénieur					
Forage n° F1 : 0,00 à 9,00 m (forage tarière) - sec							
Date d'exécution : février 2025							
<div><div><div>0,00</div><div>1,00</div><div>2,00</div><div>3,00</div><div>4,00</div><div>5,00</div><div>6,00</div><div>7,00</div><div>8,00</div></div><div></div><div><div>1,00</div><div>2,00</div><div>3,00</div><div>4,00</div><div>5,00</div><div>6,00</div><div>7,00</div><div>8,00</div><div>9,00</div></div></div>							
Nature		RQD	Qualit é roche	TCR	Toit	Pied	Epaisseur
Sol :	Terre végétale	-	-	100%	-0,00	-0,60	0,60
	Schiste altéré	-	-	100%	-0,60	-9,00	8,40
	Schiste sain	Non atteint					
Profondeur totale :							9,00

## 2.2 Essais pressiométriques

### 2.2.1 Description de l'essai pressiométrique

Les essais sont effectués à l'aide d'un pressiomètre type GA qui permet de mesurer des paliers de pressions jusqu'à 40/50 bars.

L'essai pressiométrique est réalisé suivant le mode opératoire MS-IS-2 du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (France). Il consiste à appliquer sur la paroi du forage par l'intermédiaire d'une sonde dilatable une pression croissante selon une progression arithmétique jusqu'à la rupture du terrain si possible.



A chaque palier de pression, on relève l'accroissement de volume de la sonde à 15 secondes, 30 secondes et 1 minute après la fin de chaque mise en pression. Après chaque passe de forage, les essais sont exécutés de haut en bas.

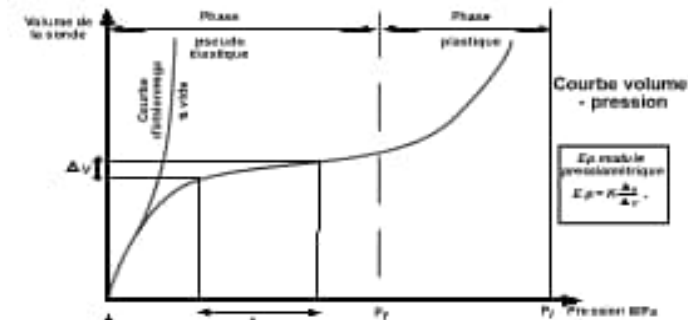
### 2.2.2 Résultats des essais pressiométriques

#### 2.2.2.1 Courbes pressiométriques

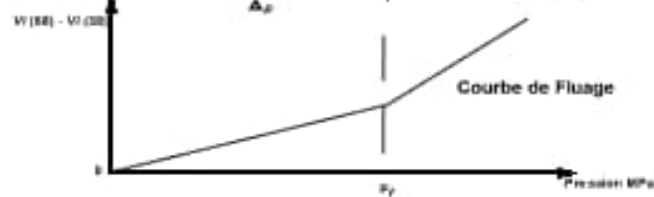
L'essai pressiométrique est donc essentiellement un essai de force portante particulier effectué dans des conditions naturelles.

L'exploitation sur ordinateur des valeurs brutes ainsi obtenues nous permet de tracer les courbes pressiométriques et de déterminer les caractéristiques mécaniques du terrain.

a)



b)



- a) la courbe de déformation pression-volume ou courbe de déformation (courbe lissée), corrigée en fonction de l'inertie de la sonde et de la profondeur.
- b) la « courbe » de déformation différée ou « courbe » de fluage (ligne polygonale).

#### 2.2.2.2 Caractéristiques mécaniques $E$ , $pf$ , $pl$

- $E$  Module pressiométrique, est le module de distorsion du terrain mesuré dans un champ de contrainte déviatorique, il caractérise la phase pseudo-élastique de l'essai.
- $pf$  Pression de fluage, correspond à la limite supérieure de la phase pseudo-élastique. Au-delà de cette pression commence la phase plastique dans laquelle les déformations différées prennent une valeur importante par rapport aux déformations instantanées.
- $pl$  Pression limite, correspond par définition à l'état limite de rupture du terrain lorsque celui-ci est soumis à une pression uniforme croissante, sur la paroi d'une cavité cylindrique. Elle marque la limite supérieure de la phase plastique.

#### 2.2.3 Diagrammes pressio-géologiques

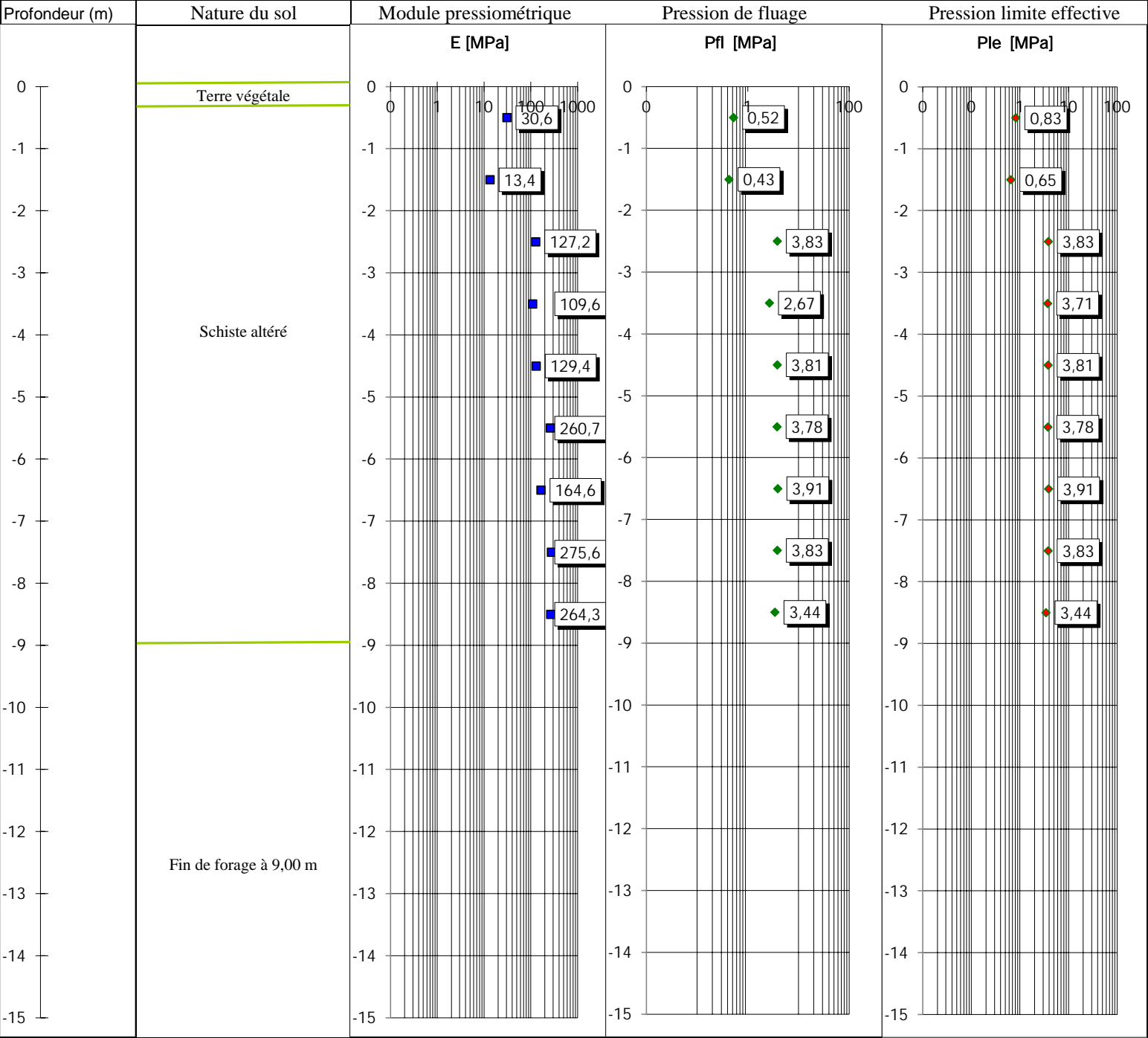
Les diagrammes pressio-géologiques établis pour chaque forage représentent la juxtaposition du profil géologique obtenu à partir de l'analyse des carottes de forage et du profil pressiométrique avec les valeurs de  $E$  et  $pl$  qui serviront de paramètres aux calculs de la force portante du sol et des tassements sous fondation. Ces diagrammes sont repris en page suivante.

DIAGRAMME PRESSIOMETRIQUE

CLIENT : EMCA  
CHANTIER : Hëlzen

SONDAGE : F1  
DATE : février-25

Niveau d'eau : sec Point de référence local: Z= 0



## **2b. Sondage au pénétromètre statique 150kN**

Le but de la pénétration statique est de mesurer la résistance à l'enfoncement d'un cône dans le sol à vitesse constante et obtenir ainsi des valeurs de résistance qui correspondent aux propriétés du sol.

### *2.1 Description générale de l'essai*

Les essais de pénétration statiques (cône mécanique CPT-M) sont réalisés avec un engin ancré (Pagani). Le cône mécanique (de type M1 ou M2, avec un angle au sommet du cône de 60° et une section de base de 10 cm<sup>2</sup>) est poussé de manière discontinue dans le sol via un jeu de barres de 36 mm de diamètre et avec une vitesse de pénétration constante de 2 cm/s. La résistance au cône et la résistance totale (résistance au cône + résistance au frottement latéral) sont mesurées tous les 20 cm.

Lors de la réalisation d'un essai de pénétration statique, l'opérateur relève les valeurs des pressions exercées sur le cône de pointe ainsi que sur l'ensemble cône de pointe et tubes, à chaque pas de profondeur. Le pas de profondeur étant fixé à 0.20m. La première de ces pressions représente la résistance à la pointe (rp exprimée en MPa ou en Kg/cm<sup>2</sup>) - la seconde la force totale d'enfoncement (Ft exprimée en daN ou en Kg).

De ces relevés, en application des théories de la Mécanique des Sols, et notamment de celle de CAQUOT- KERISEL, nous établissons un tableau de paramètres géotechniques qui sont explicités ci-dessous.

<u>Notation</u>	<u>Explication</u>	<u>Unité</u>	<u>commentaire</u>
H	profondeur au droit de l'essai	m	
N	niveau au droit de l'essai	m	par rapport à la ref. 0.00 choisie
rp	résistance à la pointe	Kg/cm <sup>2</sup> ou MPa	
Ft	force totale d'enfoncement	Kg ou daN	
Fl	force de frottement latéral	Kg ou daN	
dFl/dh	variation de la force de frottement latéral par pas de profondeur dh (fixé à 0.20m)	Kg/cm <sup>2</sup>	
S10	somme de dFl/dh		
PHI	angle de frottement interne apparent	degré	
Pmax	charge de rupture due au terme de profondeur	0.1*MPa ou Kg/cm <sup>2</sup>	sans tenir compte d'une éventuelle décompression du terrain
S1	coefficient du terme de surface		
Cmax	constante de compressibilité calculée avec la borne supérieure de la valeur du coefficient fonction du type de sol		(la valeur du coefficient est indiquée entre parenthèses à coté)
Cmin	constante de compressibilité calculée avec la borne inférieure de la valeur du coefficient fonction du type de sol		
Cmoy	moyenne de Cmax et Cmin		

Les théories de Sanglerat et Nuyens, entre autres, permettent d'établir une qualification du sous-sol à partir des valeurs de rp et de Fl, ainsi que de leur évolution. Cette qualification est faite dans les trois dernières colonnes de nos tableaux interprétatifs. Les significations des abréviations sont reprises ci-dessous.



Tgl/Sa		Terres Glaises / Sable Argileux			S		Sables
Am/T		Argiles molles / Tourbes			A,L,S		Argiles, Limons et Sables
Sm		Sables Moyens			Sa/Ac		Sable Argileux / Argiles Compactes
SG		Sables Graveleux					

**Les valeurs de  $P_{max}$  sont à diviser par un coefficient de sécurité le plus souvent de l'ordre de 3 à 3.5.**

Les résultats des essais sont présentés sur les diagrammes en annexe.

Remarque :

- 1 MPa = 1 Méga Pascal  $\cong$  10 kgf/cm<sup>2</sup>
- 1 MN/m<sup>2</sup> = 10 daN/cm<sup>2</sup> = 10 déca Newton par cm<sup>2</sup>  $\cong$  10 kgf/cm<sup>2</sup>

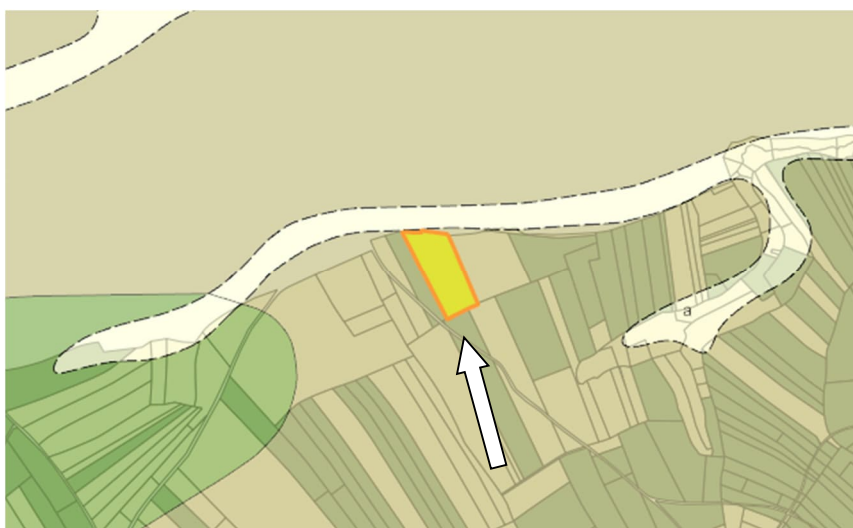
Les raisons pour lesquelles les essais ont été interrompus sont répertoriées dans le tableau suivant :

Numéro de l'essai	Profondeur atteinte	Capacité maximale totale atteinte	Capacité maximale du cône atteinte	Pente maximale atteinte	Défaut d'ancrage	Profondeur d'utilisation du cône fermé
S01			X			
S02			X			
S03			X			

### **3. Appréciation géotechnique et interprétation des résultats**

#### Géologie

La carte géologique de Luxembourg® nous situe dans les terrains du schiste de Bas-Bellain (Sg3s) composés du faciès gréseux du Siegenien supérieur.



Ceci correspond aux résultats des sondages réalisés in situ qui permettent de dégager la morphologie de synthèse des sols rencontrés et de distinguer les formations ci-après :

- Couche 1      Terrains de couverture peu à moyennement compacts (argile brune) sur 0,60 m de profondeur environ puis terrain compact à très compact (schiste altéré), portance moyenne de 7,70 daN/cm<sup>2</sup>;
- Couche 2      Schiste sain fracturé non atteint par les sondages (pénétrés et forage).

Sur la base des sondages réalisés, on peut confirmer que le terrain présente des caractéristiques mécaniques relativement hétérogènes sur la surface explorée.

Le tableau ci-après résume pour les sondages pénétrométriques, les profondeurs et niveaux à partir desquels les forces portantes admissibles et indiquées peuvent être retenues.

Profondeurs et niveaux dans les sondages pour un taux de travail admissible de :						Profondeurs et niveaux de l'eau dans les sondages :	
Sondage n°		qa ≥ 0,60 daN/cm <sup>2</sup>		qa ≥ 1,50 daN/cm <sup>2</sup>		Profondeur (m)	Niveau
		Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau		
P1	0,00	0,60	-0,60	0,60	-0,60	non	-
P2	0,00	0,40	-0,40	0,80	-0,80	non	-
P3	0,00	0,60	-0,60	0,80	-0,80	non	-

### Eaux souterraines :

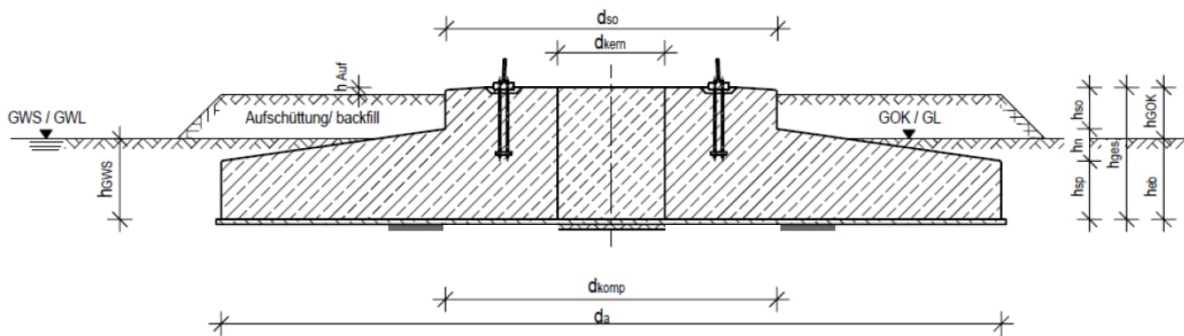
Aucun des sondages n'a montré une présence d'eau mesurable après sondage, ce qui n'exclut pas la possibilité d'une venue d'eau en profondeur (source).

La carte aléas d'inondation situe le terrain investigué en dehors des zones d'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau et par ruissellement

### En conclusion :

Les sondages ont montré la présence de terre végétale sur quelques dizaines de cm puis d'argiles schisteuses compactes sur plus de 9,00 m de profondeur. Le schiste gréseux sain fracturé n'a pas été atteint.

Dans le cas d'une éolienne type Enercon 175, la valeur de portance du sol minimale demandée est de 300 daN/cm<sup>2</sup> (300 kN/cm<sup>2</sup>) et l'angle de frottement interne du sol doit être supérieur à 11°.



Ces valeurs sont obtenues à partir des profondeurs minimums suivantes :

WEC1 : 0,80m de profondeur par rapport au terrain naturel.

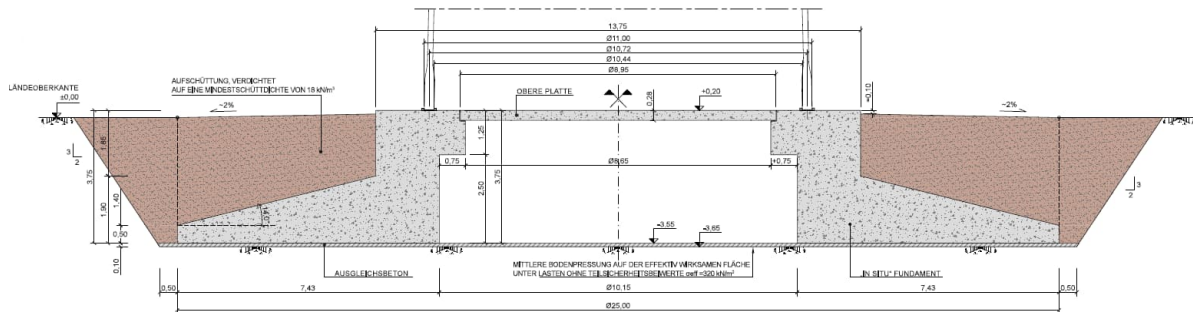
L'épaisseur de l'enrochement est fonction de la hauteur du massif de fondation de l'éolienne, sachant que la base de l'enrochement doit être au minimum sous les profondeurs :

WEC1 : 0,80m de profondeur par rapport au terrain naturel.

Les valeurs minimales à obtenir (essai à la plaque) sur l'enrochement sont les suivantes :  $k_w \geq 60 \text{ MPa/m}$  et  $E_{v2} \geq 120 \text{ Mpa}$ .

Pour les travaux de terrassement, l'angle de talutage sera limité à 60° et les talus seront à protéger contre les intempéries par des bâches en plastique.

Dans le cas d'une éolienne type Nordex 175, la valeur de portance du sol minimale demandée est de 320 daN/cm<sup>2</sup> (320 kN/cm<sup>2</sup>).



Ces valeurs sont obtenues à partir des profondeurs minimums suivantes :

WEC1 : 1,00m de profondeur par rapport au terrain naturel.

L'épaisseur de l'enrochement est fonction de la hauteur du massif de fondation de l'éolienne, sachant que la base de l'enrochement doit être au minimum sous les profondeurs :

WEC1 : 1,00m de profondeur par rapport au terrain naturel.

Les valeurs minimales à obtenir (essai à la plaque) sur l'enrochement sont les suivantes :  $k_w \geq 60 \text{ MPa/m}$  et  $E_{v2} \geq 120 \text{ Mpa}$ .

Pour les travaux de terrassement, l'angle de talutage sera limité à 60° et les talus seront à protéger contre les intempéries par des bâches en plastique.

### Remarques générales pour l'exploitation du rapport d'étude de sol

- 1) Les résultats des mesures repris dans ce rapport sont uniquement valables à l'endroit des essais. Il reste toujours indispensable d'effectuer un contrôle visuel durant la réalisation des travaux, parce que seuls quelques essais répartis sur la surface de la construction ont été réalisés.

Cette précaution est en totale conformité avec l'Eurocode 7 (ENV 1997) qui préconise un contrôle visuel du sous-sol afin de détecter les anomalies éventuelles. Ce contrôle a lieu au plus tard lors de l'excavation pour les fondations.

L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sol entre les sondages ne peut être strictement garantie et une adaptation du projet de fondation peut s'appliquer en fonction de l'hétérogénéité des sols.

- 2) Les contraintes provoquées en un point par un ouvrage de fondation se répartissent suivant des lois connues en s'atténuant en fonction de la profondeur.  
Les valeurs données sont donc valables pour autant que les couches plus profondes ne soient pas chargées par la répartition des contraintes au-delà de leur valeur admissible (cas des semelles fondées sur des couches surmontant des poches altérées par la présence d'eau ou de poches de dissolution).
- 3) Certaines couches en place peuvent être très rapidement et fortement altérées suite à la décompression des sols résultant des terrassements.  
Les fouilles pour les fondations seront donc exécutées au moyen d'engins ne provoquant pas un remaniement du terrain sous-jacent et seront immédiatement protégées.  
Si des poches contaminées apparaissent cependant, il sera nécessaire de les expurger et de les remplacer au moyen de matériaux appropriés (apports pierreux, bétons maigres, sables ou poussières stabilisés) permettant de reconstituer le niveau d'assise projeté, pour pouvoir mettre en œuvre la fondation envisagée.



Ir. M. CORMAN

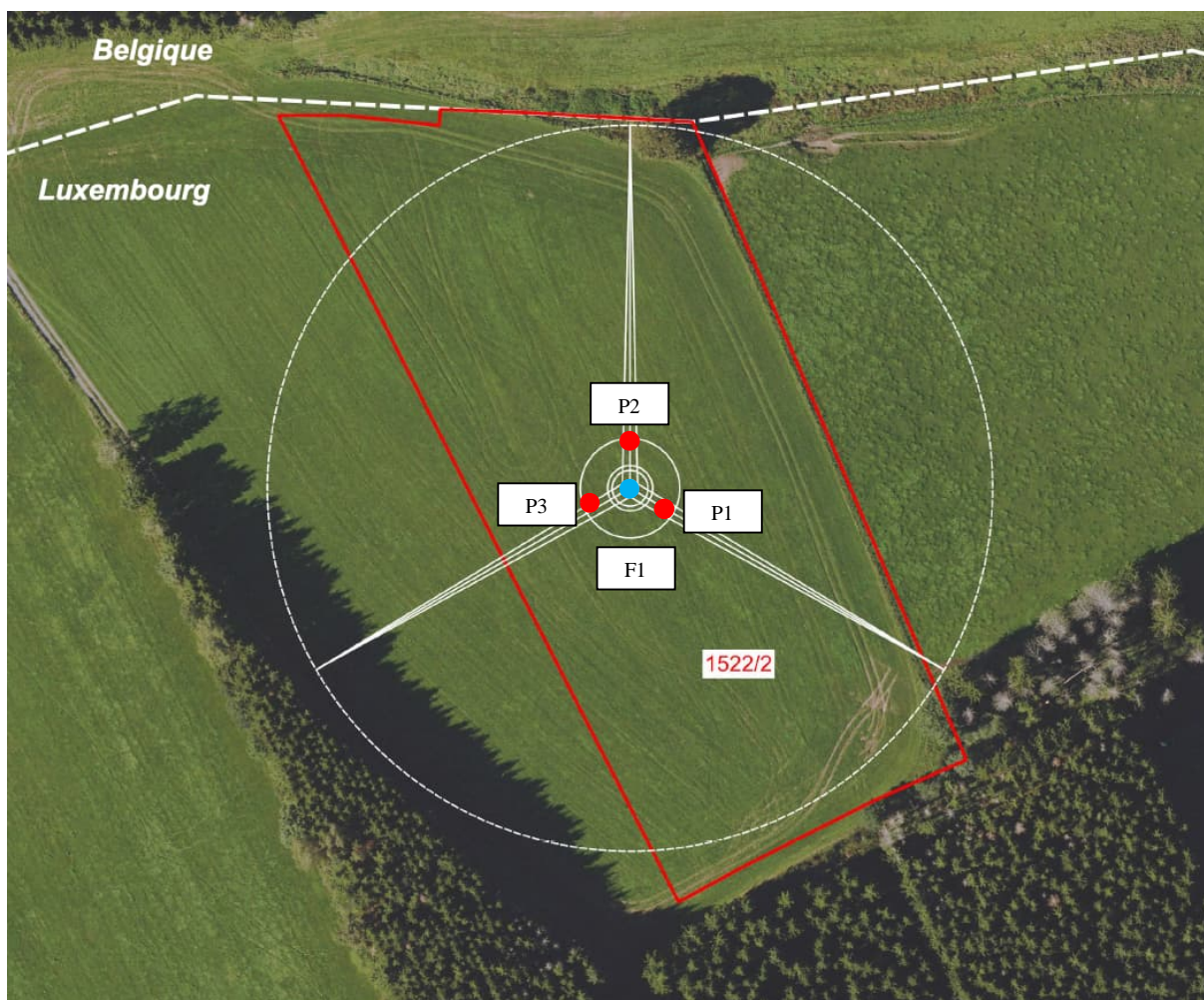
#### **4. Annexes**

Annexe A Plan d'implantation

Annexe B Pénétrömètre statique : tableau de valeurs et graphique

## Annexe A

### Plan d'implantation



P = pénétromètre statique

F = forag



## **Annexe B**

### Pénétrömètre statique : tableau de valeurs et graphique

## RAPPORT Nr G2025-01

## ESSAI Nr P1

Adresse du chantier : Helzen --  
Client : EMCA

Date d'intervention : 26/03/2021

Type d'essai : CPT150  
Manomètre utilisé: N°1

Nombre d'essais : 3

Niveau de départ (m): 0,00

Pas de nappe aquifère franche / geen water

Mesures ' in situ '							Param. Géotechniques								Nature présumée		
h	N	rp	FT	FI	dFI/dh	S10	Phi (°)	Pmax	Padm	S1	Cmoy	Cmin	Cmax	% Phi	% rp	% FI	
(m)	(m)	(Kg/cm²) 0,1*(MPa)	(Kg) (daN)	(Kg) (daN)				(Kg/cm²) 0,1*(MPa)	(Kg/cm²) 0,1*(MPa)								
0,00	0,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,20	-0,20	2	50	30	0,13	0,13	30,57	0,70	0,20	17,75	250	188 (3,00)	313 (5,0)	Tgl/Sa	Am/T	A	
0,40	-0,40	6	190	130	0,45	0,58	32,97	1,89	0,54	25,92	375	281 (3,00)	469 (5,0)	Tgl/Sa	Am/T	A	
0,60	-0,60	65	940	290	0,71	1,30	42,96	12,06	3,45	151,85	819	623 (0,92)	1016 (1,5)	St	S	A.L.S	
0,80	-0,80	150	1900	400	0,49	1,79	45,27	23,90	6,83	243,80	1418	1078 (0,92)	1758 (1,5)	St	S	SG	
1,00	-1,00	147	1940	470	0,31	2,10	44,27	25,07	7,16	197,76	1112	845 (0,92)	1378 (1,5)	St	S	SG	
1,20	-1,20	156	3000	1440	4,33	6,43	43,75	27,53	7,87	177,85	983	748 (0,92)	1219 (1,5)	St	S	A.L.S	
1,40	-1,40	192	3460	1540	0,45	6,88	43,97	33,39	9,54	186,26	1037	789 (0,92)	1286 (1,5)	St	S	SG	
1,60	-1,60	138	3200	1820	1,25	8,13	41,94	27,27	7,79	124,50	652	496 (0,92)	809 (1,5)	St	S	S	
1,80	-1,80	94	3530	2590	3,44	11,56	39,59	21,28	6,08	80,08	395	300 (0,92)	490 (1,5)	Sm	S	A.L.S	
2,00	-2,00	141	3610	2200	-1,74	9,82	41,01	29,43	8,41	104,35	533	405 (0,92)	661 (1,5)	St	S	SG	
2,20	-2,20	168	4400	2720	2,32	12,14	41,39	34,32	9,80	111,92	578	439 (0,92)	716 (1,5)	St	S	A.L.S	
2,40	-2,40	202	5030	3010	1,29	13,44	41,83	40,18	11,48	121,87	637	484 (0,92)	789 (1,5)	St	S	SG	
2,60	-2,60	183	5890	4060	4,69	18,13	41,01	38,22	10,92	104,20	532	405 (0,92)	660 (1,5)	St	S	A.L.S	
2,80	-2,80	404	7510	3470	-2,63	15,49	44,19	69,27	19,79	194,61	1091	830 (0,92)	1353 (1,5)	St	S	SG	
3,00	-3,00	577	9320	3550	0,36	15,85	45,37	91,30	26,08	249,18	1455	1106 (0,92)	1803 (1,5)	St	S	SG	

## RAPPORT Nr G2025-0

## ESSAI Nr P2

Adresse du chantier :

Helzen - -

Date d'intervention : 03-0325

Type d'essai : CPT150

Manomètre utilisé: N°1

Nombre d'essais : 3

Niveau de départ (m): 0,00

Pas de nappe aquifère franche / geen water

Mesures ' in situ '							Param. Géotechniques							Nature présumée		
h	N	rp	FT	FI	dFI/dh	S10	Phi (°)	Pmax	Padm	S1	Cmoy	Cmin	Cmax	% Phi	% rp	% FI
(m)	(m)	(Kg/cm²) 0,1*(MPa)	(Kg) (daN)	(Kg) (daN)				(Kg/cm²) 0,1*(MPa)	(Kg/cm²) 0,1*(MPa)							
0,00	0,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,20	-0,20	3	80	50	0,22	0,22	32,97	0,94	0,27	25,92	375	281 (3.00)	469 (5.0)	Tgl/Sa	Am/T	A
0,40	-0,40	8	170	90	0,18	0,40	34,60	2,34	0,67	33,78	500	375 (3.00)	625 (5.0)	Tgl/Sa	Am/T	A.L.S
0,60	-0,60	11	200	90	0,00	0,40	34,11	3,29	0,94	31,19	458	344 (3.00)	573 (5.0)	Tgl/Sa	Am/T	SG
0,80	-0,80	86	500	-360	-2,01	-1,61	42,92	16,00	4,57	150,84	813	618 (0.92)	1008 (1.5)	St	S	SG
1,00	-1,00	92	940	20	1,70	0,09	42,23	17,86	5,10	131,72	696	529 (0.92)	863 (1.5)	St	S	A.L.S
1,20	-1,20	84	2270	1430	6,29	6,39	40,98	17,57	5,02	103,70	529	403 (0.92)	656 (1.5)	Sm	S	A
1,40	-1,40	166	2220	560	-3,88	2,50	43,35	30,05	8,59	164,23	897	682 (0.92)	1112 (1.5)	St	S	SG
1,60	-1,60	113	2500	1370	3,62	6,12	41,02	23,58	6,74	104,51	534	406 (0.92)	662 (1.5)	St	S	A.L.S
1,80	-1,80	145	3030	1580	0,94	7,05	41,63	29,19	8,34	117,29	609	463 (0.92)	755 (1.5)	St	S	SG
2,00	-2,00	70	2820	2120	2,41	9,47	37,59	17,64	5,04	56,06	265	201 (0.92)	328 (1.5)	Sm	S	A.L.S
2,20	-2,20	97	3060	2090	-0,13	9,33	38,75	22,98	6,57	68,91	333	254 (0.92)	413 (1.5)	Sm	S	SG
2,40	-2,40	101	3430	2420	1,47	10,80	38,52	24,23	6,92	66,11	318	242 (0.92)	395 (1.5)	Sm	S	A.L.S
2,60	-2,60	256	5750	3190	3,44	14,24	42,54	48,78	13,94	139,74	745	566 (0.92)	923 (1.5)	St	S	A.L.S
2,80	-2,80	291	3740	830	-10,54	3,71	42,77	54,63	15,61	146,47	786	598 (0.92)	974 (1.5)	St	S	SG
3,00	-3,00	357	7330	3760	13,08	16,79	43,37	64,57	18,45	164,74	900	684 (0.92)	1116 (1.5)	St	S	A.L.S
3,20	-3,20	533	8740	3410	-1,56	15,22	44,79	87,80	25,09	220,23	1260	958 (0.92)	1562 (1.5)	St	S	SG

## RAPPORT Nr G2025-0

## ESSAI Nr P3

Adresse du chantier : Helzen --

Date d'intervention : 03-0325

Type d'essai : CPT150  
Manomètre utilisé: N°1

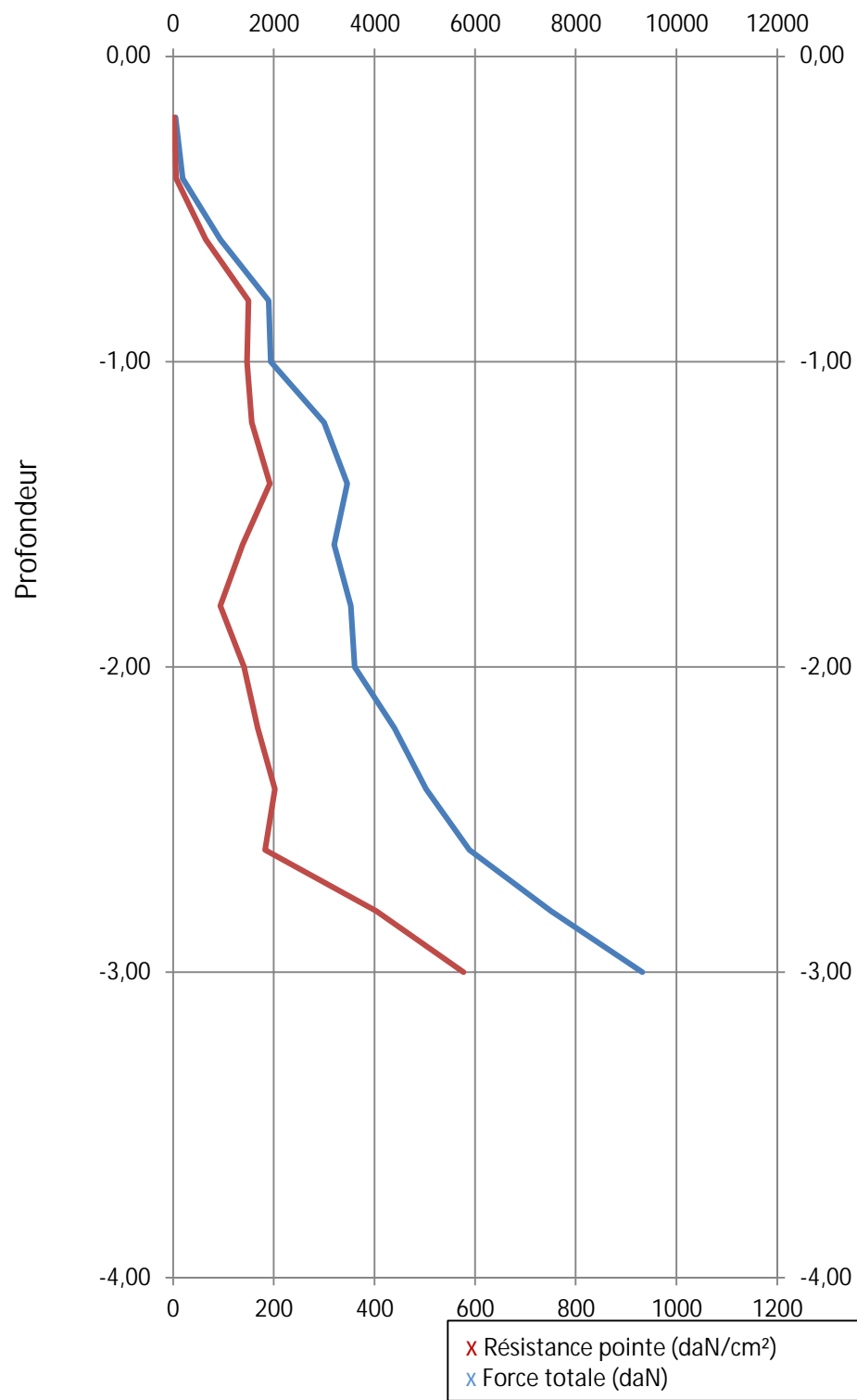
Nombre d'essais : 3

Niveau de départ (m): 0,00

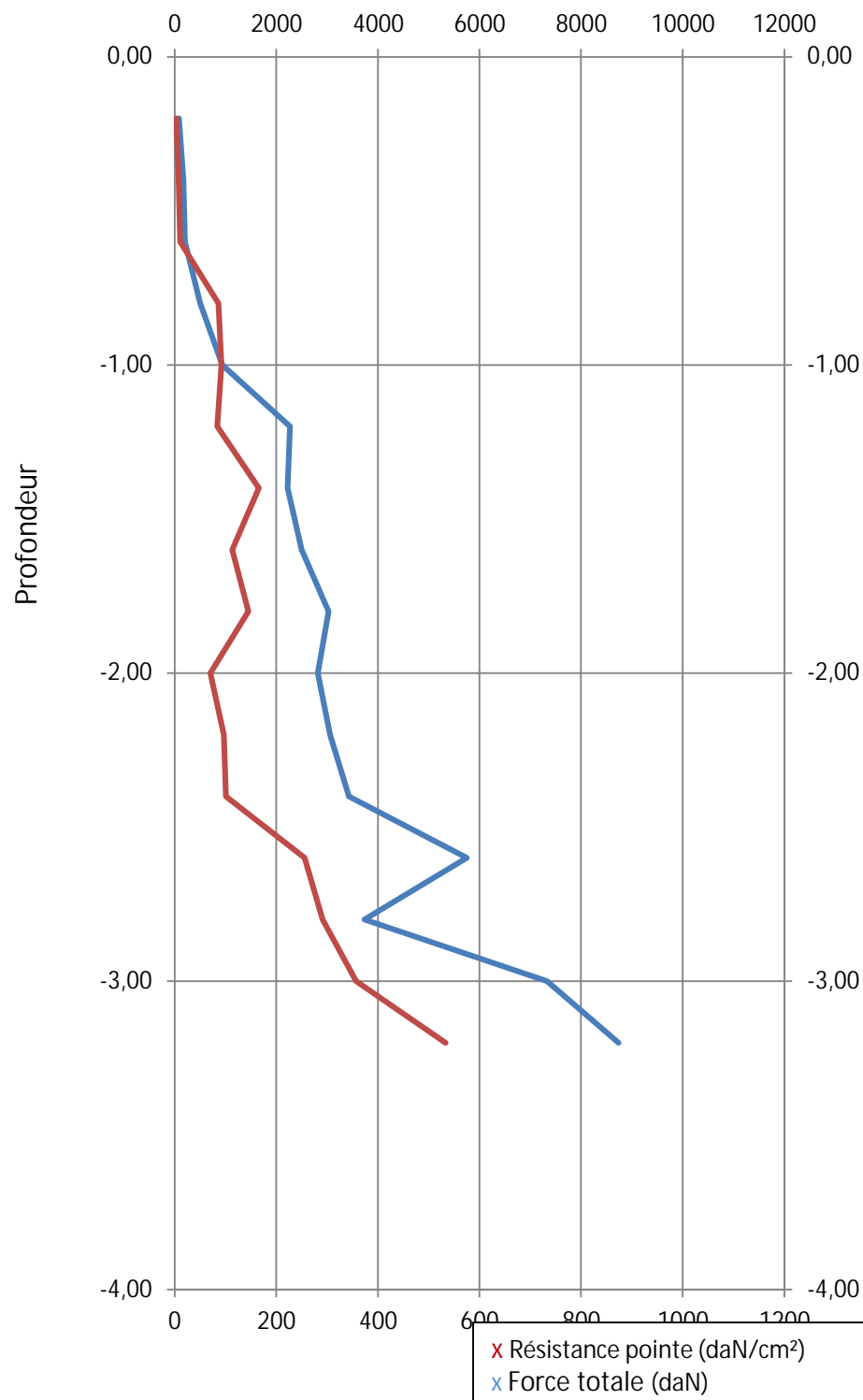
Pas de nappe aquifère franche / geen water

Mesures ' in situ '							Param. Géotechniques								Nature présumée		
h	N	rp	FT	FI	dFI/dh	S10	Phi (°)	Pmax	Padm	S1	Cmoy	Cmin	Cmax	% Phi	% rp	% FI	
(m)	(m)	(Kg/cm²) 0,1*(MPa)	(Kg) (daN)	(Kg) (daN)				(Kg/cm²) 0,1*(MPa)	(Kg/cm²) 0,1*(MPa)								
0,00	0,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,20	-0,20	2	30	10	0,04	0,04	30,57	0,70	0,20	17,75	250	188 (3,00)	313 (5,0)	Tgl/Sa	Am/T	A.L.S	
0,40	-0,40	5	130	80	0,31	0,36	31,91	1,65	0,47	21,88	313	234 (3,00)	391 (5,0)	Tgl/Sa	Am/T	A	
0,60	-0,60	17	230	60	-0,09	0,27	36,48	4,53	1,29	46,36	381	319 (1,80)	443 (1,5)	Sm	Sa/Ac	SG	
0,80	-0,80	50	980	480	1,88	2,14	40,45	10,78	3,08	93,86	473	359 (0,92)	586 (1,5)	Sm	S	A.L.S	
1,00	-1,00	79	1290	500	0,09	2,23	41,54	15,99	4,57	115,30	597	454 (0,92)	741 (1,5)	St	S	SG	
1,20	-1,20	152	1810	290	-0,94	1,29	43,63	27,02	7,72	173,90	958	728 (0,92)	1188 (1,5)	St	S	SG	
1,40	-1,40	165	1930	280	-0,04	1,25	43,32	29,92	8,55	163,37	891	678 (0,92)	1105 (1,5)	St	S	SG	
1,60	-1,60	136	2800	1440	5,18	6,43	41,88	26,98	7,71	122,93	643	489 (0,92)	797 (1,5)	St	S	A.L.S	
1,80	-1,80	172	2660	940	-2,23	4,20	42,40	33,05	9,44	136,15	723	549 (0,92)	896 (1,5)	St	S	SG	
2,00	-2,00	187	2150	280	-2,95	1,25	42,30	36,14	10,33	133,59	707	538 (0,92)	877 (1,5)	St	S	SG	
2,20	-2,20	200	4210	2210	8,62	9,87	42,18	38,95	11,13	130,36	688	523 (0,92)	852 (1,5)	St	S	A	
2,40	-2,40	272	4180	1460	-3,35	6,52	43,15	49,86	14,25	157,92	857	652 (0,92)	1063 (1,5)	St	S	SG	
2,60	-2,60	520	6920	1720	1,16	7,68	45,53	81,38	23,25	257,67	1513	1150 (0,92)	1875 (1,5)	St	S	SG	

P1



P2



P3

