



fondasol

BETTEMBOURG
Étude géotechnique G2-AVP

Rapport n° PR.LUGT.23.0146 – 001 – 1ère diffusion – 30/01/2024



Construction d'un entrepôt industriel
Zone industrielle Wolser – BETTEMBOURG

AGENCE DE LUXEMBOURG

47A rue de Sanem
L-4485 SOLEUVRE

 52 27 97

 52 27 96

 luxembourg@groupefondasol.com

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	30/01/2024	94	1 ^{ère} diffusion	M. AUTIN MARTINEAU	M. ZERHOUNI
A					
B					
C					

REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C
1	X				41	X				81	X			
2	X				42	X				82	X			
3	X				43	X				83	X			
4	X				44	X				84	X			
5	X				45	X				85	X			
6	X				46	X				86	X			
7	X				47	X				87	X			
8	X				48	X				88	X			
9	X				49	X				89	X			
10	X				50	X				90	X			
11	X				51	X				91	X			
12	X				52	X				92	X			
13	X				53	X				93	X			
14	X				54	X				94	X			
15	X				55	X				95				
16	X				56	X				96				
17	X				57	X				97				
18	X				58	X				98				
19	X				59	X				99				
20	X				60	X				100				
21	X				61	X				101				
22	X				62	X				102				
23	X				63	X				103				
24	X				64	X				104				
25	X				65	X				105				
26	X				66	X				106				
27	X				67	X				107				
28	X				68	X				108				
29	X				69	X				109				
30	X				70	X				110				
31	X				71	X				111				
32	X				72	X				112				
33	X				73	X				113				
34	X				74	X				114				
35	X				75	X				115				
36	X				76	X				116				
37	X				77	X				117				
38	X				78	X				118				
39	X				79	X				119				
40	X				80	X				120				

SOMMAIRE

A.	Présentation de notre mission	5
A.1.	Éléments du contrat	5
A.2.	Mission selon la norme NF P 94-500	5
A.3.	Documents à notre disposition pour cette étude	6
A.3.1.	Documents préalables	6
A.3.2.	Autres sources d'information	6
A.3.3.	Données manquantes	6
A.4.	Description générale du projet	7
A.5.	Classe géotechnique	8
A.6.	Programme d'investigations	8
A.6.1.	Investigations in situ	8
A.6.2.	Essais en laboratoire	9
B.	Caractéristiques générales du site	10
B.1.	Description générale	10
B.1.1.	Situation et topographie	10
B.1.2.	Le site et son environnement	11
B.2.	Résultats de l'enquête documentaire	12
B.2.1.	Contexte géologique général	12
B.2.2.	Contexte hydrogéologique	13
C.	Résultats des investigations	14
C.1.	Résultats des investigations in situ	14
C.1.1.	Lithologie	14
C.1.2.	Données géomécaniques	15
C.2.	Données hydrogéologiques	16
C.2.1.	Niveaux d'eau	16
D.	Principes de construction envisageables pour les ouvrages géotechniques	17
D.1.	Contraintes spécifiques au site / identification des aléas géotechniques	17
D.2.	Dispositions vis-à-vis des eaux souterraines	19
D.2.1.	Drainage de la plate-forme, épuisement des fouilles, en phase travaux	19
D.2.2.	Dispositions en phase service	19
D.3.	Modes de fondations et structures de niveaux bas envisageables	19
D.3.1.	Fondations	19
D.3.2.	Niveaux bas	20
D.4.	Assises de chaussée	20
D.5.	Conditions générales de terrassements	20
D.5.1.	Classification des sols selon la DIN 18196 et la DIN 18300	20
D.5.2.	Généralités	21
D.5.3.	Conditions de réemploi des sols en remblais généraux	21
D.5.4.	Conditions de réemploi des sols argileux en couche de forme	22
E.	Étude des fondations profondes par pieux	23
E.1.	Type et caractéristiques de pieux	23

E.2.	Modèle et hypothèses géotechniques	23
E.3.	Ebauche dimensionnelle	24
E.3.1.	Reprise des efforts axiaux	24
E.3.2.	Reprise des efforts transversaux	24
E.4.	Première approche des dispositions constructives et des sujétions d'exécution	27
F.	Amélioration de sol par inclusions rigides	28
F.1.	Principe et fonctionnement de l'amélioration de sol	28
F.2.	Longueur et horizon d'ancrage des inclusions	28
F.3.	Hypothèses de calcul	29
F.4.	Principes généraux	29
G.	Étude de l'assise des dallages	30
G.1.	Données d'entrée	30
G.2.	Préparation du support	30
G.3.	Recommandations de réalisation du matelas et de la couche de forme	30
H.	Étude de l'assise des chaussées	32
H.1.	Données d'entrée	32
H.2.	Contexte PST-Ar – nature et qualité de la couche de forme	32
H.2.1.	Couche de forme granulaire	32
H.2.2.	Couche de forme traitée au liant hydraulique	33
H.2.3.	Hypothèses de prédimensionnement	34
H.2.4.	Vérification au gel	35
H.2.5.	Vérification de la structure de chaussée bitumineuse épaisse pour un trafic de 100PL/j/sens	35
H.3.	Parking pour véhicules légers	36
H.3.1.	Données d'entrée	36
H.3.2.	Contexte PST-Ar – nature et qualité de la couche de forme	36
I.	Synthèse et suites à donner	37
I.1.	Projet des ouvrages géotechniques phase AVP et aléas identifiés	37
I.2.	Données d'entrée nécessaires pour la mission G2 PRO	37
I.3.	Enchaînement des missions normalisées	38
ANNEXES		39
Conditions Générales de service		40
Enchaînement des missions types d'ingénierie GEOTECHNIQUE (Norme NF P94-500)		43
Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)		44
Annexe n°1 : Plan de Situation		45
Annexe n°2 : Plan d'implantation des sondages		46
Annexe n°3 : Coupes des Sondages		47
Annexe n°4 : Sondages au pénétromètre statique		55
Annexe n°5 : Sondages Carottés		62
Annexe n°6: Fouilles à la pelle mécanique		74

A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

A.1. Éléments du contrat

Maître d'Ouvrage : **VODAFONE LUXEMBOURG**

Maître d'Œuvre : ARCADIS ESG

Devis : SQ.LUGT.23.05.036 Indice A

Commande : du 15/12/2023 par Vodafone

A.2. Mission selon la norme NF P 94-500

Il s'agit d'une mission de type **G2-AVP** au sens de la norme NF P94-500 (Missions d'Ingénierie Géotechnique Types – Révision de Novembre 2013), en vue de la Construction d'un entrepôt industriel.

Le présent rapport comprend :

- L'étude préliminaire du site,
- Le suivi et l'analyse des résultats des investigations,
- La synthèse du contexte géologique et géomécanique du site et l'analyse de son influence sur le projet,
- La caractérisation de l'agressivité du sol et de la nappe vis-à-vis des bétons,
- L'approche de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG),
- Les principes d'adaptation au site,
- Les hypothèses géotechniques pour la justification des ouvrages géotechniques,
- L'ébauche dimensionnelle géotechnique des éléments de fondation,
- L'ébauche dimensionnelle des structures de chaussées lourdes et légères,

Les ébauches dimensionnelles réalisées dans le cadre de l'étude respectent l'ensemble des normes d'application de l'Eurocode 7.

Cette étude est conforme à l'Annexe Nationale Luxembourgeoise parties 1 et 2 de références respectives EN1997-1:2004/AN-LU:2011 et EN1997-2:2004/AN-LU:2011.

A.3. Documents à notre disposition pour cette étude

A.3.1. Documents préalables

Nous avons disposé pour cette étude des documents suivants :

Document	Émetteur	Référence	Date Emission
Dossier du PAP Wolser	Administration communale Bettembourg	I8100/PA1/I3C	09/02/2023
Rapport d'Expertise concernant le contrôle de la constructibilité des espaces libres G et H dans la Zone Industrielle Wolser	Grundbaulabor Trier	60330	26/04/2006
Mail du 05/01/2024	David BARLEN - Arcadis	-	05/01/2024

A.3.2. Autres sources d'information

Notre étude s'est également basée sur les sources d'information suivantes :

- Données disponibles sur geoportail.lu (cartes cadastrale, topologique, géologique, aléa inondation...) ;
- Les données d'archives de Fondasol.

A.3.3. Données manquantes

Les éléments suivants ne nous ont pas été fournis :

- Descentes de charges,
- Tassements absolus et différentiels admissibles,
- Le trafic poids-lourd projeté.

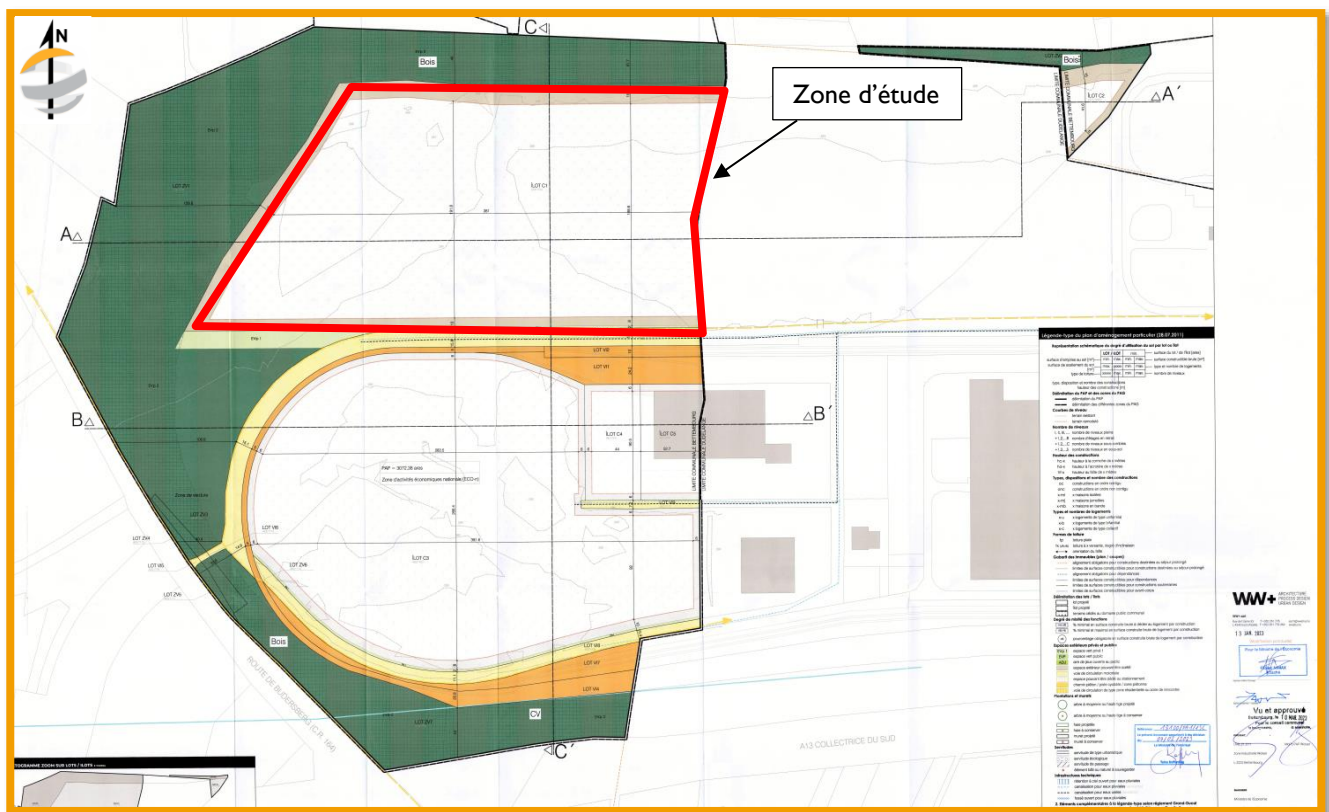
A.4. Description générale du projet

D'après les documents qui nous ont été transmis, il est prévu la construction d'un entrepôt dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Structure en acier ;
- Surface de rayonnage de 25 000 m² et zone de bureaux de 1 000 m² ;
- Quais de chargement surélevés ;
- Hauteur libre de 15m entre la dalle et la couverture ;
- Surcharge d'exploitation sur dallage d'environ 50 kN/m² ;
- Durée de vie d'au moins 60 ans.

En l'absence de données complémentaires, nous avons pris l'hypothèse d'un niveau fini de l'entrepôt calé vers la cote 289.0 (hypothèse à confirmer dans le cadre de la mission G2PRO).

Le projet comportera en périphérie de l'entrepôt, une voirie lourde d'environ 10 000 m² et un parking extérieur d'environ 2500 m². Le trafic poids-lourd projeté qui nous a été communiqué est d'environ 100 poids-lourds par sens de circulation.



Plan de PAP (source : WW+)

A.5. Classe géotechnique

D'après l'Annexe Nationale Luxembourgeoise à l'Eurocode 7 (EN 1997-1 : 2004 / AN-LU : 2011) : « Calcul géotechnique – Partie I : règles générales », et selon le tableau I AN-LU définissant les catégories géotechniques 1 à 3 à considérer, le site se trouve en **classe géotechnique CG2**.

A.6. Programme d'investigations

A.6.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Sondages	SP1	SP2	SP3	SP4
Type	Pressiométrique	Pressiométrique	Pressiométrique	Pressiométrique
Profondeur (m)	10	14	14	14
Essais	9	12	12	12
Équipement	-	-	-	-
Nivellement (LUREF)	288.05	287.5	287.55	288.4
Sondages	SP5	SP6	SP7	SP8
Type	Pressiométrique	Pressiométrique	Pressiométrique	Pressiométrique
Profondeur (m)	10	14	10	14
Essais	9	12	9	12
Équipement	-	-	-	-
Nivellement (LUREF)	288.35	288.6	289.75	288.6

Sondages	SC1	SC2	SC3	SC4
Type	Carotté	Carotté	Carotté	Carotté
Profondeur (m)	12	12	12	12
Équipement	Piézomètre	-	-	Piézomètre
Nivellement (LUREF)	287.3	289.45	287.6	289.4

Sondages	PN1	PN2	PN3	PN4
Type	Pénétration statique	Pénétration statique	Pénétration statique	Pénétration statique
Profondeur (m)	9.8 (refus)	12	10.5 (refus)	11 (refus)
Nivellement (LUREF)	287.65	288.15	289.3	289.25

Sondages	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
Type	Pelle mécanique	Pelle mécanique	Pelle mécanique	Pelle mécanique	Pelle mécanique
Profondeur (m)	3.4	3.5	3.4	3.1	3.5
Nivellement (LUREF)	287.85	287.45	288.05	288.1	288.15
Sondages	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10
Type	Pelle mécanique	Pelle mécanique	Pelle mécanique	Pelle mécanique	Pelle mécanique
Profondeur (m)	2.8	3.0	3.1	3.8	3.4
Nivellement (LUREF)	289.0	289.4	289.0	288.45	287.85

Le nivellement des sondages a été réalisé par la société GEOTOP en système LUREF.

A.6.2. Essais en laboratoire

Des essais sont en cours de réalisation au laboratoire sur des échantillons remaniés prélevés. Ils comprennent la réalisation de :

- 20 mesures de la teneur en eau ;
- 10 analyses granulométriques par tamisage ;
- 5 analyses granulométriques par sédimentométrie ;
- 6 masses volumiques apparentes sur sol ;
- 10 limites d'Atterberg ;
- 5 limites de retrait ;
- 10 mesures de l'IPI (Indice Portant Immédiat) ;
- 2 essais Proctor Normal ;
- 2 essais Proctor Modifié ;
- 2 tests d'aptitude des sols au traitement à la chaux ;
- 2 tests d'aptitude des sols au traitement à la chaux et au liant routier ;
- 3 analyses d'agressivité des sols sur le béton ;
- 2 analyses d'agressivité de l'eau souterraine sur le béton ;
- 4 essais à l'œdomètre : compressibilité et mesure de C_v ;
- 4 essais de gonflement (TENU).

A réception des résultats, le présent rapport sera mis à jour dans une version indiquée.

B. CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

B.I. Description générale

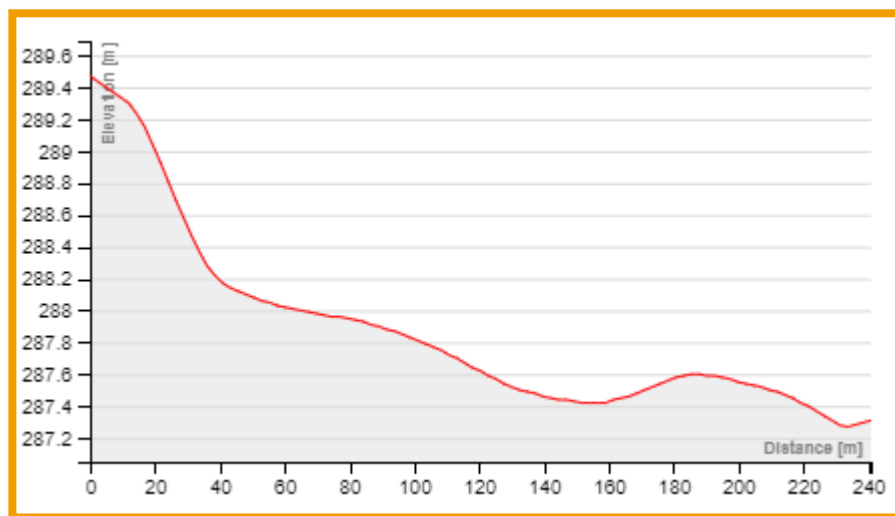
B.I.I. Situation et topographie

Situation du terrain :

- Adresse du site : Zone industrielle Wolser
- Localité : Bettembourg - Dudelange
- Parcelle(s) cadastrale(s) : 518/1704
- Superficie du terrain : 6.4 hectares

Topographie :

- Au droit de l'emprise du projet, l'altimétrie de nos points de sondage varie entre les cotes 287.3 et 289.75.
- Le terrain présente une légère pente descendante vers l'Ouest.



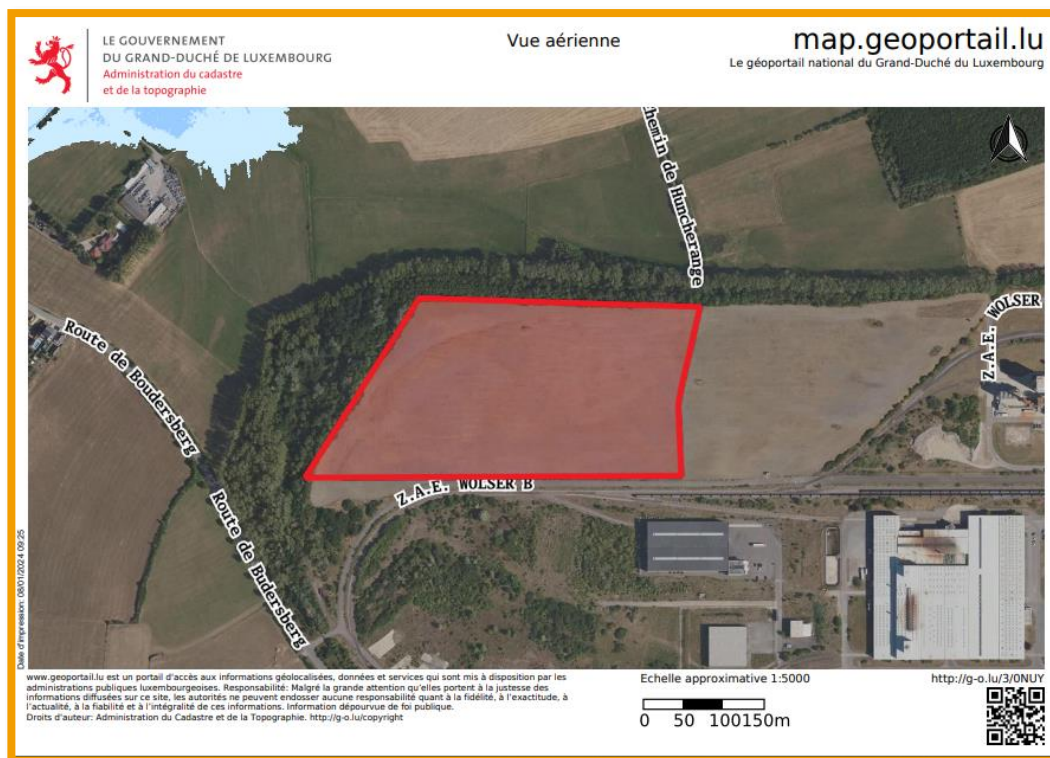
Profil topographique dans le sens Est-Ouest de la zone d'étude (source www.geoportail.lu)

B.1.2. Le site et son environnement

Lors de notre intervention, le terrain concerné était vierge de toute construction.

Il correspondait à un terrain enherbé et était couvert d'une faible végétation.

Le site est bordé par des terrains vierges et enherbés à l'Est et au Sud ainsi que par un espace forestier à l'Ouest et au Nord.



Vue aérienne de la zone d'étude (source www.geoportail.lu)



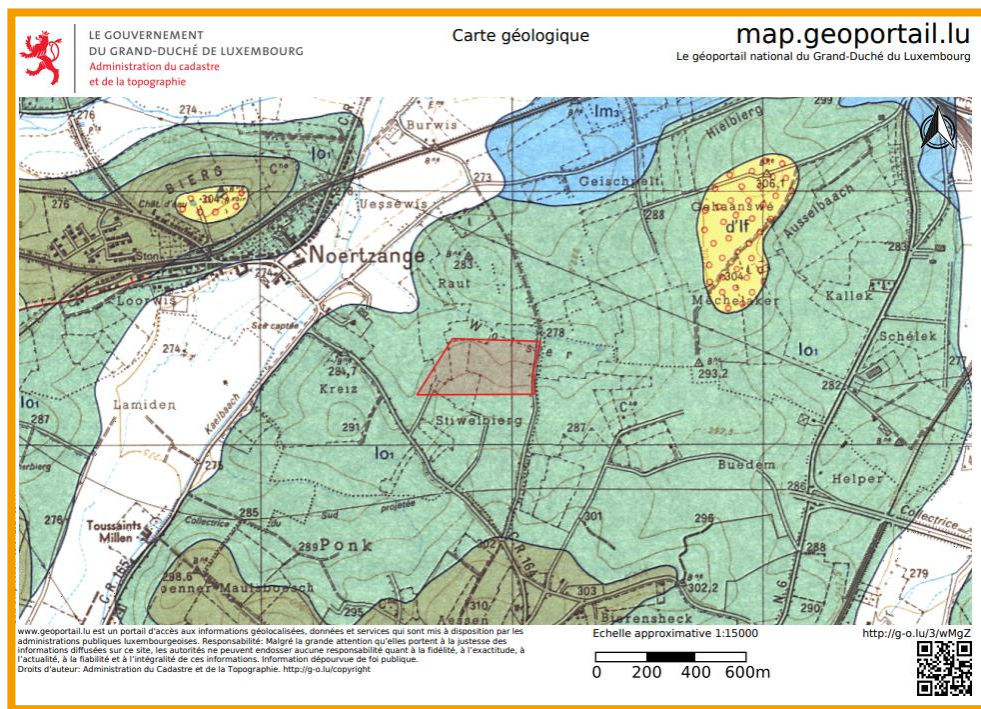
Vues du site

B.2. Résultats de l'enquête documentaire

B.2.1. Contexte géologique général

D'après les renseignements fournis par la carte géologique du Luxembourg, nous devrions rencontrer successivement :

- Des remblais sur une épaisseur variable, liée à l'aménagement de la plateforme ;
- Des sols argileux d'altération ;
- Le substratum marneux du Toarcien. Il s'agit d'argilites marneuses finement feuilletées grises appelées également « Schistes Bitumineux ». Exposés à l'air libre, ces sols peuvent gonfler très rapidement.



Extrait de la carte géologique 1971-2021, (source www.geoportail.lu)

B.2.2. Contexte hydrogéologique

Du point de vue hydrogéologique, la zone d'étude n'est à priori pas concernée par le risque d'inondation d'après la cartographie de Géoportail néanmoins il convient d'indiquer que lors de notre intervention, le site présentait plusieurs zones concernées par des stagnations d'eau (voir photographie ci-après).



Vue du site avec une zone présentant des stagnations d'eau, (source www.geoportail.lu)

C. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

C.I. Résultats des investigations in situ

C.I.I. Lithologie

Les sondages ont permis de mettre en évidence sous une épaisseur de terre végétale limoneuse de 10 à 60 cm, la succession lithologique suivante :

- **Formation 1** : des remblais argileux à argilo-graveleux gris à brun-gris pouvant comporter ponctuellement des morceaux de bois,
- **Formation 2** : des argiles molles à raides grises à gris-brun ou gris-vert +/- marneuses,
- **Formation 3** : le substratum des argilites marneuses grise très raides.

Nous récapitulons le toit des formations au droit de chaque sondage dans le tableau ci-dessous :

N°	Nature de la formation	SPI	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8
		Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)
1	Remblais	4.5 (284.45)	9.5 (280.2)	8.5 (280.4)	8.4 (280.1)	9.0 (280.0)	1.6 (286.5)	6.8 (280.7)	7.5 (279.8)
2	Argiles	9.0 (279.95)	11.5 (278.2)	>14.0 (<274.9)	-	>10 (<279.0)	5.7 (282.4)	-	10 (277.3)
3	Argilites marneuses très raides	>10 (<278.9)	>14 (<275.7)	-	>14 (<274.5)	-	>14 (<274.1)	>10 (<277.5)	>14 (<273.3)

N°	Nature de la formation	SCI	SC2	SC3	SC4
		Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)
1	Remblais	3.5 (285.1)	3.5 (285.9)	3.5 (284.5)	7 (280.6)
2	Argiles	6 (282.6)	9 (280.4)	7 (281.0)	9 (278.6)
3	Argilites marneuses très raides	>12 (<276.6)	>12 (<277.4)	>12 (<276.0)	>12 (<275.6)

Nota : la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. En outre, elle ne permet pas de déterminer la granulométrie exacte des horizons ou d'identifier la présence d'éléments grossiers (blocs,...).

Il est rappelé que l'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes.

On se reportera au diagnostic pollution des sols réalisé par FONDASOL sous la référence LUEN.23.0087

C.1.2. Données géomécaniques

C.1.2.1. Essais pressiométriques

Les caractéristiques mécaniques mesurées au droit des sondages au moyen des essais pressiométriques sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

		Essais pressiométriques									Consistance / compacité de la formation
N°	Formation	Pression limite nette p _{LM} * (MPa)				Module pressiométrique E _M (MPa)				Nb valeurs	
		Min	Max	Moyenne*	Ecart- type	Min	Max	Moyenne	Ecart- type		
1	Remblais	0.16	2.88	0.46	0.49	1.5	73.5	4.0	11.2	51	Hétérogènes, mous à raides
2	Argiles	0.36	2.17	1.08	0.49	6.9	65.9	13.0	14.4	16	Molles à raides
3	Argilites marneuses	4.14	4.94	4.78	0.24	146.7	499.2	384.3	108.7	20	Très raides

C.1.2.2. Essais de pénétration statique

Les caractéristiques mécaniques mesurées au droit des sondages au moyen des essais pénétrométriques statiques, sont les suivantes :

- Des **résistances de pointe qc hétérogènes et variant entre 2 à 20 MPa** jusqu'à 2 m de profondeur par rapport au terrain actuel (Frange de tête des remblais argilo-graveleux) identifiables sur les sondages PN1, PN2 et PN4 ;
- Des **résistances qc hétérogènes et faibles, situées entre 2 et 10 MPa** jusqu'à 9 m de profondeur au droit des sondages PN1, PN3 et PN4 (argiles remaniées et en place). Au droit du sondage PN2, cette couche est identifiée jusqu'à 12 m de profondeur (base du sondage) ;
- Des **résistances qc >20 MPa** jusqu'à la base des sondages (refus dans les argilites marneuses).

Ces valeurs coïncident avec les résultats des essais pressiométriques obtenus au sein des remblais argilo-graveleux, des argiles en place et des argilites marneuses.

* Moyenne arithmétique

C.2. Données hydrogéologiques

C.2.1. Niveaux d'eau

Lors de notre intervention du 18 décembre 2023 au 12 janvier 2024, des arrivées d'eau ont été rencontrées aux profondeurs suivantes :

Niveau d'eau*	SP1		SP2		SP3		SP4	
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
En cours de forage	3.7	285.25	-	-	-	-	3.6	284.9
En fin de forage	3.4	285.55	-	-	3.2	285.7	3.35	285.15
Niveau d'eau	SP5		SP6		SP7		SP8	
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
En cours de forage	3	286.0	3	285.1	3	284.5	3	284.3
En fin de forage	-	-	-	-	-	-	-	-
Niveau d'eau	SC1		SC2		SC3		SC4	
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
En cours de forage	3	285.6	3	286.4	3	285.0	3	284.6
En fin de forage	-	-	-	-	-	-	-	-

Niveau d'eau	PM1		PM2		PM3		PM4		PM5	
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
En cours de forage	1.25	287.3	0.4	288.8	2	287.35	1.9	286.95	2	286.6
Niveau d'eau	PM6		PM7		PM8		PM9		PM10	
	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote	Prof.	Cote
En cours de forage	0.9	286.2	1.4	286.0	2.2	285.4	1	287.5	0.8 et 1.55	287.6 et 286.85

Les niveaux d'eau à très faibles profondeurs constatés au droit des fouilles à la pelle mécanique correspondent vraisemblablement à des circulations superficielles liées aux précipitations au sein des remblais argileux remaniés et en place.

Les niveaux d'eau rencontrés en cours de forages au droit des sondages carottés et pressiométriques correspondent vraisemblablement à des circulations d'eau importantes dans les remblais et dont le niveau se situait entre 3 et 3.7 m de profondeur au sein des argiles au moment de notre intervention.

Les tubes piézométriques posés dans les forages SC1 et SC4 permettront de suivre le niveau de l'eau afin de caractériser les fluctuations de la nappe (suivi non compris dans notre prestation).

L'intervention ponctuelle dans le cadre de la réalisation de la présente étude ne permet pas de fournir des informations hydrogéologiques précises, dans la mesure où le niveau d'eau mentionné dans le rapport d'étude correspond nécessairement à celui relevé à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

* Les niveaux d'eau mentionnés dans le tableau correspondent à des observations réalisées lors de notre intervention sur site ; les niveaux mentionnés peuvent être influencés par le fluide utilisé pour le forage, la durée d'observation dans le cas de terrains peu perméables, les conditions pluviométriques ayant précédé ces relevés...

D. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ENVISAGEABLES POUR LES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

D.1. Contraintes spécifiques au site / identification des aléas géotechniques

Des contraintes spécifiques liées au projet et au site ont été mises en évidence, concernant :

La géologie et la nature des matériaux :

- Présence de remblais argileux à argilo-graveleux, peu compacts, sur des épaisseurs importantes allant jusqu'à 1.6 à 9.5 m de profondeurs au droit de nos investigations ;
- Présence de sols argileux remaniés (remblais) ou en place (argiles naturelles) qui sont très sensibles aux variations de teneurs en eau;
- La présence d'argilites marneuses appelées également « Schistes-cartons » rencontrées à partir de 5.7 à 11.5 m de profondeur, sous les cotes 282.6 à 277.3 pouvant générer des gonflements importants sous l'action de l'air. Pour un niveau fini projeté à la cote 289, les schistes cartons ne devrait pas impacter le projet. Des précautions seront toutefois à mettre en oeuvre dans le cas de terrassements très profonds.
- Afin d'évaluer la faisabilité d'une solution de type semelles ou massifs isolés avec dallage sur terre-plein, nous avons estimé en première approche le tassement prévisible des sols sous dallage en utilisant la méthode pressiométrique et l'hypothèse de chargement (communiquée par Arcadis) suivantes :
 - Charge au sol uniformément répartie de 60 kPa pour l'entrepôt (dallage+surcharges d'exploitation).

Nous présentons ici les résultats d'après le sondage SP5 qui conduit à la maquette géotechnique suivante :

Couche	Cote de la base estimée (m)	Profondeur base / Ai dallage (m)	E_M (MPa)	α (-)	E_s (MPa)
Couche de forme	288.2	0.70	13	0.33	40
Remblais argileux 1	287.5	1.2	8	0.5	16
Remblais argileux 2	282.5	6.2	2.5	0.5	5
Remblais argileux 3	280.0	8.7	5	0.5	10
Argiles marneuses	279.0	9.7	16.5	0.5	33
Substratum des argilites marneuses	>279	>9.7	Substratum incompressible		

On obtient alors le tassement suivant :

$$\bullet \quad s = q \times \sum_i \frac{h_i}{E_{s,i}} = 60 \times \left[\frac{0.70}{40} + \frac{0.7}{16} + \frac{5}{5} + \frac{2.5}{10} + \frac{1}{33} \right] \sim 81 \text{ mm}$$

Les tassements estimés sous les massifs de fondation seuls sont les suivants :

		CAS N°1	CAS N°2
		SEMELLES ISOLÉES	
CHARGE ELS		87 kN	196 kN
DIMENSIONS		1 m x 1 m	1,5 m x 1,5 m
	Zassise m/TN	TASSEMENT ESTIMÉ (mm)	
Selon SP1	1,5	8	10
Selon SP2	1,5	4	6
Selon SP3	1,5	1	2
Selon SP4	1,5	3	5
Selon SP5	1,5	12	14
Selon SP6	1,5	1	2
Selon SP7	1,5	3	5
Selon SP8	1,5	8	11

Les tassements absolus et différentiels estimés sont trop importants pour envisager une solution de fondation superficielle type massifs isolés, associée à un dallage sur terre-plein. Le caractère hétérogène et évolutif des remblais argileux constitue également une contre-indication à une assise de type fondations superficielles dans cette couche.

L'hydrogéologie :

- Présence de circulations d'eau superficielles à faibles profondeurs constatées entre 0.8 et 2.2 m de profondeur au droit de nos fouilles à la pelle mécanique et présence de nombreuses arrivées d'eau au sein des argiles entre 3 et 3.7 m de profondeur au droit de nos sondages.
- Le site n'est a priori pas concerné par le risque inondation, néanmoins, il faut tout de même noter la présence de plusieurs zones concernées par des stagnations d'eau.
- En phase travaux : il faudra prévoir la mise en place d'un système de drainage et de pompage des eaux présentes en fond de fouille.
- En phase définitive : il faudra prévoir au minimum la mise en place d'un drainage périphérique avec des pompes de relevage le cas échéant reliées à un exutoire non refouable.

D.2. Dispositions vis-à-vis des eaux souterraines

Lors de notre intervention, des niveaux d'eau souterraine ont été relevés à différentes profondeurs au sein des remblais argileux et argiles et dans les litages des argilites en profondeur.

Le projet ne prévoit pas de déblai notable ni d'ouvrages enterrés, des dispositions de drainage sont néanmoins à prévoir, pour la gestion des eaux météoriques (matelas granulaire, formes de pentes, fossés, caniveaux, ...).

Nota : quelles que soient les dispositions de gestion des eaux mises en œuvre, il conviendra de vérifier que ces dispositions respectent la réglementation en vigueur.

D.2.1. Drainage de la plate-forme, épuisement des fouilles, en phase travaux

Dans le cas de la réalisation de travaux de terrassements profonds comme par exemple pour la réalisation de tranchées d'assainissement, fosses enterrées, de nombreuses arrivées d'eau à différentes profondeurs seront rencontrées. Des dispositions de drainage et de pompage des fouilles sont néanmoins à prévoir, pour la gestion des circulations superficielles (identifiés ici entre 0.8 et 2.2 m de profondeur au droit de nos fouilles à la pelle mécanique) et des eaux météoriques notamment (réalisation d'un matelas granulaire, de formes de pentes, puisards, pompes ...).

D.2.2. Dispositions en phase service

En phase définitive, il convient de prévoir un drainage périphérique dont l'étude détaillée (dimension, maillage, position, exutoire, entretien...) est à réaliser en phase projet.

La conception du drainage devra tenir compte des dispositions nécessaires vis-à-vis des terrains sensibles au retrait gonflement.

D.3. Modes de fondations et structures de niveaux bas envisageables

D.3.1. Fondations

Compte-tenu du contexte géotechnique et du projet, il est formellement exclu de prévoir des fondations superficielles sollicitant les remblais argileux.

Par conséquent, les solutions de fondations envisageables sont les suivantes :

- Fondations profondes de type pieux forés tubés ou forés simples tarière creuse, ancrés dans le substratum des argilites marneuses.
- Fondations mixtes sur inclusions rigides ancrées dans le substratum des argilites marneuses très raides avec dallage sur sol renforcé par inclusions rigides ancrées également dans les argilites.

D.3.2. Niveaux bas

Pour les surcharges surfaciques annoncées de l'ordre de 50kN/m^2 , un dallage sur couche de forme nécessitera impérativement une amélioration de sols préalable. Parmi les solutions envisageables, une solution de renforcement par inclusions rigides est développée au chapitre F.

Toute autre solution d'amélioration de sol envisagée devra faire l'objet d'une analyse de faisabilité spécifique.

Dans le cas d'une solution de fondation profonde type pieux, le niveau bas sera prévu sous la forme d'un plancher porté par les fondations, sur vide sanitaire ou sur vide de construction.

Les hypothèses géotechniques de calcul, et ébauches dimensionnelles le cas échéant, de ces ouvrages sont fournies dans les chapitres suivants.

D.4. Assises de chaussée

On considère que l'on vise comme objectif, l'obtention d'une plate-forme minimale de classe PF2 ($EV2 \geq 50\text{ MPa}$) dans l'emprise des voiries légère et PF2+ ($EV2 \geq 80\text{ MPa}$) dans l'emprise des voiries lourdes périphériques.

Cet objectif n'étant pas atteignable sur les sols en place, la réalisation d'une couche de forme épaisse sera nécessaire après décapage des sols superficiels.

Il pourra s'agir soit d'une couche de forme granulaire très épaisse constituée d'un matériau granulaire insensible à l'eau soit la réalisation d'une couche de forme traitée au liant hydraulique.

D.5. Conditions générales de terrassements

D.5.1. Classification des sols selon la DIN 18196 et la DIN 18300

Le tableau suivant donne les classes de sol des différentes couches de terrain rencontrées, selon la DIN 18196 et l'ancienne DIN 18300.

Couche	pl* (MPa)	Module E_M (MPa)	Symbole du groupe selon DIN 18196	Classe de sol
Remblais argilo-graveleux	0.16-2.88	1.5-73.5	TL-TM	Classe 4
Argiles	0.36-2.17	6.9-65.9	TL-TM-TA	Classe 4
Argilites marneuses	4.8	384.3	-	Classe 6 à 7

D.5.2. Généralités

D'une façon générale, l'entreprise devra adapter sa méthodologie d'exécution des travaux (terrassement, compactage, ...) afin d'assurer l'assainissement et la portance des plateformes et d'éviter de générer des désordres dans les avoisinants pouvant être influencés par les travaux.

Des difficultés de circulation des engins de chantier sont à prévoir en période de pluie notamment. Une amélioration de la plate-forme par la réalisation d'une couche (de forme) granulaire ou en matériaux traitée sera nécessaire à la traficabilité, pour la plateforme de pieux ou inclusion rigides et également pour l'assise du dallage le cas échéant.

Les terrassements seront exécutés de préférence en dehors des périodes de pluie.

Les terrassements pourront être majoritairement réalisés à la pelle hydraulique sur chenilles sans difficulté particulière.

La rencontre possible d'éléments graveleux, d'argilites très raides en profondeur, pourront nécessiter le cas échéant l'emploi de moyens de déroctage (godet roche, dent de déroctage, etc...).

D.5.3. Conditions de réemploi des sols en remblais généraux

Les sols argileux du site peuvent être classés visuellement A2/A3 au sens du GTR 2000 ou F2/F2 au sens du GTR 2023 (à confirmer à réception des essais de laboratoire) et sont a priori réutilisables en remblais généraux à l'état hydrique moyen sous certaines conditions.

Pour le compactage, les engins de compactage les plus appropriés pour les sols plastiques sont les rouleaux vibrants à pieds dameurs (VPi) associés à des rouleaux mono-vibrants lourds. Ceci est vrai pour des raisons d'homogénéité et de liaisons de couches.

Une planche d'essai en début des travaux devra être réalisée ainsi que des essais d'identification en laboratoire pour vérifier les conditions de réutilisation.

Nous rappelons qu'il faudra :

- Réaliser les travaux dans de bonnes conditions météorologiques.
- Compacter par couches minces n'excédant pas 30 cm d'épaisseur.
- L'objectif de portance sur les argiles sera de 30 MPa minimum sur les sols supports et couches intermédiaires de remblais généraux.
- Objectif de densification q4.
- **Il est nécessaire que les travaux de terrassement et de compactage soient sérieusement contrôlés, au minimum par des essais à la plaque et par du gammadensimètre.**

D.5.4. Conditions de réemploi des sols argileux en couche de forme

Les sols argileux rencontrés sont très sensibles aux variations de teneur en eau et plus ou moins plastiques. Leur emploi en couche de forme implique donc nécessairement un traitement soit avec des liants hydrauliques routiers associés avec de la chaux, soit un mélange de chaux et de ciment. Le traitement ne sera possible que dans la mesure où un malaxage homogène à l'aide d'un malaxeur à outils animés est réalisable.

Cette solution, dans le cas éventuel où elle serait envisagée sous voirie, devra être validée, dans un premier temps par la réalisation de tests d'aptitude et dans un deuxième temps, par une étude de formulation de niveau I minimum. Cette étude pourra être réalisée par FONDASOL ou par le laboratoire interne de l'entreprise. Par ailleurs, la solution traitement ne sera envisagée qu'en période estivale, hors période de gel-dégel, c'est-à-dire à partir du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre.

Les objectifs à atteindre sur la couche de forme traitée seront les suivants :

- $E_{v2} \geq 50 \text{ MPa}$ (PF2) dans l'emprise des voiries légères et/ou pour des surcharges surfaciques inférieures ou égales à 2 t/m^2 ;
- $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$ (PF2qs) dans l'emprise des voiries lourdes et et/ou pour des surcharges surfaciques supérieures à 2 t/m^2 ;
- $K = E_{v2}/E_{v1} < 2,0$;
- Objectif de densification q_3 , avec $p_{dm} \geq 98,5\%$ de p_{dOPN} .

E. ÉTUDE DES FONDATIONS PROFONDES PAR PIEUX

E.1. Type et caractéristiques de pieux

On propose à titre d'exemple et au stade de l'AVP, la réalisation de pieux de type forés et tubés jusqu'en tête des argilites marneuses (de classe I et de catégorie 4 selon la norme NF P94-262) ou de pieux forés tarière creuse (de classe 2 et catégorie 6).

La longueur des pieux dépendra des charges à reprendre. Néanmoins, quelles que soient les descentes de charges, l'ancrage minimal des pieux sera de 1.5 m dans les argilites marneuses très raides.

Nous attirons l'attention sur les fluctuations observées du toit des argilites marneuses à l'échelle du terrain du projet.

E.2. Modèle et hypothèses géotechniques

Le modèle géotechnique retenu au stade de l'avant-projet est le suivant, pour des pieux de type forés et tubés jusqu'en tête des argilites marneuses :

Couche	Cote du toit	pl* (MPa)	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$ (-)	f_{sol} (kPa)	$q_{s,\text{max}}$ (kPa)	$q_{s,u}$ (kPa)	$q_{s,k}$ (kPa)
Remblais argileux*	289.0	0.4	Non pris en compte				
Argiles	280.0	1.0	1.25	42	90	52	41
Argilites marneuses	278.0	4.8	1.1	54	90	60	47

Le modèle géotechnique retenu au stade de l'avant-projet est le suivant, pour des pieux de type forés tarière creuse jusqu'en tête des argilites marneuses :

Couche	Cote du toit	pl* (MPa)	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$ (-)	f_{sol} (kPa)	$q_{s,\text{max}}$ (kPa)	$q_{s,u}$ (kPa)	$q_{s,k}$ (kPa)
Remblais argileux*	289.0	0.4	Non pris en compte				
Argiles	280.0	1.0	1.5	42	90	63	50
Argilites marneuses	278.0	4.8	1.5	54	90	82	65

*Compte tenu de l'hétérogénéité des remblais, les frottements dans cette couche ne seront pas pris en compte.

À partir des valeurs précédentes, les résistances caractéristiques se calculent de la manière suivante :

- $R_{s,k} = \pi B \sum h_i q_{s,k,i}$ pour le terme de frottement axial
- $R_{b,k} = A_b q_{b,k}$ avec $q_{b,k} = \frac{k_p p l_e^*}{\gamma_{R,d,1} \gamma_{R,d,2}}$ avec $\gamma_{R,d,1} = 1.15$ et $\gamma_{R,d,2} = 1.1$.

Puis pour la portance ELU, on calcule : $R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_s} = \frac{R_{b,k} + R_{s,k}}{1.1}$

Pour la portance ELS, on calcule : $R_{c,cr,d} = \frac{R_{c,cr,k}}{\gamma_{cr}} = \frac{0.5 R_{b,k} + 0.7 R_{s,k}}{0.9 \text{ (ELS car) ou } 1.1 \text{ (ELS QP)}}$

E.3. Ebauche dimensionnelle

E.3.1. Reprise des efforts axiaux

On utilise la procédure « modèle de terrain » et la méthode pressiométrique.

Au stade de l'ébauche dimensionnelle, nous présentons ci-après les valeurs de capacité portante pour quelques dimensions de pieux.

Si une distance (entraxe) supérieure à trois fois le diamètre de pieu utilisé n'est pas respectée, un effet de groupe sera à prendre en compte dans le dimensionnement des pieux.

E.3.2. Reprise des efforts transversaux

L'étude des pieux vis-à-vis des efforts transversaux (efforts horizontaux et/ou moments) sera réalisée en phase PRO de la mission G2.

Compte tenu du contexte du projet, des efforts transversaux sont à prendre en considération.

La valeur des efforts transversaux pourra conduire à retenir un nombre de pieux et/ou un diamètre de pieux supérieurs à ceux nécessaires à la reprise des seules charges verticales.

Caractéristiques du pieu :

Type de pieu : Foré

Fluide de forage : ☒ Air ☐ Boue

Tubage : ☐ Aucun ☒ Provisoire ☐ Perdu

Jusque base couche : 2

Travailler uniquement en pointe : ☐

Résistances exprimées en : kN

Modèle de terrain :

Couche	Cote tête (m)	Désignation couche	Terrain selon P94-262	pl* (MPa)	Cat.	Courbe	$\alpha_{\text{pieu,sol}}$ (-)	f_{sol} (-)	$q_{s,\text{lim}}$ (kPa)	q_s (kPa)
1	289	Remblais	Non pris en compte	0	4	0	0	0	0	0
2	280	Argile marneuse	Argile % CaCO3 < 30 % Limon	1	4	1	1.25	42	90	52
3	278	Argilite marneuse	Argile % CaCO3 < 30 % Limon	4.8	1	1	1.1	54	90	60
4										0
5										0
6										0
7										0
8										0
9										0

Résultats :

Résistances en kN

Résistances en kN								Portance géotechnique						Résistance à la traction								
								R _{b,k}	R _{s,k}	aux ELS			aux ELU			R _{s,k}	aux ELS			aux ELU		
										R _{crck}	R _{ccrd} ELS qp	ELS car	R _{ck}	R _{cid} ELU fond	ELU acci		R _{trck}	R _{trcd} ELS qp	ELS car	R _{tk}	R _{tid} ELU fond	ELU acci
Type	Diamètre (mm)	Cote arase inf.	Longueur (m/PF)	pl _e * (MPa)	D _e (m)	k _{p,max}	k _p															
1	600	275.5	13.5	4.80	2.92	1.15	1.15	1229	378	879	799	977	1608	1461	1608	311	218	145	198	311	270	296
2	600	273.5	15.5	4.80	4.81	1.15	1.15	1234	557	1007	915	1118	1790	1628	1790	457	320	213	291	457	398	435
3	800	273	16	4.80	5.42	1.15	1.15	2193	802	1658	1507	1842	2995	2723	2995	658	461	307	419	658	573	627
4	800	271	18	4.80	7.21	1.15	1.15	2193	1039	1824	1658	2027	3233	2939	3233	854	598	398	543	854	742	813
5											0	0		0	0			0	0		0	0
6											0	0		0	0			0	0		0	0

Caractéristiques du pieu :

Type de pieu : Foré tarière creuse

Travailler uniquement en pointe : ☐

Résistances exprimées en : kN

Modèle de terrain :

Couche	Cote tête (m)	Désignation couche	Terrain selon P94-262	pl* (MPa)	Cat.	Courbe	$\alpha_{\text{pieu,sol}}$ (-)	f_{sol} (-)	$q_{s,\text{lim}}$ (kPa)	q_s (kPa)
1	289	Remblais	Non pris en compte	0	6	0	0	0	0	0
2	280	Argile marneuse	Argile % CaCO3 < 30 % Limon	1	6	I	1.5	42	90	63
3	278	Argilite marneuse	Argile % CaCO3 < 30 % Limon	4.8	6	I	1.5	54	90	82
4									0	0
5									0	0
6									0	0
7									0	0
8									0	0
9									0	0

Résultats :

Résistances en kN

Résistances en kN								Portance géotechnique							Résistance à la traction									
								R _{b,k}	R _{s,k}	aux ELS			aux ELU			R _{s,k}	aux ELS			aux ELU				
										R _{ecrk}	R _{ecrd} ELS qp	ELS car	R _{ek}	R _{ed} ELU fond	ELU acci		R _{etrk}	R _{etrd} ELS qp	ELS car	R _{tk}	R _{td} ELU fond	ELU acci		
Type	Diamètre (mm)	Cote arase inf.	Longueur (m/PF)	pl* (MPa)	D _e (m)	k _{p,max}	k _p																	
1	600	275.5	13.5	4.80	2.92	1.30	1.29	1386	490	1036	942	1151	1876	1706	1876	403	282	188	256	403	350	384		
2	600	273.5	15.5	4.80	4.81	1.30	1.30	1395	734	1211	1101	1345	2128	1935	2128	603	422	281	383	603	524	574		
3	800	273	16	4.80	5.42	1.30	1.30	2479	1059	1981	1801	2201	3539	3217	3539	870	609	406	554	870	757	829		
4	800	271	18	4.80	7.21	1.30	1.30	2479	1383	2208	2007	2453	3863	3512	3863	1136	795	530	723	1136	988	1082		
5											0	0		0	0			0	0		0	0		
6											0	0		0	0			0	0		0	0		

E.4. Première approche des dispositions constructives et des sujétions d'exécution

L'étude détaillée des principes d'exécution relève de la phase PRO de l'étude géotechnique de conception G2. Nous nous limiterons dans le cadre de la phase AVP à lister les principes généraux.

Le béton des pieux devra être résistant aux éventuelles agressions chimiques du milieu encaissant. La caractérisation de l'agressivité potentielle du milieu (sol, eau) nécessite des analyses spécifiques à réaliser lors de la phase projet.

L'entreprise devra mettre en œuvre les moyens nécessaires et suffisants pour réaliser les pieux permettant de répondre aux objectifs du projet. On tiendra compte notamment des points suivants :

- La présence possible de blocs, de passages graveleux, feuilletés indurés dans les remblais argileux ;
- L'existence possible de vides résiduels dans les remblais ;
- La très forte compacité des argilites marneuses très raides ;
- La présence de nombreuses arrivées d'eau (identifiée ici à partir de 3 m de profondeur par rapport au terrain actuel) ;
- La présence de sols argileux mous à fermes jusqu'à des profondeurs importantes.

La longueur réelle des pieux devra être adaptée lors de l'exécution en fonction des variations des horizons, notamment en fonction de la profondeur du toit de la couche d'ancrage, de manière à respecter les critères d'ancrage minimum retenus dans les calculs.

F. AMELIORATION DE SOL PAR INCLUSIONS RIGIDES

F.1. Principe et fonctionnement de l'amélioration de sol

Compte tenu des caractéristiques du projet et du contexte géotechnique du site, tel que mis en évidence par nos sondages, une solution de fondation superficielle et dallage sans amélioration des sols est à proscrire.

Les techniques d'amélioration de sol sont nombreuses ; nous ne développerons ici que la solution de renforcement de sol par inclusions rigides sous dallage, qui apparaît bien adaptée au contexte.

Ce procédé consiste en la réalisation de colonnes de béton ou de mortier, d'un diamètre généralement de l'ordre de 30 à 40 cm, le plus souvent à l'aide d'un outil refoulant, suivant une maille régulière sous dallage. Les efforts sont transmis aux inclusions par l'intermédiaire d'un matelas de répartition granulaire.

Le fonctionnement, les règles de calcul et les prescriptions de réalisation des inclusions sont développés dans les recommandations issues du projet national ASIRI, éditées aux Presses de Ponts en 2012. Ces recommandations définissent deux domaines de fonctionnement pour les inclusions :

- Domaine 1 = inclusions nécessaires à la stabilité de l'ouvrage (en portance),
- Domaine 2 = inclusions dont l'objectif est uniquement de limiter les tassements des ouvrages.

Pour le projet étudié ici, les inclusions sous dallage relèvent du domaine 1.

Les calculs visant à définir une maille prévisionnelle pour les inclusions relèvent de la phase PRO de la mission G2.

F.2. Longueur et horizon d'ancrage des inclusions

La longueur des inclusions dépendra des charges à reprendre. Néanmoins, quelles que soient les descentes de charges, l'ancrage minimal des inclusions sera de 1.5 m dans les argilites marneuses très raides.

Nous attirons l'attention sur les fluctuations observées du toit de la couche d'ancrage à l'échelle du terrain du projet.

F.3. Hypothèses de calcul

Au stade de l'avant-projet, nous retenons le modèle géotechnique suivant pour le dimensionnement des inclusions :

Couche	Cote du toit	p_l^* (MPa)	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$ (-)	f_{sol} (kPa)	$q_{s,\text{max}}$ (kPa)	$q_{s,u}$ (kPa)	$q_{s,k}$ (kPa)
Remblais argileux	289.0	0.4	Non pris en compte				
Argiles	280.0	1.0	1.9	42	130	79	62
Argilites marneuses	278.0	4.8	1.9	54	130	103	81

F.4. Principes généraux

Le bon fonctionnement des inclusions suppose la mise en œuvre d'un matelas granulaire entre le dallage et la tête des inclusions.

L'épaisseur du matelas granulaire devra être au moins égale à la plus grande des 2 valeurs suivantes : 1,5 fois le diamètre des inclusions ou 50 cm. Cette épaisseur pourra être supérieure, si la PST le nécessite (voir chapitre G.3.).

La maille des inclusions sera calculée en fonction des objectifs de tassement, mais dans tous les cas elle ne sera pas supérieure à 3 m x 3 m sous dallage. Pour des inclusions réalisées par refoulement, que ce soit sous dallage ou sous fondations, l'entraxe minimal sera de 4 diamètres.

Le matériau constitutif des inclusions devra être résistant aux éventuelles agressions chimiques du milieu encaissant.

La caractérisation de l'agressivité potentielle du milieu (sol, eau) nécessite des essais spécifiques en cours de réalisation.

G. ÉTUDE DE L'ASSISE DES DALLAGES

G.1. Données d'entrée

Compte tenu de la qualité des sols, un dallage sur terre-plein ne pourra être envisagé que moyennant un renforcement préalable des sols par un maillage d'inclusions rigides, associé à un matelas de répartition,

Nous avons pris l'hypothèse d'un dallage dont le niveau fini est calé à la cote 289.0 (à confirmer). Compte tenu de la topographie du site, sa réalisation nécessitera des terrassements en déblais / remblais préalables.

Les surcharges réparties à prendre en compte qui nous ont été communiquées sont de l'ordre de 50 kPa.

Concernant les tassements absolus et différentiels admissibles sous exploitation : ils ne nous ont pas été communiqués.

G.2. Préparation du support

Les travaux de terrassements ne devraient pas poser de difficultés aux engins usuels de terrassement ; toutefois les sols qui seront rencontrés étant sensibles à l'eau, l'aléa météorologique sera à prendre en compte.

Les sols d'assise étant constitués de remblais argileux sur de fortes épaisseurs très sensibles à l'eau, la mise en place d'une couche de forme granulaire très épaisse est obligatoire. Sa mise en œuvre sera réalisée conformément aux règles en vigueur et après une fermeture (léger recompactage) du sol support sans remanier le fond de forme.

G.3. Recommandations de réalisation du matelas et de la couche de forme

Pour la solution sur inclusions rigides, un dallage sur terre-plein est envisageable, à condition toutefois de respecter les modalités de réalisation du matelas et couche de forme, données ci-après :

- Terrassement impérativement par temps sec non pluvieux ;
- Purger tous les sols mous ou douteux qui subsisteraient au niveau de l'assise théorique ;
- Compactage soigné des fonds de fouille afin de déceler toute zone molle ou tout point dur qui serait à purger en limitant les vibrations à proximité des existants ;
- Si nécessaire, mise en place d'un géotextile non tissé en fond de fouille et remontant sur les parois latérales le cas échéant ;
- Mise en place d'un matelas faisant aussi office de couche de forme épaisse :
 - En matériaux sablo-graveleux ou rocheux d'apport de bonne qualité, de type I, insensibles à l'eau, de granulométrie 0/45 mm ou équivalent, sains et non évolutifs ;
 - L'épaisseur du matelas et couche de forme devra être déterminée au stade de l'étude de projet G2 PRO, en fonction des efforts et contraintes à prendre en compte pour le renforcement par inclusions rigides, conformément aux recommandations ASIRI. Cette épaisseur ne pourra en aucun cas être inférieure à 60 cm ;

- Soigneusement compactée par couches minces de 30 cm d'épaisseur au plus. Les opérations de terrassement et de compactage ne devront en aucun cas détériorer les inclusions rigides ;
- Compactage à contrôler au sommet de la couche de forme, par la réalisation d'essais de chargement statique à la plaque, avec a minima les objectifs définis par le DTU 13.3 :

$EV2 > 80 \text{ MPa}$;

$K \leq 2.2$.

H. ÉTUDE DE L'ASSISE DES CHAUSSEES

H.1. Données d'entrée

D'après les données transmises, il a été pris en compte dans les calculs un trafic poids lourds de 100 PL/J/sens de circulation et équivalent à un trafic T3 (donnée à confirmer) pour les voiries poids-lourds.

Pour la caractérisation des nouvelles structures de chaussée, nous avons utilisé les documents techniques suivants :

- Du SETRA – LCPC : Guide Technique de Réalisation des remblais et des couches de forme de juillet 2000 (GTR fascicules I et II) ;
- Logiciel Alize-LCPC version 2 ;
- Norme NF P98-086 ;
- Des PONTS ET CHAUSSEES : CDC-ENR 16 : Cahier des charges mélanges bitumineux.

L'objectif minimum de plateforme pour tous les types de voiries est d'obtenir au minimum :

- Une **PF2** dans l'emprise des voiries légères sur la couche de forme, soit une réception par essais à la plaque avec $EV2 > 50$ MPa.
- Une **PF2qs** dans l'emprise des voiries lourdes sur la couche de forme, soit une réception par essais à la plaque avec $EV2 > 80$ MPa.

H.2. Contexte PST-Ar – nature et qualité de la couche de forme

H.2.1. Couche de forme granulaire

Après terrassement à la cote de la PST, l'arase de terrassement se trouvera dans les sols argileux de compacité très hétérogène et qui sont des **matériaux sensibles à l'eau**.

En fonction des conditions climatiques et de l'état hydrique des matériaux constituant la PST, on considérera que l'on se situe dans un contexte de PSTI-ARI, voire PST0-AR0, en conditions défavorables.

Il faudra contrôler la portance par des essais en phase chantier.

Des mesures de portance par essais de poinçonnement (IPI) sont actuellement en cours de réalisation, ces mesures permettront de s'assurer des conditions de traficabilité de chantier et d'adapter si nécessaire la méthode et l'épaisseur des couches.

Dans l'attente des résultats des essais de laboratoire, nous retiendrons les ébauches dimensionnelles associées aux cas présentés ci-après.

Si $IPI < 3$ ou $EV2 < 20$ MPa : la traficabilité sur le chantier n'est pas assurée et l'arase est de classe AR0.

Dans ce cas, il convient d'améliorer l'arase par une substitution, et/ou des travaux de drainage (fossés profonds, rabattement, ...) de manière à pouvoir la reclasser à minima en classe ARI. La traficabilité sur chantier ne permet pas d'envisager un traitement.

Si $IPI > 3$ ou $20 < EV2 < 50MPa$: la traficabilité sur le chantier est assurée et la classe d'arase est au minimum ARI. A partir de cette classe d'arase, la traficabilité sur chantier permet d'envisager un traitement. Si l'aptitude est avérée, une amélioration d'arase et une optimisation de l'épaisseur de couche de forme pourraient être envisagées, à étudier en phase PRO.

Dans le cas PSTI-ARI (état hydrique « h ») : 75 cm de concassé calcaire 0/45 mm, type I.

Tableau donnant les épaisseurs de couche de forme granulaire à mettre en œuvre en fonction de l'objectif de portance à atteindre

Classe de PST/AR	PSTIARI	PST3ARI
PF2	75 cm	40 cm
PF2qs	100 cm	65 cm

Des performances plus élevées peuvent être obtenues avec des épaisseurs moindres que celles présentées dans le tableau ci-dessus suivant la nature des matériaux de couche de forme.

Le cas de PST3ARI ne sera considéré uniquement dans le cas où les travaux sont réalisés dans des conditions météorologiques évaporantes (période estivale).

L'intercalation d'un géotextile de séparation entre la couche de forme en matériaux granulaire et le sol support sensible à l'eau permettra de sauvegarder les caractéristiques du matériau granulaire et de réduire éventuellement l'épaisseur de la couche de forme de 10 cm (sous réserve de réaliser une planche d'essai en début de chantier).

H.2.2. Couche de forme traitée au liant hydraulique

Dans le cas d'une couche de forme traitée à la chaux et/ou au liants hydrauliques, les performances du mélange sol-liant devront être vérifiées avec des tests d'aptitudes complété par une étude de traitement suivant les recommandations du GTS.

Un prétraitement à la chaux devra être réalisé afin d'atteindre une PST3 avec un module $EV2 > 35 MPa$ avant la mise en œuvre de la couche de forme traitée.

Ce chapitre sera complété à réception des résultats des essais de laboratoire et des tests d'aptitude.

Le tableau ci-après donne les épaisseurs de couche de forme traitée au liant hydraulique à mettre en œuvre en fonction de la classe mécanique obtenue sur le mélange sol-liant en fonction de l'objectif de portance.

Classe de PST/AR	ARI	ARI
Portance court terme	35 MPa	35 MPa
Classe mécanique	5	5
Epaisseur couche de forme	35 cm	45 cm
Classe de portance obtenue	PF2	PF2qs

H.2.3. Hypothèses de prédimensionnement

- **Portance des plateformes** : la classe de portance recherchée sur la couche de forme est une PF2+ à 80 MPa pour les voiries lourdes projetées.
- **Durée de vie et taux de croissance** : structures dimensionnées pour 20 ans avec un taux de croissance nul. Voie de desserte du réseau non structurant.
- **Coefficient d'agressivité moyen** : la valeur de CAM provient des valeurs issues du guide technique du CERTU concernant le dimensionnement des structures des chaussées urbaines. Pour une structure bitumineuse épaisse pour les voiries PL, le CAM retenu est de **0.8**.
- **Trafic et essieu équivalent** : nous avons pris comme hypothèse pour une voie d'accès, un trafic **MJA = 100 PL/J *maximum**, soit un **trafic T3 et NE = 730000**.

Principe de la vérification mécanique de la structure de chaussée

La vérification consiste à s'assurer :

- Que l'allongement ε_t à la base des couches bitumineuses reste inférieur à la valeur admissible ;
- Que la déformation verticale ε_z à la surface des couches non liées et du sol support est inférieure à une valeur limite.

Dans ces conditions :

Couches	Module des matériaux	Déformations et contraintes calculées	Déformations et contraintes admissibles	Visualisation structure
6 cm EF2 (BBME)	E = 11000 MPa	-	-	
Interface collée				
8+8 cm EF3 (GB3)	E = 9000 MPa	$\varepsilon_{Th} = -93.9 \mu\text{déf}$	$\varepsilon_{Ta} = -123.8 \mu\text{déf}$	
Interface collée				
PF2qs (GNT+SOL)	EV2 = 80 MPa	$\varepsilon_{zv} = 301.4 \mu\text{déf}$	$\varepsilon_{zadm} = 599.1 \mu\text{déf}$	

Compte tenu de la valeur admissible de 123.8 $\mu\text{déf}$ pour la déformation horizontale de la couche de base en E.F3 ou GB3 selon la nouvelle dénomination de 8+8 cm d'épaisseur, supérieure à la déformation calculée ($\varepsilon_{Th} = 93.9 \mu\text{déf}$), **la structure de chaussée bitumineuse épaisse proposée au stade d'avant-projet convient pour un trafic de 100 PL/j/sens de circulation.**

Nota : Ce prédimensionnement pourra être éventuellement optimisé en fonction des contraintes réelles de trafic journalières.

H.2.4. Vérification au gel

Dans la région du projet, pour que les structures soient vérifiées au cycle de gel/dégel, il faut au minimum une structure de chaussée de 75 cm d'épaisseur en matériaux non gélifs (matériaux d'apport sablo-graveleux ou rocheux).

Pour que les structures soient vérifiées aux cycles de gel/dégel de l'hiver rigoureux non exceptionnel, de la région proche de METZ (pas de donnée sur Luxembourg) - (indice de gel de référence connu le plus proche), il faut que l'indice de résistance au gel de la structure proposée (IA), soit supérieur à l'indice de référence IR HRNE, ici égal à 135°C/J.

L'indice de gel retenu correspond à celui de la station météorologique de Metz pour l'hiver rigoureux non exceptionnel (IR= 135°Cxjour).

Nous avons vérifié la structure bitumineuse à l'aide du logiciel de calcul GELID du logiciel ALIZE.

Nous avons pris en compte :

Une couche de forme granulaire de **0.65 m*** d'épaisseur minimum de matériaux granulaire classé D3 avec une pente à l'essai de gonflement supérieure à 1 mm/(°C.h)^{1/2} pour l'obtention d'une PF2qs (EV2>80 MPa).

*Cas de PST3AR1.

H.2.5. Vérification de la structure de chaussée bitumineuse épaisse pour un trafic de 100PL/j /sens

Pour la structure bitumineuse épaisse avec une couche de forme granulaire de 0.65 m minimum d'épaisseur :

- Structure EB-BBME2/EB-GB3 : IA = 166.7 > IR HRNE (135° C/J)

- La structure dimensionnée est justifiée vis-à-vis des cycles de gel-dégel de l'hiver rigoureux non exceptionnel, **IA > IR**.



H.3. Parking pour véhicules légers

H.3.1. Données d'entrée

L'objectif minimum de plateforme pour les voiries ou parkings dédiés uniquement aux véhicules légers est d'obtenir une PF2 sur la couche de forme, soit une réception par essais à la plaque avec $EV2 > 50$ MPa.

H.3.2. Contexte PST-Ar – nature et qualité de la couche de forme

Après terrassement à la cote de la PST, l'arase de terrassement se trouvera dans les remblais et sols argileux, **matériaux sensibles à l'eau**.

En fonction des conditions climatiques et de l'état hydrique des matériaux constituant la PST, on considérera que l'on se situe dans un contexte de PSTI-ARI, voire PST0-AR0, en conditions défavorables.

Il faudra contrôler la portance par des essais en phase chantier.

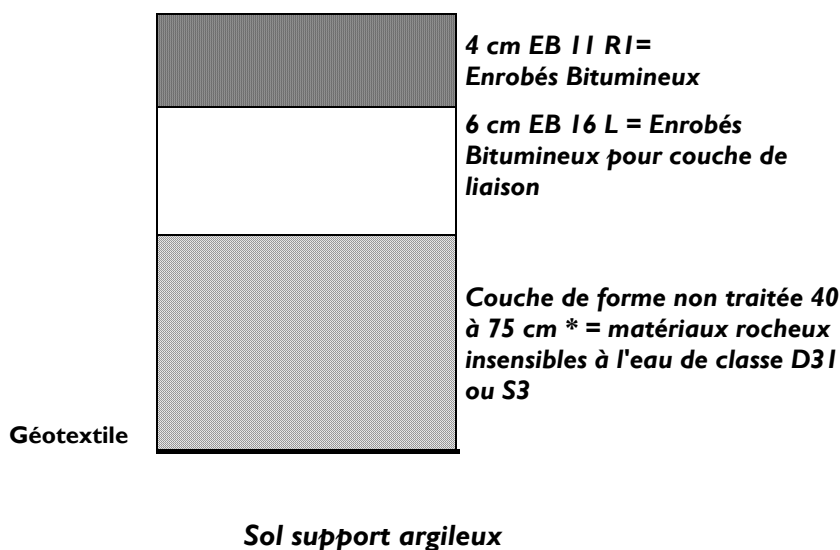
Une mesure de portance par essais de poinçonnement (IPI) ou par essais à la plaque (EV2) en début de travaux permettra de s'assurer des conditions de traficabilité de chantier et d'adapter si nécessaire la méthode et l'épaisseur des couches.

Nous retiendrons les ébauches dimensionnelles associées aux cas suivants présentés ci-après.

Tableau donnant les épaisseurs de couche de forme granulaire à mettre en œuvre en fonction de l'objectif de portance à atteindre

Classe de PST/AR	PSTIARI	PST3ARI
PF2	75 cm	40 cm

- Voirie et parking pour véhicules légers :



I. SYNTHÈSE ET SUITES A DONNER

I.1. Projet des ouvrages géotechniques phase AVP et aléas identifiés

Pour permettre la réalisation du projet, il est proposé de fonder l'entrepôt soit sur une solution de fondations profondes de type pieux forés, soit sur une solution de fondations mixtes reposant sur inclusions rigides.

Concernant les niveaux bas, il pourra être envisagé :

- soit un dallage sur sol renforcé par inclusions rigides et matelas de répartition ;
- soit une dalle portée par les fondations profondes.

La protection des ouvrages enterrés nécessitera un drainage périphérique.

L'étude détaillée des principes d'exécution relève de la phase PRO de l'étude géotechnique de conception G2.

Il est important de relever que le terrain peut contenir des polluants ou autres éléments agressifs vis-à-vis des matériaux constituant les infrastructures.

Le présent rapport sera mis à jour à réception des résultats d'essais en laboratoire.

I.2. Données d'entrée nécessaires pour la mission G2 PRO

Devrons-nous être transmis avec l'ordre de service de démarrage de la mission G2 PRO :

- Plans et coupes du projet,
- Confirmation des catégories géotechniques suivant l'Eurocode 7 et des catégories d'importance vis-à-vis du risque sismique,
- Combinaisons suivant les Eurocodes des descentes de charges aux états limites,
- Hypothèses structurelles spécifiques nécessaires aux justifications des ouvrages géotechniques sous séisme,
- Seuils de déformations admissibles,
- Levés topographiques complémentaires,
- Cotes et niveaux de protection des ouvrages enterrés - DTUI4.1,
- Hypothèses de dimensionnement des chaussées.

I.3. Enchaînement des missions normalisées

Le présent rapport conclut la phase AVP de la mission d'étude géotechnique de conception G2 confiée à Fondasol.

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution et **ne constituent pas un dimensionnement du projet.**

Selon la norme NF P94-500, cette phase est insuffisante pour consulter les entreprises ; elle doit être suivie des phases PRO de prédimensionnement des ouvrages géotechniques, et DCE/ACT visant notamment à vérifier avant l'envoi du DCE aux entreprises, que les préconisations de l'étude G2 sont bien prises en compte dans les paragraphes du CCTP relatifs aux ouvrages géotechniques.

A la date de rédaction du présent rapport la phase PRO de la mission G2 a été confiée à FONDASOL.

ANNEXES



CONDITIONS GENERALES DE SERVICE

1. Formation du Contrat

Toute commande par le co-contractant (« le Client »), qui a reçu un devis de la part de FONDASOL, ou l'une quelconque de ses filiales (ci-après le « Prestataire »), quelle qu'en soit la forme (par exemple bon de commande, lettre de commande, ordre d'exécution ou acceptation de devis, sans que cette liste ne soit exhaustive) et ses avenants éventuels, constituent l'acceptation totale et sans réserve des présentes conditions générales par ledit Client, que ce dernier ait contresigné les conditions générales ou non, ou qu'il ait émis des conditions contradictoires. Tout terme de la commande, quelle qu'en soit la forme, et de ses avenants éventuels, qui serait en contradiction avec les présentes conditions générales ou le devis, serait réputé de nul effet et inapplicable, sauf s'il a fait l'objet d'une acceptation écrite expresse non équivoque par le Prestataire. Cette acceptation ne peut pas résulter de l'exécution des Prestations prévues au devis et/ou à la commande, quelle qu'en soit la forme, et/ou avenant éventuel, ou de l'absence de réponse du Prestataire sur ledit terme.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres conditions y compris contenues dans la commande (quelle que soit sa forme) du Client ou dans les accusés de réception des échanges de données informatisés, sur portail électronique, dans la gestion électronique des achats ou dans les courriers électroniques du Client. Aucune exception ou dérogation n'est applicable sauf si elle est émise par le Prestataire ou acceptée expressément, préalablement et de manière non équivoque par écrit par le Prestataire. À ce titre, toute condition de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit exprès et non-équivoque du Prestataire. Le contrat est constitué par le dernier devis émis par le Prestataire, les présentes conditions générales, la commande ou l'acceptation de devis ou lettre de commande du Client et, à titre accessoire et complémentaire les conditions de la commande expressément acceptées et spécifiquement indiquées par écrit par le Prestataire comme acceptées (le « Contrat »).

2. Entrée en vigueur

Le Contrat n'entrera en vigueur qu'à la réception par le Prestataire de l'acompte prévu au Contrat ou suivant les conditions particulières du devis, ou, le cas échéant, de l'accusé de réception de commande et/ou de réception de paiement émis par le Prestataire. Sauf disposition contraire des conditions particulières du devis, les délais d'exécution par le Prestataire de ses obligations au titre du Contrat commencent quinze (15) jours ouvrés après la date d'entrée en vigueur du Contrat.

3. Prix

Les prix sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement du devis. Préalablement au Contrat, les prix sont valables selon la durée mentionnée au devis et au maximum pendant deux (2) mois à compter de la date du devis. À l'entrée en vigueur du Contrat, les prix sont fermes et définitifs pour une durée de six (6) mois mis à jour tous les six (6) mois 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 le dernier indice publié à la date d'émission du devis.

Les prix mentionnés dans le Contrat ou le devis ne comprennent pas la TVA, les taxes sur les ventes, les droits, les prélèvements, les taxes sur le chiffre d'affaires, les droits de douane et d'importation, les surtaxes, les droits de timbre, les impôts retenus à la source et toutes les autres taxes similaires qui peuvent être imposées au Prestataire, à ses employés, à ses sociétés affiliées et/ou à ses représentants, dans le cadre de l'exécution du Contrat (les « Impôts »), qui seront supportés par le Client en supplément des prix indiqués. Le Prestataire restera toutefois responsable du paiement de tous les impôts applicables en France.

Au cas où le Prestataire serait obligé de payer l'un des Impôts mentionnés ci-dessus, le Client remboursera le Prestataire dans les trente (30) jours suivant la réception des documents correspondants justifiant le paiement de celui-ci. Au cas où ce remboursement serait interdit par toute législation applicable, le Prestataire aura le droit d'augmenter les prix indiqués dans le devis ou spécifiés dans le Contrat du montant des Impôts réellement supportés.

Sauf indication contraire dans le devis, les prix des Prestations relatifs à des quantités à réaliser, quelle qu'en soit l'unité (notamment sans que cela ne soit exhaustif, profonds, mètres linéaires, nombre d'essais, etc) ne sont que des estimatifs sur la base des informations du Client, en conséquence seules les quantités réellement réalisées seront facturées sur la base des prix unitaires du Contrat.

4. Obligations générales du Client

4.1 Le terme « Prestations » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire comme étant comprises dans le devis à la charge du Prestataire. Toute prestation non comprise dans les Prestations, ou dont le prix unitaire n'est pas indiqué au Contrat, fera l'objet d'un prix nouveau à négocier.

4.2 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, d'ingénierie ou de conseil, ce que le Client reconnaît et accepte expressément.

La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés expressément par écrit.

4.3 Sauf disposition contraire expresse du devis, le Client obtiendra à ses propres frais, dans un délai permettant le respect du délai d'exécution du Contrat, tous les permis et autorisations d'importation nécessaires pour l'importation des matériels et équipements et l'exécution des Prestations dans le pays où les matériels et équipements doivent être livrés et où les Prestations doivent être exécutées. En plus de ce qui précède et sauf à ce que l'une ou plusieurs des obligations suivantes soient expressément et spécifiquement intégrées aux Prestations et au bordereau de prix, le Client devra également, notamment, sans que cela ne soit exhaustif :

- Payer au Prestataire les Prestations conformément aux conditions du Contrat ;
- Communiquer en temps utile toutes les informations et/ou documentations nécessaires pour l'exécution du Contrat et notamment, mais pas seulement, tout élément qui lui paraîtrait de nature à compromettre la bonne exécution des Prestations ou devant être pris en compte par le Prestataire ;
- Permettre un accès libre et rapide au Prestataire à ses locaux et/ou au site où sont réalisées les Prestations y compris pour la livraison des matériels et équipements nécessaires à la réalisation des Prestations et notamment, mais pas seulement, les machines de forage ;
- Approuver tous les documents du Prestataire conformément au devis et à défaut dans un délai de deux jours au plus ;
- Préparer ses installations pour l'exécution du Contrat, et notamment, sans que cela ne soit exhaustif, décider et préparer les implantations des forages, fournir eau et électricité, et veiller, le Client étant toujours responsable de ses installations, à ce que le Prestataire dispose en permanence de toutes les ressources nécessaires pour exécuter le Contrat, sauf

accord spécifique contraire dans le Contrat. Si le Personnel du Client est tenu d'exécuter un travail lié au Contrat incluant, mais sans s'y limiter, l'assemblage ou l'installation d'équipements, ce personnel sera qualifié et restera en permanence sous la responsabilité du Client. Le Client conservera le droit exclusif de diriger et de superviser le travail quotidien de son personnel. Dans ce cas, le Prestataire ne sera en aucun cas responsable d'une négligence ou d'une faute du personnel du Client dans l'exécution de ses tâches, y compris les conséquences que cette négligence ou faute peut avoir sur le Contrat. Par souci de clarté, tout sous-traitant du Prestataire imposé ou choisi par le Client restera sous l'entière responsabilité du Client ;

- fournir, conformément aux articles R.554-I et suivants du même chapitre du code de l'environnement, 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 déclarations d'intentions de commencement de travaux (DICT) (le délai de réponse, est de 7 à 15 jours selon les cas, hors jours fériés) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur le domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles ou des avant-trous à la pelle mécanique pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

- Déclarer aux autorités administratives compétentes tout forage réalisé, notamment, sans que cela ne soit exhaustif, de plus de 10 m de profondeur ou lorsqu'ils sont destinés à la recherche, la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

4.4 La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en aucun cas pour quelque dommage que ce soit à des ouvrages publics ou privés (notamment, à titre d'exemple, des ouvrages, canalisations enterrés) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à l'émission du dernier devis et intégrés au Contrat.

5. Obligations générales du Prestataire

Le Prestataire devra :

- Exécuter avec le soin et la diligence requis ses obligations conformément au Contrat, toujours dans le respect des spécifications techniques et du calendrier convenus entre les Parties par écrit ;
- Respecter toutes les règles internes et les règles de sécurité raisonnables qui sont communiquées par le Client par écrit et qui sont applicables dans les endroits où les Prestations doivent être exécutées par le Prestataire ;
- S'assurer que son personnel reste à tout moment sous sa supervision et direction et exercer son pouvoir de contrôle et de direction sur ses équipes ;
- Procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre, étant entendu qu'il s'agit d'une obligation de moyen et en aucun cas d'une obligation de résultat ou de moyens renforcée ;
- Faire en sorte que son personnel localisé dans le pays de réalisation des Prestations respecte les lois dudit pays.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement prévue et expressément agréée dans le devis et dans ce cas la solidarité ne s'exerce que sur la durée de réalisation sur site du Client du Contrat.

En cas d'intervention du Prestataire sur site du Client, si des éléments de terrain différent des informations préalables fournies par le Client, le Prestataire peut à tout moment décider que la protection de son personnel n'est pas assurée ou adéquate et suspendre ses Prestations jusqu'à ce que les mesures adéquates soient mises en œuvre pour assurer la protection du personnel, par exemple si des traces de pollution sont découvertes ou révélées. Une telle suspension sera considérée comme un Imprévu, tel que défini à l'article 14 ci-dessous.

6. Délais de réalisation

À défaut d'engagement précis, ferme et expresse du Prestataire dans le devis sur une date finale de réalisation ou une durée de réalisation fixe et non soumise à variations, les délais d'intervention et d'exécution données dans le devis sont purement indicatifs et, notamment du fait de la nature de l'activité du Prestataire, dépendante des interventions du Client ou de tiers, ne sauraient en aucun cas engager le Prestataire. Les délais de réalisation sont soumis aux ajustements tels qu'indiqués au Contrat. À défaut d'accord exprès spécifique contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard. Nonobstant toute clause contraire, les pénalités de retard, si elles sont prévues, sont plafonnées à un montant total maximum et cumulé pour le Contrat de 5% du montant total HT du Contrat.

- Le Prestataire réalise le Contrat sur la base des informations communiquées par le Client. Ce dernier est seul responsable de l'exactitude et de la complétude de ces données et transmettra au Prestataire toute information nécessaire à la réalisation des Prestations. En cas d'absence de transmission, d'inexactitude de ces données ou d'absence d'accès au(x) site(s) d'intervention, quelles que soient les hypothèses que le Prestataire a pu prendre, notamment en cas d'absence de données ou d'accès, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité et les délais de réalisation sont automatiquement prolongés d'une durée au moins équivalente à la durée de correction de ces données et de reprise des Prestations correspondantes.

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

À l'exception d'un accord contraire dans les conditions spécifiques du devis ou dans les cas d'obligations législatives ou réglementaires non transférable par convention à la charge du Prestataire, toutes les démarches et formalités administratives ou autres, pour l'obtention des autorisations et permis de pénétrer sur les lieux et/ou d'effectuer les Prestations sont à la charge du Client. Le Client doit 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. Le Client doit également fournir tous les documents et informations relatifs aux dangers et aux risques de toute nature, notamment sans que cela ne soit exhaustif, ceux cachés, liés aux réseaux, aux obstacles enterrés, à l'historique du site et à la pollution des sols, sous-sols et des nappes. Le Client communiquera les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité, hygiène et respect de l'environnement. Il assure également en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, sur les règles propres à son site, avant toute intervention sur site. Le Client sera responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel, consécutif ou non consécutif, résultant des événements mentionnés au présent paragraphe et qui n'aurait pas été mentionné au Prestataire.

Lorsque les Prestations consistent à mesurer, relever voire analyser ou traiter des sols pollués, le Prestataire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger son personnel dans la réalisation desdites Prestations, sur la base des données fournies par le Client.

Les forages et investigations de sols et sous-sols peuvent par nature entraîner des dommages sur le site en ce compris tout chemin d'accès, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part du Prestataire. Ce dernier n'est en aucun cas tenu de remettre en état ou réparer ces dégâts, sauf si la remise en état et/ou les réparations font partie des Prestations, et n'est en aucun cas tenu d'indemniser le Client ou les tiers pour lesdits dommages inhérents à la réalisation des Prestations.

8. Implantation, nivellement des sondages

À l'exception des cas où l'implantation des sondages fait partie des Prestations à réaliser par le Prestataire, ce dernier est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation et est tenu indemne des conséquences liées à la décision d'implantation, tels que notamment, sans que cela ne soit exhaustif, le retard de réalisation, les surcoûts et/ou la perte de forage. Les Prestations ne comprennent 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.

9. Hydrogéologie - Géotechnique

9.1 Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport final d'exécution des Prestations correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et au moment précis du relevé. 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 et Prestations. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9.2 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 et de bien d'autres facteurs telle que la variation latérale de faciès. 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 à titre d'exemple 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.

9.3 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 Prestations 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. Pollution - dépollution

Lorsque l'objet de la Prestation est le diagnostic ou l'analyse de la pollution de sols et/ou sous-sols, ou l'assistance à la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'œuvre de prestations de dépollution, le Client devra désigner un coordonnateur de Sécurité et de Protection de la Santé sur le site (SPS), assister le Prestataire pour l'obtention des autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes, fournir au Prestataire toute information (notamment visite sur site, documents et échantillons) nécessaire à l'obtention des Certificats d'Acceptation Préalable de Déchets ainsi que pour l'obtention des autorisations nécessaires au transport, au traitements et à l'élimination des terres, matériaux, effluents, rejets, déchets, et plus généralement de toute substance polluante.

Sauf s'il s'agit de l'objet des Prestations tel que précisé au devis, notre devis est réalisé sur la base d'un site sur lequel il n'existe aucun danger potentiel lié à la présence de produits radioactifs. Les missions d'assistance à maîtrise d'œuvre ou de maîtrise d'œuvre seront exercées conformément à l'objectif de réhabilitation repris dans le devis. À défaut d'une telle définition d'objectif, ces missions ne pourront commencer.

11. Rapport de mission, réception des Prestations par le Client

Sauf disposition contraire du Contrat et sous réserve des présentes conditions générales, la remise du dernier document à fournir dans le cadre des Prestations marque la fin de la réalisation des Prestations. La fin de la réalisation des Prestations sur site du Client est marquée par le départ autorisé du personnel du Prestataire du site. L'approbation du dernier document fourni dans le cadre des Prestations doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client. À défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans ce délai, le document sera considéré comme approuvé. L'émission de commentaires ne vaut pas rejet et n'interrompt pas le délai d'approbation. Le Prestataire répondra aux commentaires dans les dix (10) jours de leur réception. À défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans les cinq (5) jours de la réception des réponses aux commentaires ou du document modifié, le document sera considéré comme approuvé. Si le Client refuse le document et que le document n'est toujours pas approuvé deux (2) mois après sa remise initiale, les Parties pourront mettre en œuvre le processus de règlement des litiges tel que défini au Contrat. À défaut de mise en œuvre de ce processus, le rapport sera considéré comme approuvé définitivement trois mois après la date de sa remise initiale au Client.

12. Réserve de propriété, confidentialité

Les coupes de sondages, plans et documents établis par le Prestataire dans le cadre des Prestations ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable exprès du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour tout autre objectif que celui prévu au Contrat ou pour le compte de tiers, toute information se rapportant au savoir-faire, techniques et données du Prestataire, que ces éléments soient brevetés ou non, dont le Client a pu avoir connaissance au cours des Prestations ou qui ont été acquises ou développées par le Prestataire au cours du Contrat, sauf accord préalable écrit exprès du Prestataire.

13. Propriété Intellectuelle

Si dans le cadre du Contrat, le Prestataire met au point, développe ou utilise une nouvelle technique, celle-ci est et/ou reste sa propriété exclusive. Le Prestataire est libre de déposer tout brevet s'y rapportant. Le Prestataire est titulaire des droits d'auteur et de propriété sur les résultats et/ou données compris, relevés ou utilisés dans les ou, au cours des, Prestations et/ou développés, générés, compilés et/ou traités dans le cadre du Contrat. Le Prestataire concède au Client, sous réserve qu'il remplisse ses obligations au titre du Contrat, un droit non exclusif de reproduction des documents remis dans le cadre des Prestations pour la seule utilisation des besoins de l'exploitation, la maintenance et l'entretien du site Client concerné.

En cas de reproduction des documents remis par le Prestataire dans le cadre des Prestations, le Client s'engage à indiquer la source en portant sur tous les documents diffusés intégrant lesdits

documents du Prestataire, quelle que soit leur forme, la mention suivante en caractères apparents : « source originelle : Groupe Fondasol – date du document : JJ/MM/AAAA » sans que ces mentions ne puissent être interprétées comme une quelconque garantie donnée par le Prestataire. Le Client s'engage à ce que tout tiers à qui il aurait été dans l'obligation de remettre l'un ou les documents, se conforme à l'obligation de citation de la source originelle telle que prévue au présent article.

14. Modifications du contenu des Prestations 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 du devis. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement du devis touchant à la géologie et éléments de terrains et découvertes imprévues, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant au cours de la réalisation des Prestations (l'ensemble désigné par les « Imprévus ») pourront conduire le Prestataire à proposer au Client un ou des avenant(s) avec notamment application des prix du bordereau du devis, ou en leur absence, de nouveau prix raisonnables et des délais de réalisation mis à jour. À défaut d'un refus écrit exprès du Client dans un délai de sept (7) jours à compter de la réception de la proposition d'avenant ou de modification des Prestations, ledit avenant ou modification des Prestations devient pleinement effectif et le Prestataire est donc rémunéré du prix de cet avenant ou de cette modification des Prestations, en sus. En cas de refus écrit exprès du Client, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution des Prestations jusqu'à confirmation écrite expresse du Client des modalités pour traiter de ces Imprévus et accord des deux Parties sur lesdites modalités. Les Prestations réalisées à cette date sont facturées et rémunérées intégralement, sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Le temps d'immobilisation du personnel du Prestataire est rémunéré selon le prix unitaire indiqué dans le bordereau de prix du devis. Dans l'hypothèse où le Prestataire notifie qu'il est dans l'impossibilité d'accepter les modalités de traitement des Imprévus telles que demandées par le Client, ce dernier aura le droit de résilier le Contrat selon les termes prévus à l'article 19.2 (Résiliation).

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

Le rapport de fin de mission, quel que soit son nom, constitue une synthèse des Prestations telle que définie au Contrat. Ce rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou totale, ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou conseil desdits maître d'ouvrage, constructeur ou maître d'œuvre pour un projet différent de celui objet du Contrat est interdite et ne saurait en aucun cas engager la responsabilité du Prestataire à quelque titre que ce soit. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet, au site, à l'ouvrage et/ou à son environnement non révélé expressément au Prestataire lors de la réalisation des Prestations ou dont il lui a été demandé de ne pas tenir compte, rend le rapport caduc, dégage la responsabilité du Prestataire et engage celle du Client. Le Client doit faire actualiser le dernier rapport émis dans le cadre du Contrat en cas d'ouverture du chantier (pour lequel le rapport a été émis) plus d'un an après remise dudit rapport. 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.

16. Force Majeure

Le Prestataire ne sera pas responsable, de quelque manière que ce soit, de la non-exécution ou du retard d'exécution de ses obligations à la suite d'un événement de Force majeure. La Force majeure sera définie comme un événement qui empêche l'exécution totale ou partielle du Contrat et qui ne peut être surmonté en dépit des efforts raisonnables de la part de la Partie affectée, qui lui est extérieure. La Force Majeure inclura, notamment les événements suivants: catastrophes naturelles ou climatiques, pénurie de main d'œuvre qualifiée ou de matières premières, incidents majeurs affectant la production des agents ou sous-traitants du Prestataire, actes de guerre, de terrorisme, sabotages, embargos, insurrections, émeutes ou atteintes à l'ordre public.

Tout événement de Force Majeure sera notifié par écrit à l'autre Partie dès que raisonnablement possible. Si l'événement de Force Majeure se poursuit pendant plus de deux (2) mois et que les Parties ne se sont pas mises d'accord sur les conditions de poursuite du Contrat, l'une ou l'autre des Parties aura le droit de résilier le Contrat, sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours adressé à l'autre Partie, auquel cas la stipulation de la clause de Résiliation du Contrat s'appliquera.

Quand l'événement de Force Majeure aura cessé de produire ses effets, le Prestataire reprendra l'exécution des obligations affectées dès que possible. Le délai de réalisation sera automatiquement prolongé d'une période au moins équivalente à la durée réelle des effets de l'événement de Force Majeure. Tous frais supplémentaires raisonnablement engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure seront remboursés par le Client au Prestataire contre présentation de la preuve de paiement associée et de la facture correspondante.

17. Conditions de paiement, acompte, retenue de garantie

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur les paiements des Prestations.

Dans le cas où le Contrat nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies et envoyées par le Prestataire pour paiement par le Client. Les paiements interviennent à réception et sans escompte. L'acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières du devis est déduit de la facture ou décompte final(e).

En cas de sous-traitance par le Client au Prestataire 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.

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 sera exigible sans qu'un rappel ou mise en demeure 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 €.

Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge et des dommages-intérêts éventuels, une indemnité fixée à 15% du montant TTC de la créance avec un minimum de 500 euros. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date de paiement. Les Parties reconnaissent expressément qu'elle constitue une évaluation raisonnable de l'indemnité de recouvrement et de l'indemnisation des frais de recouvrement.

Un désaccord quelconque dans le cadre de l'exécution des Prestations ne saurait en aucun cas constituer un motif de non-paiement des Prestations réalisées et non soumises à contestation précise et documentée. La compensation est formellement exclue. En conséquence, le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue du prix des Prestations facturé ou de retenir les paiements.

18. Suspension

L'exécution du Contrat ne peut être suspendue par le Prestataire que dans les cas suivants :

- (i) En cas d'Imprévus,
- (ii) En cas de violation par le Client d'une ou plusieurs de ses obligations contractuelles,
- (iii) En cas de Force Majeure.

Quand l'un des événements mentionnés ci-dessus se produit, le Prestataire a le droit de notifier au Client son intention de suspendre l'exécution du Contrat. Dans ce cas, le délai de réalisation

sera prolongé d'une période équivalente à la durée de cette suspension et tous les frais associés engagés par le Prestataire suite à cette suspension seront remboursés par le Client contre présentation des preuves de paiement associées, en ce compris l'indemnité d'immobilisation au taux prévu au devis. Le Prestataire peut soumettre la reprise des obligations suspendues au remboursement par le Client au Prestataire des sommes mentionnées ci-dessus.

Si l'exécution du Contrat est suspendue pendant une période de plus de deux (2) mois, le Prestataire aura le droit de résilier le Contrat immédiatement sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours, auquel cas les stipulations de l'article « Résiliation » (19.2 et suivants) du Contrat s'appliqueront. À partir du moment où les obligations du Prestataire ou le Contrat sont suspendus pendant une durée égale ou supérieure à deux (2) mois, les Prestations seront considérées comme finies et acceptées par le Client.

19. Résiliation

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de négociation et résolution amiable du différend.

19.1 Résiliation pour manquement

Si l'une des Parties commet une violation substantielle du Contrat, l'autre Partie peut demander, par écrit, que la Partie défaillante respecte les conditions du Contrat. Si dans un délai de trente (30) jours, ou dans un autre délai dont les Parties auront convenu, après la réception de cette demande, la Partie défaillante n'a pas pris de mesures satisfaisantes pour respecter le Contrat, la Partie non défaillante peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la Partie défaillante une notification écrite à cet effet.

19.2 Résiliation pour insolvabilité ou événement similaire ou après suspension prolongée

Si l'une ou l'autre des Parties est en état de cessation des paiements ou devient incapable de répondre à ses obligations financières, ou après une suspension supérieure à deux (2) mois, l'autre Partie peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la première Partie une notification à cet effet. Cette résiliation entrera en vigueur à la date où ladite notification de résiliation est reçue par la première Partie.

19.3 Indemnisation pour résiliation

En cas de résiliation du Contrat en totalité ou en partie par le Client ou le Prestataire, conformément aux stipulations des Articles 19.1 ou 19.2, le Client paiera au Prestataire :

- Le solde du prix des Prestations exécutées conformément au Contrat, à la date de résiliation non encore payées, et
- Les coûts réellement engagés par le Prestataire jusqu'à la date de résiliation pour la réalisation des Prestations y compris si certaines Prestations ne sont pas terminées,
- les coûts engagés par le Prestataire suite à la résiliation, y compris, mais sans s'y limiter, tous les frais liés à l'annulation de ses contrats de sous-traitance ou de ses contrats avec ses propres fournisseurs et les frais engagés pour toute suspension prolongée (le cas échéant), et
- un montant raisonnable pour compenser les frais administratifs et généraux du Prestataire du fait de la résiliation, qui ne sera en aucun cas inférieur à quinze (15) pour cent du prix des Prestations restant à effectuer à la date de résiliation.

En cas de résiliation du Contrat due à un événement de Force Majeure conformément à l'Article 16, le Client paiera au Prestataire les montants mentionnés aux alinéas (i), (ii) et (iii) ci-dessus et tous les autres frais raisonnables engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure et à la suspension associée.

19.4 Effets de la résiliation

La résiliation du Contrat en totalité ou en partie, pour quelque raison que ce soit, n'affectera pas les stipulations du présent article et des articles concernant la propriété intellectuelle, la confidentialité, la limitation de responsabilité, le droit applicable et le règlement des différends.

20. Répartition des risques, responsabilités

20.1 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. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution des Prestations spécifiquement confiées. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la réalisation des Prestations doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une prestation complémentaire. À défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la prestation 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 quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir des données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des Prestations possède une représentativité limitée et donc incertaine par rapport à l'ensemble du site pour lequel elles seraient extrapolées.

20.2 Le Prestataire est responsable des dommages qu'il cause directement par l'exécution de ses Prestations, dans les conditions et limites du Contrat. À ce titre, il est responsable de ses Prestations dont la défectuosité lui est imputable. Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, la responsabilité totale et cumulée du Prestataire au titre du ou en relation avec le Contrat sera plafonnée au prix total HT du Contrat et à dix mille (10 000) euros pour tout Contrat dont le prix HT serait inférieur à ce montant, quel que soit le fondement de la responsabilité (contractuelle, délictuelle, garantie, légale ou autre). Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs et/ou non-consécutifs à un dommage matériel et ne sera pas responsable des dommages 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, que ceux-ci soient considérés directs ou non.

20.3 Le Prestataire sera garanti et indemnié en totalité par le Client contre tous recours, demandes, actions, procédures, recherches en responsabilité de toute nature de la part de tiers au Contrat à l'encontre du Prestataire du fait des Prestations.

21. Assurances

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 L241-I du Code des assurances. **A ce titre et en toute hypothèse y compris pour les ouvrages non soumis à obligation d'assurance, 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€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire.** 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. Au-delà de 15 M€ HT de valeur de l'ouvrage, 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-cotation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inhabituels sont exclus du contrat d'assurance en vigueur et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. À 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).

Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le Client.

22. Changement de lois

Si à tout moment après la date du devis du Prestataire au Client, une loi, un règlement, une norme ou une méthode entre en vigueur ou change, et si cela augmente le coût de réalisation des Prestations, ou si cela affecte plus généralement l'une des conditions du Contrat, tel que, mais sans que ce ne soit limitatif, le délai de réalisation ou les garanties, le prix du Contrat sera ajusté en fonction de l'augmentation des coûts subie par le Prestataire du fait de ce changement et supporté par le Client. Les autres conditions du Contrat affectées seront ajustées de bonne foi pour refléter ce/ces changement(s).

23. Interprétation, langue

En cas de contradiction ou de conflit entre les termes des différents documents composant le Contrat tel qu'indiqué en article 1, les documents prévalent l'un sur l'autre dans l'ordre dans lequel ils sont énoncés audit article 1. Sauf clause contraire spécifique dans le devis, tout rapport et/ou document objet des Prestations sera fourni en français. Les titres des articles des présentes conditions générales n'ont aucune valeur juridique ni interprétative.

24. Cessibilité de Contrat, non-renonciation

Le Contrat ne peut être cédé, en tout ou en partie, par le Client ou le Prestataire à un tiers sans le consentement exprès, écrit, préalable de l'autre Partie. La sous-traitance par le Prestataire n'est pas considérée comme une cession au titre du présent article. Le fait que le Prestataire ne se prévale pas à un moment donné de l'une quelconque des stipulations du Contrat et/ou tolère un manquement par le Client à l'une quelconque des obligations visées dans le Contrat ne peut en aucun cas être interprété comme valant renonciation par le Prestataire à se prévaloir ultérieurement de l'une quelconque desdites stipulations.

25. Divisibilité

Si une stipulation du Contrat est jugée par une autorité compétente comme nulle et inapplicable en totalité ou en partie, la validité des autres stipulations du Contrat et le reste de la stipulation en question n'en sera pas affectée. Le Client et le Prestataire remplaceront cette stipulation par une stipulation aussi proche que possible de la stipulation rendue invalide, produisant les mêmes effets juridiques que ceux initialement prévus par le Client et le Prestataire.

26. Litiges - Attribution de juridiction

LE PRÉSENT CONTRAT EST SOUMIS AU DROIT FRANÇAIS ET TOUT LITIGE RELATIF AUDIT CONTRAT (SA VALIDITÉ, SON INTERPRÉTATION, SON EXISTENCE, SA RÉALISATION, DÉFECTUEUSE OU TOTALE, SON EXPIRATION OU SA RÉSILIATION NOTAMMENT) SERA SOUMIS EXCLUSIVEMENT AU DROIT FRANÇAIS.

À DÉFAUT D'ACCORD AMIABLE DANS UN DÉLAI DE 30 JOURS SUIVANT L'ENVOI D'UNE CORRESPONDANCE FAISANT ÉTAT D'UN DIFFÉREND, TOUT LITIGE SERA SOUMIS POUR RÉSOLUTION AUX JURIDICTIONS DU RESSORT DU SIÈGE SOCIAL DU PRESTATAIRE QUI SONT SEULES COMPÉTENTES, ET AUXQUELLES LES PARTIES ATTRIBUENT COMPÉTENCE EXCLUSIVE, MÊME EN CAS DE DEMANDE INCIDENTE OU D'APPEL EN GARANTIE OU DE PLURALITÉ DE DÉFENDEURS. LA LANGUE DU CONTRAT ET DE TOUT RÈGLEMENT DES LITIGES EST LE FRANÇAIS.

NOVEMBRE 2018

ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés ci-après. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions GI à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, Esquisse, APS	Études géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Études géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500)

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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (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).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES 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 GEOTECHNIQUE 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.

A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

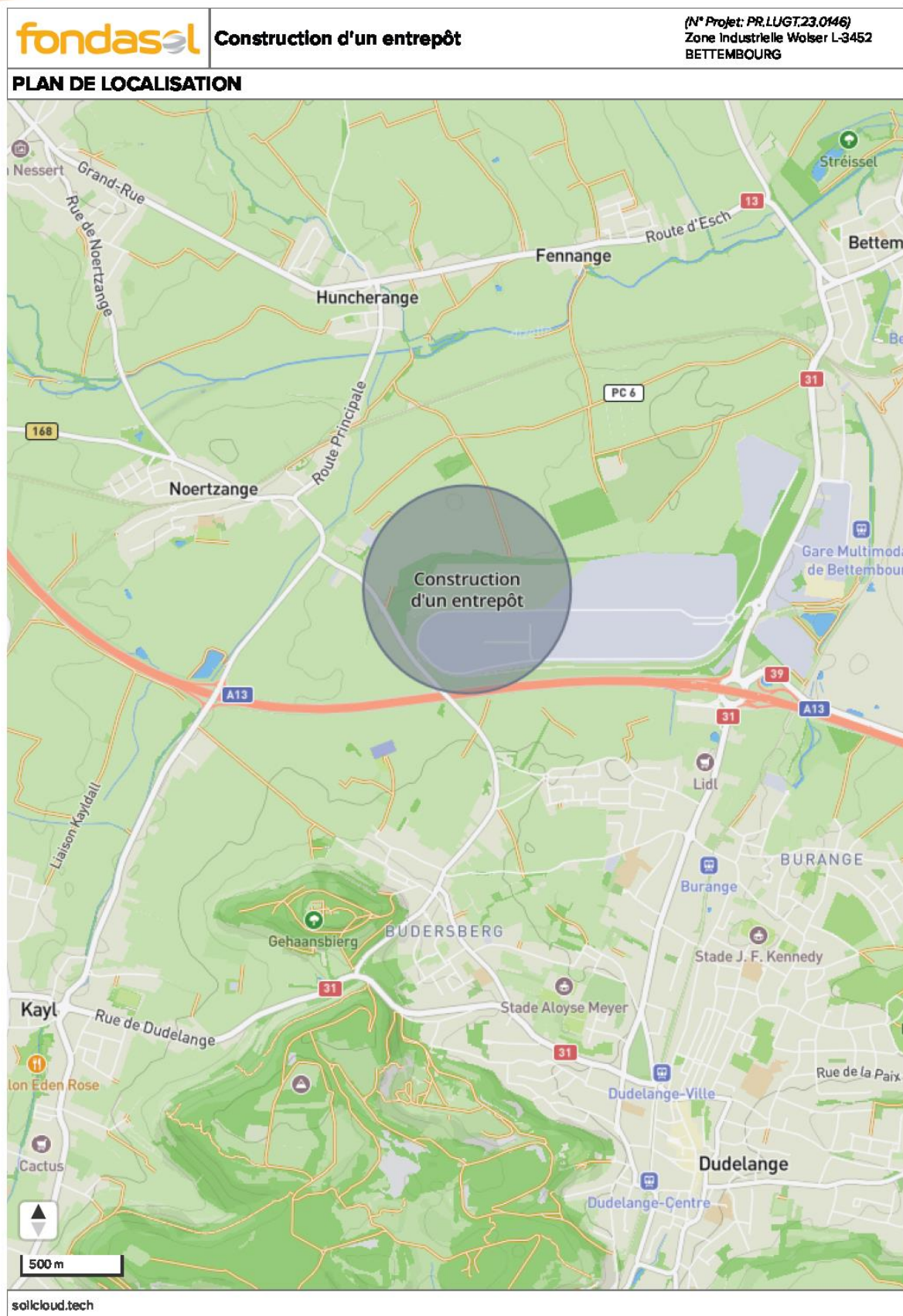
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou 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).

Février 2014

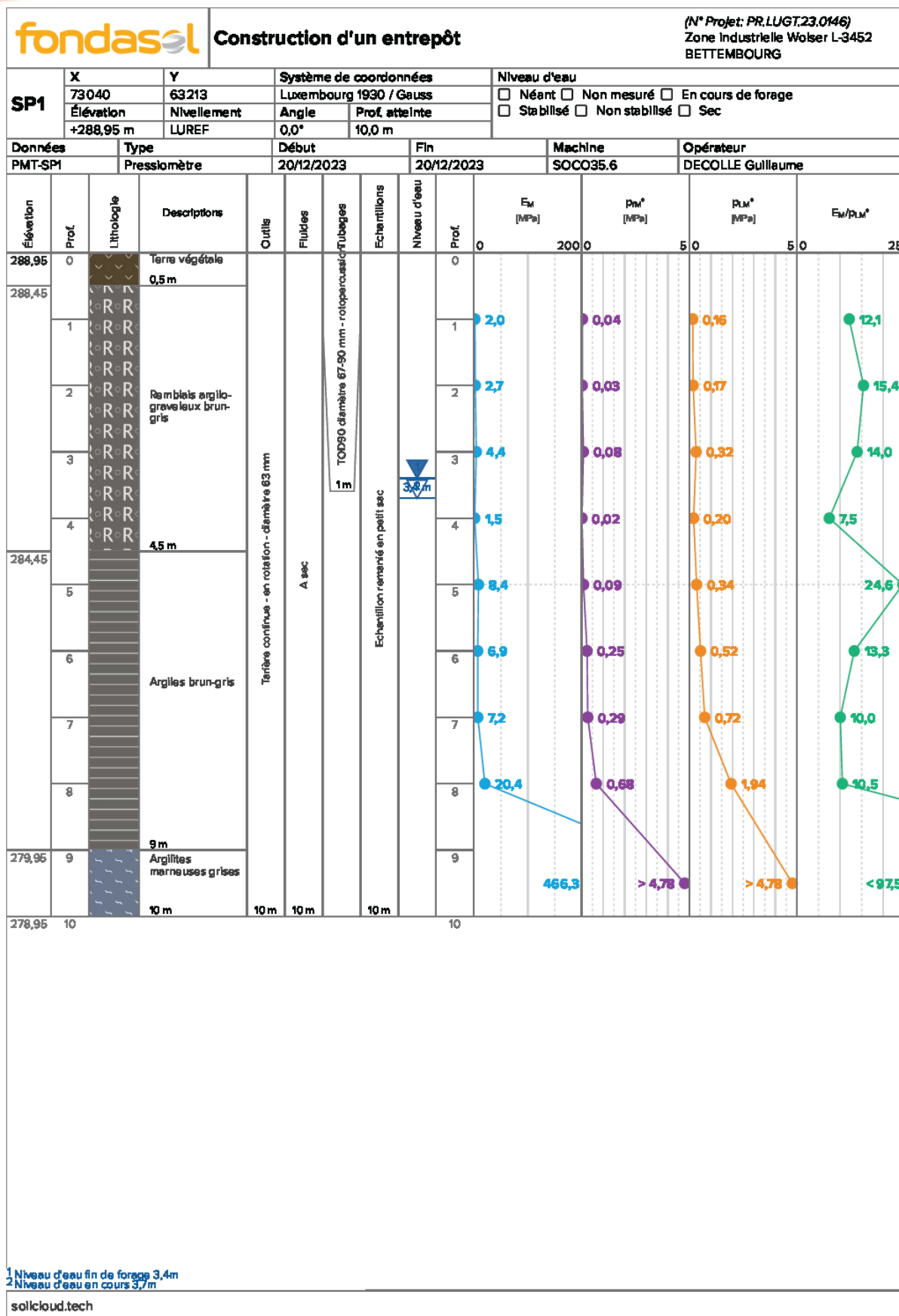
ANNEXE N°I : PLAN DE SITUATION

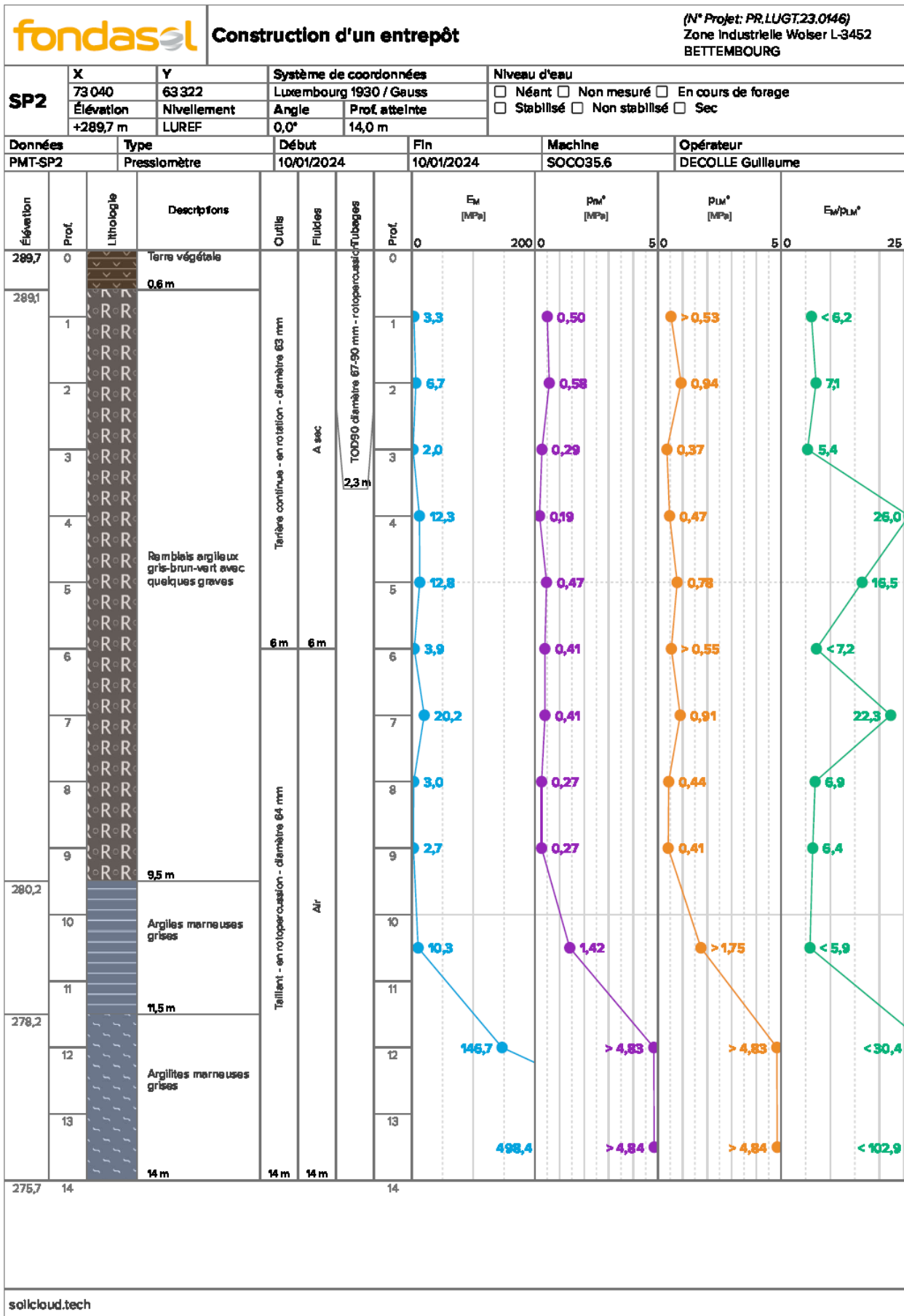


ANNEXE N°2 : PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

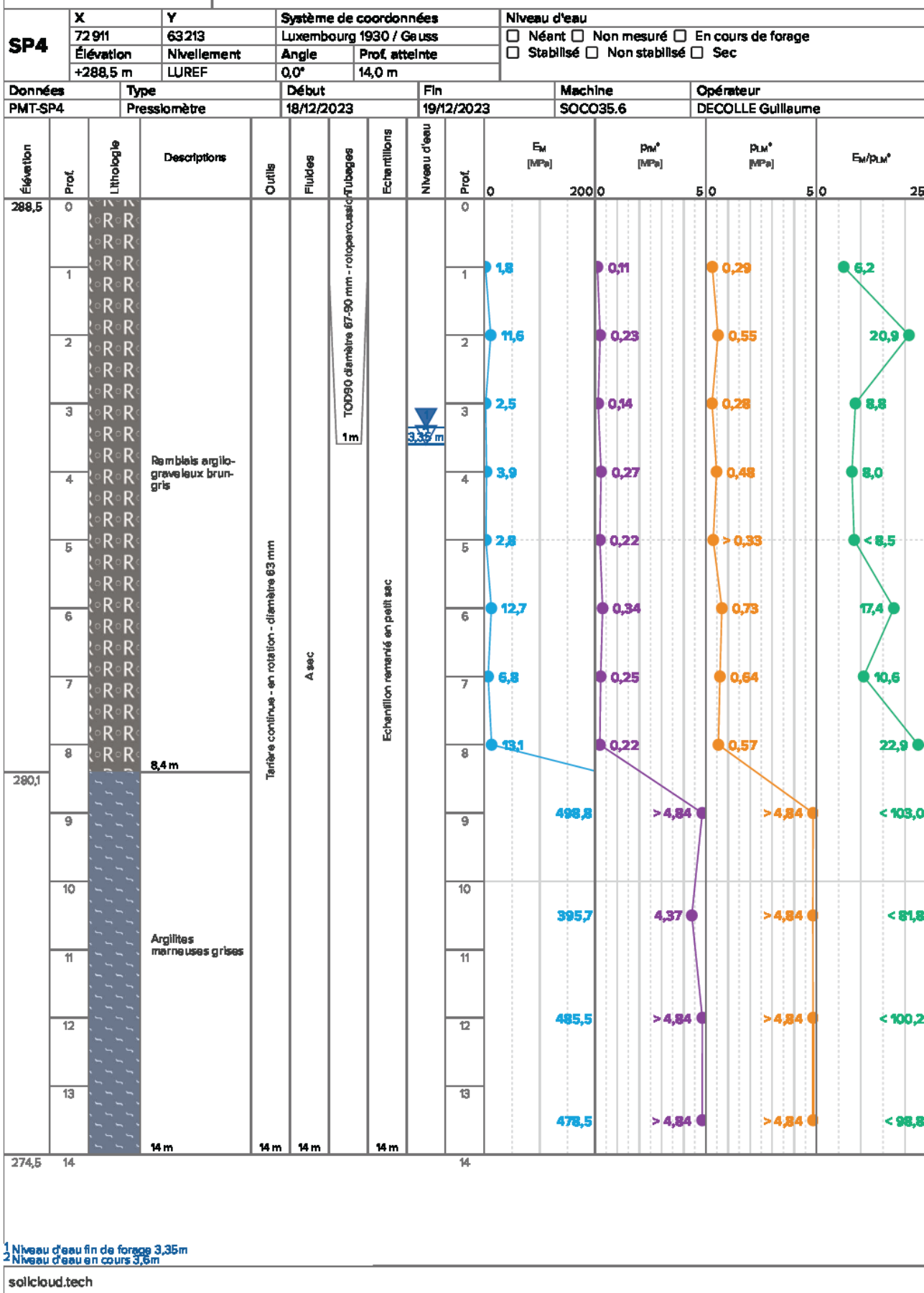


ANNEXE N°3 : COUPES DES SONDAGES





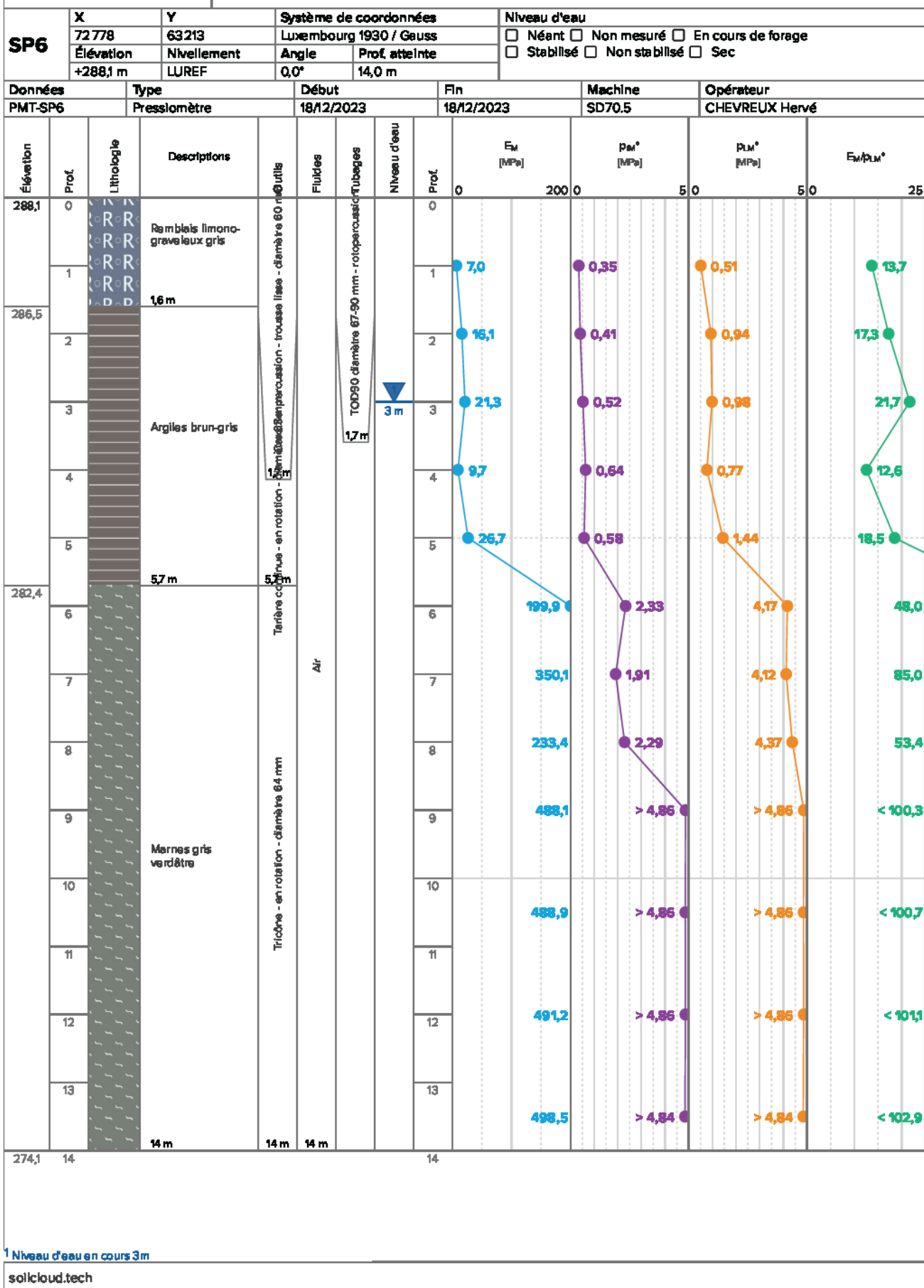
FONDASOL – PR.LUGT.23.0146 – 001 – 1ère diffusion
BETTEMBOURG – Construction d'un entrepôt industriel – Etude géotechnique - Mission G2-AVP

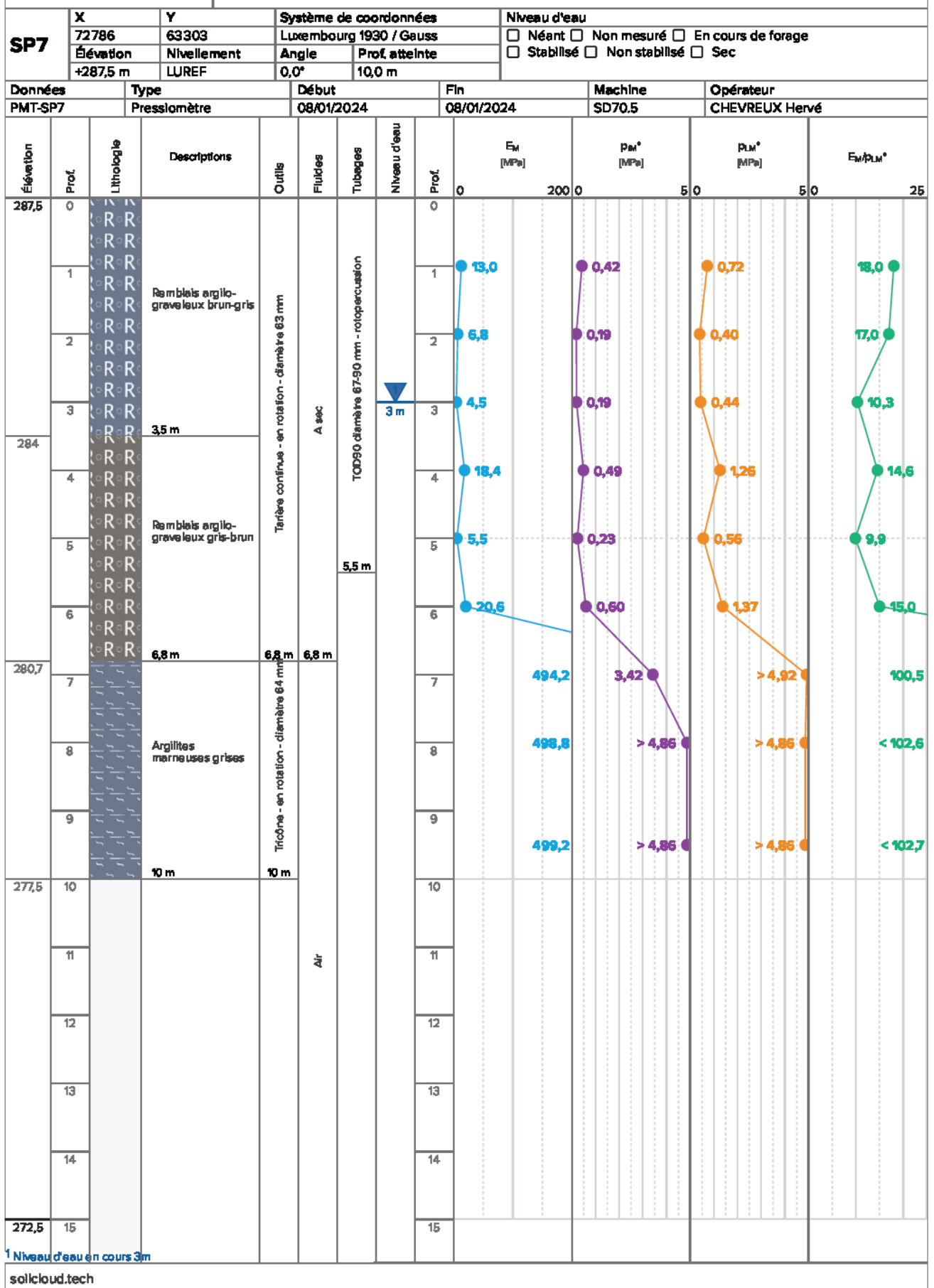


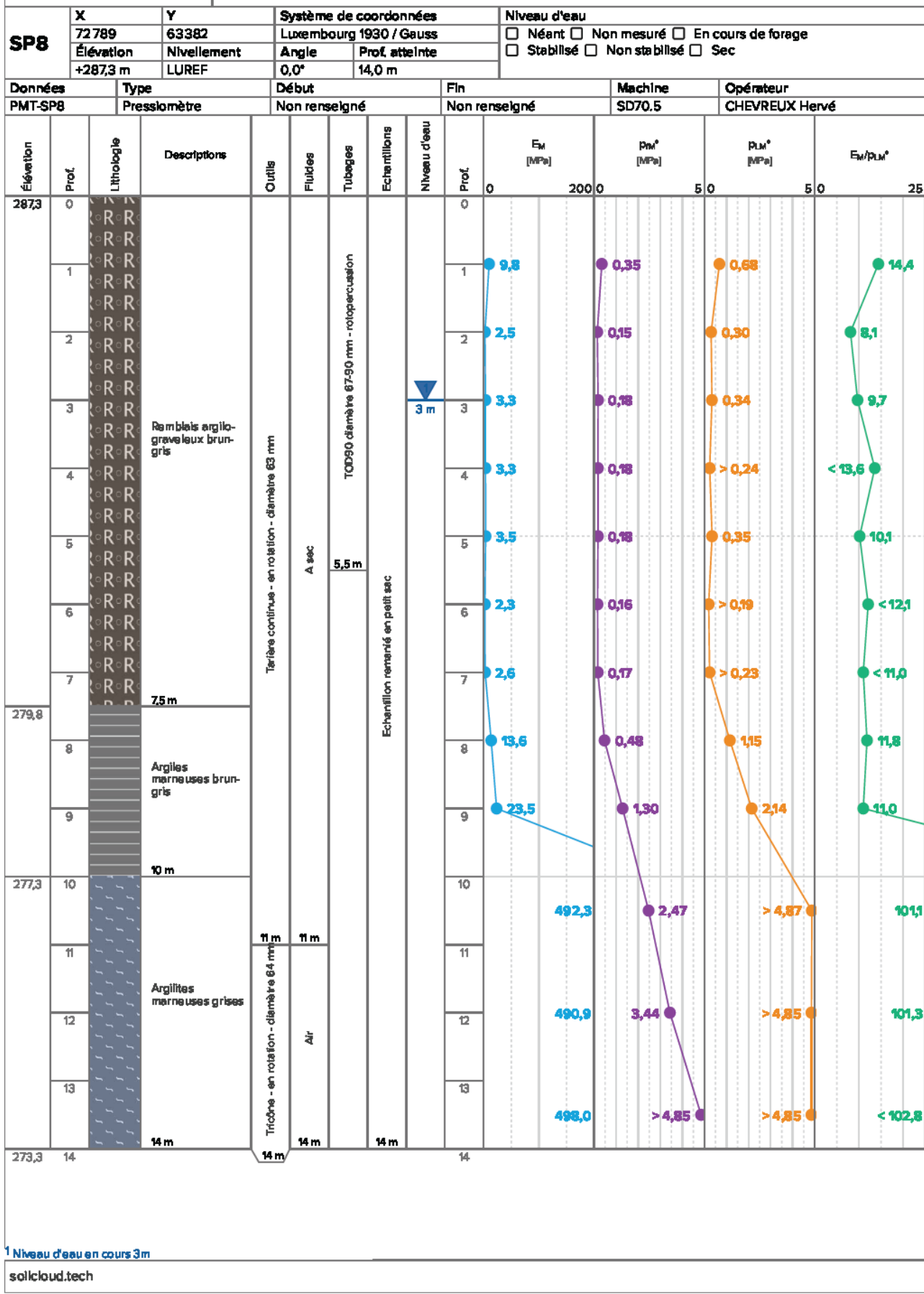
SP5		X	Y	Système de coordonnées		Niveau d'eau							
		72 924	63379	Luxembourg 1930 / Gauss		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage							
		Élévation	Nivellement	Angle	Prof. atteinte	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec							
		+289,0 m	LUREF	0,0°	10,0 m								
Données		Type	Début		Fin	Machine	Opérateur						
PMT-SP5		Pressiomètre	10/01/2024		10/01/2024	SOCO35.6	DECOLLE Guillaume						
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Tubages	Echantillons	Niveau d'eau	Prof.	E_m [MPa]	Pm^* [MPa]	Plm^* [MPa]	E_m/Pm^*
289	0		Remblais argilo-graveleux brun-gris	Tarière continue - en rotation - diam 63 mm	A sec	TOD90 diam 67-80 mm - rotoperçusion	Echantillon ramené en petit sac		0				
	1								8,1	0,46	0,71	11,4	
	2								1,5	0,19	> 0,25	< 6,0	
	3								2,7	0,19	> 0,26	< 10,7	
	4		4,5 m			4,5 m			4	2,3	0,18	> 0,24	< 9,5
284,5	5								2,6	0,20	0,29	8,9	
	6								2,7	0,20	0,34	7,8	
	7								6,0	0,26	0,54	11,2	
	8		Remblais argileux gris-vert à passages marron-rouille						8	3,9	0,21	0,44	8,7
	9								15,4	0,55	1,16	14,1	
280	9		Argiles marneuses grises						9				
	10												
279	10		10 m	10 m		10 m		10					

¹ Niveau d'eau en cours 3m

soilcloud.tech







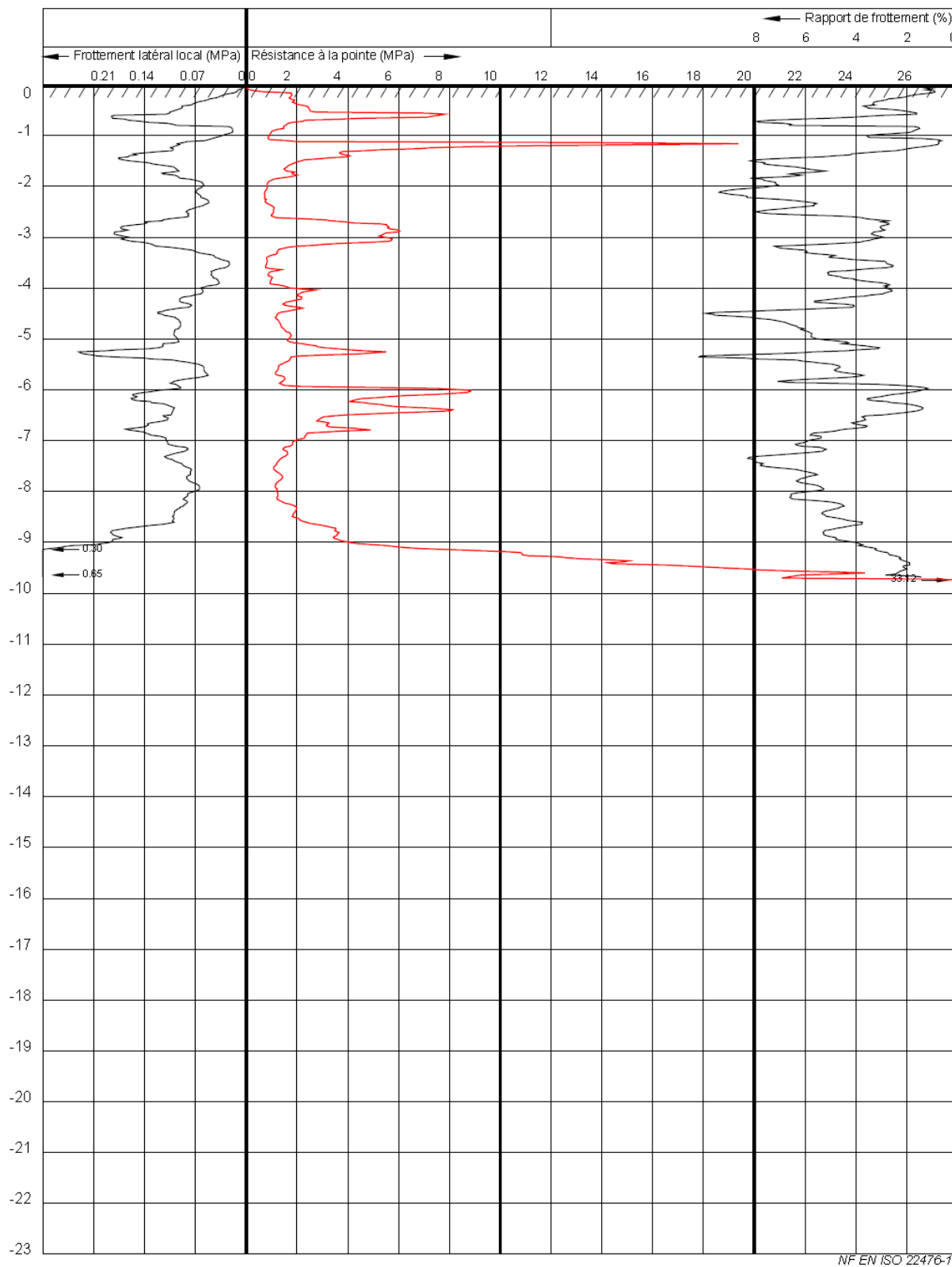
ANNEXE N°4 : SONDAGES AU PENETROMETRE STATIQUE

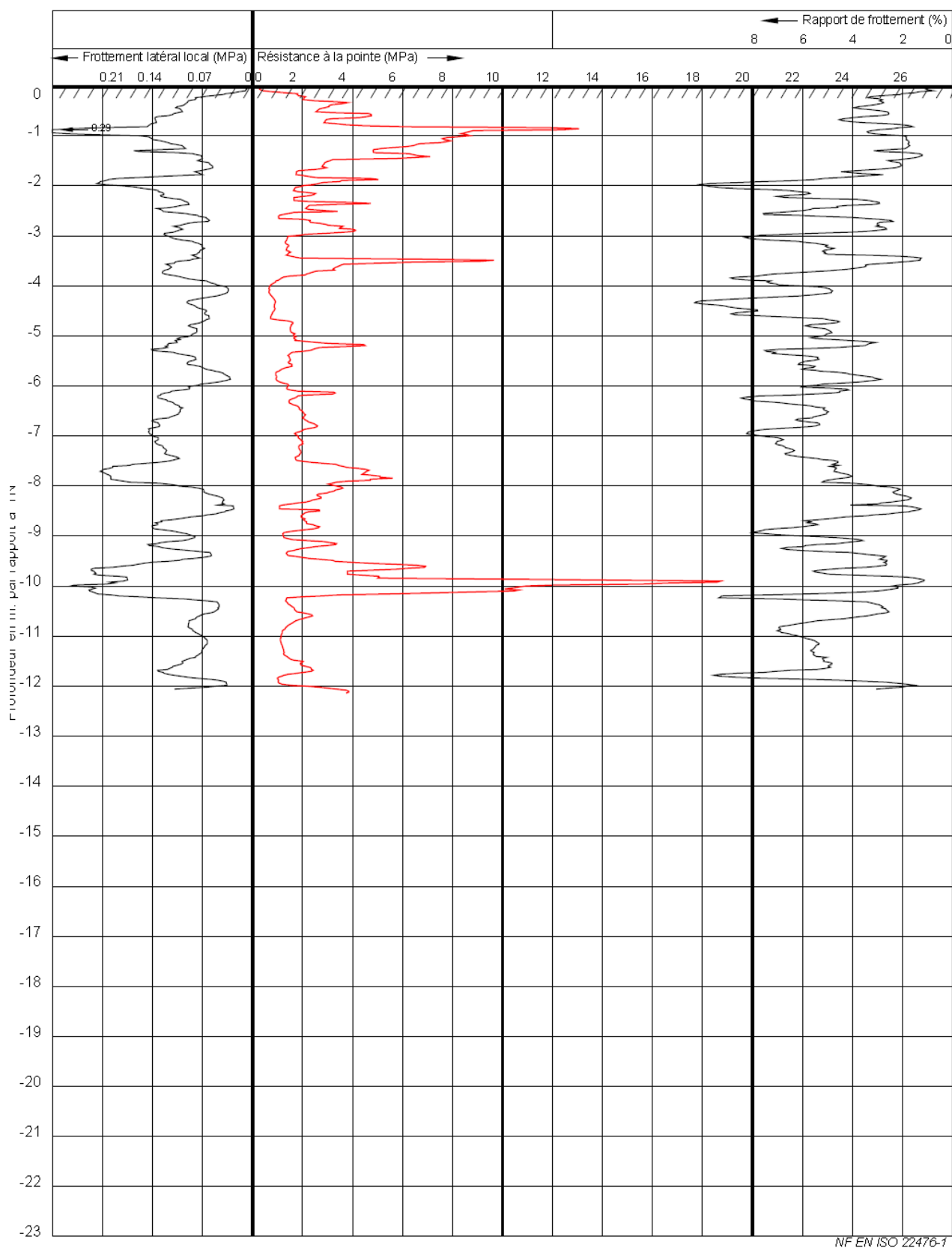


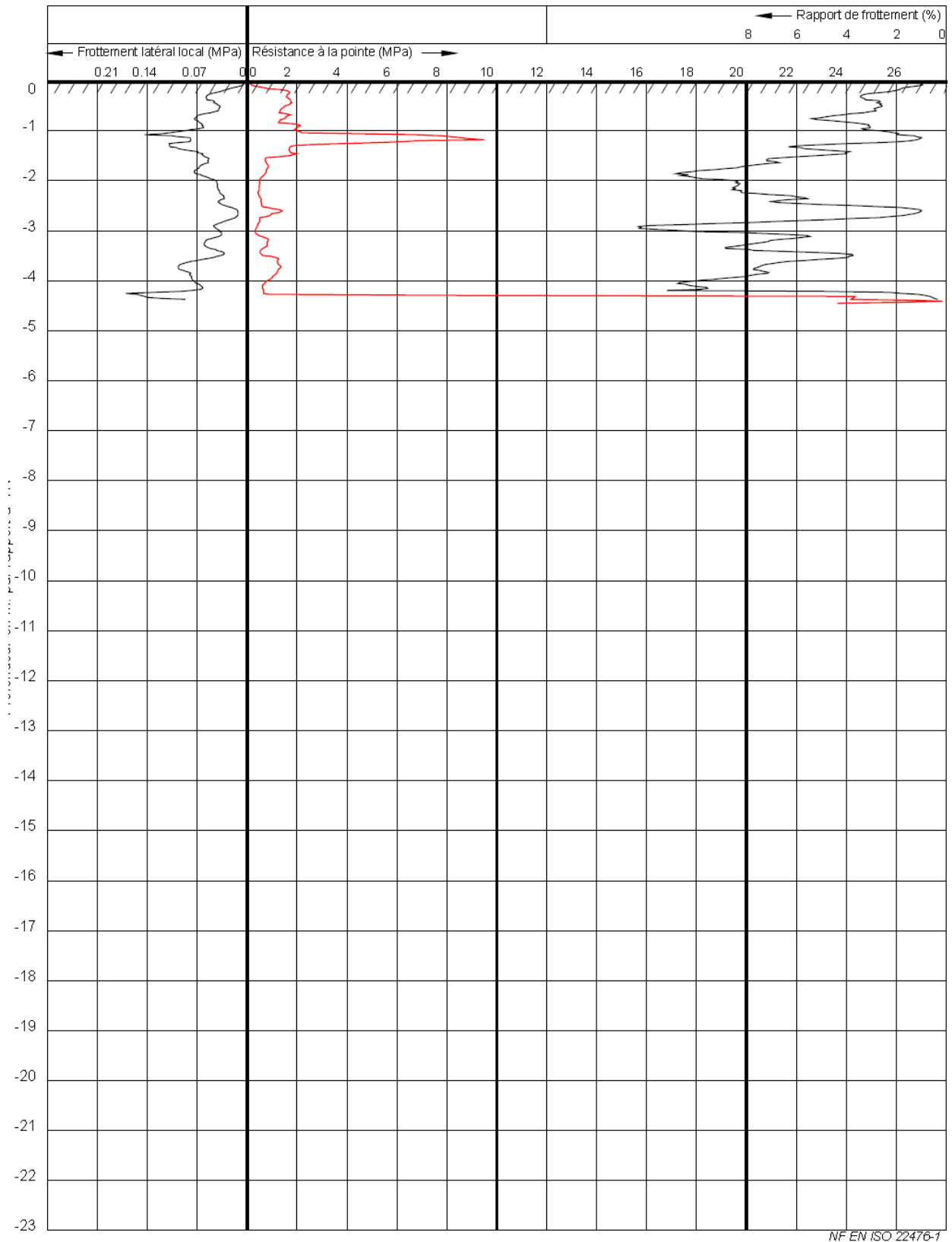
B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.lankelma.fr

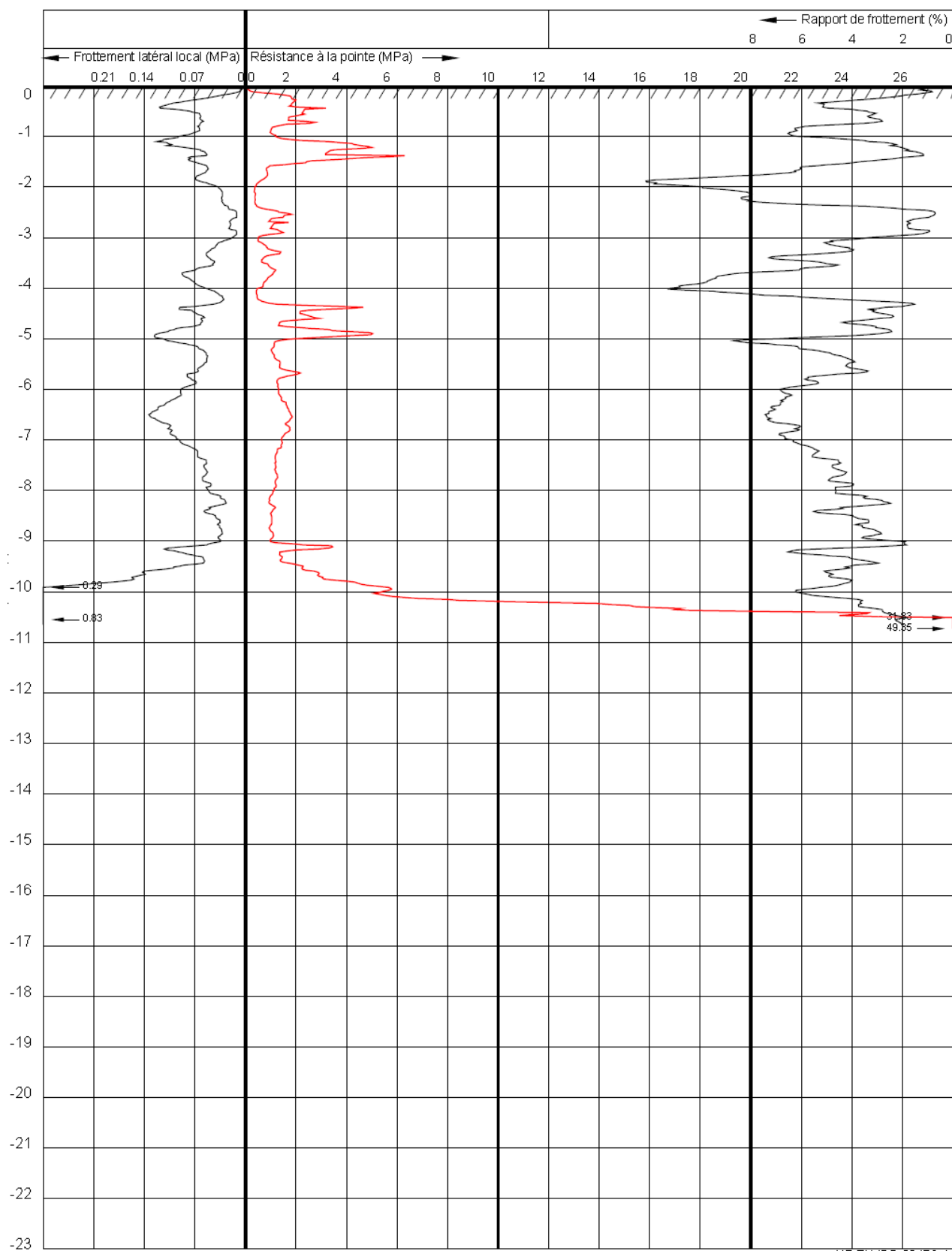


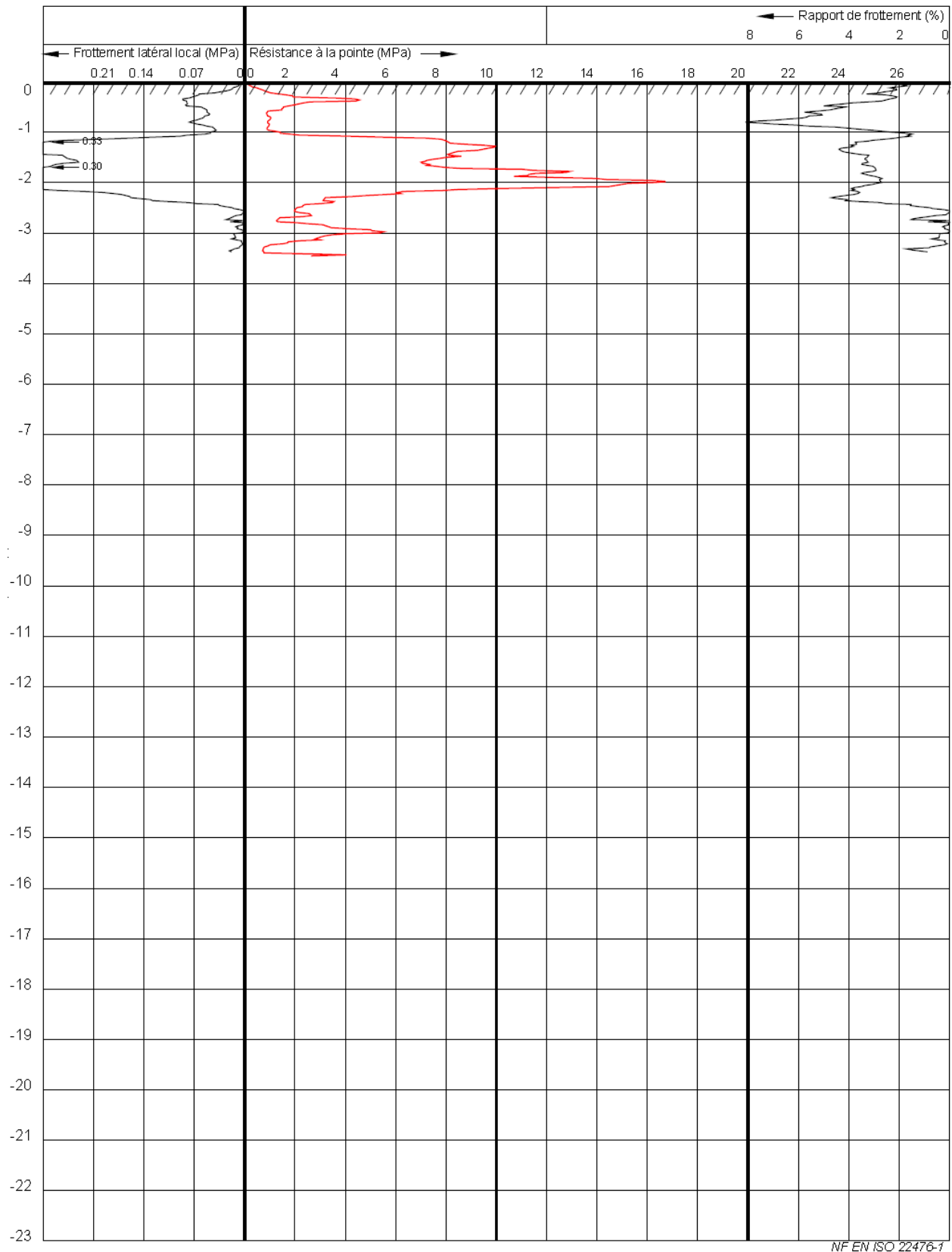
Dossier no. : 2302913	Pointe : 071215
Pénétromètre : 1	Surface de la pointe : 1500 mm ²
Projet : Route de Boudersberg	Date : 20-12-2023
Ville : Bettembourg	Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN



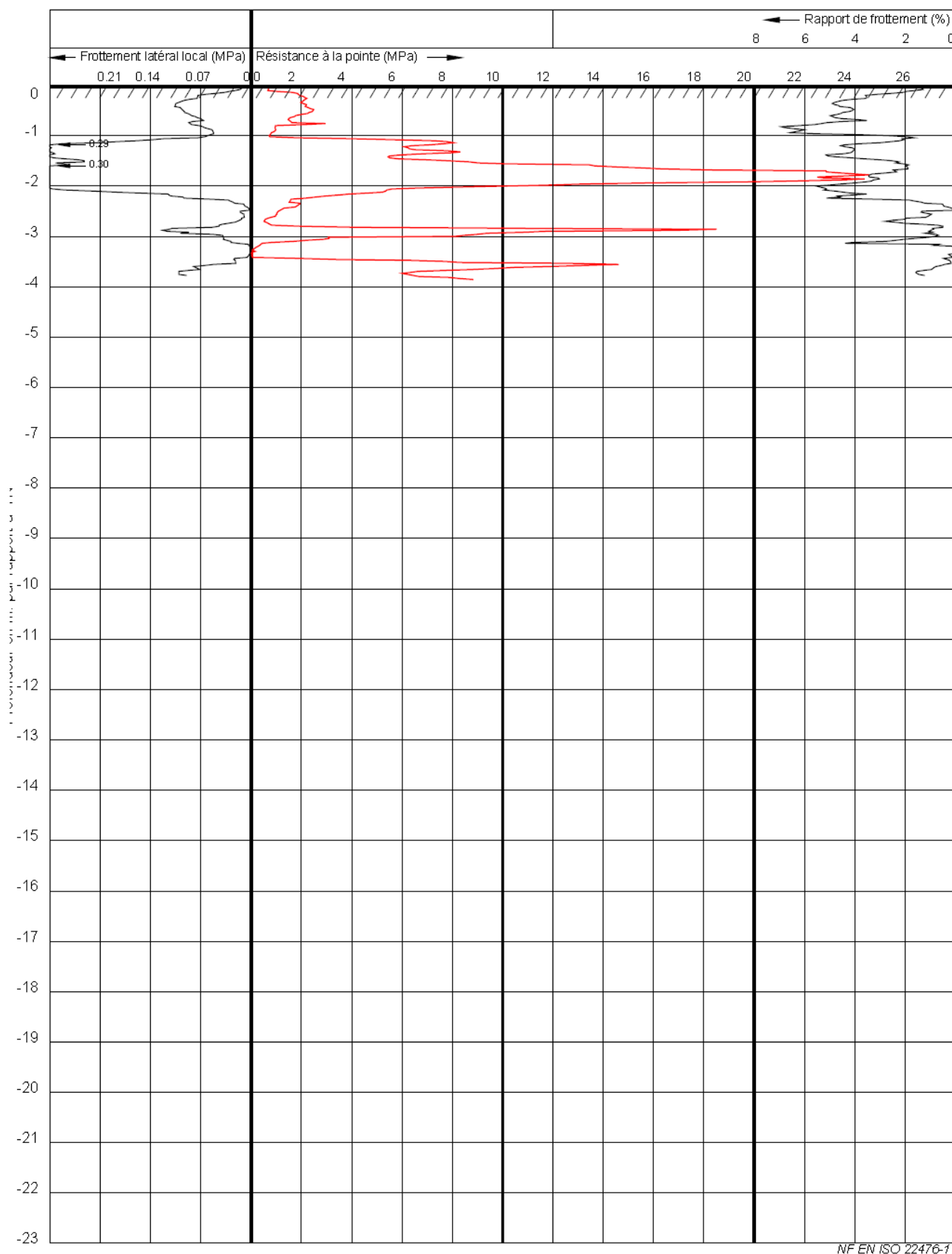




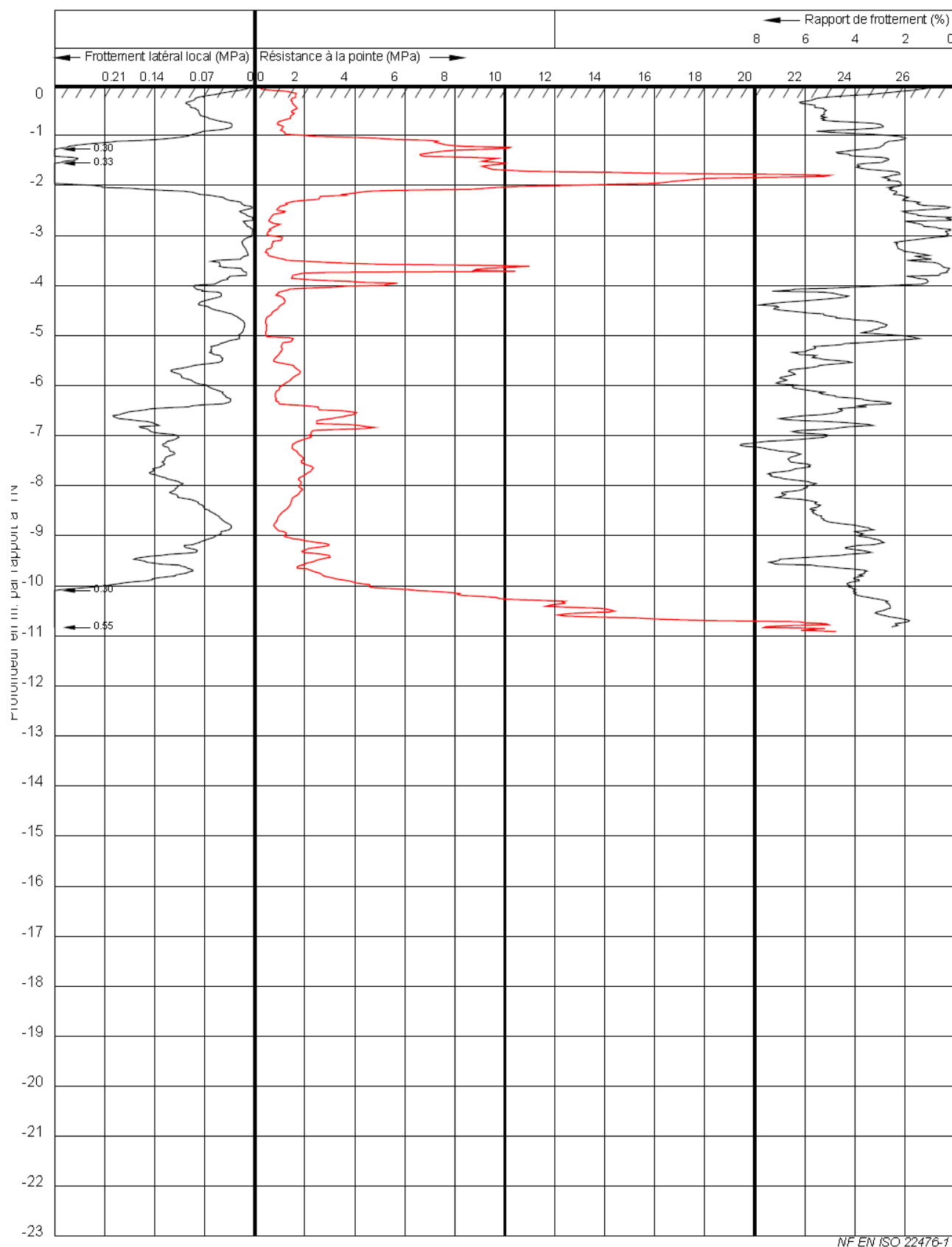




NF EN ISO 22476-1



NF EN ISO 22476-1



ANNEXE N°5 : SONDAGES CAROTTES

fondasol		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone Industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG					
SC1+PZ	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau					
	72 811	63330	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input checked="" type="checkbox"/> En cours de forage <input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec					
	Élévation +288,6 m	Prof. atteinte 12,0 m	Angle 0,0°	Nivellement LUREF	Précision des nivellements Non renseigné						
Début 19/12/2023		Fin 20/12/2023		Machine -		Opérateur CHEVREUX Hervé					
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions			Outils	Fluides	Tubages	Équipements	Échantillons	Niveau d'eau
288,6	0		Remblais argilo-graveleux avec laitiers			Carotier percussion - tresse lisse - diamètre 114 mm		Diamètre 120-140 mm - rotopercussion	Pézomètre ouvert	Échantillon ramené en caisse	
	1										
	2										
	3										
285,1	4		Argiles brun-gris			Carotier percussion - tresse lisse - diamètre 114 mm	Eau	Diamètre 120-140 mm - rotopercussion	Pézomètre ouvert	Échantillon ramené en caisse	
	5										
282,6	6		Argilites marneuses grises			Carotier rotation - couronne diamant - diamètre 116 mm		Diamètre 120-140 mm - rotopercussion	Pézomètre ouvert	Échantillon ramené en caisse	
	7										
	8										
	9										
	10										
	11										
276,6	12				12 m	12 m	12 m	12 m	12 m		

¹ Niveau d'eau en cours 3m

soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC1+pz	Carotté	+288,6 m LUREF	12,0 m




solicloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC1+pz	Carotté	+288,6 m LUREF	12,0 m





Construction d'un entrepôt

(N° Projet: PR.LUGT.23.0146)
Zone Industrielle Wolser L-3452
BETTEMBOURG

SC2

X

Y

Système de coordonnées

Précision des relevés

Niveau d'eau

72 971

63333

Luxembourg 1930 / Gauss

Non renseigné

☐ Néant
☐ Non mesuré
☐ En cours de forage

Élévation

Prof. atteinte

Angle

Nivellement

Précision des nivellements

☐ Stabilisé
☐ Non stabilisé
☐ Sec

+289,4 m

12,0 m

0,0°

LUREF

Non renseigné

Début

Fin

Machine





Opérateur

11/01/2024

11/01/2024

—

CHEVREUX Hervé

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Tubages	Echantillons	Niveau d'eau
289,4	0		Ramblais argilo-graveleux avec laitiers 3,5 m	Carotier percussion - troussé lisse - diamètre 114 mm	A sec	Diamètre 120-140 mm - rotoperçusion	Echantillon ramené en caisse	
	1							
	2							
	3							
285,9	4		Argiles brun-gris 9 m	9 m	9 m	9 m	12 m	12 m
	5							
	6							
	7							
	8							
280,4	9		Argilites marneuses grises 12 m	Carotier rotation - couronne caroture - diamètre 116 mm	Eau	12 m	12 m	12 m
	10							
	11							
277,4	12							

1 Niveau d'eau en cours 3m

soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC2	Carotté	+289,4 m LUREF	12,0 m



RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC2	Carotté	+289,4 m LUREF	12,0 m

6,0 m



8,0 m

8,0 m







10,0 m

10,0 m



12,0 m

SC3	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau				
	72 792	63 272	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage <input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec				
	Élévation +288,0 m	Prof. atteinte 12,0 m	Angle 0,0°	Nivellement LUREF	Précision des nivellements Non renseigné					
Début 21/12/2023			Fin 21/12/2023		Machine -	Opérateur CHEVREUX Hervé				
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions			Outils	Fluides	Tubages	Echantillons	Niveau d'eau
288	0		Remblais argilo-graveleux avec laitiers			Carottier percussion - troussé lisse - diamètre 114 mm	Eau	Diamètre 120-140 mm - rotapercussion	Echantillon remanié en caséa	
	1									
	2									
	3									
284,5			Argiles brun-gris			6,5 m		6,5 m		
	4									
	5									
	6		Argilites marneuses grises			Carottier rotation - couronne diamant - diamètre 116 mm	12 m	12 m		
281	7									
	8									
	9									
	10									
	11									
276	12					12 m				

1 Niveau d'eau en cours 3m

solcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC3	Carotté	+288,0 m LUREF	12,0 m



solcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC3	Carotté	+288,0 m LUREF	12,0 m



SC4+PZ		X	Y	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau						
		72 999	63 282	Luxembourg 1930 / Gauss	Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage						
		Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements						
		+287,6 m	12,0 m	0,0°	LUREF	Non renseigné						
Début			Fin		Machine		Opérateur					
12/01/2024			12/01/2024		-		CHEVREUX Hervé					
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils	Fluides	Tubages	Équipements	Echantillons	Niveau d'eau
287,6	0		Remblais argilo-graveleux avec laitiers				Carottier percussion - trousses lisse - diamètre 114 mm	A sec	Diamètre 120-140 mm - rotoperçusion	Piézomètre ouvert	Echantillon remanié en caisse	
	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
		7 m										
280,6	7		Argiles brun-gris				9 m	9 m	9 m			
	8											
		9 m										
278,6	9		Argilites marneuses grises				Carottier rotation - couronne carbure - diamètre 118 mm	Eau				
	10											
	11											
		12 m										
275,6	12											

¹ Niveau d'eau en cours 3 m

soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC4+pz	Carotté	+287,6 m LUREF	12,0 m




RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
SC4+pz	Carotté	+287,6 m LUREF	12,0 m




ANNEXE N°6: FOUILLES A LA PELLE MECANIQUE



Construction d'un entrepôt

(N° Projet: PR.LUGT.23.0146)
Zone industrielle Wolser L-3452
BETTEMBOURG

PM1	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau			
	72 981	63 202	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage			
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec			
	+288,55 m	3,4 m	0,0°	LUREF	Non renseigné				
Début			Fin		Machine	Opérateur			
19/12/2023 14:30			19/12/2023 15:00		—	Timothé BOIZET			
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions			Pelle mécanique - à godet - 100 cm 3,4 m	Echantillons Échantillon remanié en grand 1,65 m	Notes Bonne tenue des parois 3,4 m	Niveau d'eau
288,4	0		Terre végétale						
			0,15 m						
287,8	1		Remblais argileux gris						
			0,75 m						
	2		Remblais argileux brun-gris						
285,55	3		Remblais argilo-graveleux gris						
285,15			3,4 m						




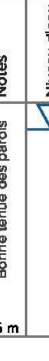

1 Niveau d'eau en cours 1,25m

soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM1	Autre	+288,55 m LUREF	3,4 m



			Construction d'un entrepôt			(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG				
PM2	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau				
	73 053	63 245	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage				
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec				
	+289,2 m	3,5 m	0,0°	LUREF	Non renseigné					
Début			Fin		Machine	Opérateur				
19/12/2023 13:00			19/12/2023 13:25		—	Timothé BOIZET				
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Pelle mécanique - à godet - 100 cm	Échantillons	Notes	Niveau d'eau
289,1	0		Terre végétale							
			0,1 m							
			Remblais argileux bruns							
288,2	1		1 m							
287,8			Remblais argileux gris							
			1,4 m							
			Remblais argileux beige -gris							
287,1	2		2,1 m							
			Remblais argileux gris-vert							
	3		3,5 m							
285,7										




1 Niveau d'eau en cours 0,4m

soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM2	Autre	+289,2 m LUREF	3,5 m



		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG				
PM3	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau				
	73 051	63325	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage				
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec				
	+289,35 m	3,4 m	0,0°	LUREF	Non renseigné					
Début			Fin		Machine	Opérateur				
19/12/2023 12:30			19/12/2023 12:55		–	Timothé BOIZET				
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils	Echantillons	Notes	Niveau d'eau
289,25	0		Terre végétale				Pelle mécanique - à godet - 100 cm	Echantillon remanié en grand s	Mauvaise tenue des parois	
	1		Remblais argileux gris							
	2									
	3		3,1 m							
285,95			Remblais argilo-graveleux gris-beige				3,4 m			
			3,4 m				3,1 m			


¹ Niveau d'eau en cours 2m

soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM3	Autre	+289,35 m LUREF	3,4 m



		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG	
PM4	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés		Niveau d'eau
	72 999	63 362	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements		<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec
	+288,85 m	3,1 m	0,0°	LUREF	Non renseigné		
Début			Fin		Machine		Opérateur
19/12/2023 11:55			19/12/2023 12:25		-		Timothé BOIZET
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Niveau d'eau
288,75	0	R R R	Terre végétale				Pelle mécanique - à godet - 100 cm Outils Échantillons Échantillon remanié en grand Mauvaise tenue des parois Notes Niveau d'eau
288,25		R R R	0,1 m Remblais argileux bruns				
	1	R R R	0,6 m				
	2	R R R	Remblais argileux gris				
285,75	3	R R R	3,1 m				3,1 m




1 Niveau d'eau en cours 1,9m

soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM4	Autre	+288,85 m LUREF	3,1 m



		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG				
PM5	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés		Niveau d'eau			
	72 914	63 364	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage			
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements		<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec			
	+288,6 m	3,5 m	0,0°	LUREF	Non renseigné					
Début			Fin		Machine		Opérateur			
19/12/2023 11:30			19/12/2023 11:50		-		Timothé BOIZET			
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils Pelle mécanique - à godet - 100 cm	Echantillons Échantillon remanié en grand site	Notes Moyenne tenue des parois	Niveau d'eau 
288,35	0		Terre végétale 0,1 m Remblais argileux bruns 0,25 m Remblais argileux gris avec présence de bois et matériaux calcinés 2 m Remblais argilo-graveleux gris avec feuillets d'argillites 3,1 m Remblais argilo-graveleux bruns 3,5 m					0,25 m		
285,6	2									
285,5	3								3,5 m	
285,1								3,5 m		

¹ Niveau d'eau en cours 2m






soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM5	Autre	+288,6 m LUREF	3,5 m



soilcloud.tech






		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG	
PM6	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés		Niveau d'eau
	72 832	63 366	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements		<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec
	+287,1 m	2,8 m	0,0°	LUREF	Non renseigné		
Début			Fin		Machine		Opérateur
19/12/2023 11:00			19/12/2023 11:25		-		Timothé BOIZET
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils Echantillons Notes Niveau d'eau
286,95	0		Terre végétale				Pelle mécanique - à godet - 100 cm 0,15 m
	1		Remblais argileux bruns				Echantillon remanié en grand 2,8 m
	2						Mauvaise tenue des parois 2,8 m
284,3							Niveau d'eau en cours 0,9m 

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM6	Autre	+287,1 m LUREF	2,8 m





soilcloud.tech

		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG				
PM7	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés		Niveau d'eau			
	72 742	63 319	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage			
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements		<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec			
	+287,4 m	3,0 m	0,0°	LUREF	Non renseigné					
Début			Fin		Machine		Opérateur			
19/12/2023 10:45			19/12/2023 11:00		-		Timothé BOIZET			
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils Pelle mécanique - à godet - 100 cm	Echantillons Echantillon remanié en grand godet	Notes Bonne tenue des parois	Niveau d'eau
287,25	0		Terre végétale				0	1		
	1		Remblais argilo-graveleux bruns avec feuillets argileux				3			
	2						3			
284,4	3						3			
1 Niveau d'eau en cours 1,4m soilcloud.tech										

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM7	Autre	+287,4 m LUREF	3,0 m











			Construction d'un entrepôt			(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG				
PM8	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau				
	72 748	63 248	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage				
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec				
	+287,6 m	3,1 m	0,0°	LUREF	Non renseigné					
Début			Fin		Machine	Opérateur				
19/12/2023 10:15			19/12/2023 10:40		—	Timothé BOIZET				
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils	Echantillons	Notes	Niveau d'eau
287,5	0	X X X R R R	Terre végétale 0,1 m				Pelle mécanique - à godet - 100 cm	Osc Echantillon remanié en grand	Moyenne tenue des parois	
	1	R R R R R R	Remblais argileux gris avec feuillets							
	2	R R R R R R								
	3	R R R	3,1 m							
284,5							3,1 m	3,1 m		

¹ Niveau d'eau en cours 2,2m
 soilcloud.tech

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM8	Autre	+287,6 m LUREF	3,1 m










		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG				
PM9	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés		Niveau d'eau			
	72 835	63 201	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage			
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements		<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec			
	+288,5 m	3,8 m	0,0°	LUREF	Non renseigné					
Début			Fin			Machine		Opérateur		
19/12/2023 16:00			19/12/2023 16:30			-		Timothé BOIZET		
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils	Echantillons	Notes	Niveau d'eau
288,4	0		Terre végétale				Pelle mécanique - à godet - 100 cl		Bonne tenue des parois	
	1		Remblais argileux gris avec feuillets							
	2		2,3 m							
286,2	3		Remblais argileux bruns							
			3,8 m				3,8 m	3,8 m	3,8 m	
284,7										
1 Niveau d'eau en cours 1m soilcloud.tech										

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM9	Autre	+288,5 m LUREF	3,8 m



		Construction d'un entrepôt				(N° Projet: PR.LUGT.23.0146) Zone industrielle Wolser L-3452 BETTEMBOURG				
PM10	X	Y	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau				
	72 917	63 202	Luxembourg 1930 / Gauss		Non renseigné	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> En cours de forage				
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	<input type="checkbox"/> Stabilisé <input type="checkbox"/> Non stabilisé <input type="checkbox"/> Sec				
	+288,4 m	3,4 m	0,0°	LUREF	Non renseigné					
Début			Fin		Machine	Opérateur				
19/12/2023 15:30			19/12/2023 16:00		—	Timothé BOIZET				
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils	Echantillons	Notes	Niveau d'eau
288,25	0		Terre végétale 0,15 m				Pelle mécanique - à godet - 100 cl	Échantillon remanié en grand s	Bonne tenue des parois	 
	1		Remblais argilo-graveleux gris à bruns avec passages feuilletés							
	2									
	3									
285		3,4 m					3,4 m	1,55 m	3,4 m	
<div> <div>1 Niveau d'eau en cours 1,55m</div> <div>2 Niveau d'eau en cours 0,8m</div> </div> <div>soilcloud.tech</div>										

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
PM10	Autre	+288,4 m LUREF	3,4 m





www.groupefondasol.com

AGENCE DE LUXEMBOURG

47A rue de Sanem
L-4485 SOLEUVRE

☎ 52 27 97

📠 52 27 96

✉ luxembourg@fondasol.lu