



LUXEMBOURG Mission G2-AVP

Rapport n° PR.LUGT.24.0039 – 001 – 1ère diffusion – 29/04/2025



**Construction de la ligne de tramway – section « Route d’Esch urbaine »
Place de l’étoile-Cloche d’Or – LUXEMBOURG**

AGENCE DE LUXEMBOURG

47A rue de Sanem
L-4485 SOLEUVRE

☎ 52 27 97

📠 52 27 96

✉ luxembourg@fondasol.lu

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	29/04/2025	154	1 ^{ère} diffusion	M. AUTIN MARTINEAU	P-Y GOEURY
A					
B					
C					

SOMMAIRE

A.	Présentation de notre mission	5
A.1.	Cadre de notre intervention	5
A.2.	Mission selon la norme NF P 94-500	5
A.3.	Programme d'investigations	5
A.4.	Documents à notre disposition pour cette étude	6
A.5.	Description générale du projet	7
B.	Synthèse géologique et géotechnique	9
B.1.	Description du site	9
B.2.	Etude des vues aériennes anciennes	10
B.3.	Anciennes fortifications	13
B.4.	Contexte géologique	13
B.5.	Contexte hydrogéologique	15
C.	Résultats des investigations in situ	16
C.1.	Résultats des sondages	16
C.2.	L'eau dans le sol	25
C.3.	Essais de laboratoire	25
D.	Application au projet	28
D.1.	Classe géotechnique	28
D.2.	Rappel des contraintes du site – insertion du projet	28
E.	Étude des terrassements et épuisements des fouilles	29
E.1.	Travaux d'adaptation du projet au site	29
E.2.	Etude de la plateforme pour le nouveau Tramway	29
E.3.	Spécificités pour les sous-stations et locaux techniques	40
E.4.	Spécificités pour les poteaux LAC	42
F.	Ebauche dimensionnelle pour les sous-stations/locaux techniques	43
F.1.	Conception	43
F.2.	Contrainte de calcul	43
F.3.	Première approche du tassement pour un radier	44
F.4.	Recommandations de réalisation	45
G.	Predimensionnement des Micropieux des poteaux LAC	46
G.1.	Conception	46
G.2.	Maquettes géotechniques	46
G.3.	Calcul de la portance des micropieux en compression et traction	47
G.4.	Recommandations de réalisation pour la réalisation des micropieux	50

ANNEXES	52
Conditions Générales de service	53
Enchaînement des missions types d'ingénierie GEOTECHNIQUE (Norme NF P94-500)	56
Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	57
Annexe n°1 : Plan de Situation	58
Annexe n°2 : Plans d'implantation des sondages	59
Annexe n°3 : Coupes des Sondages	62
Annexe n°4 : Essais en laboratoire	102

A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

A.1. Cadre de notre intervention

La société **Luxtram** envisage la Construction de la ligne de tramway – section « Route d'Esch urbaine », à LUXEMBOURG.

Une étude géotechnique a été confiée à FONDASOL, Agence de Luxembourg, suite à l'acceptation du devis SQ.LUGT.22.11.012 **par la commande n°4500002162 datée du 13/05/2024.**

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).

Cette étude a pour buts de :

- Définir le contexte géotechnique et les niveaux d'eau du site ;
- Donner les hypothèses géotechniques pour la justification des ouvrages ;
- Pré-dimensionner les couches de forme granulaires sous plateforme ferroviaire,
- Donner les recommandations particulières de conception et d'exécution liées à la géotechnique du site.

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. Programme d'investigations

Nous avons réalisé sur la section Route d'Esch :

- **40 sondages géologiques en Ø64 mm**, notés SPI à SP9, SPII, SPI3 à SP36 ainsi que SP30bis à SP35bis (tracé alternatif sur une partie de la section), descendus entre 5 et 8 m de profondeur, avec respectivement **4 et 7 essais pressiométriques** par sondage.
- Des **essais de laboratoire** comprenant :
 - 20 teneurs en eau ;
 - 20 analyses granulométriques ;
 - 8 valeurs de bleu
 - 12 limites d'Atterberg ;
 - 20 indices portants immédiats.

Les résultats des investigations ainsi qu'un plan d'implantation des sondages figurent en annexe à la fin du présent rapport.

A.4. Documents à notre disposition pour cette étude

A.4.1. Documents préalables

Nous avons disposé pour cette étude des documents suivants :

Document	Émetteur	Référence	Ind	Date Emission
Cahier des charges	LUXTRAM	LG-853-RE– Géotechnique	-	05/01/2023
Tracé de la section en format DWG		20240612_Route d'Esch	-	20/06/2024

A.4.2. 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.4.3. Données manquantes

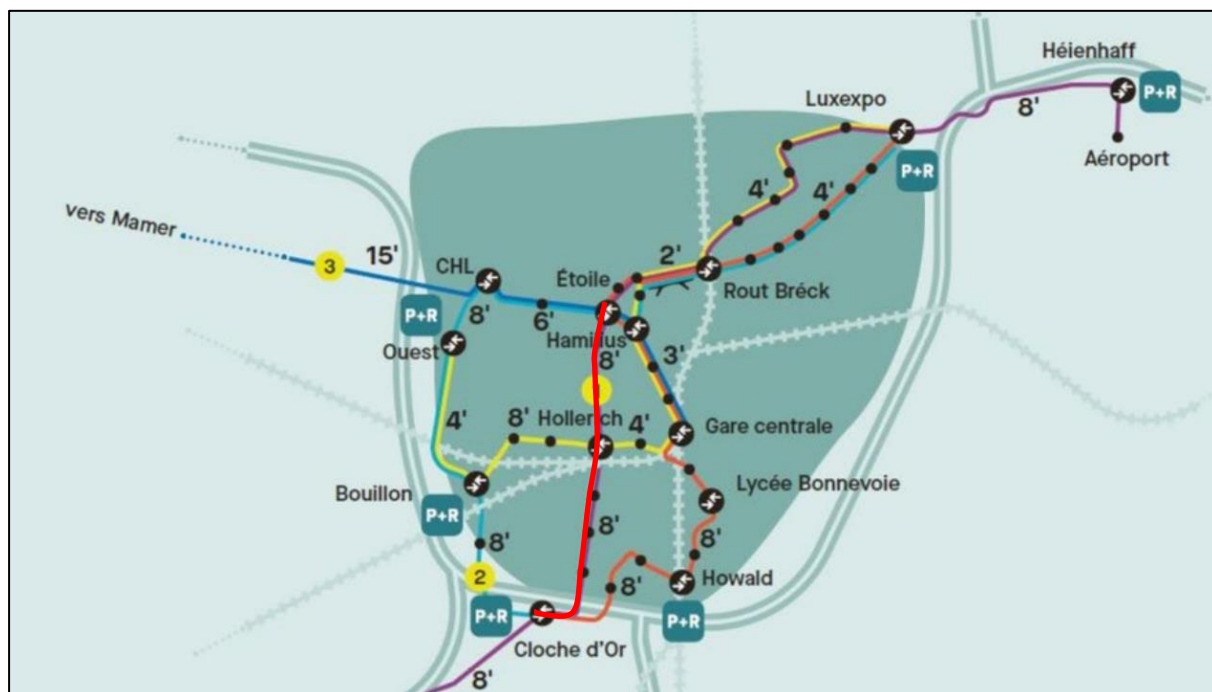
Les éléments suivants ne nous ont pas été fournis :

- Descentes de charges,
- Tassements absolus et différentiels admissibles,

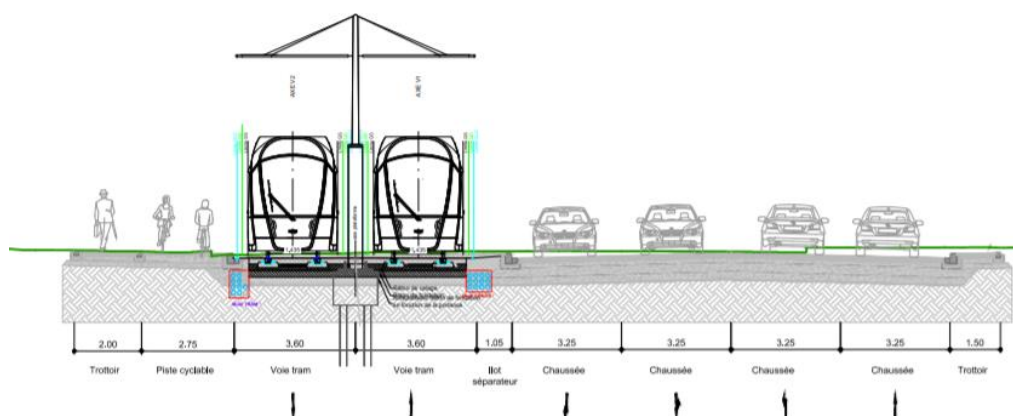
A.5. Description générale du projet

D'après les renseignements qui nous ont été fournis, il est prévu pour la section Route d'Esch :

- La création d'une nouvelle plateforme pour le tramway, ce qui nécessite des terrassements sur une épaisseur moyenne d'environ 1/1.5 m par rapport au niveau de la voirie actuelle ;
- La pose de poteaux LAC, pour lesquels les descentes de charges ne nous ont pas encore été communiquées à la date de rédaction de ce rapport ;
- La création de locaux techniques/sous-stations enterrés dont les caractéristiques (descente de charges, implantation exacte, niveaux altimétriques...) ne nous ont pas encore été communiquées.
- Des aménagements liés aux voiries et accotements de trottoirs.



Tracé de la section Route d'Esch (en rouge) – Extrait du plan National de Mobilité 2035, source : Luxtram

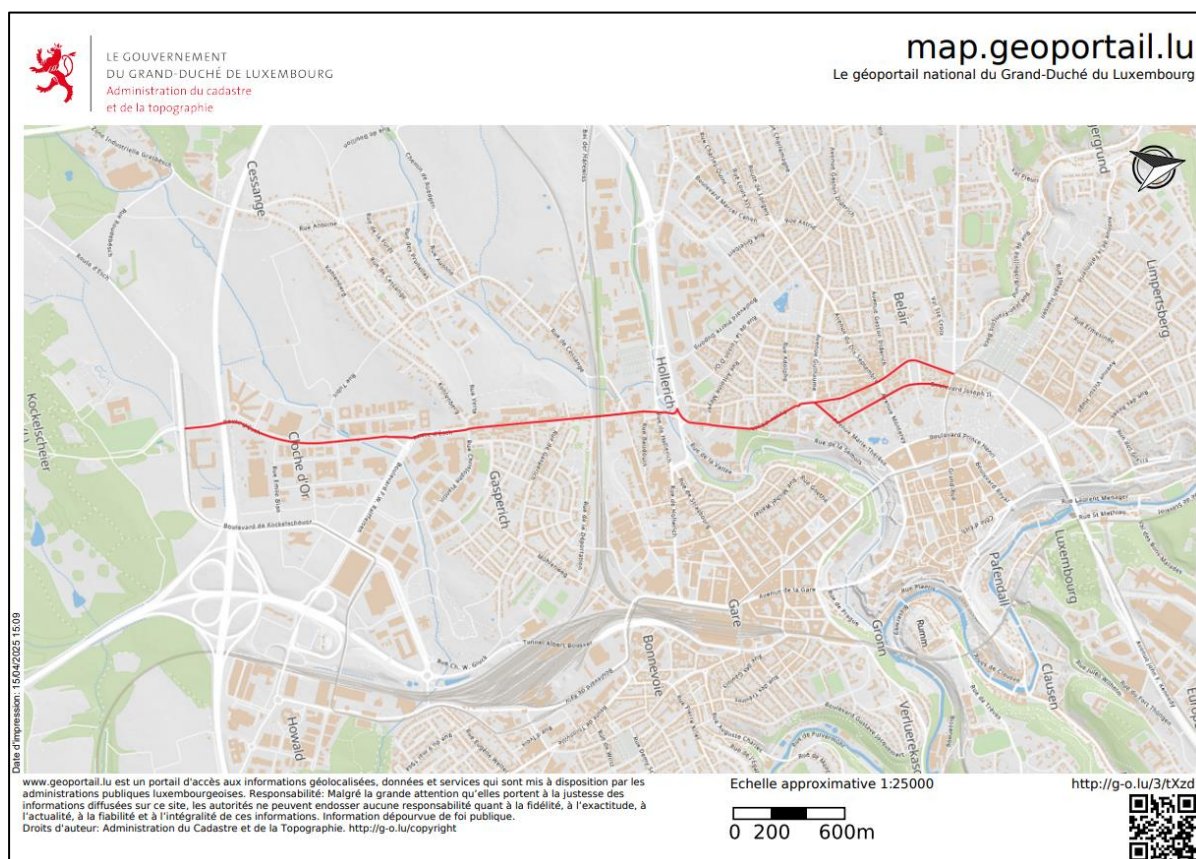


Coupe transversale type « Tronçon route de Thionville » source : ETRAM

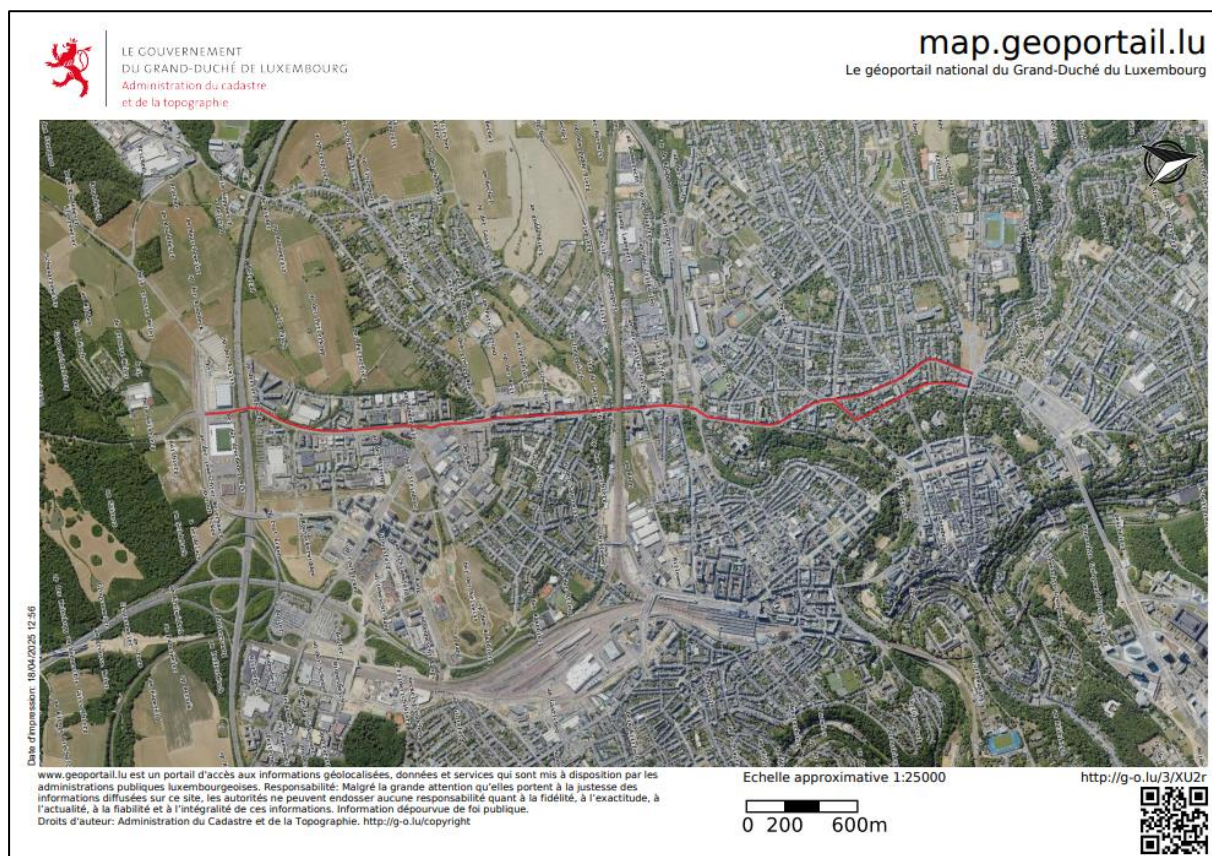
B. SYNTHÈSE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

B.1. Description du site

La ligne « Route d'Esch » s'étend de la Place de l'Etoile au quartier Cloche d'Or en traversant des zones d'activités sur un linéaire de de 4,2 Km qui comportera 7 stations.



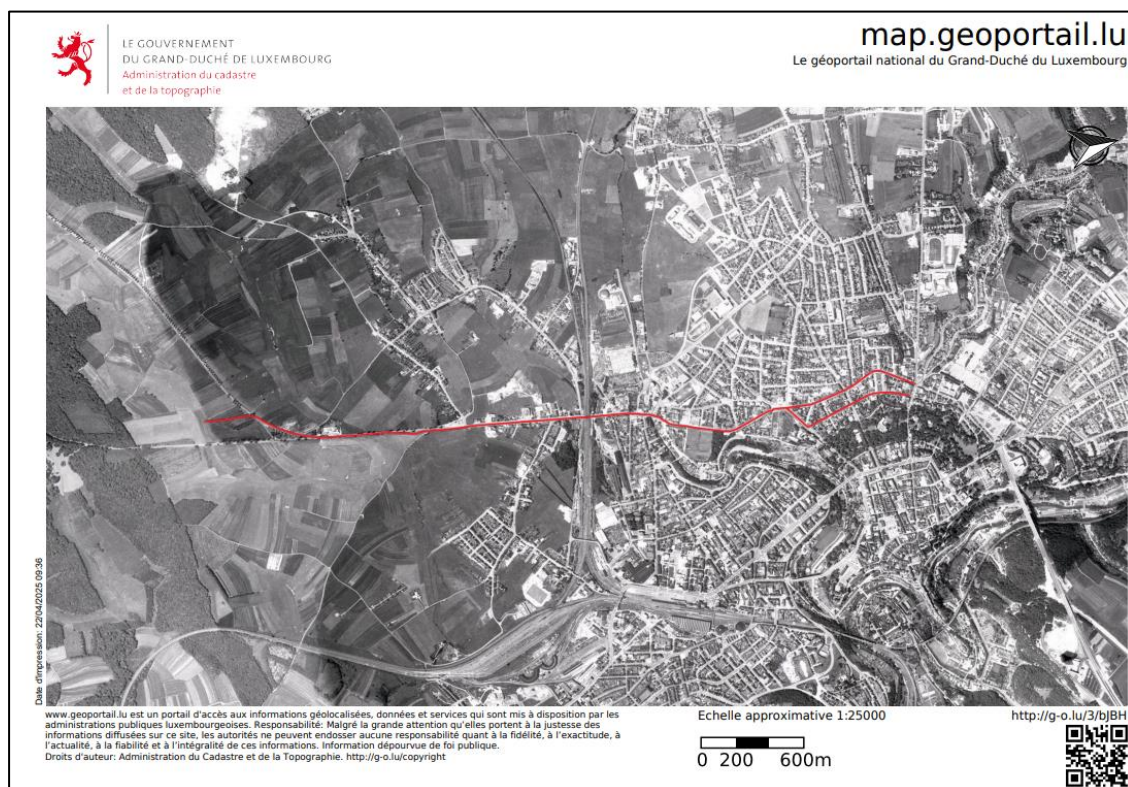
Fond de plan « route » de la zone d'étude, source : Géoportail.lu



Vue aérienne de la zone d'étude, source : Géoportail.lu

B.2. Etude des vues aériennes anciennes

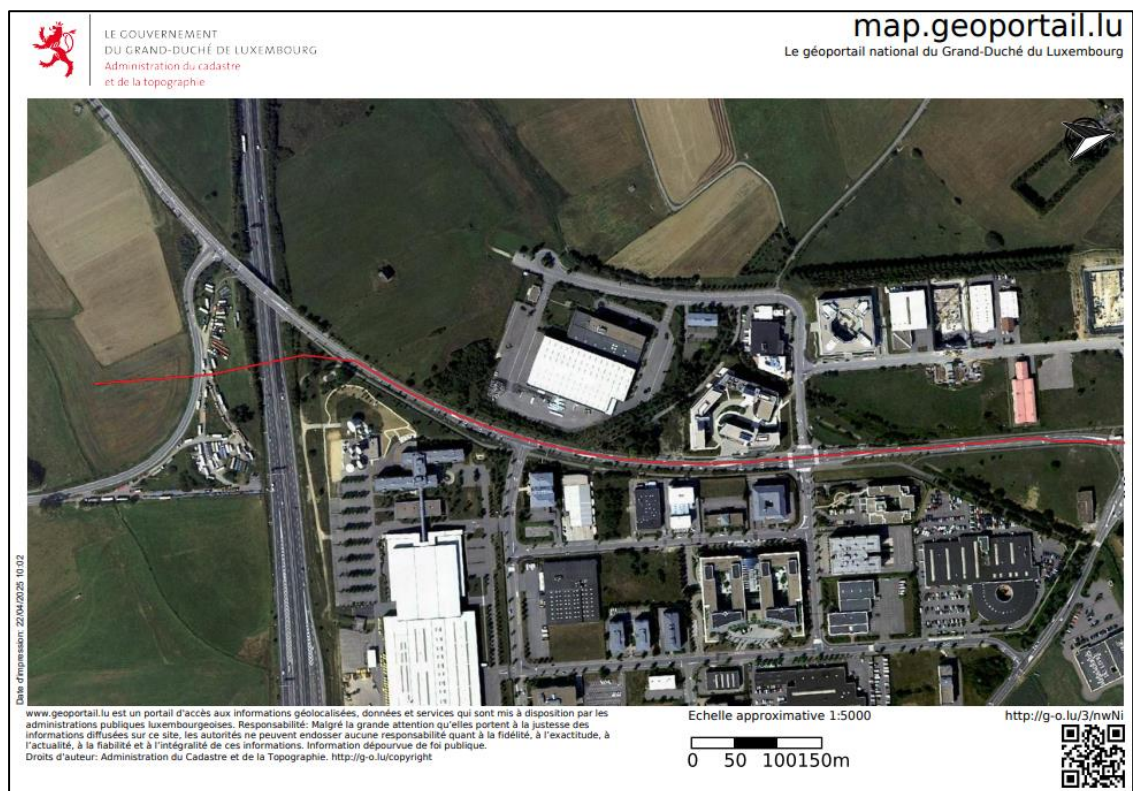
Les photographies aériennes anciennes montrent que le quartier Cloche d'Or n'était que très peu aménagé avant les années 2000. Ce secteur était constitué de champs de part et d'autre de la Route d'Esch dont le tracé actuel existait globalement déjà même si celle-ci a fait l'objet de remaniements notamment dans la zone du croisement avec le boulevard de Kockelscheuer.





Photographies aériennes de 1967

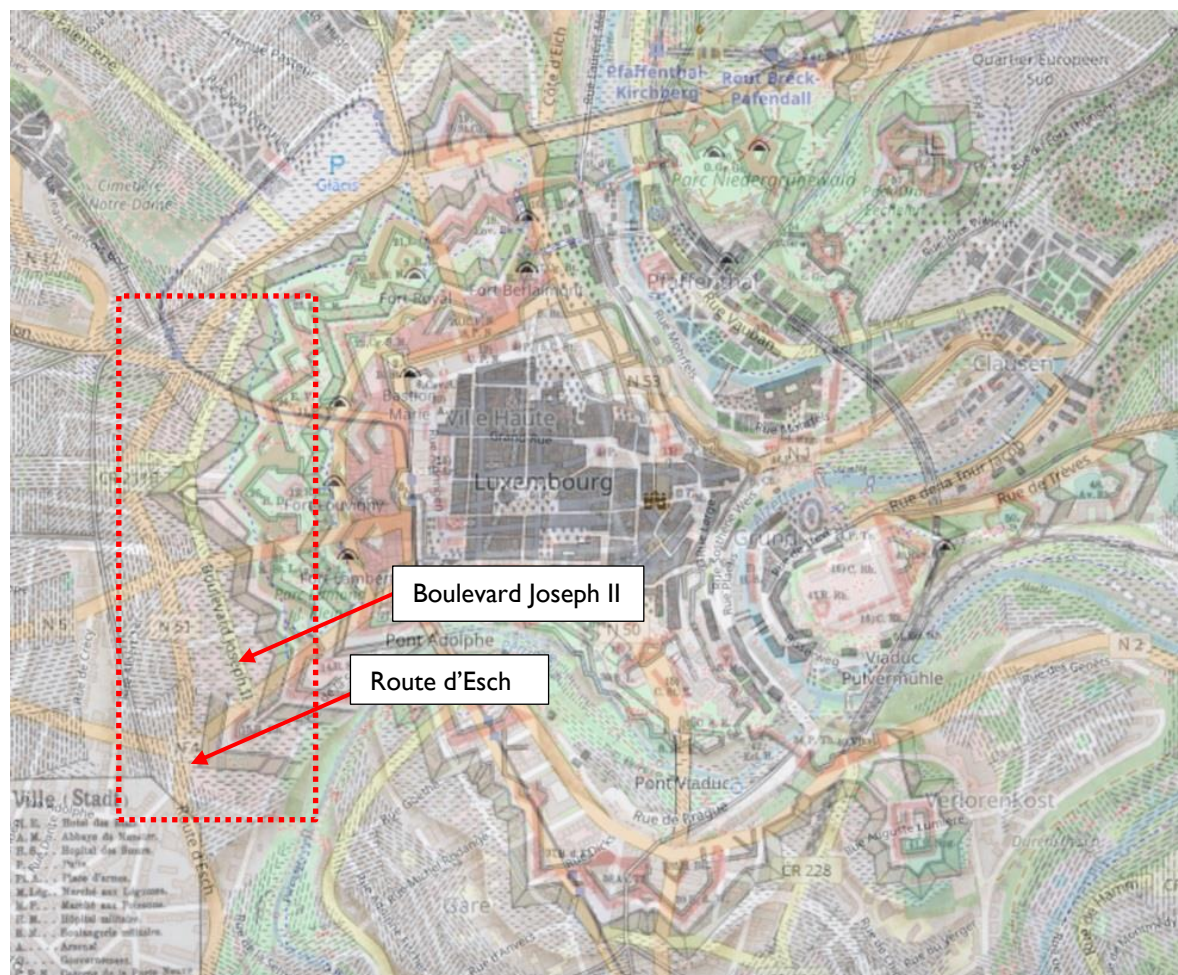




Photographie aérienne de 2001

B.3. Anciennes fortifications

Des vestiges enterrés des anciennes fortifications de la ville de Luxembourg pourront être rencontrés au droit du tronçon, notamment sur la portion Nord (cf plan ci-dessous).



Superposition des fortifications historiques avec le réseau routier actuel, source : INRA

B.4. Contexte géologique

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

Entre le Boulevard de Kockelscheuer et Hollerich

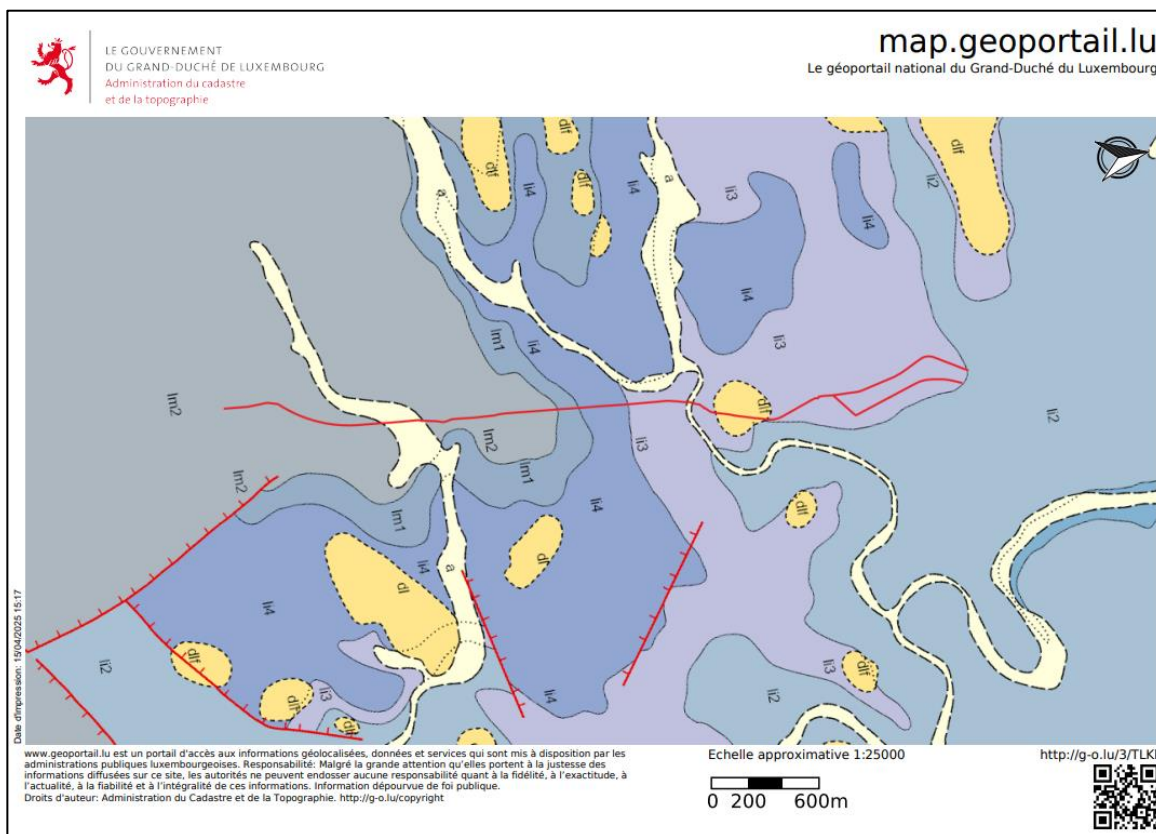
- Des remblais sur une épaisseur variable, liés aux travaux d'aménagement de la Route d'Esch;
- Des argiles d'altération ;
- Des marnes argileuses feuilletées (lm2) et des marnes argileuses silteuses (li4) ;

Entre Hollerich et la place de l'Etoile

- Des remblais sur une épaisseur variable, liés aux travaux d'aménagement de la Route d'Esch;
- Des argiles d'altération
- Les marnes et calcaires de Strassen (li3)

Aux alentours de la place d'Etoile

- Des remblais sur une épaisseur variable, liés aux travaux d'aménagement de la Route d'Esch;
- Des remblais et/ou d'anciens vestiges liés aux anciennes fortifications ;
- Des sables d'altération
- Les Grès de Luxembourg (li2)

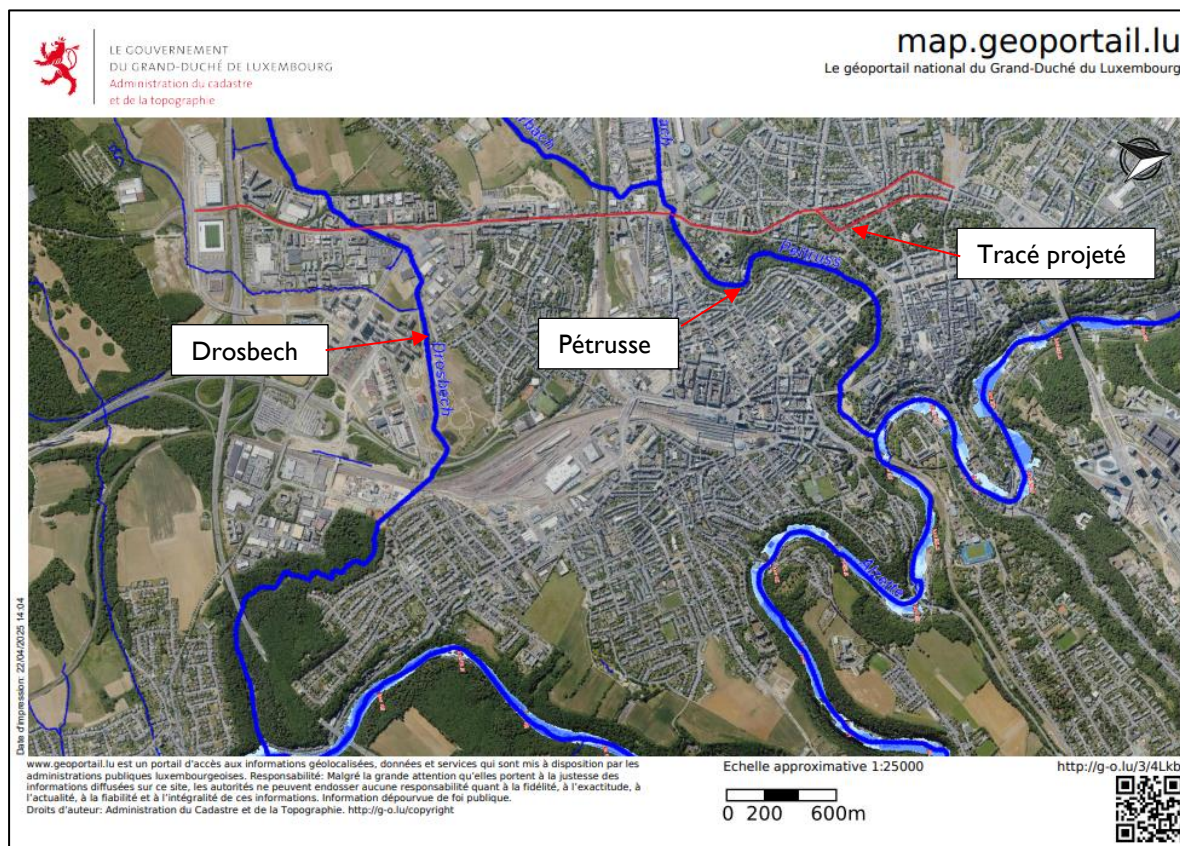


Extrait de la carte géologique, source : geoportail.lu

B.5. Contexte hydrogéologique

Le tronçon étudié se situe à plus d'un kilomètre de l'Alzette et sa zone inondable, néanmoins il recoupe les cours d'eau **Pétrusse** au niveau du quartier Hollerich (vers le croisement entre Route d'Esch et le boulevard Pierre Dupong) et **Drosbech** dans le quartier Cloche d'Or (vers le n°2 de la Route d'Esch).

La rencontre de nappes ponctuelles en lien avec les cours d'eau recoupés (Drosbech et Pétrusse) est possible. Des arrivées d'eau superficielles d'infiltration et de ruissellement seront rencontrées à différentes profondeurs, notamment à l'interface des remblais granulaires et des sols argileux



Carte des cours d'eau et zones inondables, source : Géoportail.lu

C. RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN SITU

C.I. Résultats des sondages

C.I.1. Lithologie rencontrée dans l'emprise du tracé

Les sondages réalisés dans le cadre de notre mission ont mis en évidence sous une épaisseur d'enrobé bitumineux variable :

- Des **remblais sablo-graveleux à passages localement très indurés**, pouvant être légèrement limoneux, ils sont rencontrés jusqu'à 0.6 à 3.5 m de profondeur sur le linéaire,
- Des **remblais argilo-graveleux** jusqu'à 1.5 à 4.7 m de profondeur par rapport au niveau du terrain actuel au droit des sondages SP1, SP3, SP8, SP22, SP28 et SP33 uniquement ;

Dans les zones sujettes au contexte géologique argiles d'altération sur marnes :

- Des **argiles particulièrement molles** ont été identifiées au droit des sondages SP14, SP29 et SP3 jusqu'à 2.5 à 3.5 m de profondeur par rapport au terrain actuel ;
- Des **argiles bariolées fermes à raides** brunes-beiges à grises rencontrées jusqu'à 1.4 à 6.3 m de profondeur au droit de nos sondages.

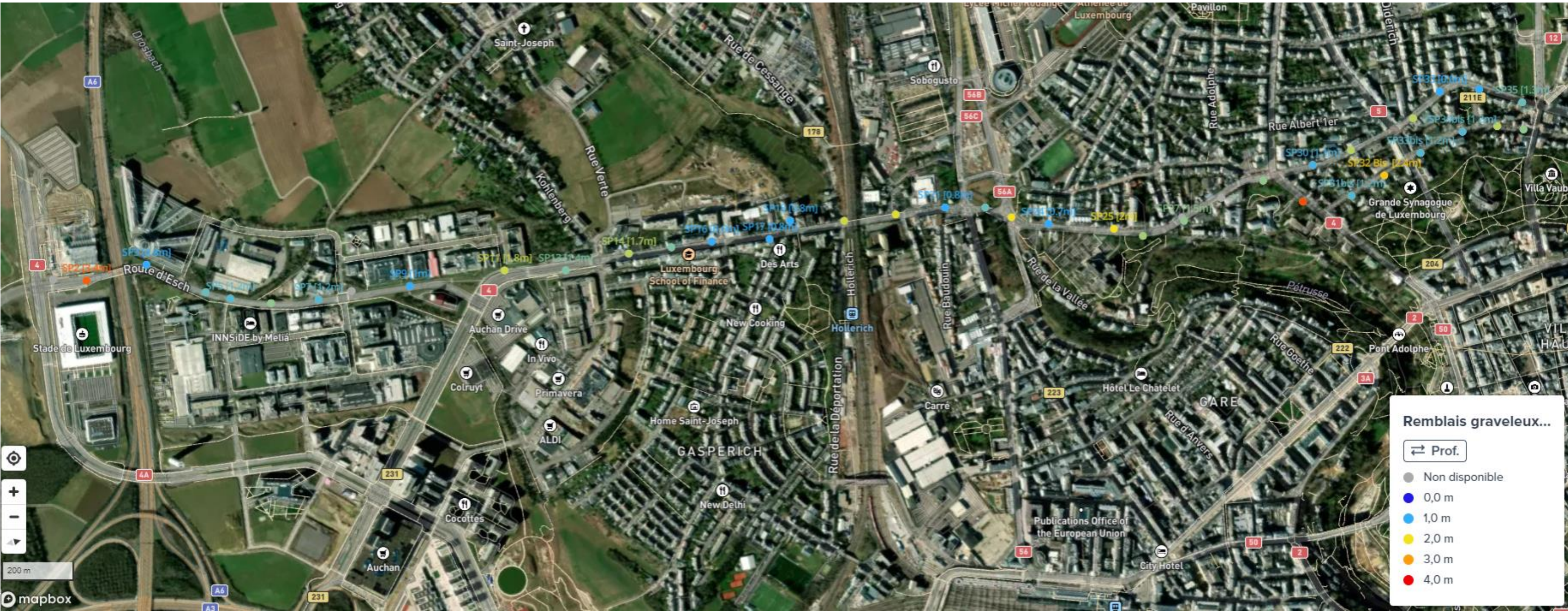
Il s'agit d'une couche d'altération des Marnes sous-jacentes, d'où des variations d'épaisseur assez importantes en fonction des endroits ;

- Des **marnes grises raides à très raides**, jusqu'à la base des sondages concernés par ce contexte géologique.

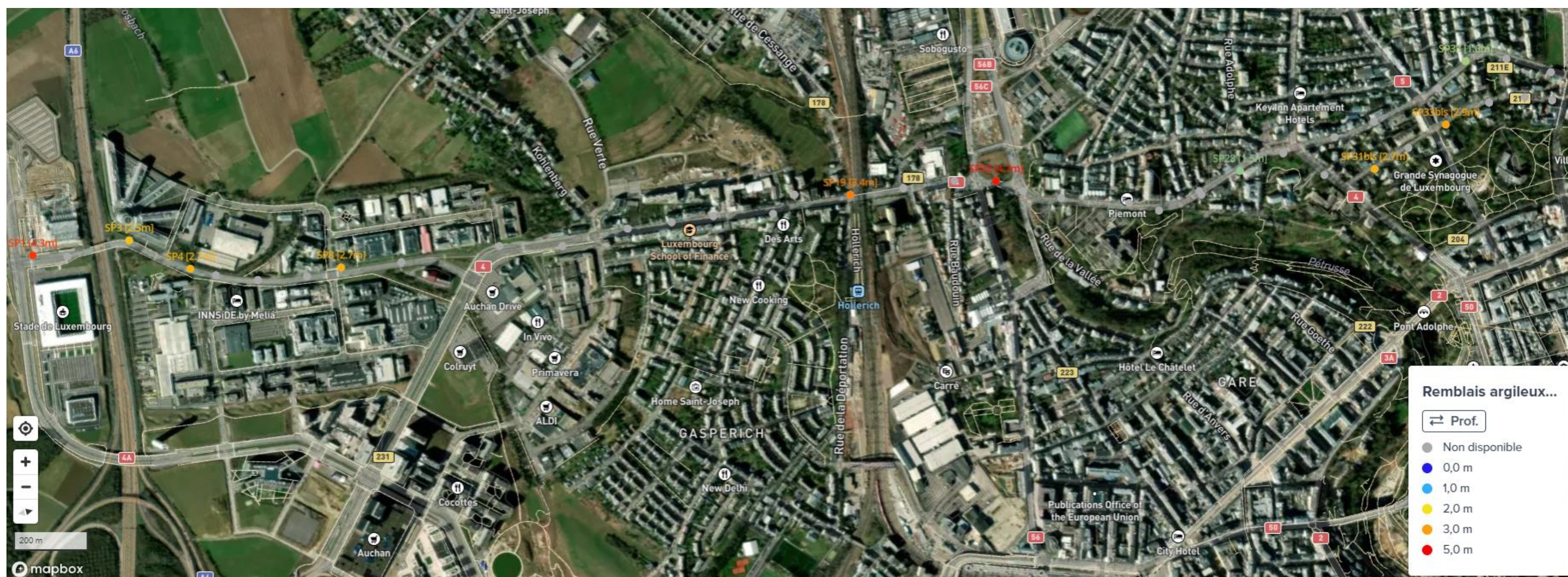
Dans les zones sujettes au contexte sables sur Grès :

- Des **sables gréseux beiges lâches à denses** rencontrées jusqu'à 5 à 8 m de profondeur (pour certains points : base du sondage). Il s'agit d'une couche d'altération des Grès sous-jacents, d'où des variations d'épaisseur assez importantes en fonction des endroits ;
- Des **Grès généralement très compacts**, jusqu'à la base des sondages concernés par ce contexte géologique.

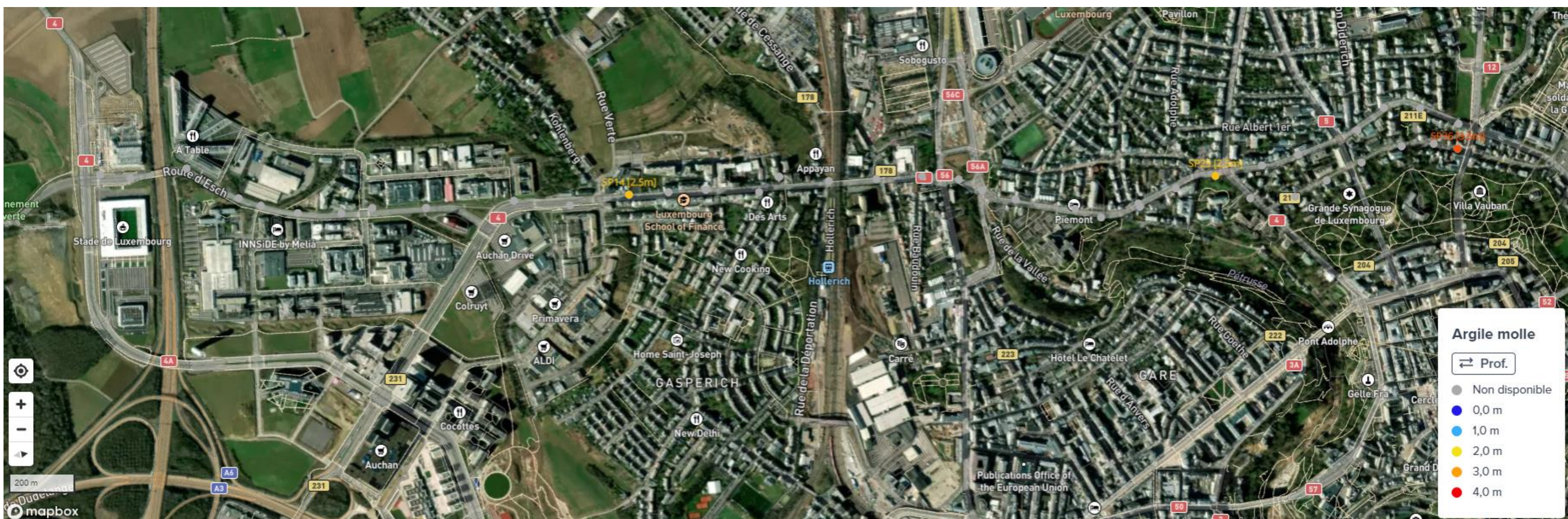
Un passage altéré a été identifié en tête des grès rencontrés au droit du sondage SP31 (essai pressiométrique réalisé à 3 m de profondeur).



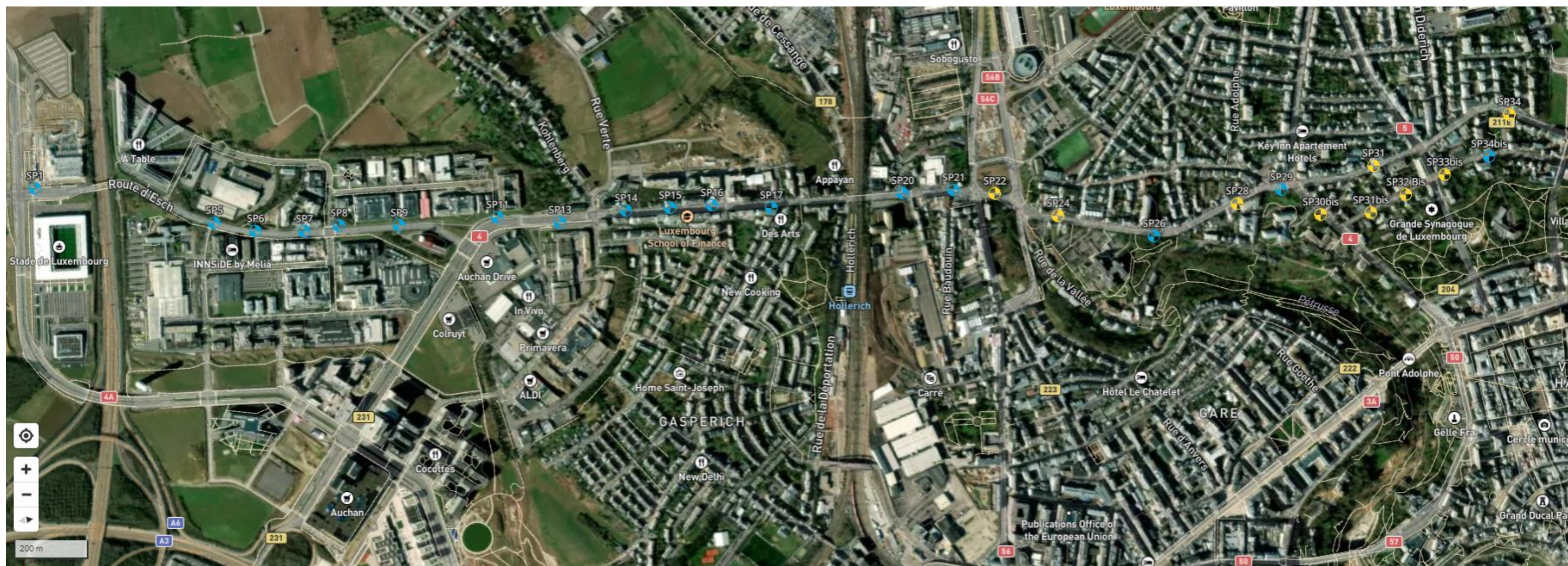
Epaisseurs de remblais graveleux au droit du linéaire projeté



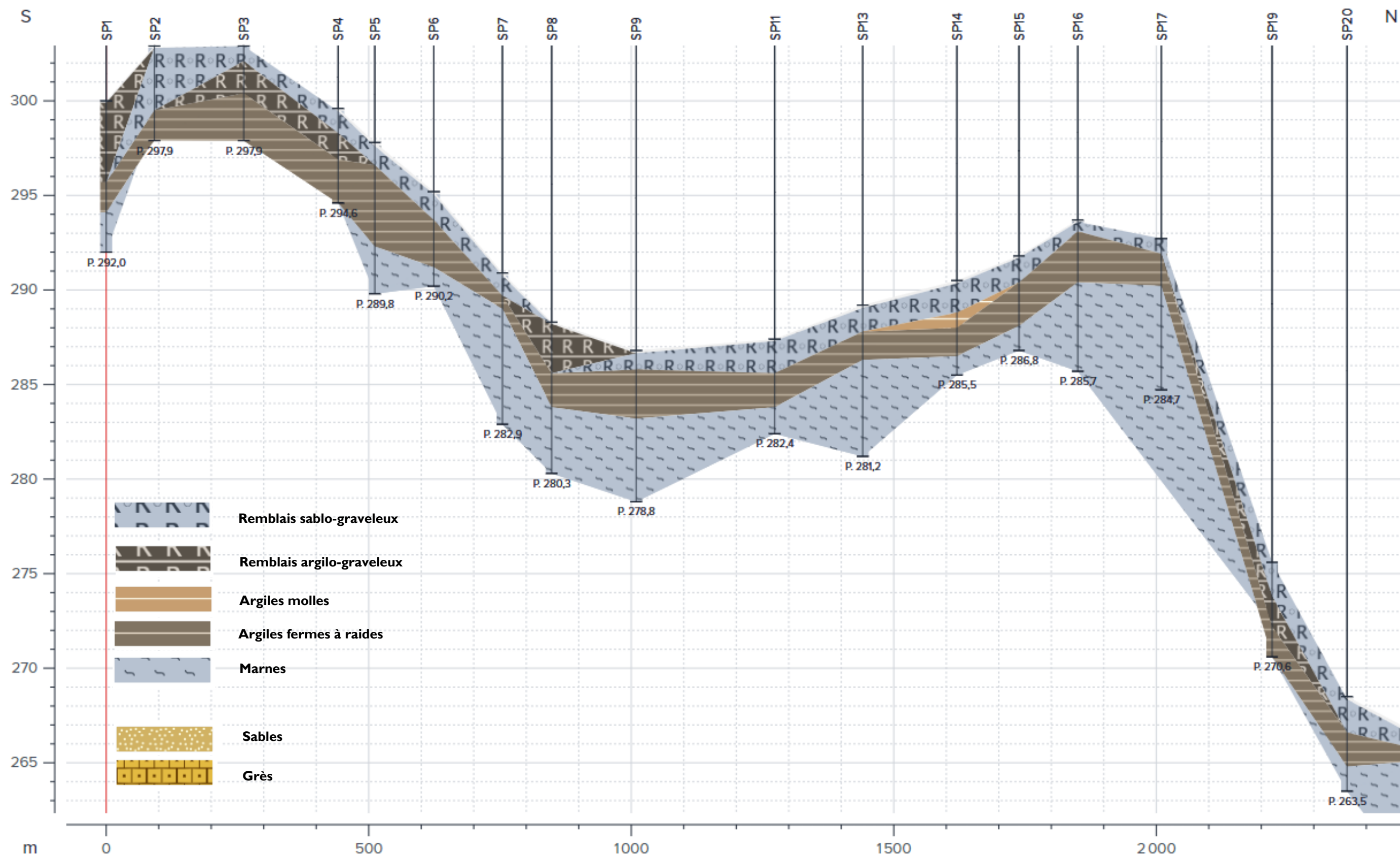
Epaisseurs de remblais argilo-graveleux au droit du linéaire projeté



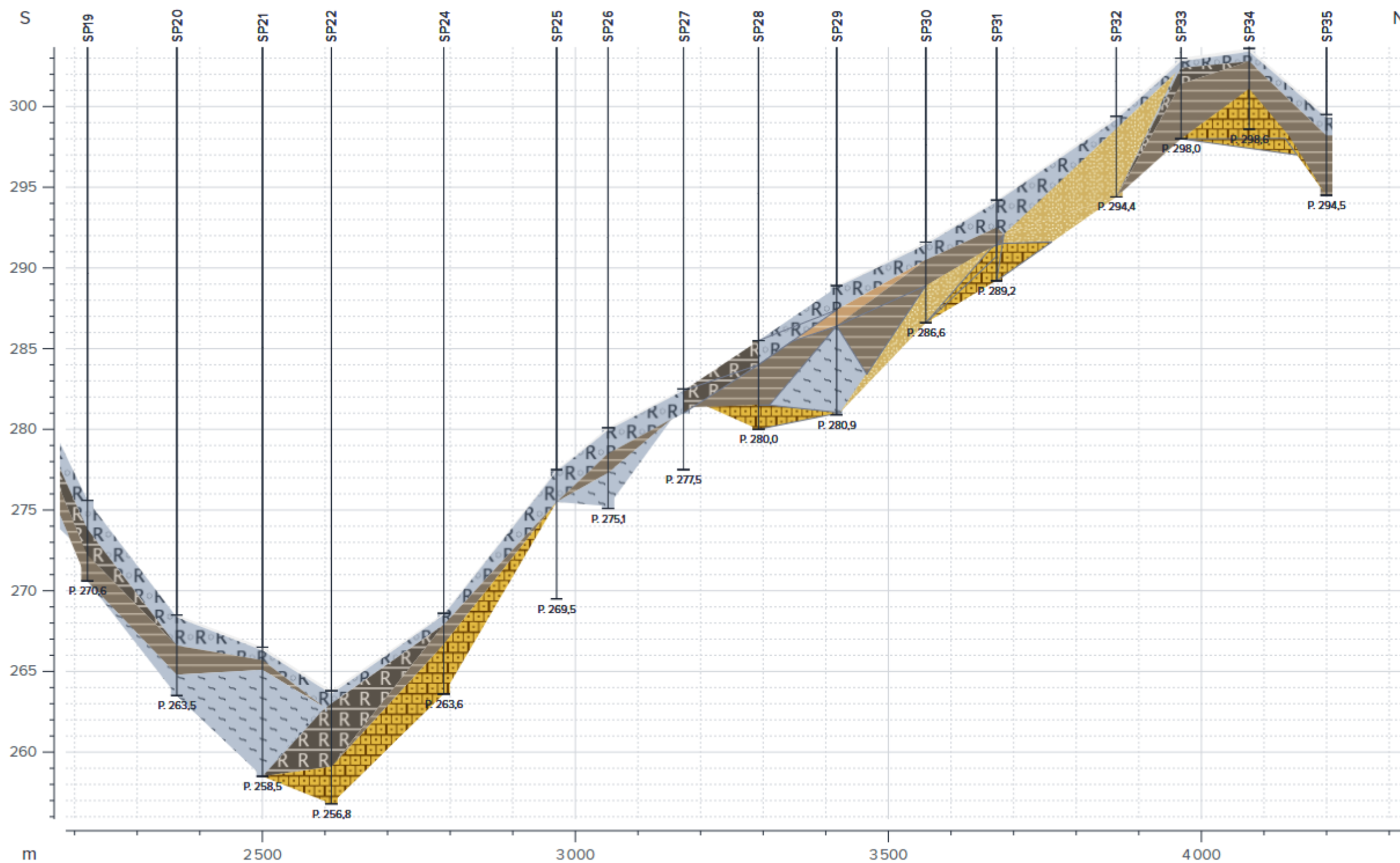
Epaisseurs des argiles molles au droit du linéaire projeté



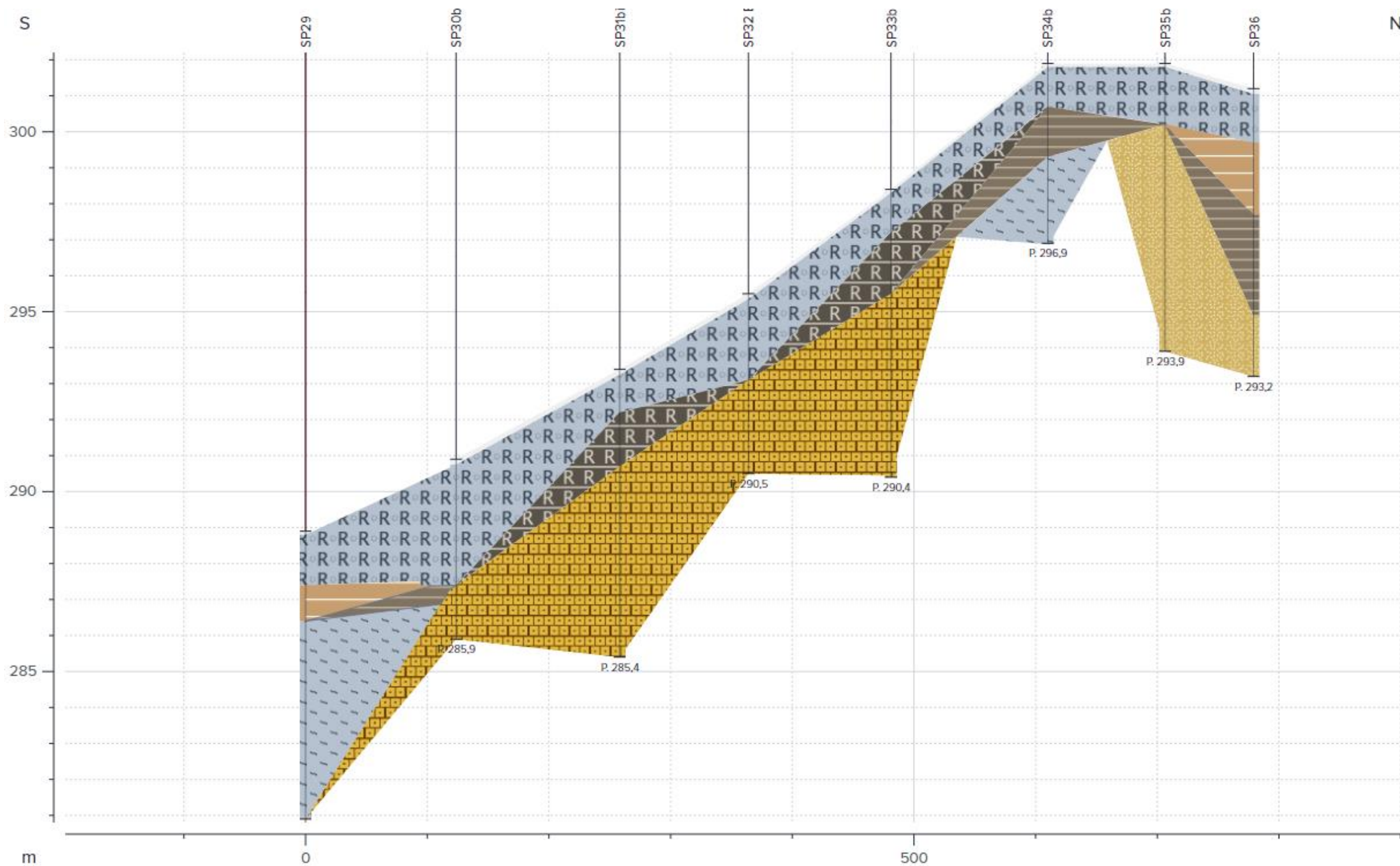
Localisation des sondages ayant rencontré des marnes (en bleu) ou des grès (en jaune) au droit du linéaire projeté



Profil lithologique Sud-Nord entre les sondages SP1 et SP20



Profil lithologique Sud-Nord entre les sondages SP20 et SP35 (tracé initial)



Profil lithologique Sud-Nord entre les sondages SP29 et SP36 (tracé alternatif)

Nota important : les cotes altimétriques des différentes couches ne sont connues qu'au droit de chaque sondage. Les interpolations linéaires présentées ci-dessus ne sont que des interprétations et ne correspondent pas nécessairement à la réalité

C.1.2. Aspects géomécaniques

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

Pressiomètre - EM	Sondages	Nombre de valeurs	Min.	Max.	Ecart-type	Médian	Harmonique
			MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Remblais graveleux	34	31	3.0	77.3	17.791	22.2	11.982
Argiles fermes à raides	29	53	5.4	88.7	16.675	21.4	18.38
Sable	4	12	6.8	33.4	8.835	18.4	15.204
Marnes	17	51	38.0	500.0	136.254	82.0	86.448
Grès	9	22	40.4	496.3	110.93	475.35	295.062
Remblais argileux	10	18	3.9	59.1	12.369	10.15	9.26
Argiles molles	3	4	2.3	5.7	1.258	4.65	3.84

Pressiomètre - pLM*	Sondages	Nombre de valeurs	Min.	Max.	Ecart-type	Médian	Géométrique
			MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Remblais graveleux	34	31	0.088	3.931	0.885	1.203	0.951
Argiles fermes à raides	29	53	0.305	1.78	0.403	0.883	0.852
Sable	4	12	0.242	1.38	0.373	0.896	0.764
Marnes	17	51	1.565	4.96	1.181	3.064	3.153
Grès	9	22	2.493	4.846	0.489	4.829	4.669
Remblais argileux	10	18	0.132	1.463	0.292	0.582	0.541
Argiles molles	3	4	0.073	0.132	0.022	0.104	0.101

C.2. L'eau dans le sol

Lors de nos différentes interventions de septembre à octobre 2024 puis d'avril 2025, nous avons relevé des arrivées d'eau en cours et en fin de forage, mais dans certains sondages seulement :

Sondages	SP3	SP14	SP36
Profondeur niveau d'eau en fin de forage (m) / TA	3.5	-	6.5
Profondeur niveau d'eau en cours de forage (m) / TA	-	1.5	-
Cotes altimétriques	299.4	289.0	294.7

Ces niveaux d'eaux correspondent à des circulations d'eau d'infiltration dans les remblais, les sols argileux, et dans les sables gréseux, dont le débit et la profondeur dépendent essentiellement des conditions météorologiques.

Notre intervention ponctuelle dans le cadre de la réalisation de l'étude confiée ne nous permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes, 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 des circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques et des saisons.

C.3. Essais de laboratoire

Dans le cadre du projet nous avons prélevé des échantillons remaniés au droit de 14 forages en vue de la réalisation des essais en laboratoire suivants :

- 20 teneurs en eau ;
- 20 analyses granulométriques ;
- 12 limites d'Atterberg
- 8 Valeurs au bleu
- 20 indices portants immédiats.

On trouvera en annexe, le tableau récapitulatif des essais réalisés.

C.3.1. Classification au sens du GTR

Tableau récapitulatif de la classification GTR des sols rencontrés :

Éch.	Nature	w _n (%)	C _{63μm} (%)	C _{80μm} (%)	w _L (%)	I _p (%)	I _c (-)	VBs (g)	IPI	Classe GTR ancienne	Classe GTR actuelle
SP1 (0.1-1.8m)	Remblais sablo-graveleux à passages argileux	14.7	12.5	13.2	-	-	-	0.054	28	B5	G3m
SP2 (0.1-2.0m)	Remblais sablo-graveleux	7.3	10.3	11.0	-	-	-	0.067	23	D3	S3
SP5 (1.2-2.0m)	Argiles	26.3	95.2	95.6	49.7	27.7	0.85	-	2	A3	F3
SP7 (1.2-2m)	Argiles	25.2	93.5	93.8	54.3	28.3	1.03	-	8	A3	F3
SP9 (1-2m)	Argiles	31.1	94.5	94.9	73.6	45.5	0.93	-	7	A4	F4
SP11 (0.1-1.8m)	Remblais sablo-graveleux	14.3	13.1	13.4	-	-	-	0.13	57	B5	G3
SP13 (1.4-2m)	Argiles	32.6	84	84.4	61.8	34.9	0.84	-	4	A3	F3
SP15 (1.4-2m)	Argiles	25.3	78.5	80.3	57.6	32.3	1	-	3	A3	F3
SP15 (0.1-1.4)	Remblais sablo-graveleux	7.5	26.1	26.5	-	-	-	0.22	39	C1B5	VC2G3
SP16 (0.6-1.7m)	Argiles	18.9	79	79.9	50.9	26.4	1.21	-	15	A3	F3
SP19 (0.3-1.7m)	Remblais sablo-graveleux	30.6	20.1	21.2	-	-	-	0.063	0	B5	G3
SP20 (0.4-1.9m)	Remblais sablo-graveleux	22.6	10.2	10.8	-	-	-	0.102	18	B3	G3
SP21 (0.8-2m)	Argiles	19.4	41.5	41.7	37.9	21.0	0.88	-	3	A2	F2
SP24 (0.7-2m)	Argiles	13.6	53.9	55	44.6	24.4	1.27	-	12	A2	F2
SP26 (0.15-1.6m)	Remblais sablo-graveleux	12.9	10.7	11.4	-	-	-	0.059	40	D3	S3
SP26 (1.6-2m)	Argiles	16.8	62.8	64.8	41.5	22.1	1.11	-	4	A2	F2
SP29 (1.4-2m)	Argiles marneuses	17.6	92.4	94	42	23.7	1.03	-	7	A2	F2
SP32 (0.2-1.8m)	Remblais sablo-graveleux	8.2	10.4	11.2	-	-	-	0.025	29	D2	S2
SP33 (1.5-2m)	Argiles	15.8	84.1	86.9	37.9	19.7	1.13	-	12	A2	F2
SP34bis (1.2-2m)	Argiles	13.9	96.2	96.5	47.3	28.1	1.19	-	14	A3	F3

C.3.2. Classification au sens de l'ancienne norme DIN 18300 et DIN 18196 et du GTR

A partir des résultats des sondages carottés avec essais pressiométriques et des essais en laboratoire, nous avons pu classer selon la norme DIN 18300 et 18196 et au sens du GTR 2023 les sols rencontrés.

Sol	Classification selon GTR 2000	Classification selon DIN 18300	Classification selon DIN 18196	Excavation
Remblai sablo-graveleux	S2-S3-VC2G3 (D2-D3-C1B5)	Classe 3	SW	Sol facile à terrasser- Difficile - classe 7 si présence éléments indurés
Remblais argilo-graveleux	G3m (B3-B5)	GT-GT*	Classe 3 à 4	
Argile	F2-F3 à F4	Classe 4	TL-TM	Sols cohérents à très cohérents faciles à terrasser
Sables gréseux	S2-S3	Classe 3	SW	Sol facile à terrasser- Difficile - classe 7 si présence éléments indurés
Marne argileuse raide	F2-F3	Classe 6	-	Sols cohérents à très cohérents faciles à terrasser
Grès très compacts	Sa, Co	Classe 7	-	Roches très compactes – utilisation du BRH à prévoir

Selon le GTR 2023, les remblais sablo-graveleux « propres » rencontrés en constitution de structure de chaussées existantes sont généralement classés S2, S3 et G33.

Les remblais-graveleux limoneux sont généralement classés G3m. Ces matériaux de part leur sensibilité aux variations de teneurs en eau n'ont pas les qualités requises pour être réutilisés en couche de forme pour l'obtention d'un module EV2 supérieur ou égale à 50 MPa même si ces derniers présentent des bonnes portances en place.

Les sols argileux rencontrés au niveau des sols supports de chaussées sont classés généralement F2 et F3 selon le GTR. Ces matériaux n'ont pas les qualités requises pour une réutilisation en couche de forme sous chaussée.

Un traitement à la chaux et/ou au liant hydraulique pourrait être éventuellement envisageable cependant cette solution n'est pas recommandée pour des travaux réalisés en site urbain compte-tenu des fortes émanations de poussières. De plus, la réalisation de nombreux réseaux dans la structure de chaussée dégraderait très rapidement la couche traitée.

D. APPLICATION AU PROJET

D.1. Classe géotechnique

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

D.2. Rappel des contraintes du site – insertion du projet

Les aléas géotechniques sont en relation avec :

La géologie et la nature des matériaux :

- Des dénivellations du toit des marnes et/ou des grès entre nos sondages nécessitant des approfondissements locaux des niveaux d'assise des fondations (massifs Lac, locaux techniques, etc...).
- La présence de remblais hétérogènes rencontrés jusqu'à 4.7 m de profondeur/TA, sablo-graveleux +/- limoneux et argilo-graveleux donc sensibles aux variations de teneurs en eau, avec présence possible de blocs ou vestiges enterrés dans l'emprise des anciennes fortifications ;
- La présence de vestiges enterrés en béton armé jusqu'à des profondeurs importantes et des passages très indurés dans les remblais sablo-caillouteux nécessitant des moyens de terrassement et/ou de foration adaptés ;
- La présence de sols argileux très sensibles aux variations de teneurs en eau nécessitant de réaliser les terrassements de la plateforme et du local technique en période non-pluvieuse.

L'hydrogéologie :

- La présence de circulations d'eau à différentes profondeurs dans les remblais, dans les sols argileux, et dans les litages des marnes en profondeur. Certains niveaux d'eau peuvent correspondre à des nappes en lien avec les cours d'eau Drosbech et Pétrusse qui recoupent le linéaire.

L'environnement (ZIG : Zone d'Influence Géotechnique) :

- La présence des voiries existantes et de bâtiments bordant le projet de part et d'autre nécessitant des précautions lors des travaux de terrassement à proximité afin de ne pas les déstabiliser (limiter les vibrations lors des travaux de terrassement et de compactage).
- La réalisation de parois de soutènements provisoires sera nécessaire dans le cadre des terrassements pour les sous-stations avec niveau enterré notamment dans le cas où l'espace disponible est insuffisant pour taluter
- La présence possible d'anciens vestiges issus des fortifications de la ville de Luxembourg au Nord du tracé.

E. ÉTUDE DES TERRASSEMENTS ET EPUISEMENTS DES FOUILLES

E.1. Travaux d'adaptation du projet au site

On évitera toute déstabilisation des voiries existantes et des réseaux enterrés proches lors des travaux de terrassement.

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

E.2. Etude de la plateforme pour le nouveau Tramway

E.2.1. Conditions de terrassement

Dans le cadre des terrassements pour la réalisation de la nouvelle plateforme de tramway, les éléments suivants seront à considérer :

- Les terrassements dans les couches d'enrobé de surface, dans les remblais sablo-graveleux et les sables gréseux (comportant des passages indurées) et dans les marnes raides à très raides ou les grès compacts nécessiteront l'utilisation du brise-roche hydraulique ou d'une dent de déroctage, associé à une pelle hydraulique sur chenilles puissante
- La présence de sols argileux et de remblais argilo-graveleux très sensibles aux variations de teneurs en eau nécessitant de terrasser par tronçons courts et de préférence par temps sec non pluvieux..
- En période hivernale ou pluvieuse, il faudra prévoir des surépaisseurs de matériaux de couche de forme voire un cloutage du fond de fouille pour atteindre une portance $EV2 \geq 50$ MPa notamment dans la zone des sondages SP14, SP29, SP35bis, SP36 où les sols argileux rencontrés sont particulièrement mous et les sols sableux sont lâches.
- La présence **d'ouvrages creux et de vestiges enterrés en béton armé** au droit du sondage SP23 posera des difficultés en phase terrassement et nécessitera l'utilisation du brise roche hydraulique et/ou de l'hydrofraise ;

En tracé courant, la couverture de remblais sablo-graveleux +/- limoneux existante sera décapée sur toute son épaisseur, puis stockée pour sa réutilisation éventuelle ou pour mise en décharge adaptée.

Les sols supports argileux classés visuellement F2 à F3 au sens du GTR ne poseront pas de problème de terrassement si leur état hydrique est moyen à sec.

E.2.2. Conditions de réemploi des remblais sablo-graveleux en remblai et couches de forme

Dans l'emprise de la future plateforme, les remblais sablo-graveleux « propres » rencontrés généralement sous la couche de remblais argileux peuvent être classés généralement S3 selon le GTR.

Ces matériaux comportent une fraction fine limoneuse en faible quantité mais suffisante pour leur conférer une certaine sensibilité aux variations de teneurs en eau. Par conséquent, ces matériaux sablo-caillouteux peuvent être assimilés à des matériaux de type 2 et ne peuvent pas être réutilisés en couche de forme granulaire directement sous la structure ferroviaire.

Ces remblais peuvent être éventuellement réutilisés en remblai généraux et/ou en matériaux de substitution de purge pour l'obtention de modules EV2 supérieurs à 40 MPa.

Les sols argileux sont classés F1 à F3, selon le GTR. Ces matériaux très sensibles à l'eau n'ont pas les qualités requises pour une réutilisation en couche de forme ou en sous-couche sous plateforme.

E.2.3. Drainage de la plateforme

Il faudra prévoir, au fur et à mesure des terrassements, des formes de pentes dans les terrassements généraux avec collecte des eaux, pour éviter la stagnation d'eau et permettre un assèchement plus rapide après précipitation.

Enfin, les circulations d'eau d'infiltration et d'eau de ruissellement devront être captées au fur et à mesure, par l'intermédiaire de tranchées drainantes ou dispositifs de drainage équivalents à disposer en sous-face de la couche de forme granulaire notamment dans les zones où les sols supports sont constitués par des sols argileux. Ces dispositifs devront être raccordés au fur et à mesure de l'avancement des travaux à des exutoires non refoulables.

E.2.4. Détermination des portances des sols supports

Sur le linéaire projeté, après décapage sur une épaisseur minimum de 1 m, le sol support sera constitué :

- Soit par des remblais sablo-graveleux hétérogènes présentant des portances généralement supérieures à 50 MPa mais pouvant présenter des portances inférieures dans quelques secteurs ;
- Soit par des remblais argilo-graveleux présentant des portances entre 10 et 30 MPa ;
- Soit par des argiles très molles présentant des portances de l'ordre de 5 MPa à la limite du mesurable ;
- Soit par des argiles fermes à raides présentant des portances situées entre 10 et 20 MPa ;

Compte tenu des pressions limites p_l^* mesurées, les modules EV2 peuvent être estimés au niveau du sol support théorique permettant ainsi de dimensionner l'épaisseur de la couche de forme à mettre en œuvre afin d'atteindre un module $EV2 > 50$ MPa avant la mise en œuvre de la structure rigide de la plateforme ferroviaire.

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Classe GTR	PI* mesurée au niveau de la PSTiARi (MPa)	Module Em (MPa)	Coefficient rhéologique α	Portance mini EV2 du sol support après terrassement (MPa)	Cas de PSTiARi
SP1	Remblais sablo-graveleux à passages argileux	G3	0.6	18	0.5	36	PST3-AR1
SP2	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	2.66	77	0.5	150	PST3-AR2
SP3	Remblais argilo-graveleux	G3	0.78	19	I	19	PST1-AR1
SP4	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.66	11	0.5	22	PST1-AR1
SP5	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	2.23	40	0.5	80	PST3-AR2
SP6	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.79	36	0.5	72	PST3-AR2
SP7	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.39	33	0.5	66	PST3-AR2
SP8	Remblais argilo-graveleux	G3	0.47	11.5	I	11.5	PST1-AR1
SP9	Argiles	F1-F3	0.65	42	I	42	PST1-AR1
SP11	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.33	8	0.5	16	PST1-AR1
SP13	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.06	14.5	0.5	29	PST3-AR1

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Classe GTR	PI* mesurée au niveau de la PSTiARi (MPa)	Module Em (MPa)	Coefficient rhéologique α	Portance mini EV2 du sol support après terrassement (MPa)	Cas de PSTiARi
SP14	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.09	3	0.5	6	PST0AR0
SP15	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.18	22.5	0.5	45	PST3-AR1
SP16	Argiles	F1-F3	0.44	9.5	1	9.5	PST1-AR1
SP17	Argiles	F1-F3	0.89	15	1	15	PST1-AR1
SP18	Argiles	F1-F3	1.3	34	1	34	PST3-AR1
SP19	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	3.93	58	0.5	116	PST3-AR2
SP20	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.44	49	0.5	98	PST3-AR1
SP21	Argiles	F1-F3	0.76	13	1	13	PST1AR1
SP22	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.0	22	0.5	44	PST3-AR1
SP24	Argiles	F1-F3	0.63	10.5	1	10.5	PST1AR1
SP26	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.5	31.5	0.5	63	PST3-AR2
SP28	Remblais argilo-graveleux	G3	0.57	10	1	10	PST1-AR1

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Classe GTR	PI* mesurée au niveau de la PSTiARi (MPa)	Module Em (MPa)	Coefficient rhéologique α	Portance mini EV2 du sol support après terrassement (MPa)	Cas de PSTiARi
SP29	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.17	3.5	0.5	7	PSTiAR0
SP30	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	2.2	25	0.33	75	PST3-AR2
SP31	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	2.3	57	0.5	114	PST3-AR2
SP32	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.6	25	0.5	50	PST3-AR2
SP33	Remblais argilo-graveleux	G3	0.57	12	1	12	PSTi-AR1
SP34	Argiles	F1-F3	1.6	15.5	0.66	23.5	PST3-AR1
SP35	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.17	5	0.5	10	PSTi-AR1
SP36	Argiles	F1-F3	0.13	5	1	5	PST0-AR0
SP30bis	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.68	12	0.5	24	PSTi-AR1
SP31bis	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.52	12	0.5	24	PSTi-AR1
SP32bis	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	0.67	12.5	0.5	25	PSTi-AR1
SP33bis	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.2	14	0.33	42	PST3-AR1

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Classe GTR	PI* mesurée au niveau de la PSTiARi (MPa)	Module Em (MPa)	Coefficient rhéologique α	Portance mini EV2 du sol support après terrassement (MPa)	Cas de PSTiARi
SP34bis	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	1.26	21	0.5	42	PST3-AR1
SP34bis	Remblais sablo-graveleux	S2-S3	3.14	36	0.33	108	PST3-AR2

E.2.5. Détermination des épaisseurs de couche de forme à mettre en œuvre en fonction de la nature et portance du sol support

Compte tenu des hétérogénéités du sol d'assise vers 1.0 m de profondeur, qui correspondent soit à des remblais sablo-graveleux soit à des remblais argilo-graveleux ou soit à des argiles, il faudra mettre en œuvre les épaisseurs de couche de forme qui figurent dans le tableau ci-après.

Nous avons considéré :

- Le cas d'une **PST3-AR2** sur les **remblais sablo-graveleux « propres »** lorsque la portance EV2 au niveau du sol support théorique (à -1 m) est supérieure ou égale à **50 MPa** ; dans ce cas, il faudra une couche de forme granulaire en matériaux sablo-graveleux de type 1 de **0,3 m d'épaisseur minimum**.
- Le cas d'une **PST3-AR1** sur des **remblais sablo-graveleux comportant une fraction fine limoneuse +/- importante** et sur des **remblais argilo-graveleux** présentant une portance **EV2 de l'ordre de 20-30 MPa** ; dans ce cas, il faudra une couche de forme de **0,4 m d'épaisseur minimum**.
- Le cas général d'une **PST1-AR1** sur les **sols supports argileux** dans ce cas et pour une portance EV2 de l'ordre de **10-15 MPa**, il faudra une couche de forme de **0,75 m d'épaisseur minimum**.
- Le cas **PST0-AR0** sur les **sols supports argileux mous** dans ce cas et pour une portance EV2 de l'ordre de **5 MPa**, il faudra une couche de forme de **0.75 m + un cloutage sur 0.3 m d'épaisseur minimum soit une épaisseur totale de 1.05**

Nota : Ces épaisseurs sont données pour l'obtention d'une classe de **plateforme PF2 (EV2>50 MPa) sur la couche de forme**. Il faudra prévoir l'intercalation d'un géotextile non tissé intercalé entre le sol support et le remblai d'apport.

Ces épaisseurs sont données dans le cas d'un terrassement vers 1 m de profondeur par rapport au niveau du terrain existant.

Rappel des objectifs de portance exigés

- Portance sur couche de forme :
 - $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$; $EVd \geq 40 \text{ MPa}$
 - $k = \frac{EV2}{EV1} \leq 2,2$

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Cas de PSTiARi	Epaisseur de couche de forme pour l'obtention de $EV2=45\text{MPa}$ (y compris purge)
SP1	Remblais sablo-graveleux à passages argileux	PST3-AR1	75 cm
SP2	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP3	Remblais argilo-graveleux	PST1-AR1	75 cm
SP4	Remblais sablo-graveleux	PST1-AR1	75 cm
SP5	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP6	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP7	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP8	Remblais argilo-graveleux	PST1-AR1	75 cm
SP9	Argiles	PST1-AR1	75 cm

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Cas de PSTiARi	Epaisseur de couche de forme pour l'obtention de EV2=45MPa (y compris purge)
SP11	Remblais sablo-graveleux	PST1-AR1	75 cm
SP13	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR1	40 cm
SP14	Remblais sablo-graveleux	PST0AR0	105
SP15	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR1	40 cm
SP16	Argiles	PST1-AR1	75 cm
SP17	Argiles	PST1-AR1	75 cm
SP18	Argiles	PST3-AR1	40 cm
SP19	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP20	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR1	40 cm
SP21	Argiles	PST1AR1	75 cm
SP22	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR1	40 cm
SP24	Argiles	PST1AR1	75 cm
SP26	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Cas de PSTiARi	Epaisseur de couche de forme pour l'obtention de EV2=45MPa (y compris purge)
SP28	Remblais argilo-graveleux	PST I-AR I	75 cm
SP29	Remblais sablo-graveleux	PST0AR0	105
SP30	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP31	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP32	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP33	Remblais argilo-graveleux	PST I-AR I	75 cm
SP34	Argiles	PST3-AR I	40 cm
SP35	Remblais sablo-graveleux	PST I-AR I	75 cm
SP36	Remblais sablo-graveleux	PST0-AR0	105 cm
SP30bis	Remblais sablo-graveleux	PST I-AR I	75 cm
SP31bis	Remblais sablo-graveleux	PST I-AR I	75 cm

Sondage	Nature des sols au niveau de la PST	Cas de PSTiARi	Epaisseur de couche de forme pour l'obtention de EV2=45MPa (y compris purge)
SP32bis	Remblais sablo-graveleux	PST I-AR I	75 cm
SP33bis	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR I	40 cm
SP34bis	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm
SP34bis	Remblais sablo-graveleux	PST3-AR2	30 cm

E.2.6. Réalisation des purges et substitutions

Dans le cas de rencontre de sols supports argileux très mous (cas de type PST0AR0) soit des modules non mesurables à l'essai à la plaque statique, il faudra prévoir des purges-substitutions. Ces substitutions seront également à prévoir dans le cas de la démolition des ouvrages en béton armé situés dans l'emprise du tracé (zone du sondage SP23).

D'après notre expérience pour des travaux similaires pour les CFL, les purges / substitutions mises en œuvre avec un concassé de carrière de granulométrie 0/150 mm type 2 ne permettent pas un gain de portance significatif malgré des épaisseurs importantes mises en œuvre, notamment dans des conditions hivernales. Cela est dû essentiellement à la présence d'une fraction limoneuse sensible à l'eau en quantité plus ou moins importante.

Par conséquent, les matériaux de purge/substitution devront être constitués d'un concassé rocheux de bonne qualité de granulométrie 0/45 et/ou 45/90 mm bien gradué de classification G1 I ins selon le GTR ou de type I.

Le remblai de substitution devra être mis en œuvre par couches minces n'excédant pas 0.3 m d'épaisseur et soigneusement compactées. Les vibrations seront limitées à proximité immédiate des immeubles d'habitation.

E.2.7. Exécution de la couche de forme granulaire

Afin d'atteindre les objectifs de portance, les matériaux devront être constitués d'un matériau sablo-graveleux ou rocheux d'apport de classification GTR D3I ou de type I, de bonne qualité, insensible à l'eau et au gel, non évolutif, de granulométrie 0/45 mm.

Les matériaux devront être mis en œuvre par couches minces soigneusement compactées (0,3 à 0,4 m selon caractéristiques du compacteur utilisé)

Les objectifs à atteindre seront les suivants :

- L'objectif de portance à atteindre EV2 sur la couche de forme sera de 50 MPa.
- Il est nécessaire que les travaux de terrassement et de compactage doivent être sérieusement contrôlés au minimum par des essais à la plaque et des essais au pénétrodensitographe pour les remblais de tranchée

E.2.7.1. Modalités de compactage à respecter

On s'assurera :

- De réaliser de préférence les travaux dans de bonnes conditions météorologiques ;
- De compacter soigneusement la couche de forme granulaire;
- D'obtenir une portance EV2 ≥ 50 MPa*

***Nota :** nous recommandons l'utilisation d'un compacteur à pneus en complément du mono-vibrant lourd pour atteindre plus facilement les objectifs fixés.

Des essais de contrôles devront être réalisés au minimum par des essais à la plaque statiques ou dynamique en fonction des conditions d'accès

Une planche d'essais servant à définir la nature des matériaux d'apport à mettre en œuvre et les modalités de compactage devra être réalisée préalablement aux opérations de terrassement. On veillera à utiliser de préférence un compacteur mono-vibrant lourd de classe V4 ou V5 associé à un compacteur à pneus de classe P2 ou P3 pour garantir les objectifs de portances et de compactage fixés.

Les modalités indiquées ci-dessous seront les modalités minimales à respecter et serviront de base pour la réalisation de la planche d'essais :

Tableau de compactage pour la mise en œuvre d'un remblai sablo-graveleux 0/45 type I				
Modalités	Energie de compactage			
Type de compacteur	P2 (pneus)	P3 (pneus)	V3 (vibrant lourd)	V4 (vibrant lourd)
Q/S	0.030	0.045	0.075	0.090
Epaisseur de la couche (m)	0,3	0,4	0,3	0,30
Vitesse de compactage (km/h)	5.0	5.0	2.5	3.0
N (nombre de passes)	5	5	5	4

Les matériaux seront soigneusement compactés par couches dont les épaisseurs dépendront du type de compacteur utilisé, avec contrôle de portance et de compactage par essais à la plaque de type LCPC et WESTERGRAARD. Leur mise en place devra respecter les exigences du GTR.

E.2.7.2. Portance et déformabilité

Pour les couches supérieures du terrassement (sous-couche, couche de forme), le contrôle de la portance est une obligation pour vérifier le respect des critères de dimensionnement. Dans notre cas, l'objectif EV2 à atteindre sera de 50 MPa sur la couche de forme.

La réalisation de planches d'essai pour caler la méthodologie de mise en œuvre, et de planches de références pour caler les moyens de contrôle sera une nécessité.

La réalisation de planches d'essai préalable en forte épaisseur pourra permettre de vérifier que le module intrinsèque du matériau est bien conforme à celui pris en compte en étude.

Selon la zone, un géotextile non tissé de classe 4 devra être intercalé entre le sol support argileux et la couche de forme granulaire.

Des essais à la plaque devront être réalisés au fur et à mesure des travaux de terrassement en pleine masse afin de vérifier la portance des sols supports argileux et/ou sablo-caillouteux avant la mise en œuvre des matériaux de couches de forme.

E.3. Spécificités pour les sous-stations et locaux techniques

E.3.1. Blindage / talutage

E.3.1.1. Maquette géotechnique

La maquette géotechnique à retenir dans le cadre des études de stabilité des talus sera la suivante :

Couche	c' (kPa)	ϕ' (°)	γ (kN/m ³)
Remblais argilo-graveleux	4	20	19
Remblais sablo-graveleux	0	27	20
Argiles molles	7	17	18
Argiles fermes à raides	12	22	19
Marnes raides à très raides	25	30	20
Sables gréseux limoneux	1	28	19
Grès très compacts	30	35	21-22

E.3.1.2. Talutage

Pour une profondeur de fouille n'excédant pas 3 m et en l'absence d'arrivée d'eau, on pourra retenir un talutage si l'espace latéral par rapport aux ouvrages proches (voiries, trottoirs, bâtiments, réseaux, etc.) le permet. Ce talutage s'effectuera avec une pente maximale de **3 Horizontal / 2 Vertical** (environ 34°) dans les remblais et de **IH/IV** (45°) dans les sols argileux. Les talus provisoires devront être protégés des arrivées d'eau par la mise en place de polyanes.

Dans le cas où l'espace disponible est insuffisant pour taluter, il faudra envisager une paroi de soutènement de type paroi berlinoise ou équivalent.

E.3.1.3. Type de paroi de soutènement

Dans le cadre de la construction d'ouvrages avec un niveau enterré dans des zones présentant un espace limité, il sera nécessaire de prévoir le blindage des fouilles par une paroi de soutènement.

L'ouvrage pourra être de type écran berlinois ou équivalent. Il sera tenu le cas échéant par des liernes et tirants (sous réserve d'autorisation de tréfonds des riverains) ou par des butons provisoires.

En phase définitive, la reprise de la poussée des terres (et de l'eau) sera à assurer par la structure de l'ouvrage qui devra être conçue et dimensionnée en conséquence.

Il pourra être envisagé des écrans de soutènement assurant également une fonction de portance. L'étude de ce point relève d'une étude G2 phase PRO.

Il conviendra de tenir compte de l'emprise (encombrement) de l'ouvrage de soutènement dans la définition de la géométrie des ouvrages définitifs.

Les ouvrages devront faire l'objet d'un prédimensionnement en phase PRO de la mission G2.

E.3.1.4. Principes généraux de fondations

Etant donné que les charges du local technique seront vraisemblablement assez faibles, celui-ci devrait pouvoir être fondé sur semelles filantes ou isolées sollicitant les sols argileux fermes à raides.

Une solution sur radier général est également envisageable, sollicitant les sols argileux par l'intermédiaire d'une couche de forme granulaire constituée d'un matériau sablo-graveleux de bonne qualité, de type I soigneusement compacté sur une épaisseur minimum de 0.3 m par temps sec.

Les objectifs de portance et de compactage à atteindre seront les suivants :

- Module EV2 > 40 MPa
- Coefficient de compactage $K = EV2/EV1 < 2.0$

Les conditions d'assise et les sujétions de réalisation sont fournies dans le chapitre dédié.

E.4. Spécificités pour les poteaux LAC

E.4.1. Principes généraux de fondation

Les poteaux LAC apportent vraisemblablement peu de charges verticales, mais en revanche la prise au vent des poteaux, les changements de direction de la ligne, et le givre dissymétrique engendrent des efforts horizontaux et des moments de renversement importants, dimensionnants pour les appuis.

Compte-tenu de ces efforts et de la présence de remblais, et d'argiles molles à raides jusqu'à des profondeurs importantes, une solution de type fondation superficielle n'est pas envisageable.

On retiendra donc une structure à **3 ou 4 micropieux par poteau** pour reprendre les efforts horizontaux et les moments de renversement. Ces micropieux seront ancrés dans les marnes raides à très raides ou les grès très compacts.

F. EBAUCHE DIMENSIONNELLE POUR LES SOUS-STATIONS/LOCAUX TECHNIQUES

F.1. Conception

Nous prenons l'hypothèse d'un bâtiment comportant un niveau enterré vers 2.5/3 m de profondeur par rapport au niveau du terrain actuel. A cette profondeur les sols argileux sont généralement fermes à raides et les sols sableux présentent généralement une compacité moyenne.

Il faudrait donc réaliser une couche de forme de 30 cm d'épaisseur en matériaux sablo-graveleux d'apport de type I, de granulométrie 0/45 mm, soigneusement compactés, et en vérifiant en tête de couche de forme un module de déformation à la plaque $EV2 > 40 \text{ MPa}$ et $k = EV2/EV1 < 2$.

Il faudra également prévoir la mise en place d'un géotextile intercalé entre le sol support et le remblai d'apport.

En cas de rencontre d'anomalie au niveau théorique du fond de fouille (poche décomprimée, point dur, etc.) et/ou en cas de travaux réalisés en période hivernale ou pluvieuse (ce que nous déconseillons), des purges complémentaires seront à prévoir, avec substitution par un concassé calcaire d'apport type I de granulométrie 0/45 et/ou 45/90 mm.

La zone du sondage SP36 est concernée par la présence de sols mous à cette profondeur et sera donc sujette à des purges complémentaires.

Nota : A ce stade, nous n'avons pas d'informations concernant les charges apportées par le projet ni pas la localisation précise des ouvrages.

F.2. Contrainte de calcul

Cas 1 : Sols argileux

La contrainte de calculs ELS sera la suivante :

$$q'_{ELS} = \frac{k_p p l_e^*}{\gamma_{R,d,1} \gamma_{R,d,2}} + q'_0 = \frac{0.8 \times 0.7}{1.2 \times 2.3} = 0.20 \text{ MPa} = 200 \text{ kPa}$$

Cas 2 : Sols sableux

La contrainte de calculs ELS sera la suivante :

$$q'_{ELS} = \frac{k_p p l_e^*}{\gamma_{R,d,1} \gamma_{R,d,2}} + q'_0 = \frac{0.9 \times 0.43}{1.2 \times 2.3} = 0.14 \text{ MPa} = 140 \text{ kPa}$$

Cas 2 : Grès sains

La contrainte de calculs ELS sera la suivante :

$$q'_{ELS} = \frac{k_p p l_e^*}{\gamma_{R,d,1} \gamma_{R,d,2}} + q'_0 = \frac{0.8 \times 4.0}{1.2 \times 2.3} = 1.15 \text{ MPa} = 1150 \text{ kPa}$$

Ces contraintes devraient être suffisantes pour supporter les charges des sous-stations et locaux techniques.

F.3. Première approche du tassement pour un radier

En l'absence d'informations plus détaillées, on considère pour l'estimation du tassement une surcharge totale de l'ordre de 25 kPa comprenant les deux niveaux et la toiture.

La maquette géotechnique retenue pour le calcul du tassement dans le cas d'un contexte argile sur marne est la suivante :

Nature	Toit (m/TA)	Base (m/TA)	E _M MPa	E _s MPa
Couche de forme	2.5	2.8	-	40
Argiles	2.8	6.0	10	20
Marnes argileuses	6.0	7.0	40	80
Marnes très raides	7.0	>7.0	Substratum incompressible	

Nota : cette estimation de chargement devra bien entendu être approuvée par le bureau d'études statiques en charge du projet.

On a alors le tassement suivant :

$$s = q \times \sum_i \frac{h_i}{E_{R,i}} = 25 \times \left[\frac{0.3}{40} + \frac{3.2}{20} + \frac{1.0}{80} \right] \sim 5 \text{ mm}$$

La maquette géotechnique retenue pour le calcul du tassement dans le cas d'un contexte sables sur Grès est la suivante :

Nature	Toit (m/TA)	Base (m/TA)	E _M MPa	E _s MPa
Couche de forme	2.5	2.8	-	40
Argiles	2.8	6.5	10	20
Sables	6.5	8.0	10	20
Grès	8.0	> 8.0	Substratum indéformable	

$$s = q \times \sum_i \frac{h_i}{E_{R,i}} = 25 \times \left[\frac{0.3}{40} + \frac{3.7}{20} + \frac{1.5}{20} \right] \sim 7 \text{ mm}$$

Avec ces hypothèses et cette maquette, nous obtenons un tassement sous l'ouvrage entre 5 et 10 mm. Cette valeur devrait être admissible pour l'ouvrage projeté, mais devra être validée par la Maîtrise d'Ouvrage.

Pour le calcul du renforcement du radier, le module de réaction verticale à long terme k_v devra varier entre 2.5 et 5 MPa/m

F.4. Recommandations de réalisation

En phase chantier, en cas d'arrivées d'eau ponctuelles en fond de fouille, il conviendra de l'évacuer par pompage modéré afin de ne pas risquer d'entraîner les fines du sol (remblais avec fines, argiles localement sableuses ou limoneuses).

Il conviendra par ailleurs :

- De mettre en œuvre un géotextile anticontaminant à l'interface entre les sols en place et le massif drainant pour éviter leur pollution par les fines présentes dans les sols en place ;
- De mettre en place un drain suffisamment dimensionné au niveau d'assise du radier, relié à un exutoire ne pouvant refouler ;
- De mettre en œuvre un complexe d'étanchéité au contact du mur enterré (type Delta MS) complété par un enduit bitumineux adapté étanche ;
- De réaliser le massif drainant en matériaux d'apport granulaire de bonne qualité 0/45 ou 0/31.5 type I, soigneusement compacté (le compactage devra être vérifié au pénétroréactomètre avec un objectif de densification q_3).

G. PREDIMENSIONNEMENT DES MICROPIEUX DES POTEAUX LAC

G.1. Conception

Nous proposons de réaliser des micropieux de type II (injection gravitaire ou basse pression). Ceux-ci devront être :

- Forés, tubés au moins jusqu'à la tête des marnes ou des grès ;
- Descendus d'au moins 2 m dans les marnes raides à très raides ou dans les grès très compacts

Nous donnons ci-dessous les éléments nécessaires au Bureau d'Etude pour ce dimensionnement.

G.2. Maquettes géotechniques

Au vu de l'importance du linéaire, plusieurs maquettes devront être réalisées pour la phase G2-PRO pour tenir compte des variations des épaisseurs de couches et leurs hétérogénéités en termes de caractéristiques mécaniques. Nous proposons de retenir les maquettes suivantes présentées ci-après.

G.2.1. Pour le contexte argiles sur marnes

Nature	Profondeur de la base (m/TA)	pl* (MPa)	Courbe	Catégorie	q _s ultime (kPa)
Remblais	4.5	Non pris en compte pour le calcul			
Argiles	6	0.8	I	4	23
Marnes	>6	3	4	I	71

G.2.2. Pour le contexte argiles/sables sur grès

Nature	Profondeur de la base (m/TA)	pl* (MPa)	Courbe	Catégorie	q _s ultime (kPa)
Remblais	3.5	Non pris en compte pour le calcul			
Argiles	6.5	0.5	I	4	19
Sables	8.0	0.75	2	4	36
Grès	>8.0	4.5	5	I	130

G.3. Calcul de la portance des micropieux en compression et traction

Selon la norme NF P94-262 d'application nationale française de l'Eurocode 7 pour les fondations profondes (procédure du modèle de terrain), la résistance caractéristique de frottement latéral se calcule de la manière suivante :

$$R_{s,k} = \pi B \sum_i h_i q_{s,k,i}$$

Où les $q_{s,k,i}$ sont les valeurs caractéristiques des contraintes de frottement axial fournies dans les maquettes géotechniques ci-avant ;

On a alors :

- Aux ELU :
 - Portance caractéristique : $R_{c,k} = R_{s,k}$
 - Portance de calcul : $R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t}$ avec $\gamma_t = 1.1$ en compression et 1.15 en traction
- Aux ELS :
 - Portance caractéristique : $R_{c,cr,k} = 0.7 R_{s,k}$
 - Portance de calcul : $R_{c,d} = \frac{R_{c,cr,k}}{\gamma_{cr}}$ où $\gamma_{cr} = 0.9$ aux ELS caractéristiques en compression et 1.1 en traction, et 1.1 aux ELS quasi-permanents en compression et 1.5 en traction.

Caractéristiques du pieu :

Type de micropieu :

Micropieu type I ou II

Fluide de forage :

☒ Air
 ☐ Boue

Tubage :

☐ Aucun
 ☒ Provisoire
 ☐ Perdu

Jusque base couche :

2

Catalogue pour l'armature :

Dywidag

Perte à la corrosion :

0 mm

Résistances exprimées en :

kN

Maquette géotechnique :

Couche	Prof. base (m)	Désignation couche	Terrain selon P94-262	pl* (MPa)	Cat.	Courbe	$\alpha_{pieusol}$ (-)	f_{sol} (-)	$q_{s,max}$ (kPa)	q_s (kPa)	$q_{s,k}$ compr.	$q_{s,k}$ traction
1	4.5	Remblais	Non pris en compte		4	0	0	0	0	0	0	0
2	6	Argiles	Argile % CaCO3 < 30 % Limon	0.8	4	1	1.25	40	90	50	23	23
3	20	Marnes	Marne et calcaire marneux	3	1	4	1.5	104	170	156	71	71
4										0		
5										0		
6										0		
7										0		
8										0		
9										0		
10										0		

Résultats :

Résistances en kN

										Portance géotechnique								Résistance géotechnique à la traction								Effort normal		
										R _{b,k}	R _{s,k}	aux ELS			aux ELU			R _{s,k}	aux ELS			aux ELU			résistant de l'acier			
												R _{ccrck}	R _{ccrd} ELS qp ELS car		R _{ck}	R _{cd} ELU fond ELU acci			R _{ccrck}	R _{ccrd} ELS qp ELS car		R _{ck}	R _{cd} ELU fond ELU acci		ELS	ELU fond.	ELU acci.	
Type	Diamètre de forage (mm)	Diamètre de tubage (mm)	Armature	Longueur (m/PF)		pl _e * (MPa)	D _e (m)	k _{p,max}	k _p	0	250	175	159	194	250	227	250	250	175	117	159	250	217	238	-	308	308	
2	150	150	GEWI 28	14		3.00	1.50	0.00	0.00	0	283	198	180	220	283	258	283	283	198	132	180	283	246	270	-	308	308	
3	200	200	GEWI 40	15		3.00	2.00	0.00	0.00	0	422	296	269	328	422	384	422	422	296	197	269	422	367	402	-	628	628	
4	200	200	GEWI 40	17		3.00	2.00	0.00	0.00	0	511	358	325	398	511	465	511	511	358	239	325	511	445	487	-	628	628	
5													0	0		0	0			0	0		0	0				
6													0	0		0	0			0	0		0	0				
7													0	0		0	0			0	0		0	0				
8													0	0		0	0			0	0		0	0				

**Portance géotechnique d'une fondation profonde
par la procédure du modèle de terrain**

Projet :	Luxtram - Route d'Esch
N° de projet :	LUGT.24.0039
Commentaires :	Maquette 2

Caractéristiques du pieu :

Type de micropieu : Micropieu type I ou II

Fluide de forage : ☒ Air ☐ Boue

Tubage : ☐ Aucun ☒ Provisoire ☐ Perdu

Jusque base couche : 3

Catalogue pour l'armature : Dywidag

Perte à la corrosion : 0 mm

Résistances exprimées en : kN

Maquette géotechnique :

Couche	Prof. base (m)	Désignation couche	Terrain selon P94-262	pl* (MPa)	Cat.	Courbe	$\alpha_{pieusol}$ (-)	f_{sol} (-)	$q_{s,max}$ (kPa)	q_s (kPa)	$q_{s,k}$ compr.	$q_{s,k}$ traction
1	3.5	Remblais	Non pris en compte		4	0	0	0	0	0	0	0
2	6.5	Argiles	Argile % CaCO3 < 30 % Limon	0.5	4	1	1.25	34	90	43	19	19
3	8	Sables	Sable, grave	0.75	4	2	1.4	40	90	56	36	30
4	20	Grès	Roche altérée ou fragmentée	4.5	1	5	1.6	125	200	200	130	107
5										0		
6										0		
7										0		
8										0		
9										0		
10										0		

Résultats :

Résistances en kN

Résistances en kN										Portance géotechnique						Résistance géotechnique à la traction						Effort normal					
										R _{b,k}	R _{s,k}	aux ELS			aux ELU			R _{s,k}	aux ELS			aux ELU			résistant de l'acier		
Type	Diamètre de forage (mm)	Diamètre de tubage (mm)	Armature	Longueur (m/PF)		p _{le} * (MPa)	D _s (m)	k _{p,max}	k _p			R _{terrk}	R _{terrd} ELS qp	ELS car	R _{ck}	R _{cd} ELU fond	ELU acci		R _{terrk}	R _{terrd} ELS qp	ELS car	R _{ck}	R _{cd} ELU fond	ELU acci	ELS	ELU fond.	ELU acci.
1	150	150	GEWI 25	11		4.50	1.50	0.00	0.00	0	237	166	151	184	237	215	237	200	140	93	127	200	174	190	-	245	245
2	150	150	GEWI 28	12		4.50	1.50	0.00	0.00	0	298	209	190	232	298	271	298	250	175	117	159	250	218	238	-	308	308
3	200	200	GEWI 40	13		4.50	2.00	0.00	0.00	0	479	335	305	373	479	435	479	401	281	187	255	401	349	382	-	628	628
4	200	200	GEWI 40	<div><div></div></div> 14		4.50	2.00	0.00	0.00	0	561	392	357	436	561	510	561	468	328	218	298	468	407	446	-	628	628
5													0	0		0	0			0	0		0	0			
6													0	0		0	0			0	0		0	0			
7													0	0		0	0			0	0		0	0			
8													0	0		0	0			0	0		0	0			

G.4. Recommandations de réalisation pour la réalisation des micropieux

G.4.1. Vis-à-vis de la réalisation des micropieux

- L'exécution des micropieux devra être conforme aux normes EN 1536 et EN 14199.
- Les micropieux devront être de type forés, provisoirement tubés jusqu'en tête des marnes ou grès.
- Les engins, les outils, et la méthodologie de forage sont de la responsabilité de l'entreprise exclusivement et devront permettre de respecter les diamètres et profondeurs prescrits. Nous attirons sur la présence de vestiges en béton armé qui ont notamment été rencontrés au droit du sondage SP23.
- Nous attirons votre attention sur la présence possible de fissures dans les marnes et grès ce qui pourrait engendrer des surconsommations importantes de coulis de ciment. Le cas échéant, il faudra mettre en œuvre une chaussette ou adapter la formulation du coulis.

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.

Le présent rapport conclut la mission d'étude géotechnique de type G2 AVP confiée à FONDASOL dans le cadre de l'aménagement du projet.

Selon la norme NF P 94-500, elle doit être suivie, par une mission d'étude géotechnique de projet G2PRO, visant notamment à :

- Traiter les aléas importants identifiés pour ce projet.
- Vérifier la stabilité du site.
- Définir la géométrie des ouvrages géotechniques (fondations sur micropieux, fondations superficielles, plateforme tramway, soutènement, talutages,...).
- Fixer tous les paramètres du sol et d'interactions sol-structure permettant la justification par le calcul des ouvrages.
- Evaluer les tassements et les déplacements prévisibles des ouvrages.
- Préciser les sujétions de réalisation, notamment le phasage des travaux, le suivi spécifique avec mesures prédéfinies et des valeurs seuils associées ainsi que les adaptations possibles à mettre en œuvre en phase exécution.

Ces points pourront nécessiter un programme d'investigations complémentaires.

La mission G2-PRO a également été confiée à FONDASOL.

Mickaël AUTIN MARTINEAU



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.554-1 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 diffèrent 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'histoire 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 traitement 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 16.1, 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)

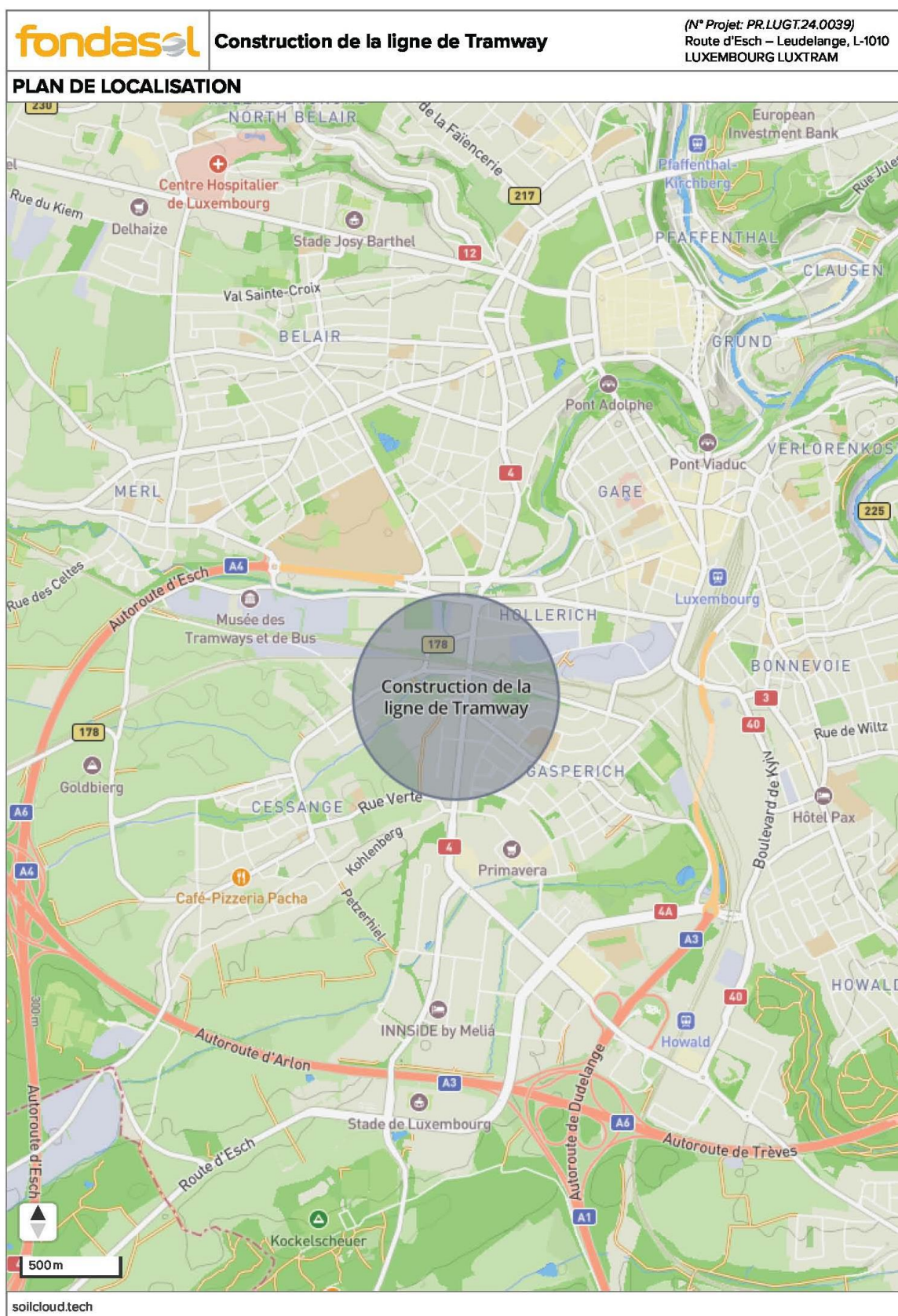
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou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

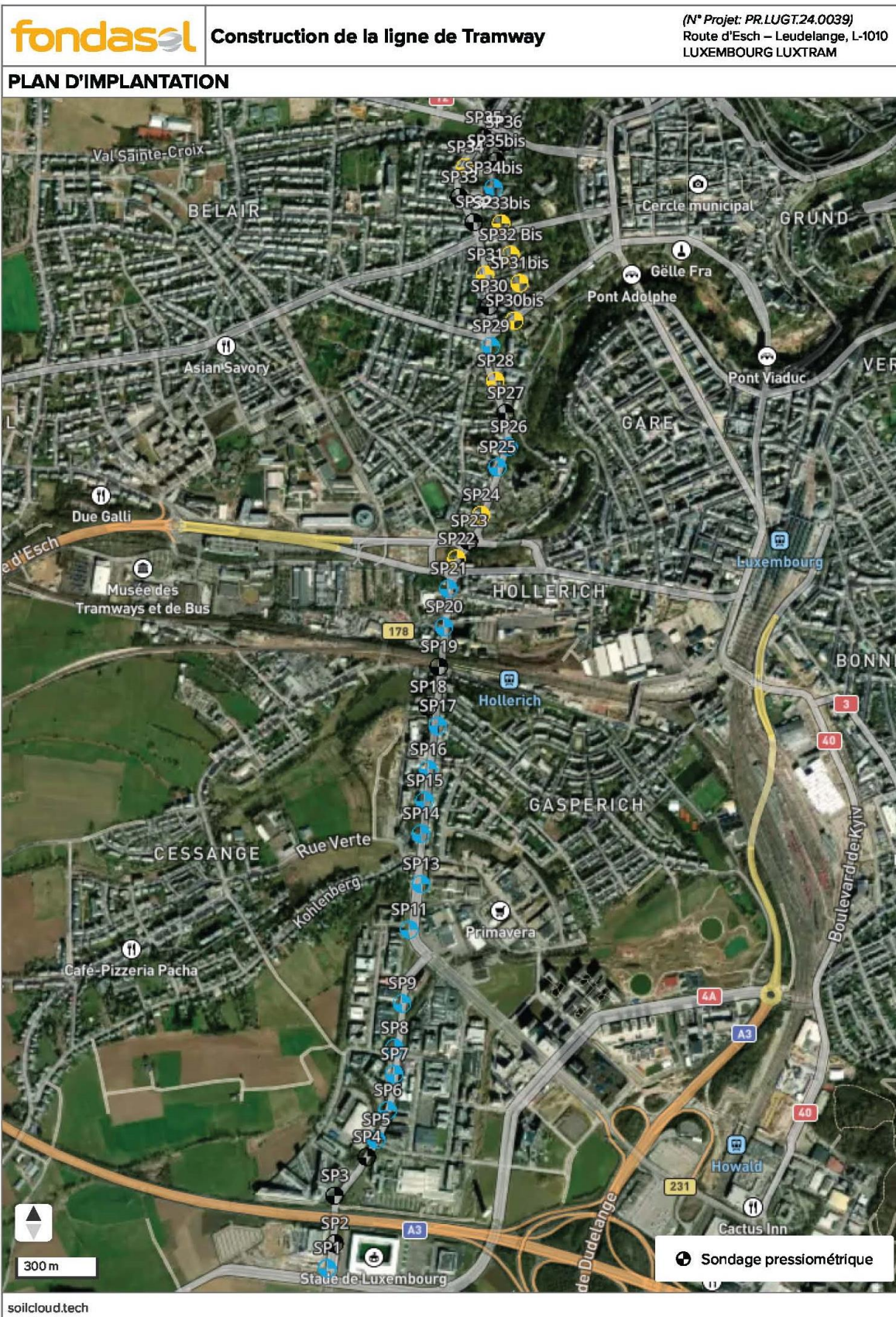
Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie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

Février 2014

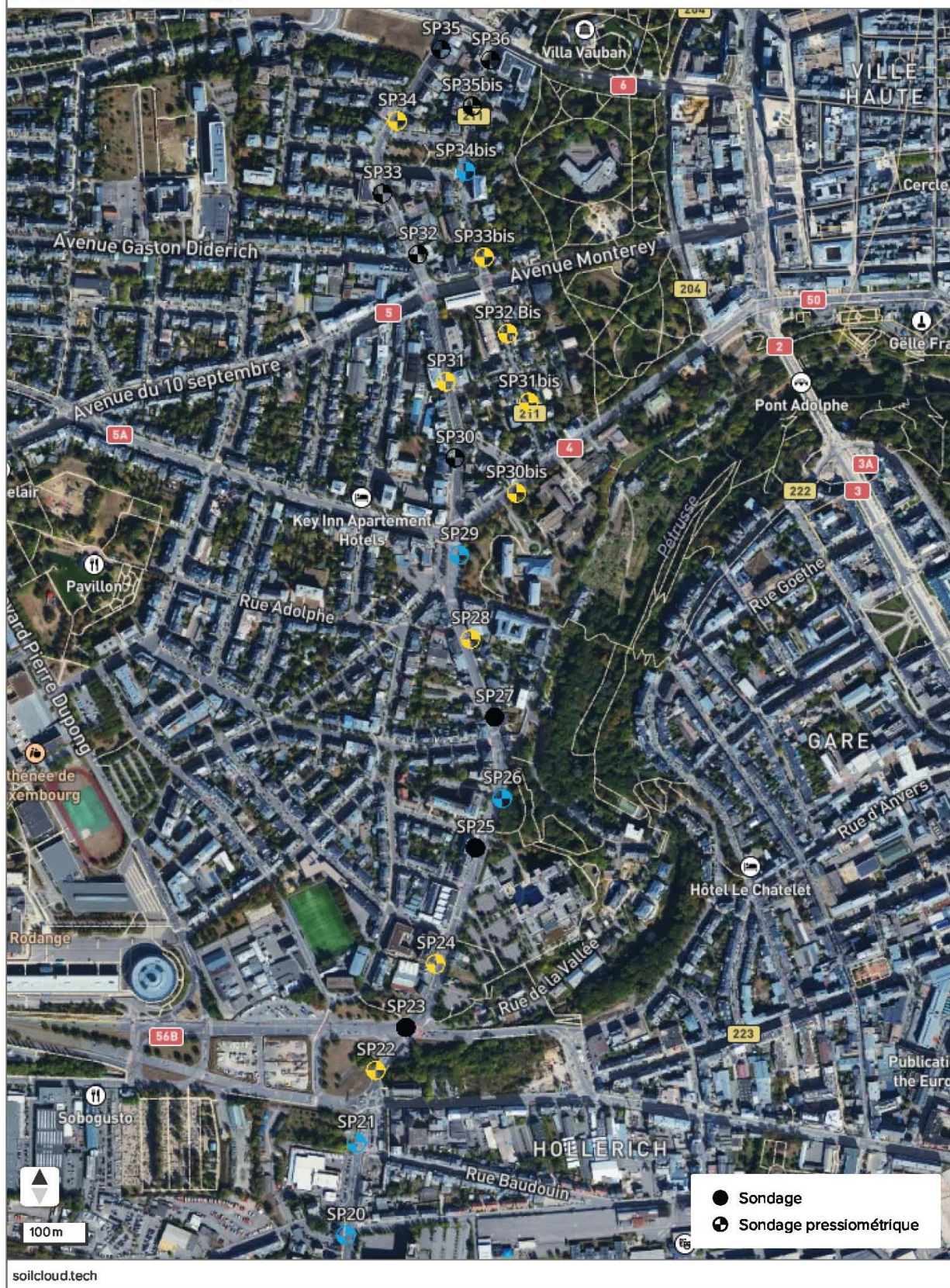
ANNEXE N°I : PLAN DE SITUATION



ANNEXE N°2 : PLANS D'IMPLANTATION DES SONDAGES



PLAN D'IMPLANTATION

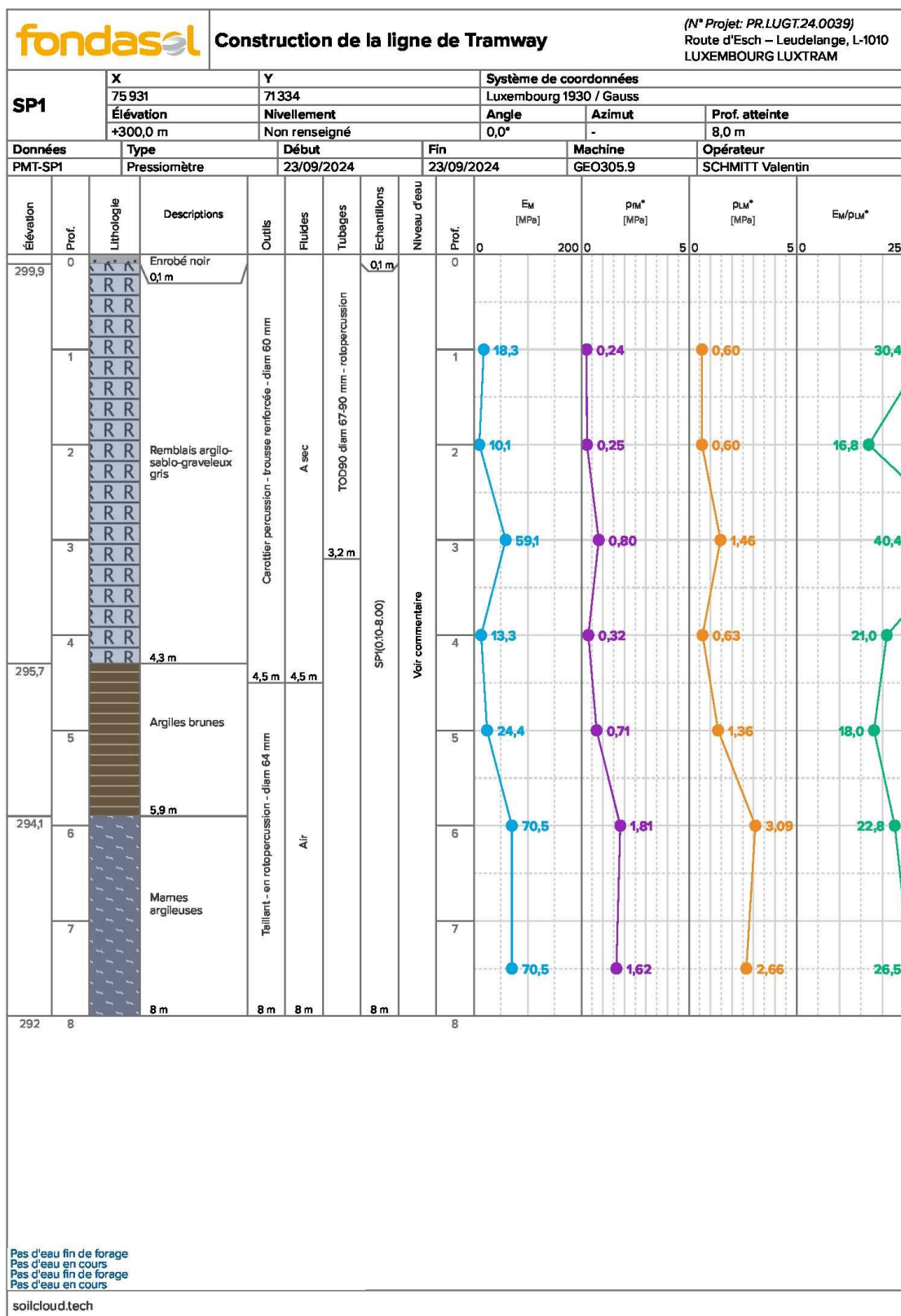


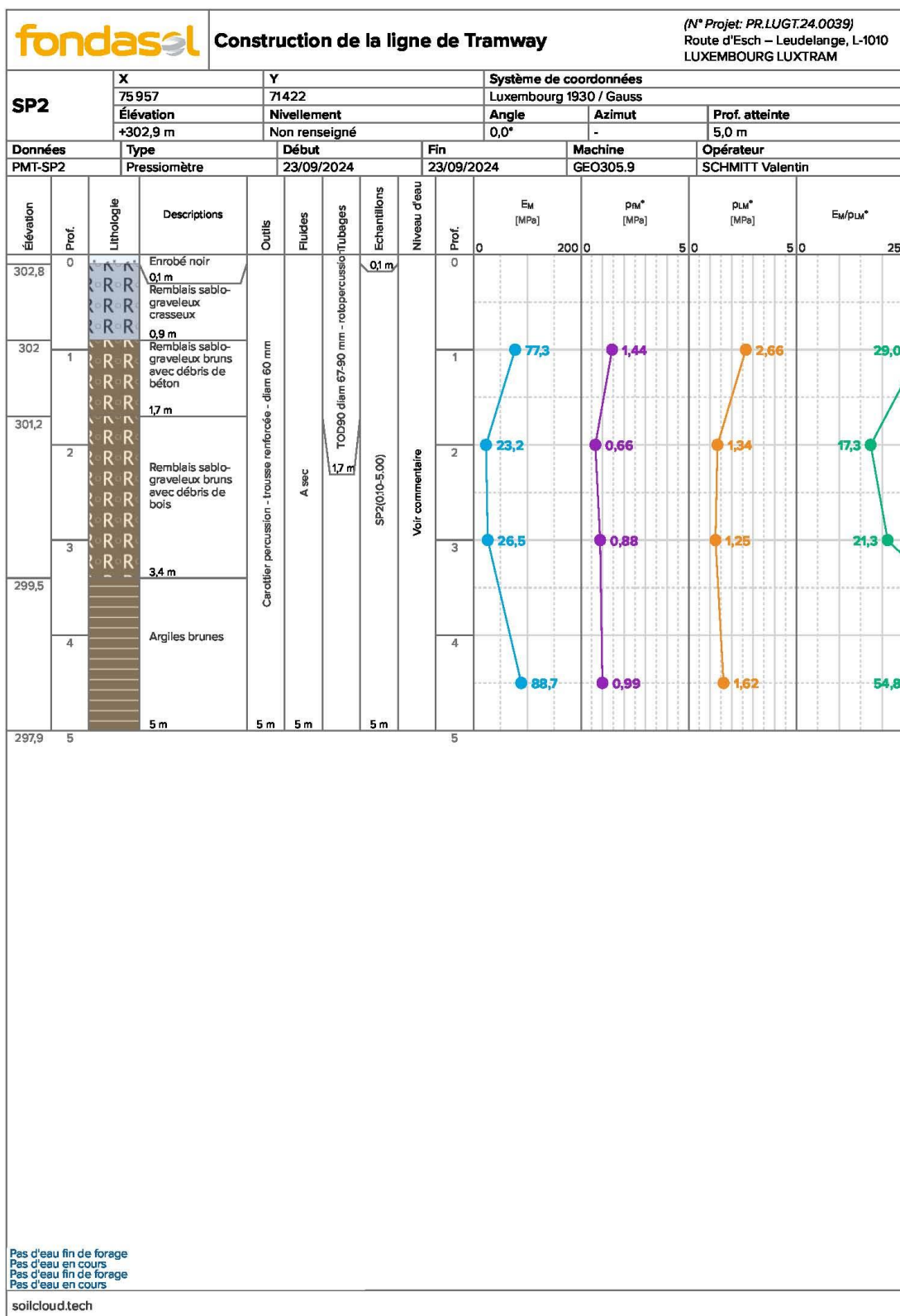
PLAN D'IMPLANTATION

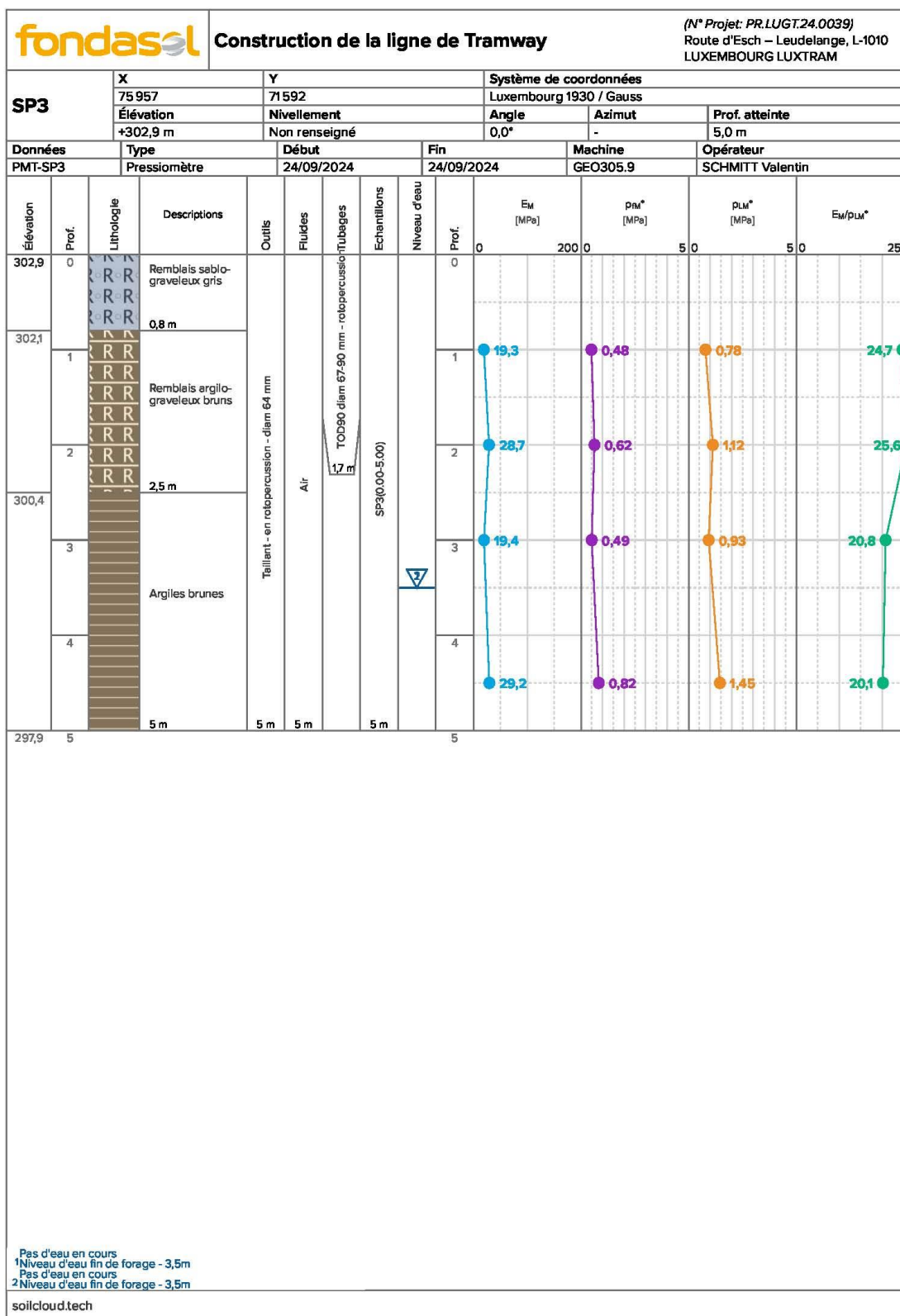


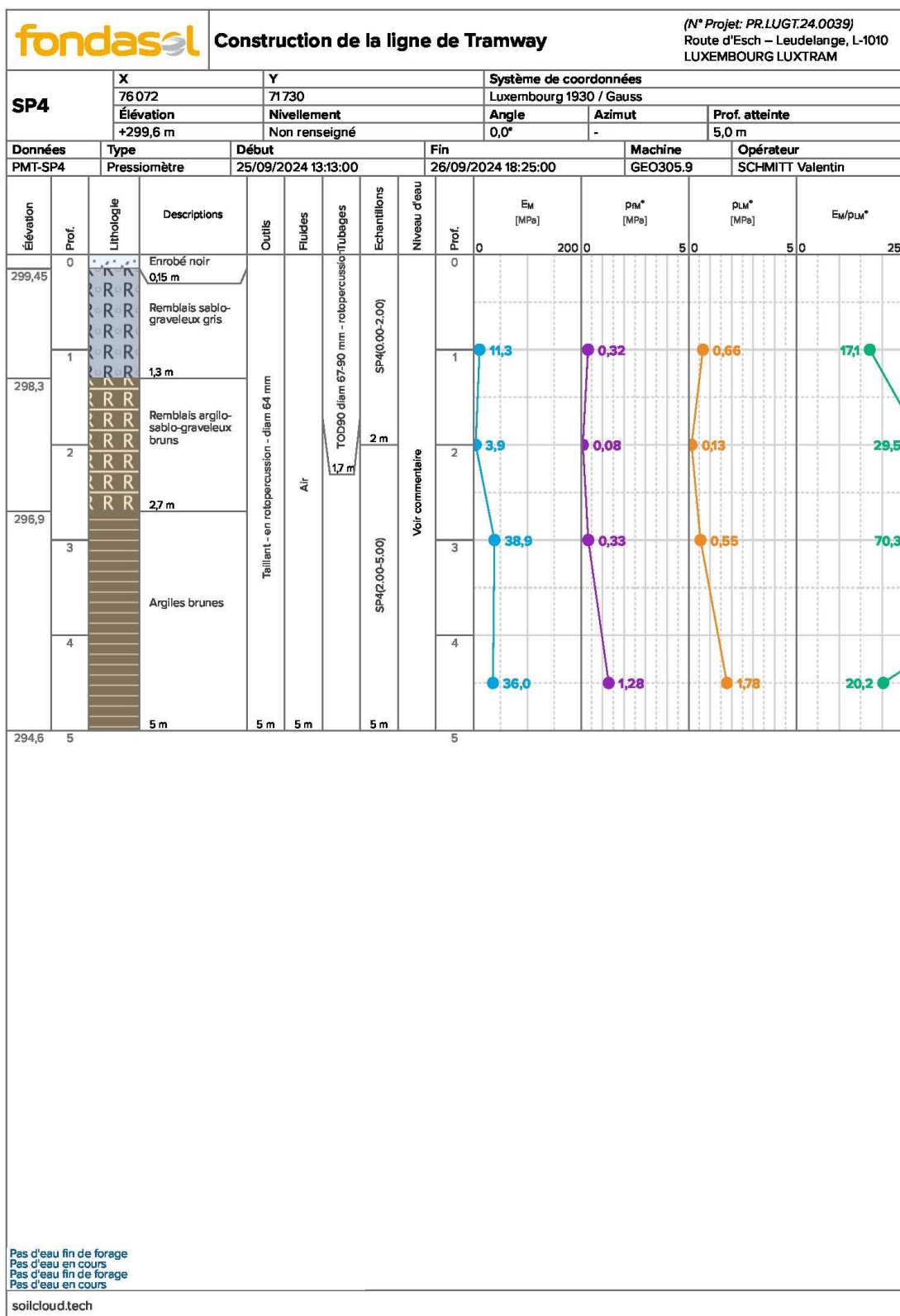
soilcloud.tech

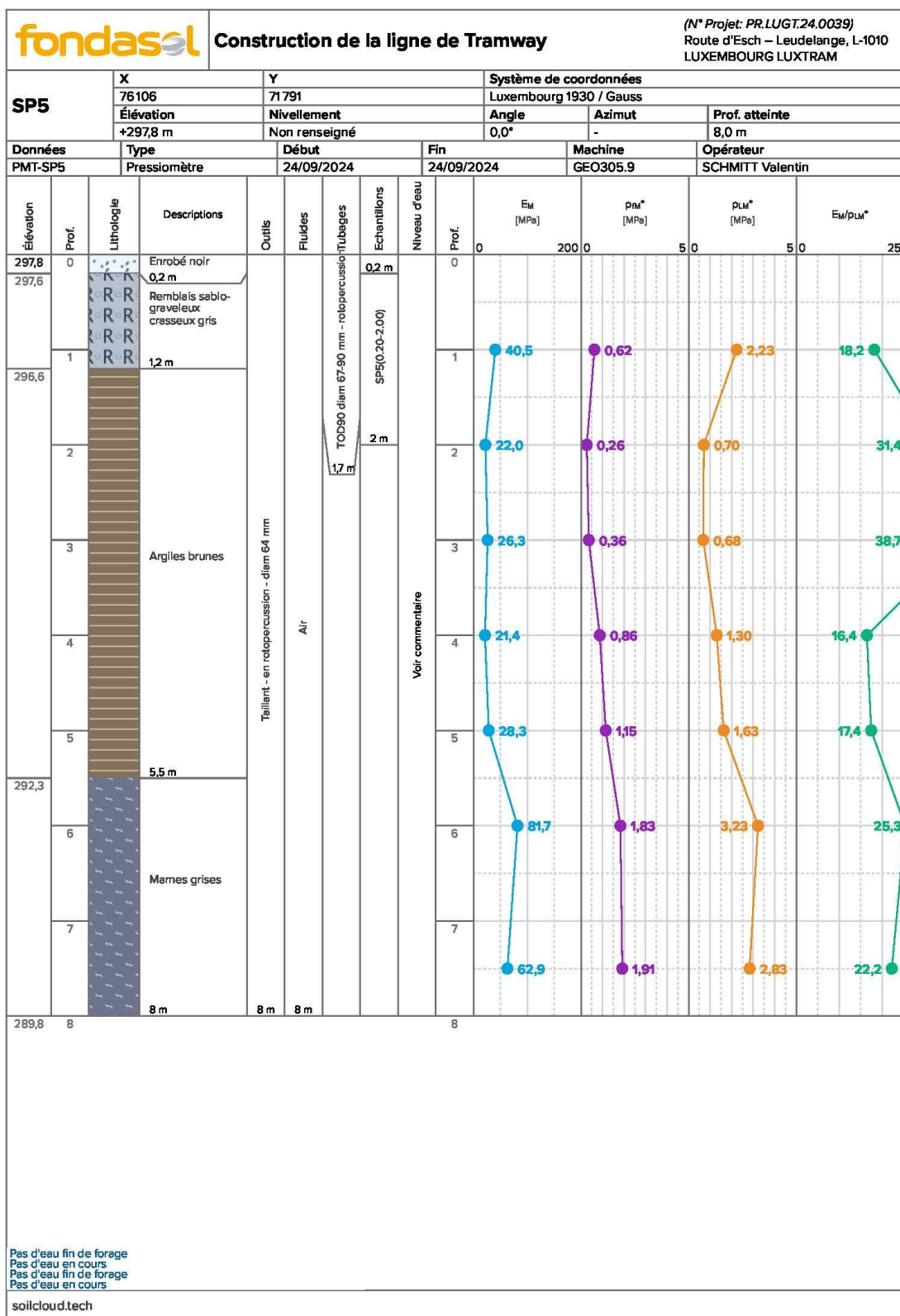
ANNEXE N°3 : COUPES DES SONDAGES

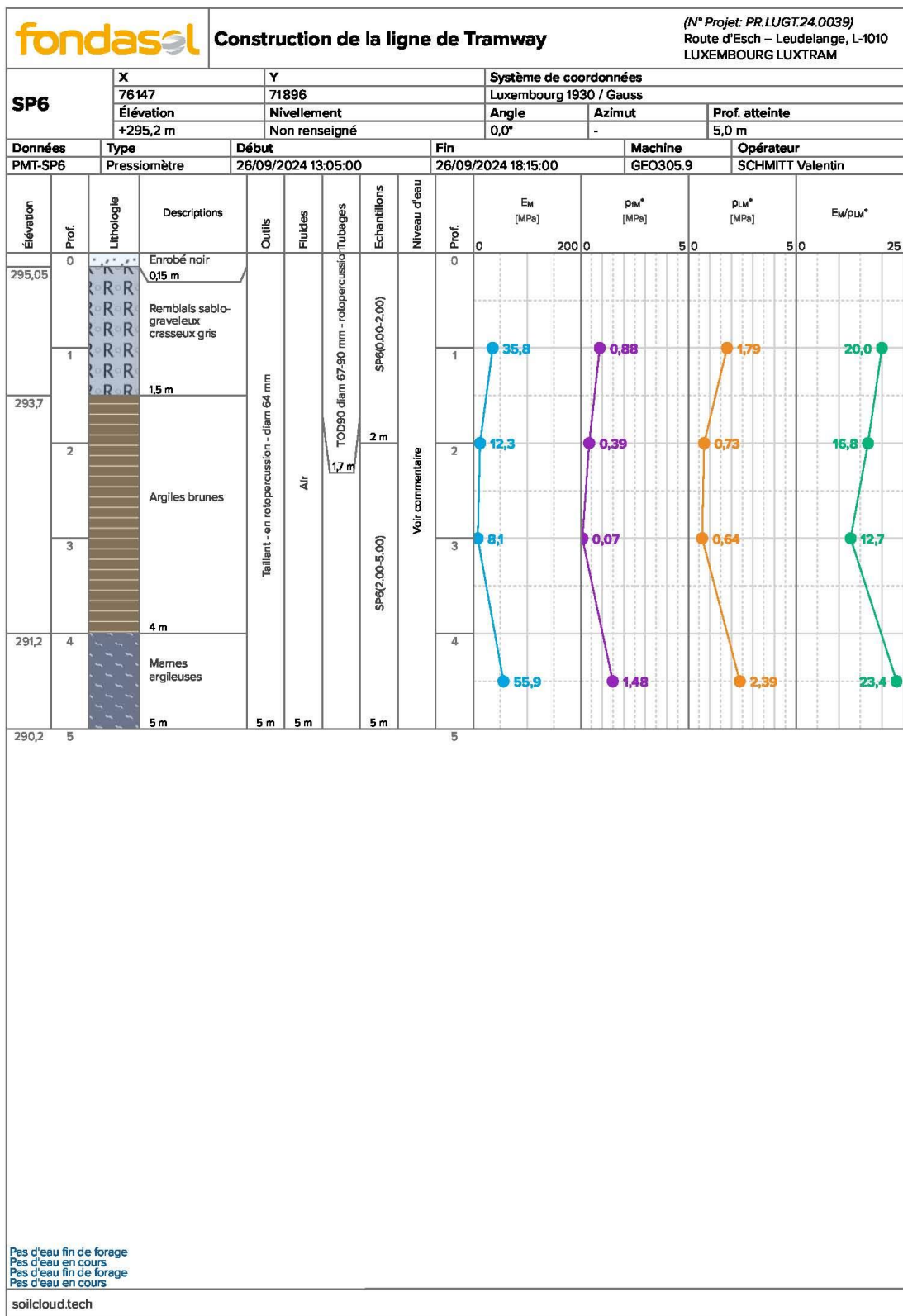


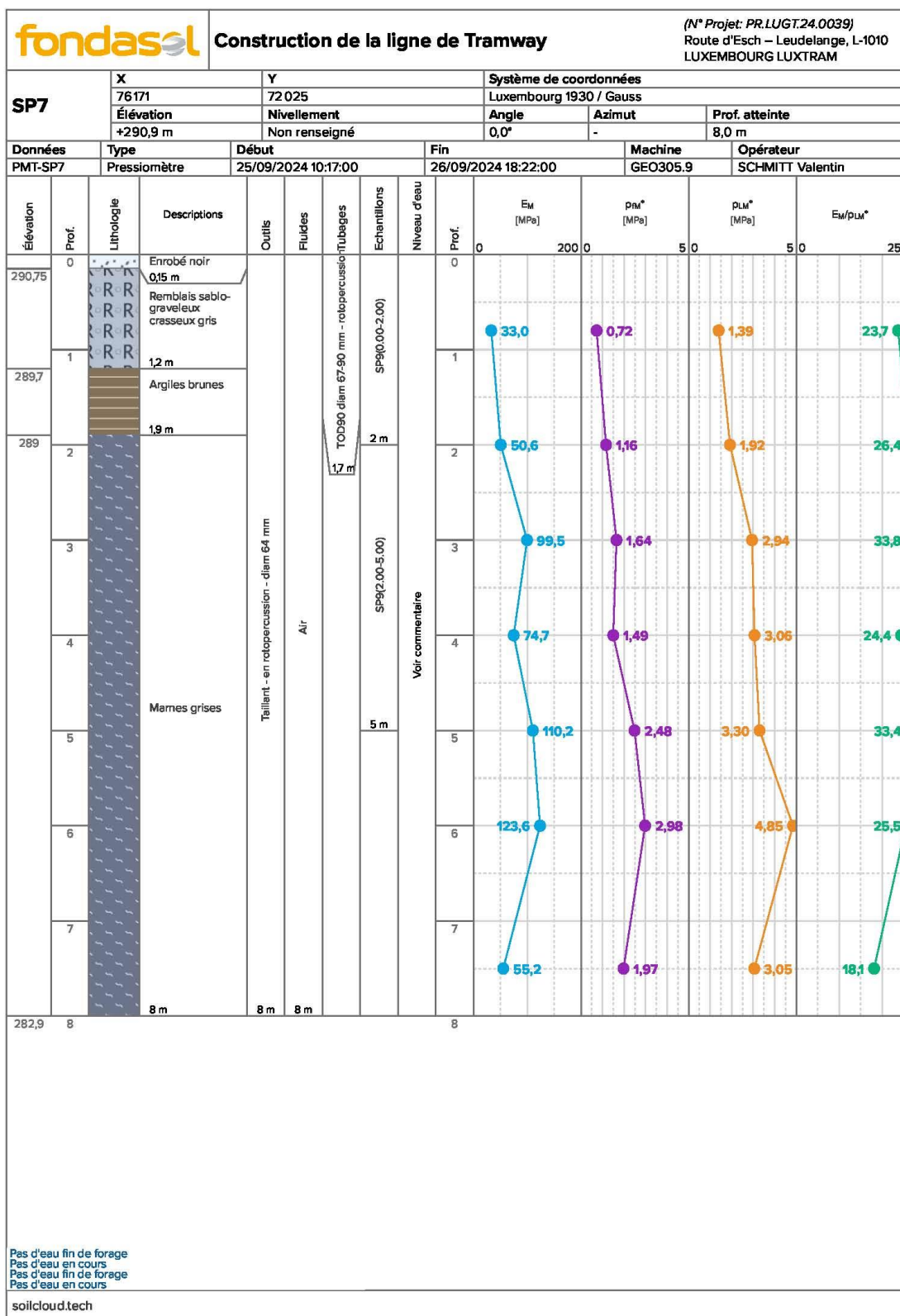


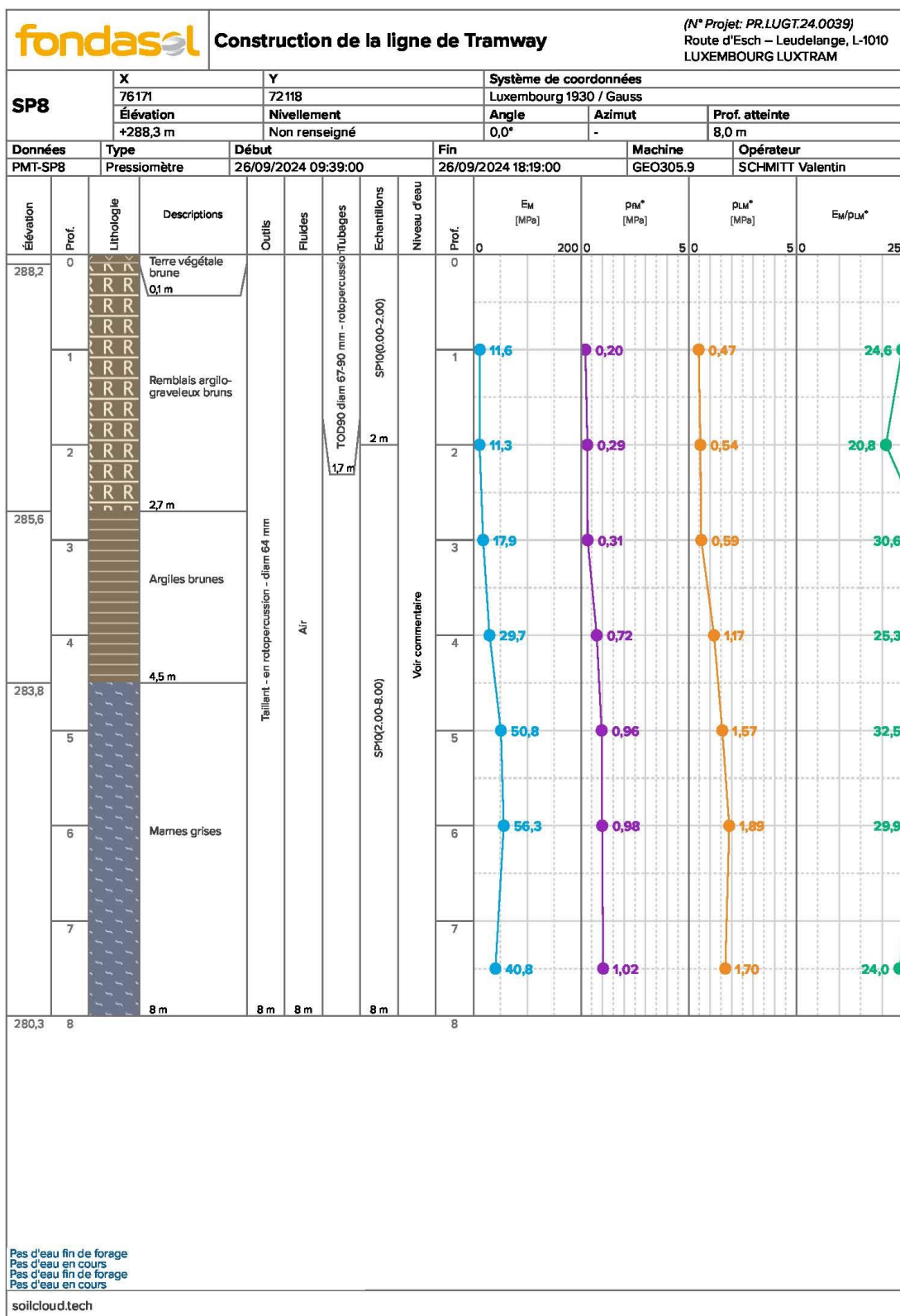


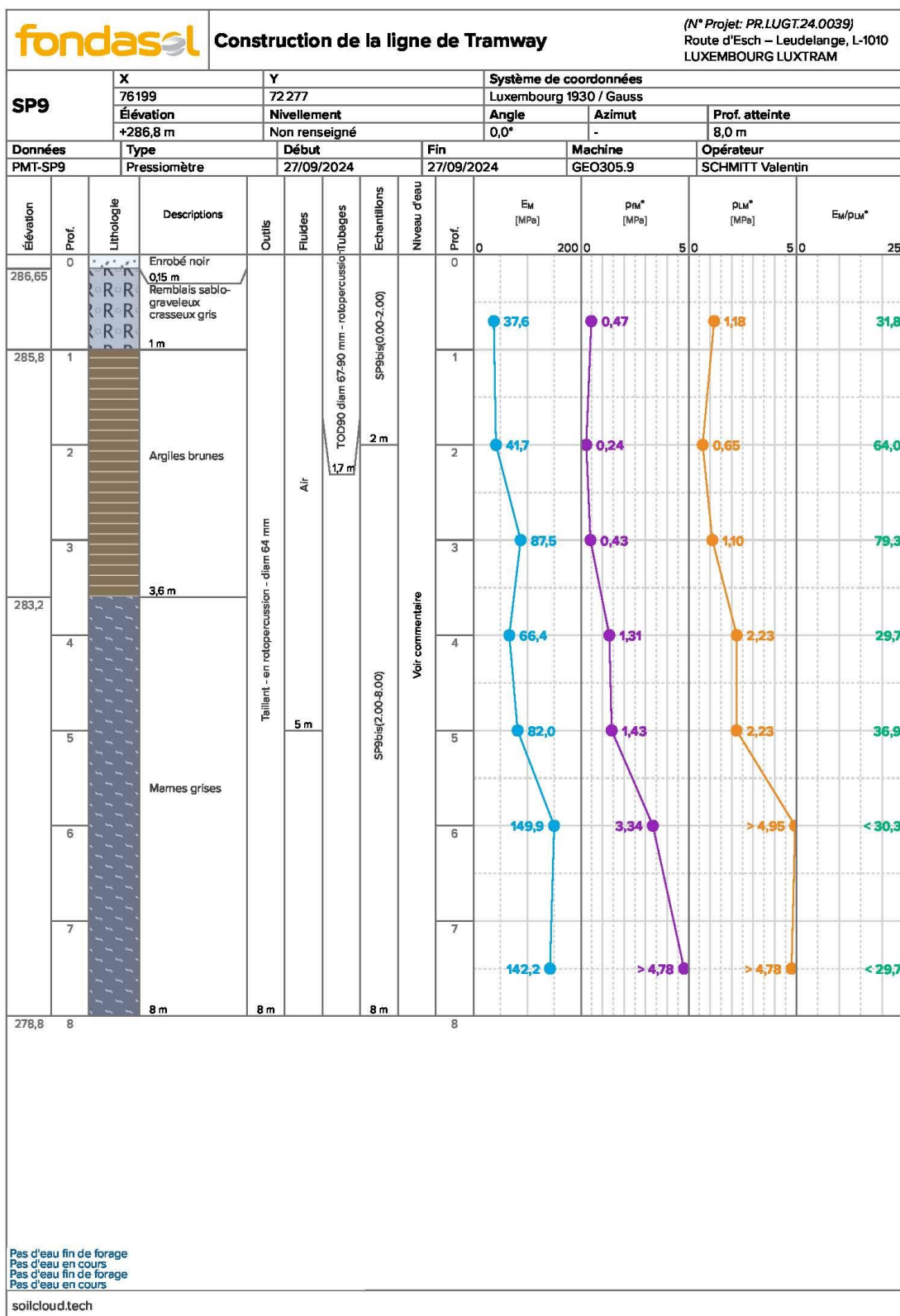


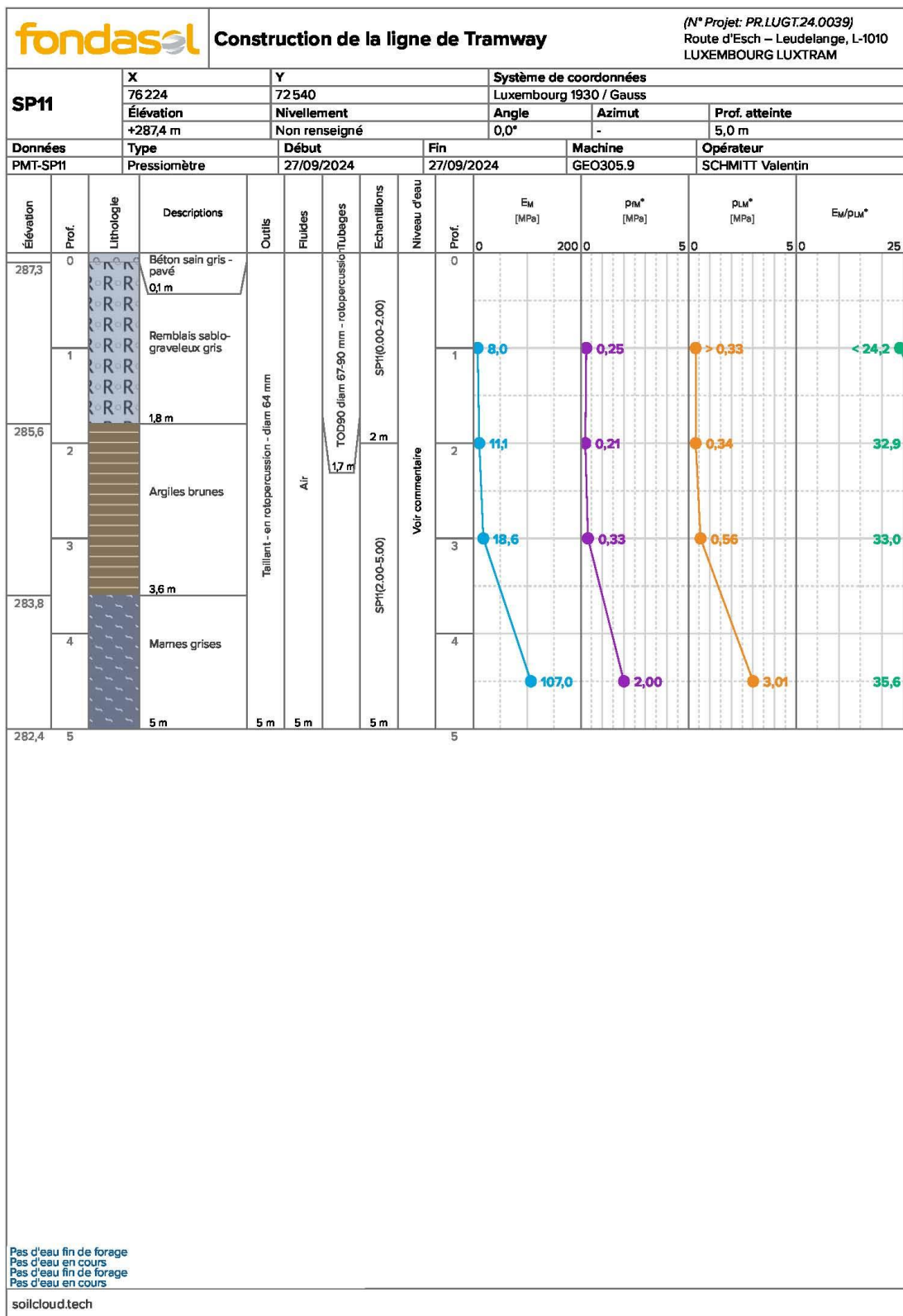


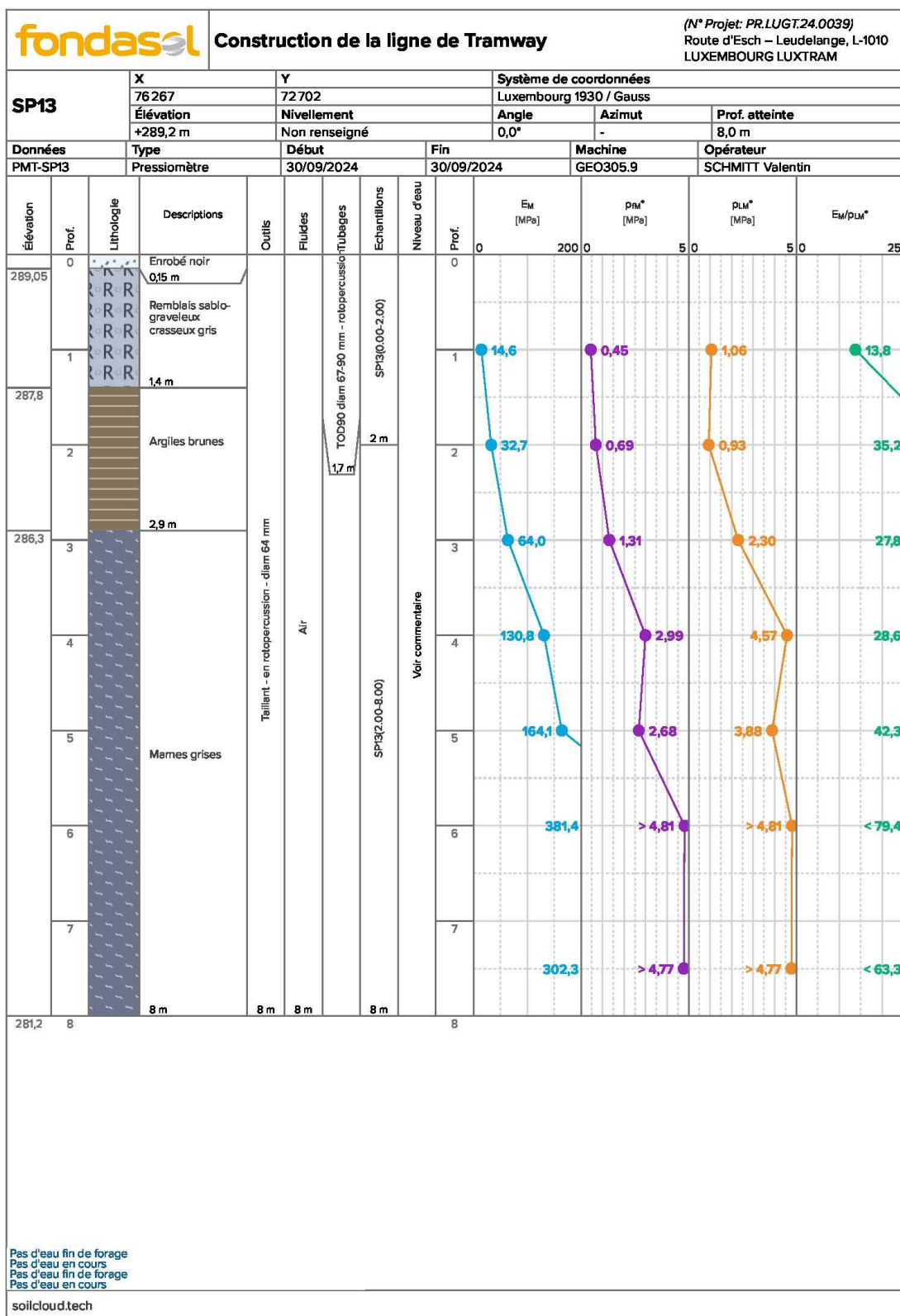


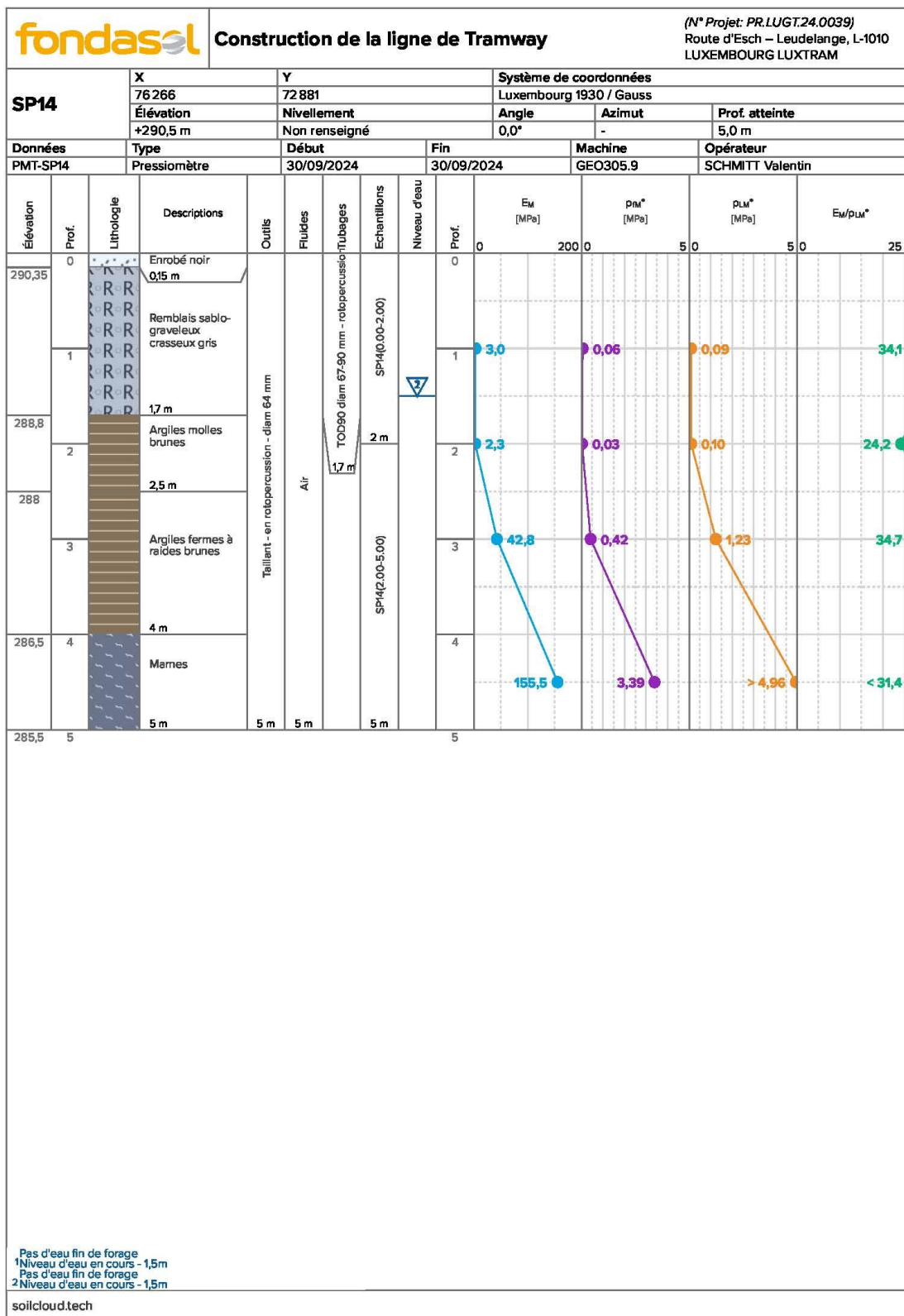


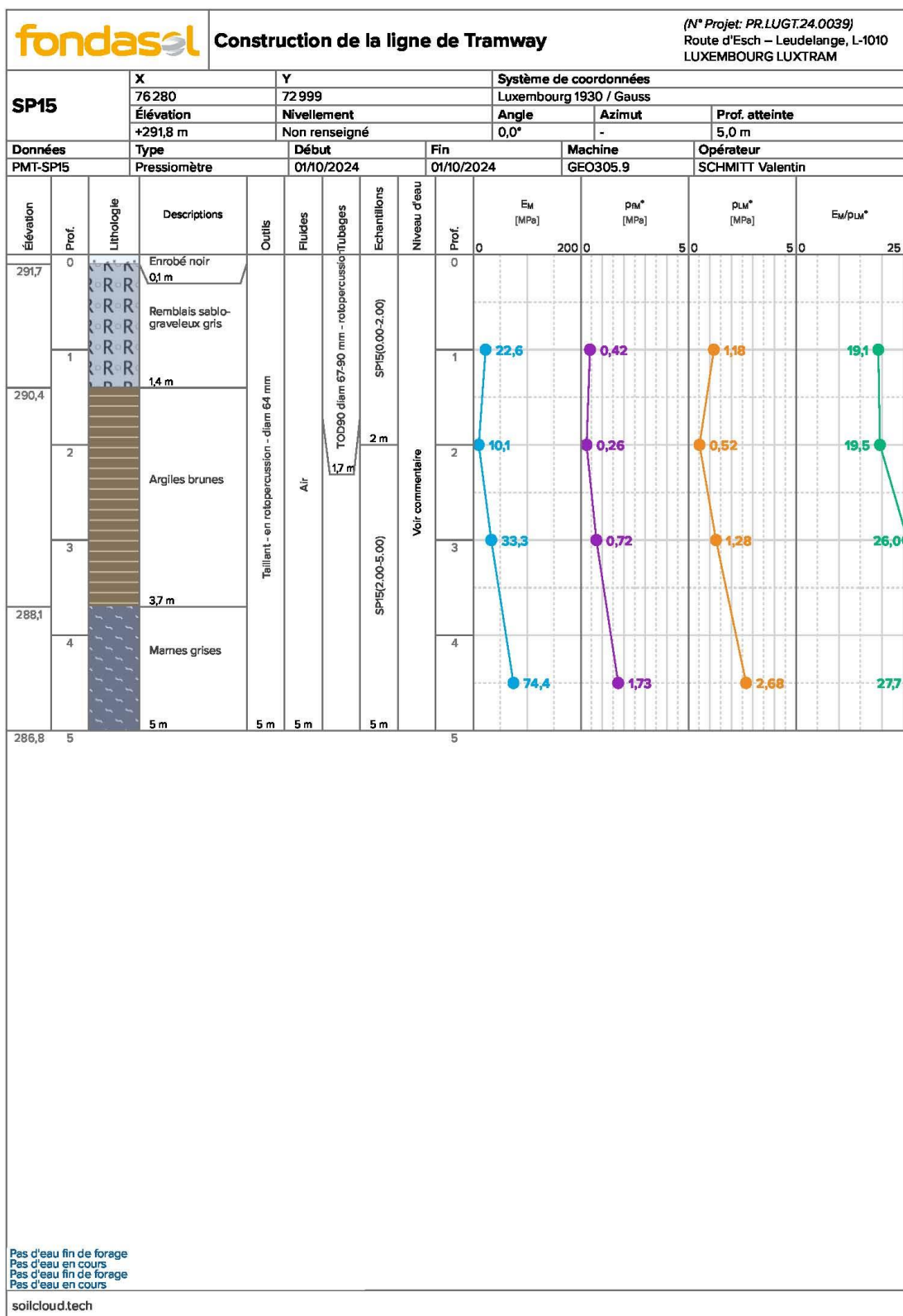


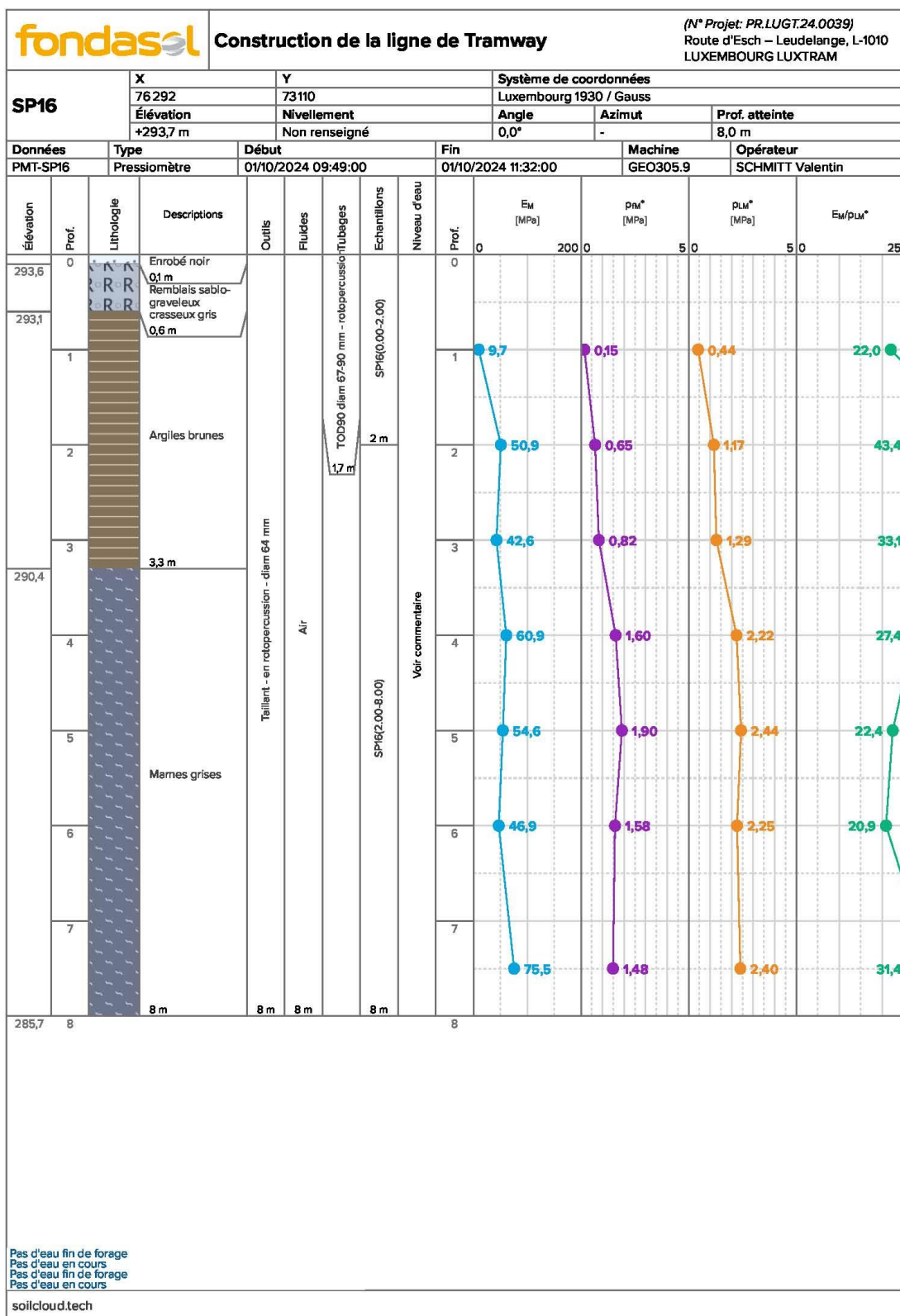


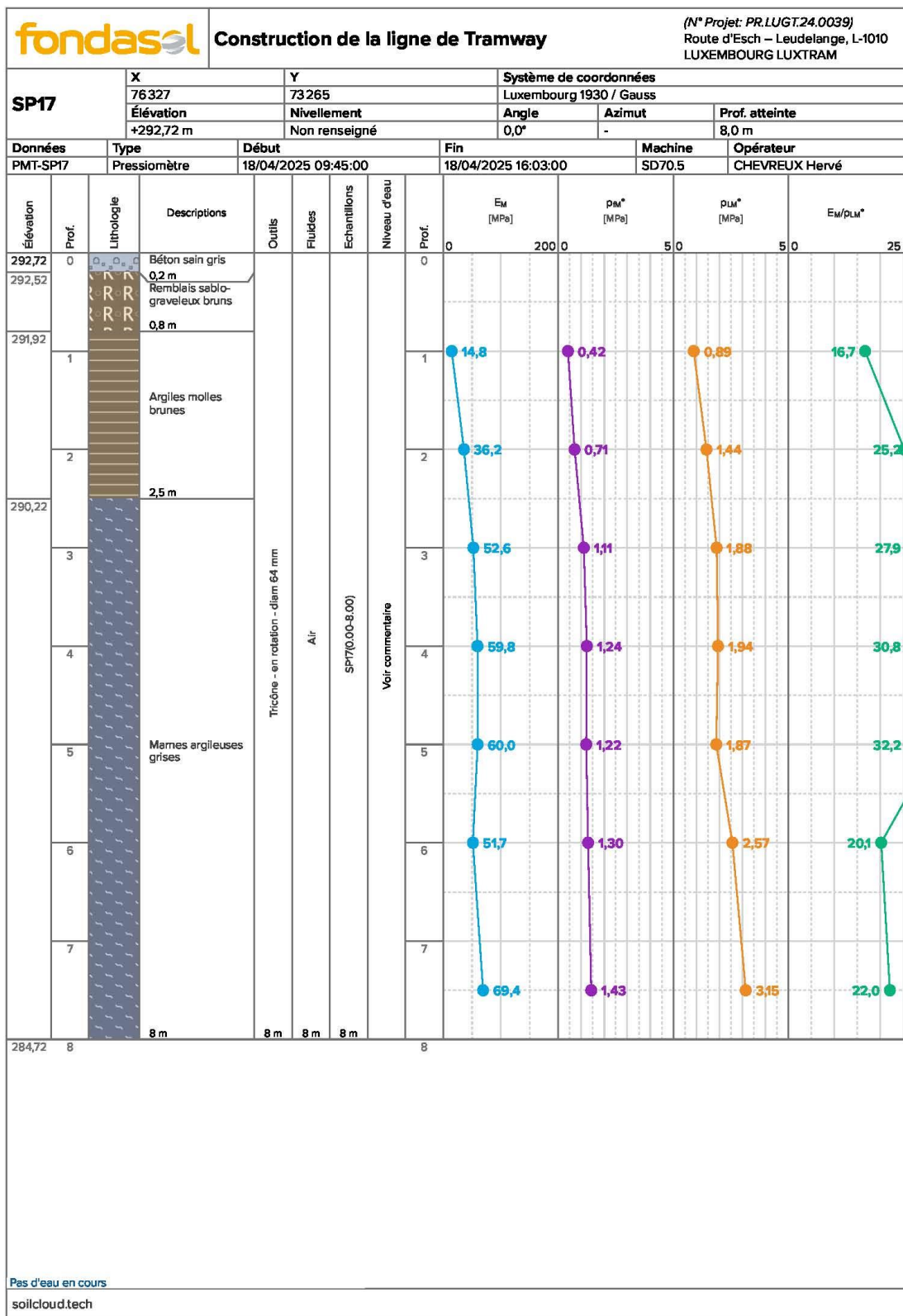


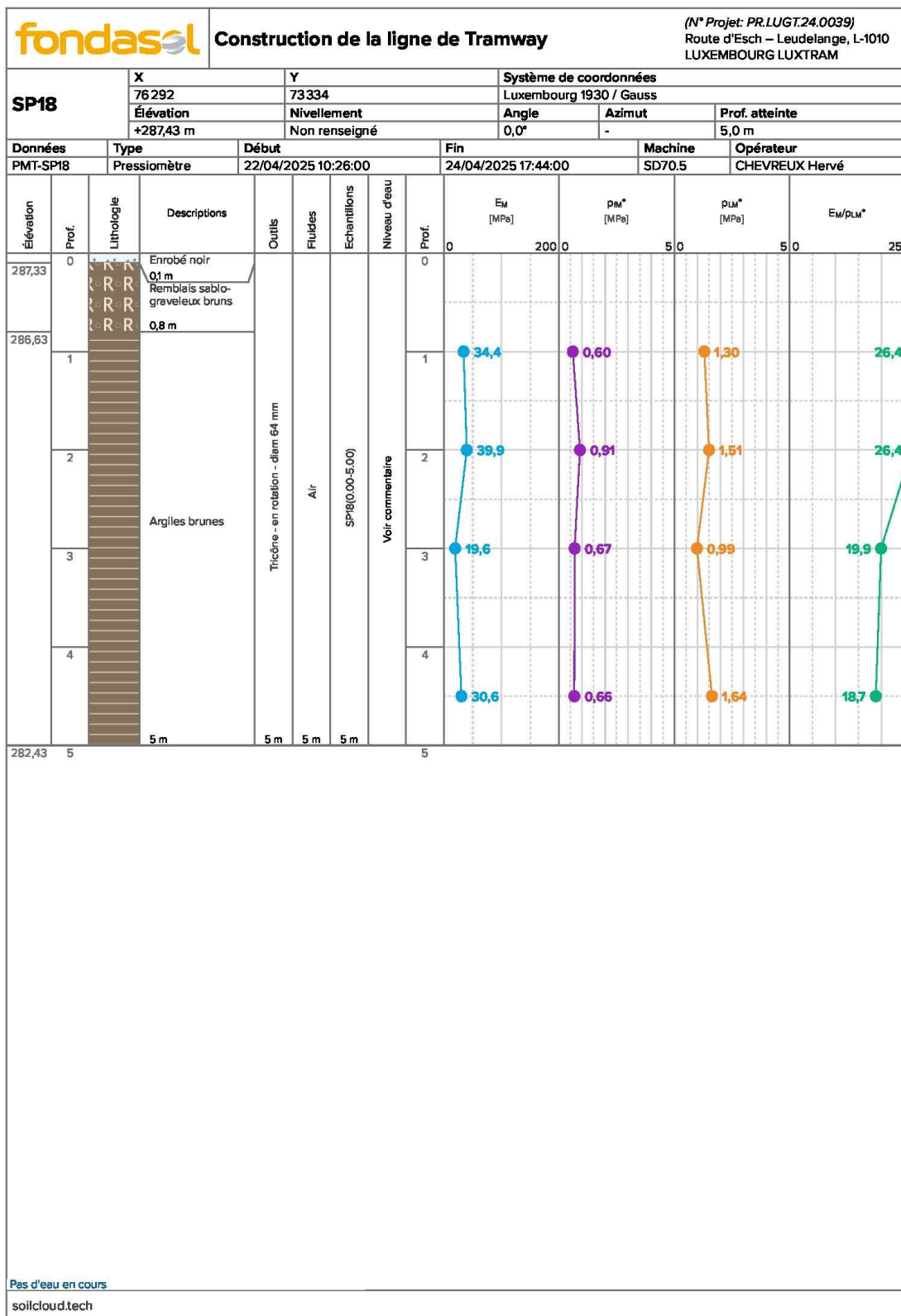




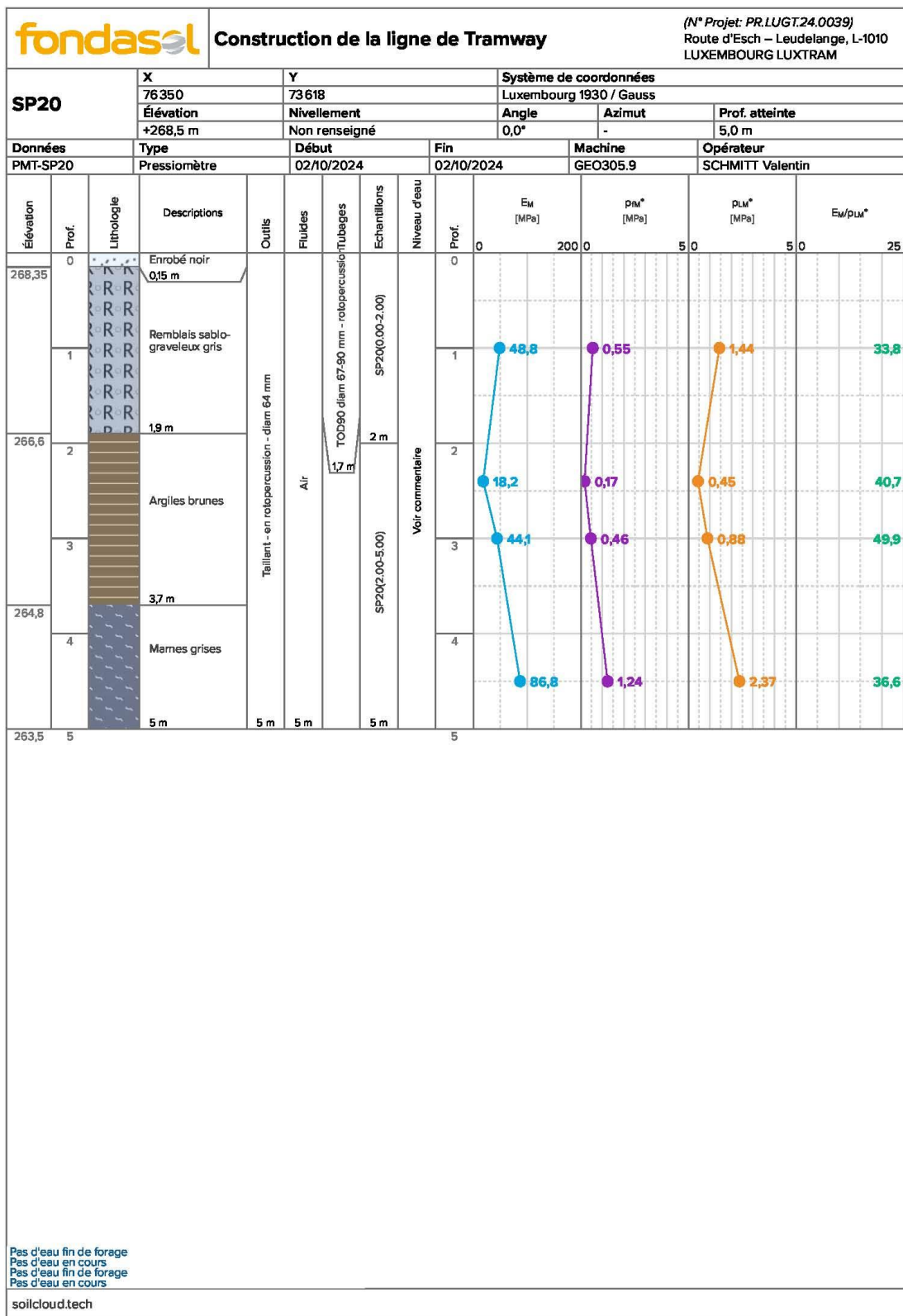


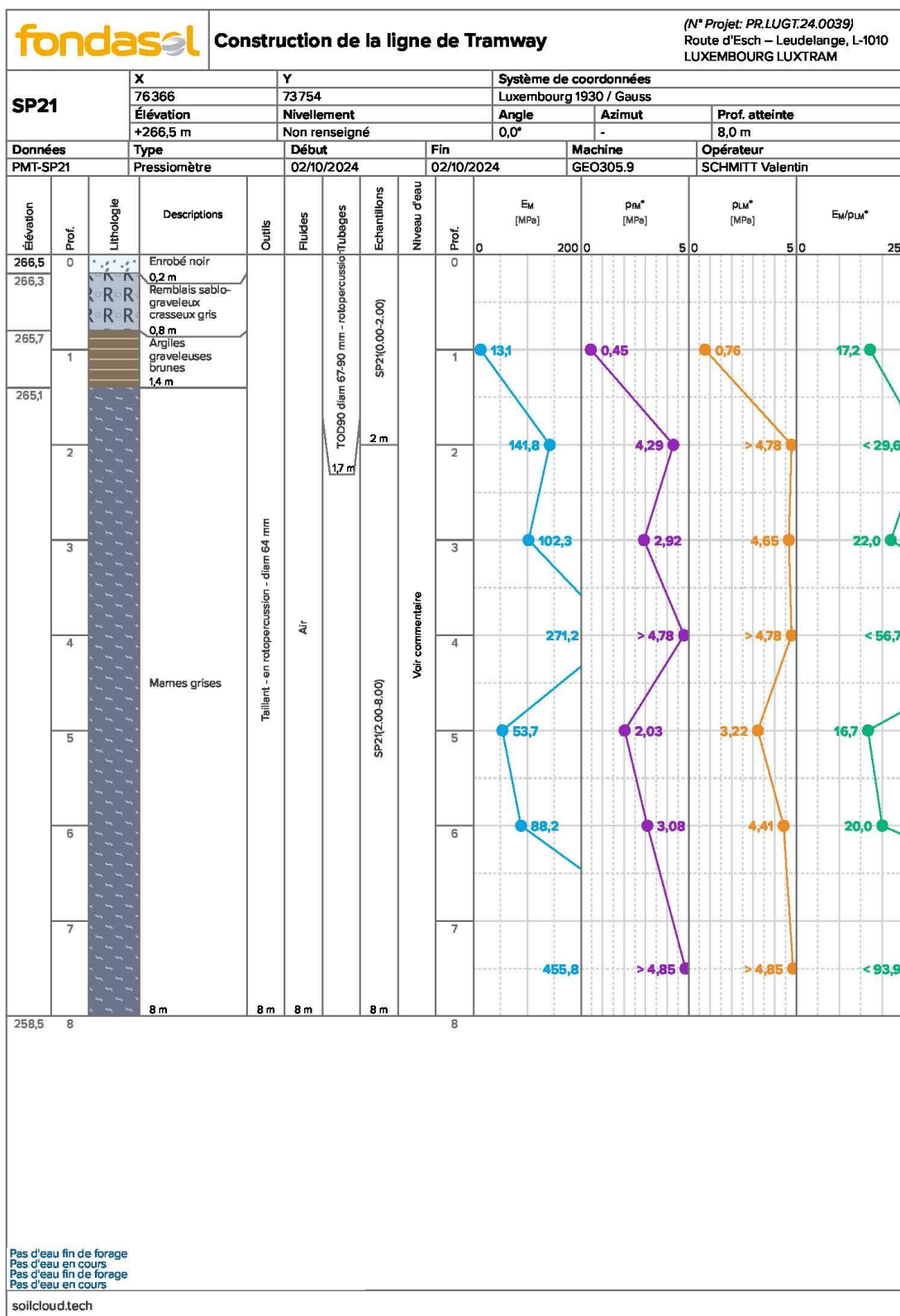


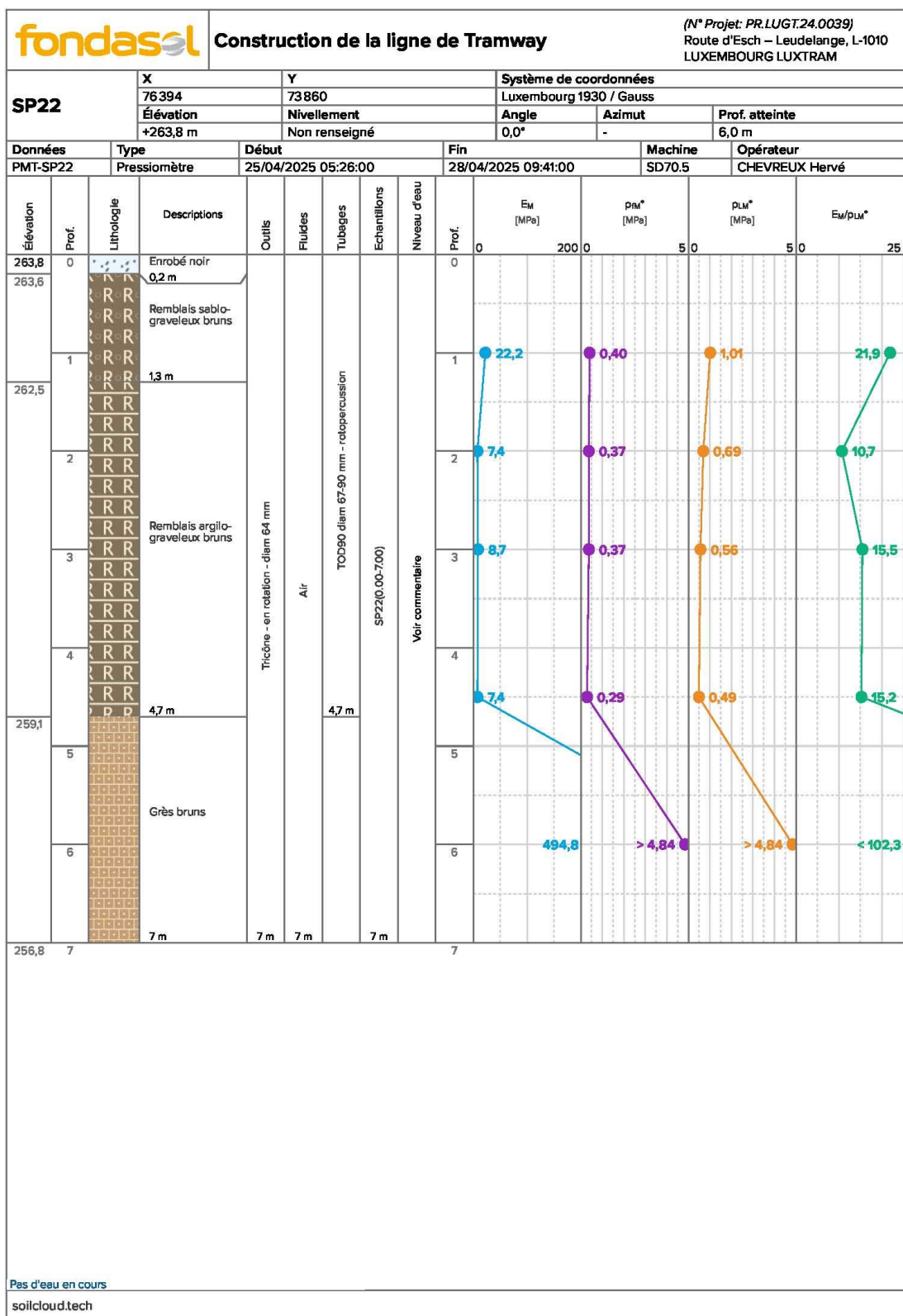




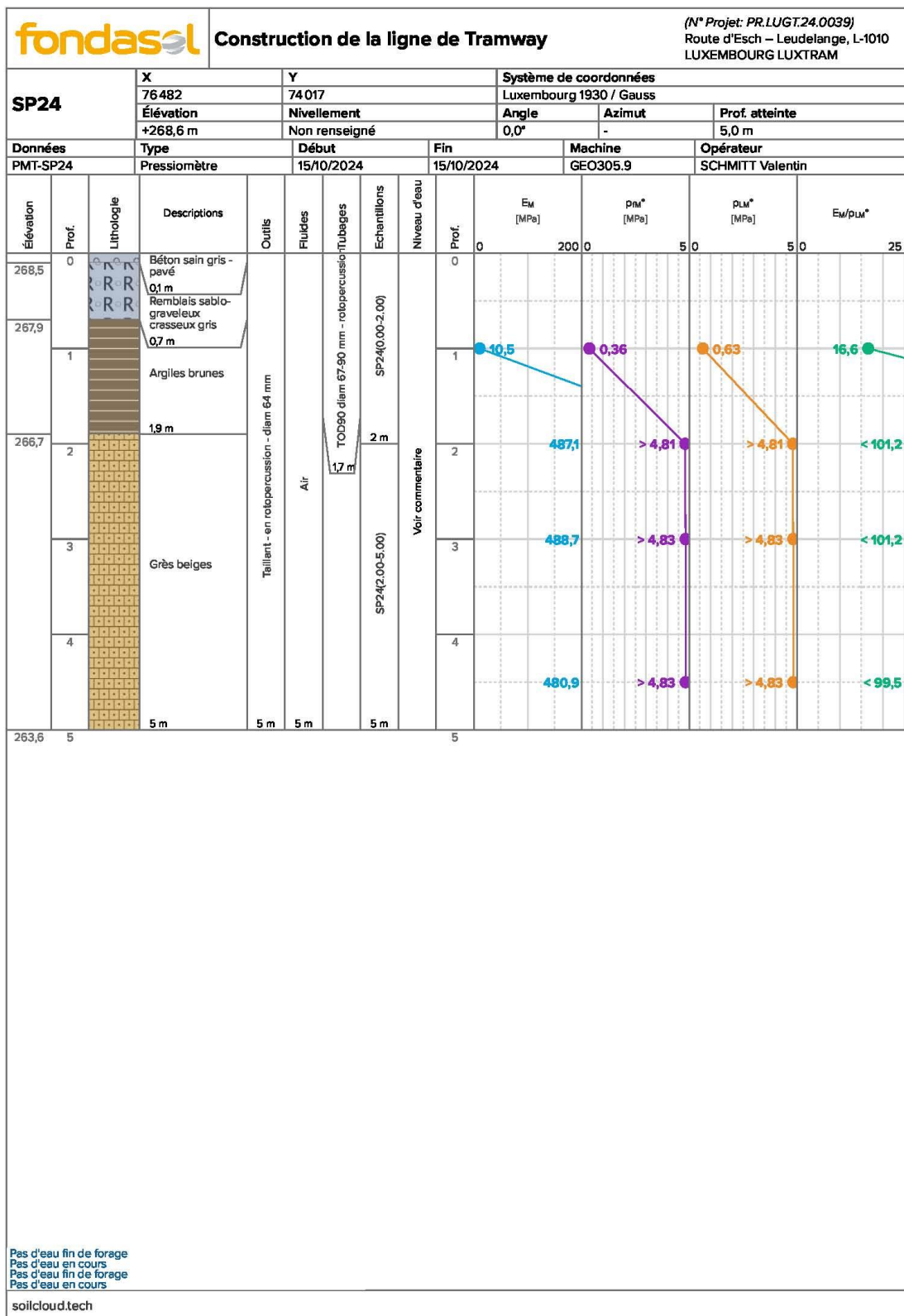
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours



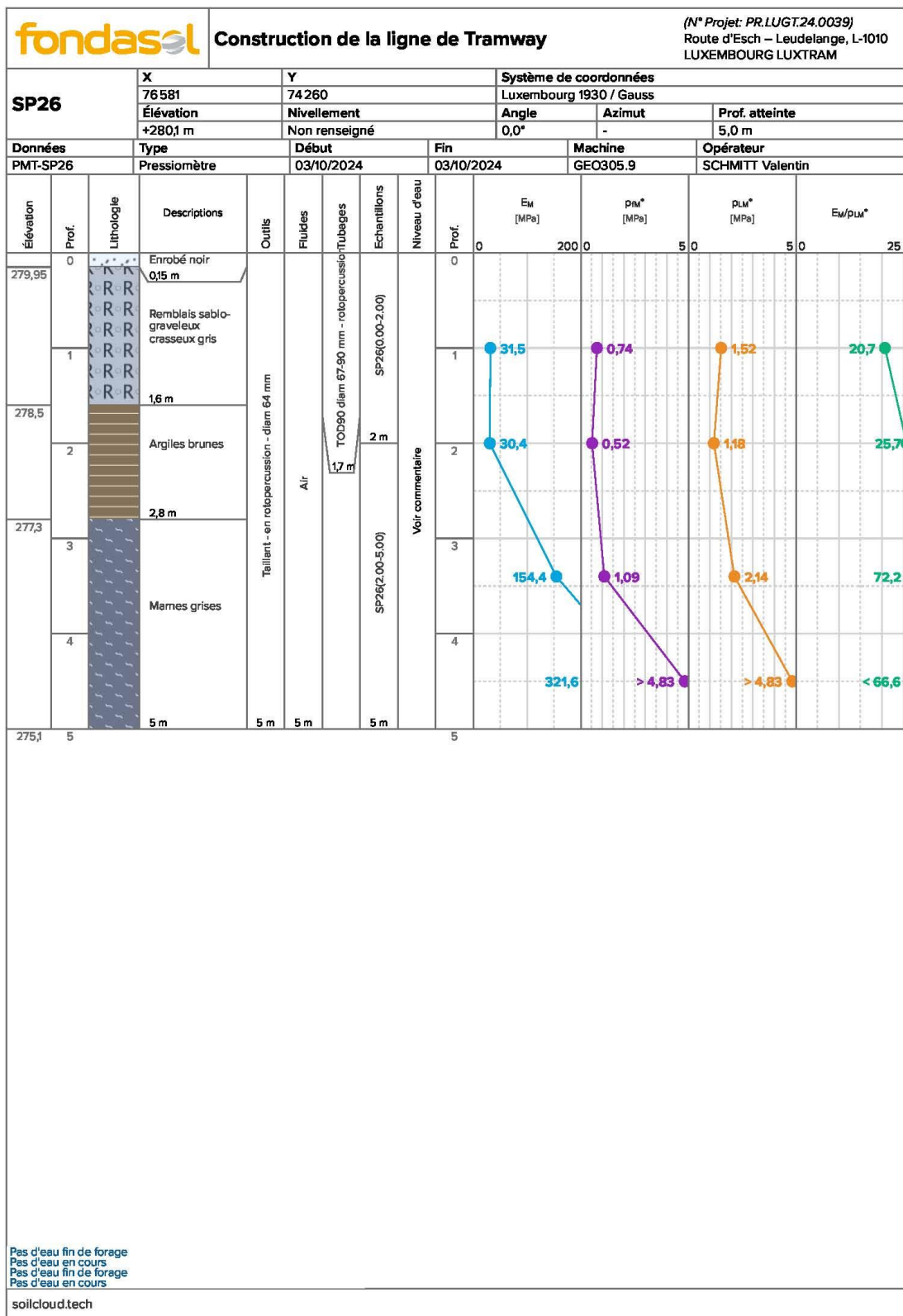




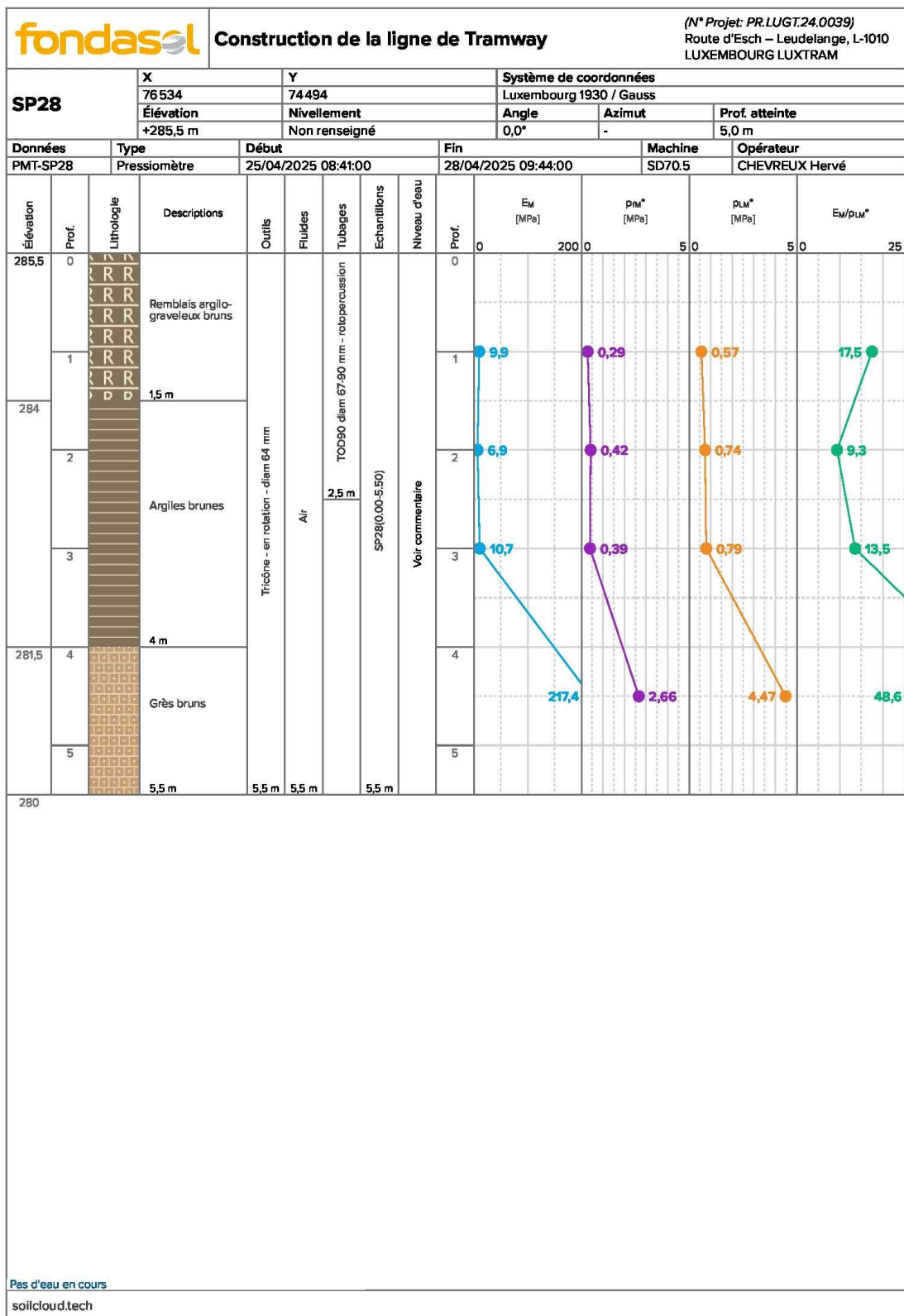
FONDASOL – PR.LUGT.24.0039 – 001 – 1ère diffusion
LUXEMBOURG – Construction de la ligne de tramway – section « Route d'Esch urbaine » – Mission G2-AVP



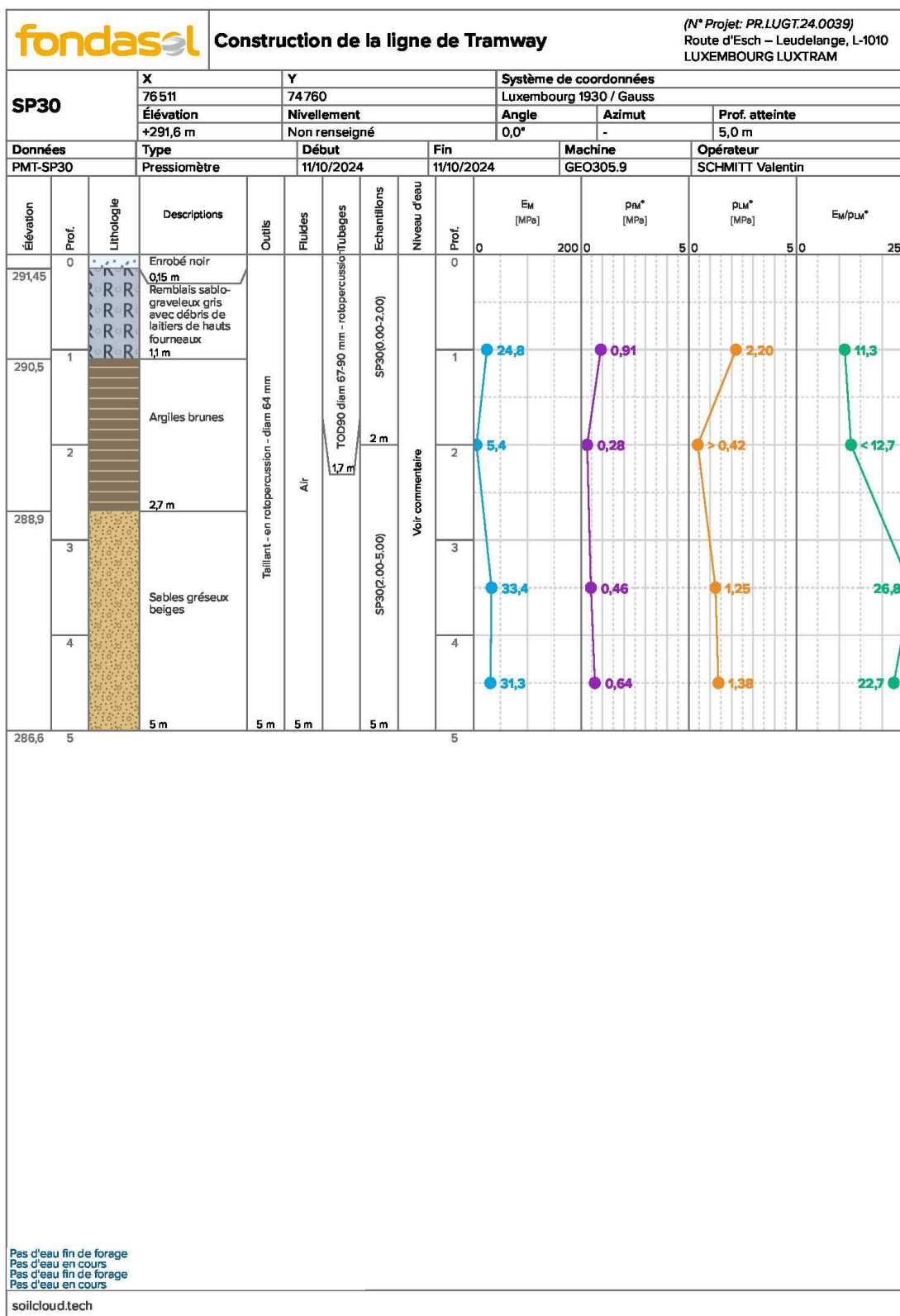
FONDASOL – PR.LUGT.24.0039 – 001 – 1ère diffusion
LUXEMBOURG – Construction de la ligne de tramway – section « Route d'Esch urbaine » – Mission G2-AVP

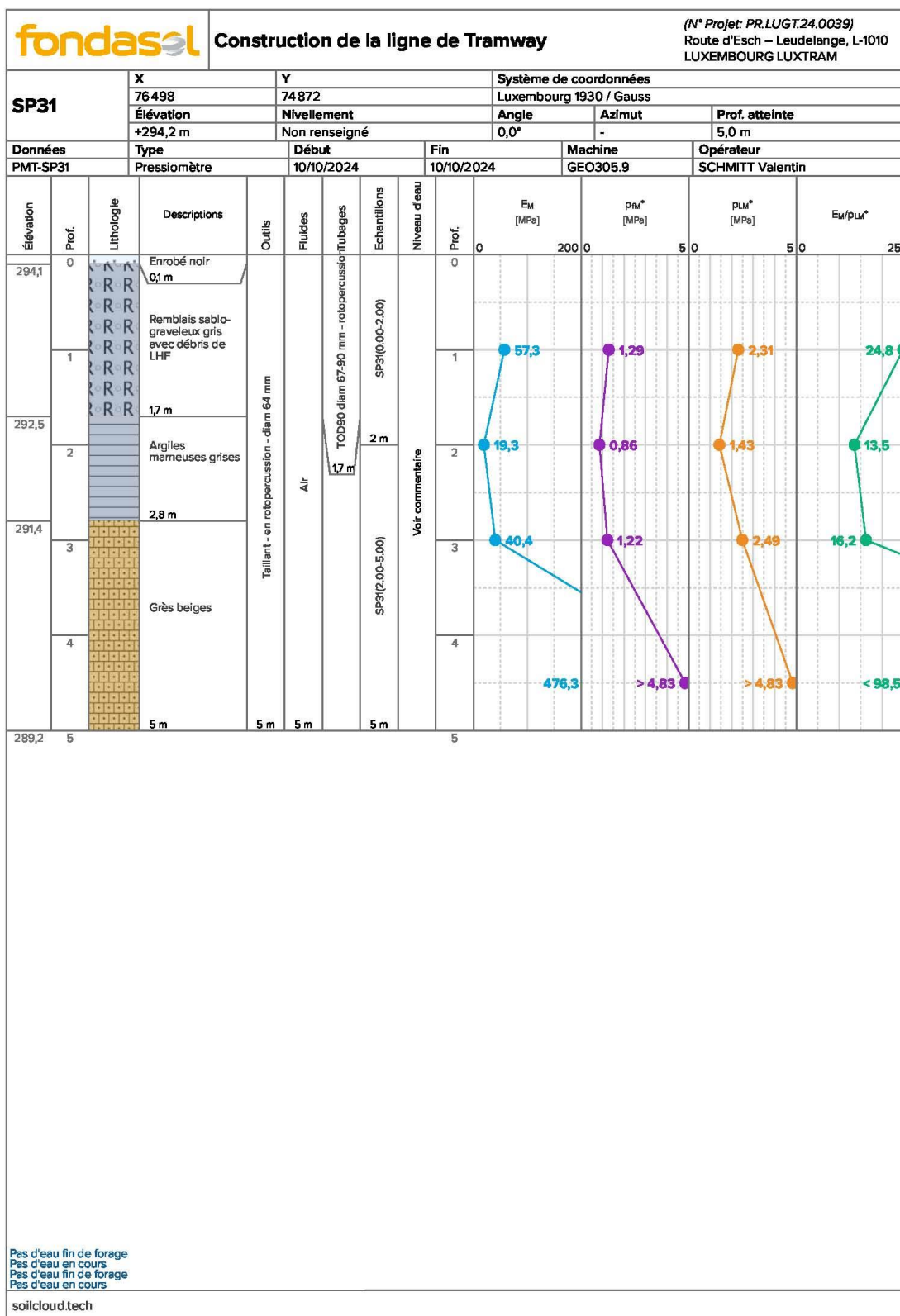


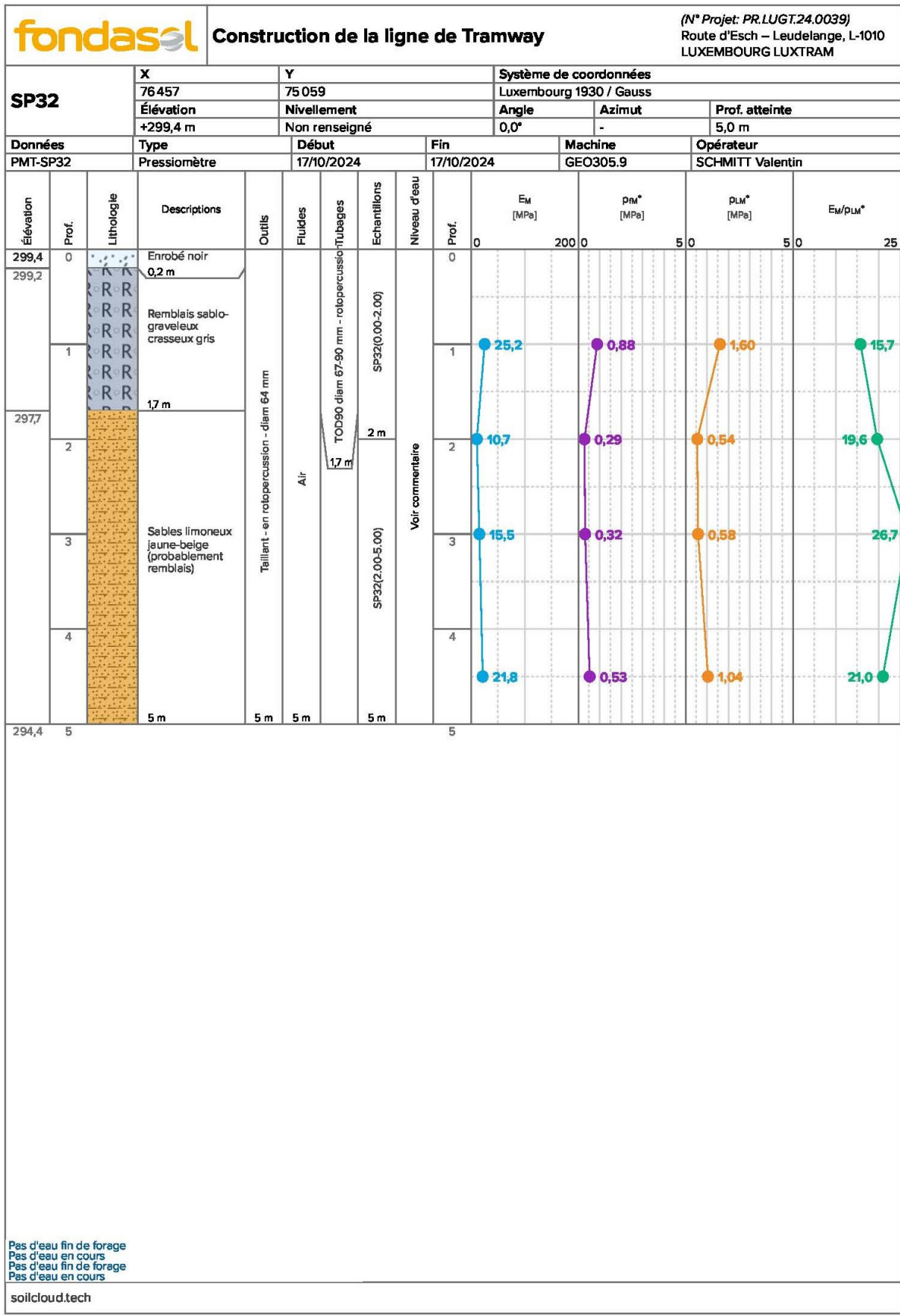
FONDASOL – PR.LUGT.24.0039 – 001 – 1ère diffusion
LUXEMBOURG – Construction de la ligne de tramway – section « Route d'Esch urbaine » – Mission G2-AVP

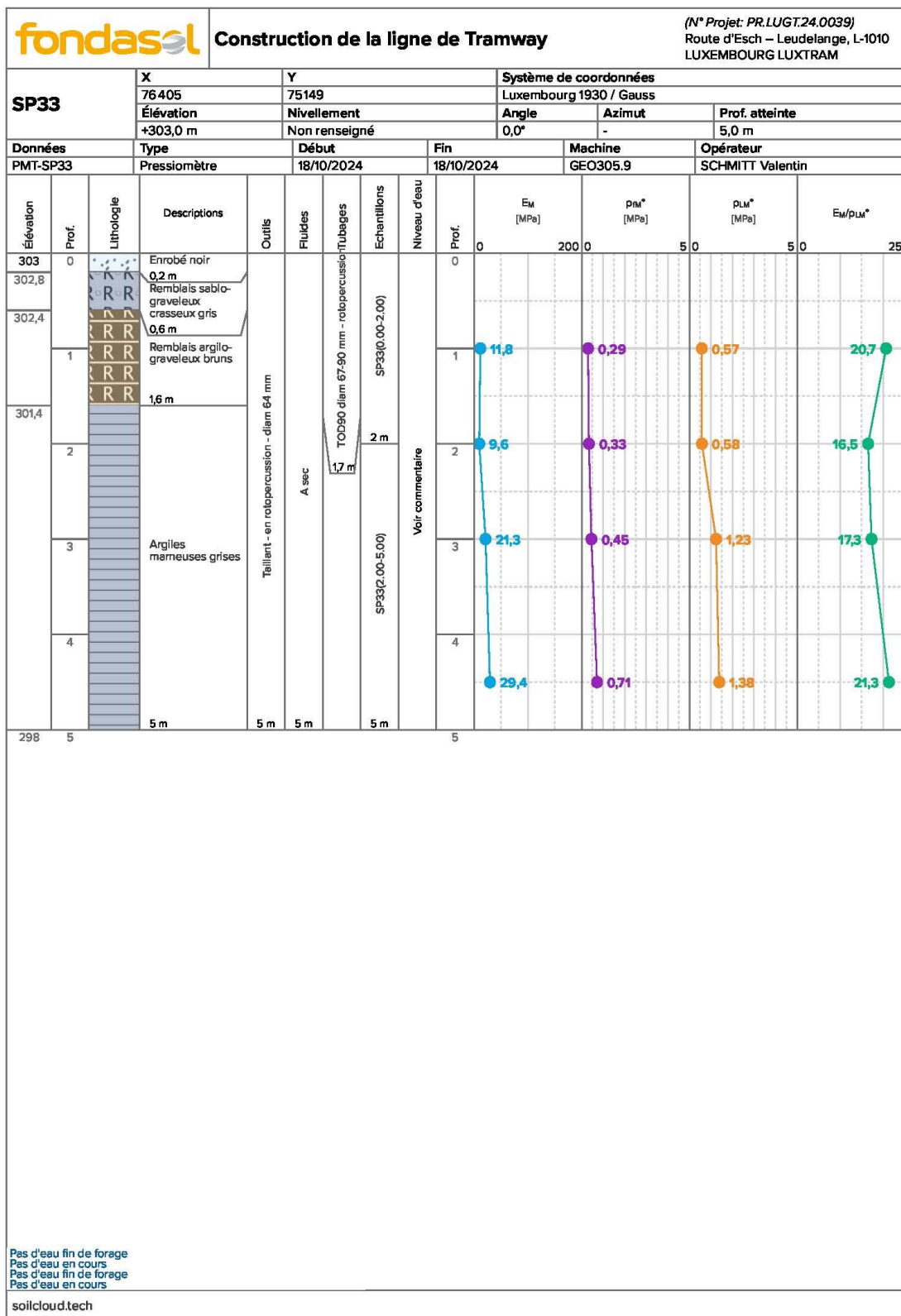


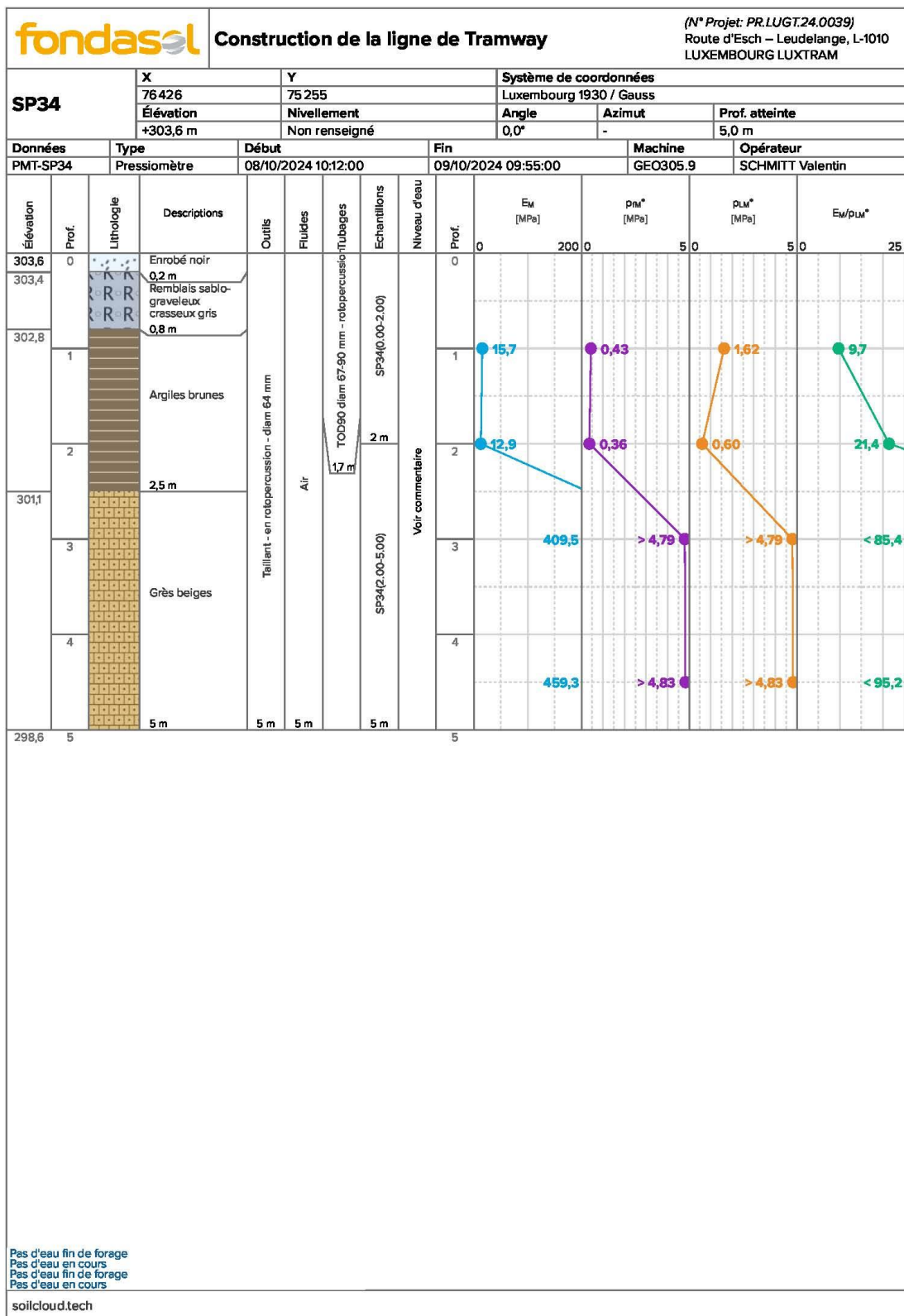
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours









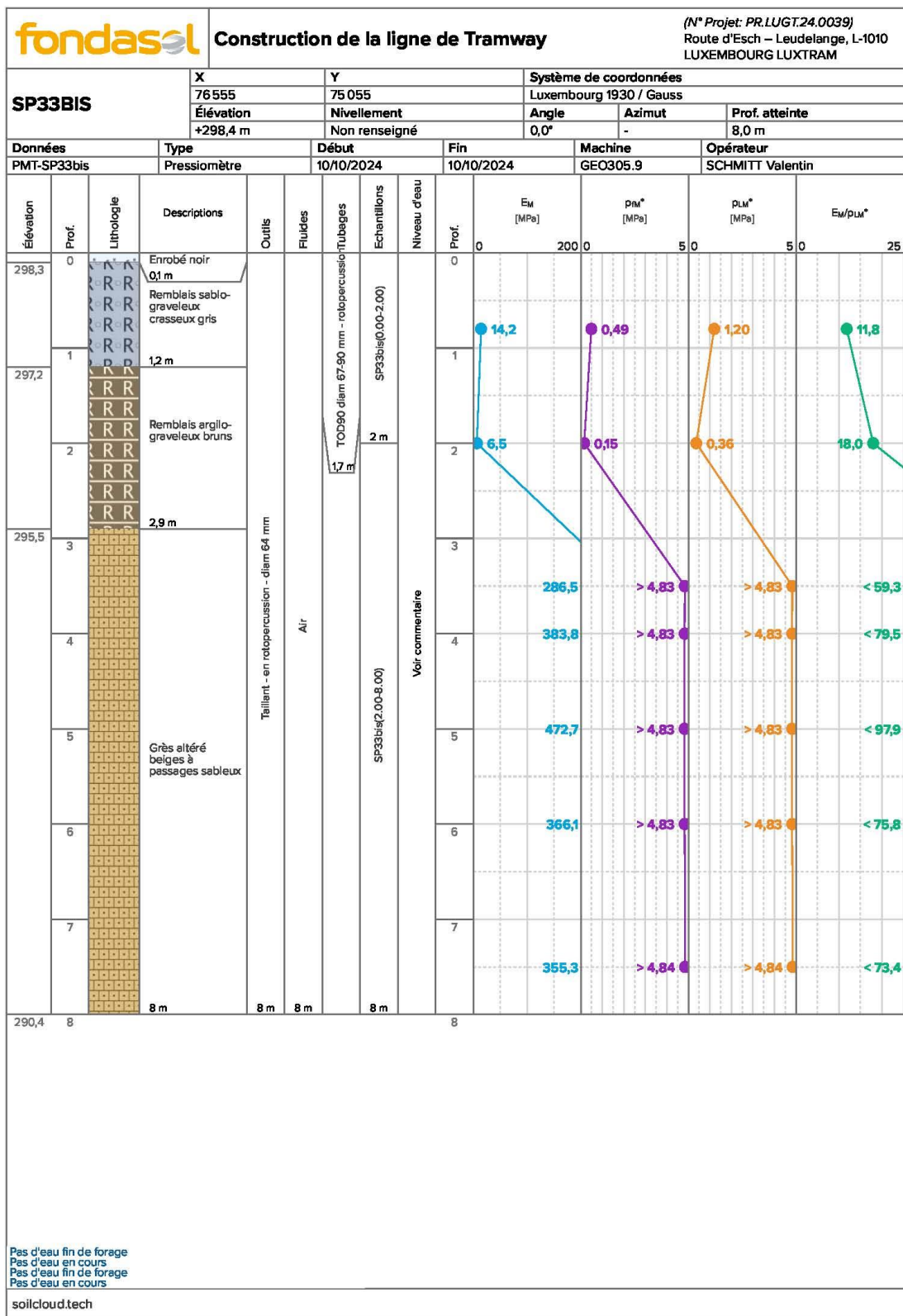


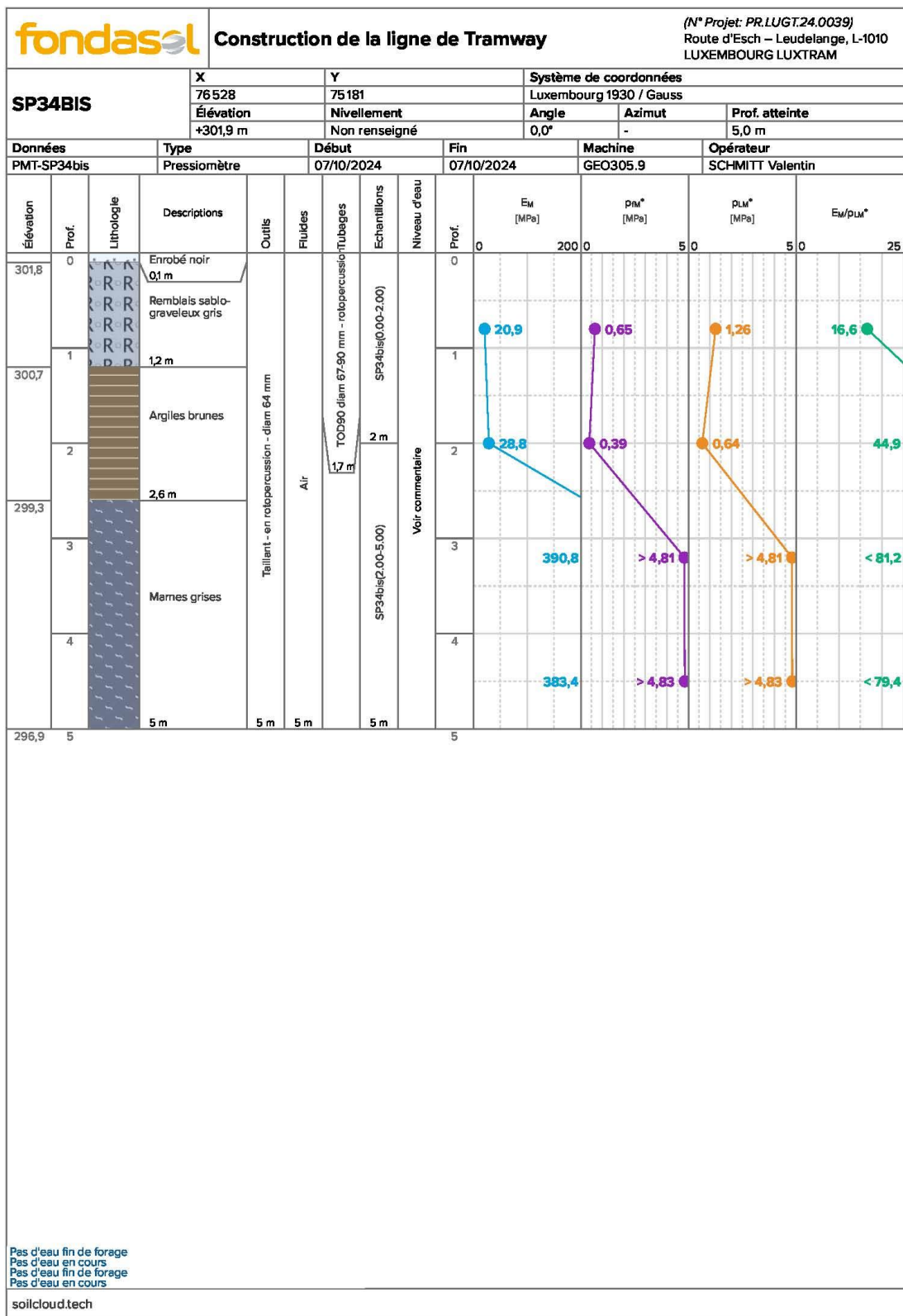
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours

FONDASOL – PR.LUGT.24.0039 – 001 – 1^{ère} diffusion
LUXEMBOURG – Construction de la ligne de tramway – section « Route d'Esch urbaine » – Mission G2-AVP

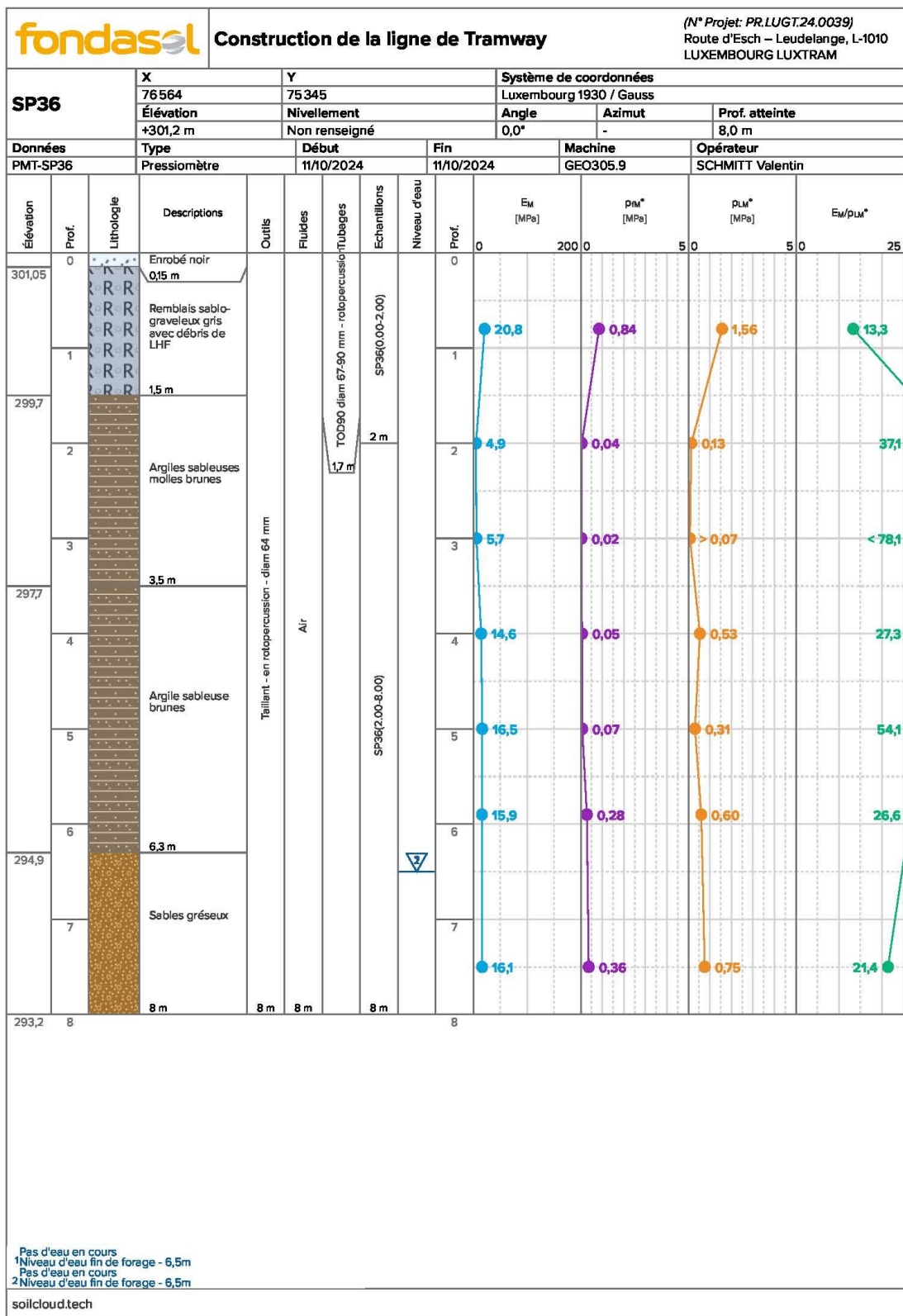
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours

Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours





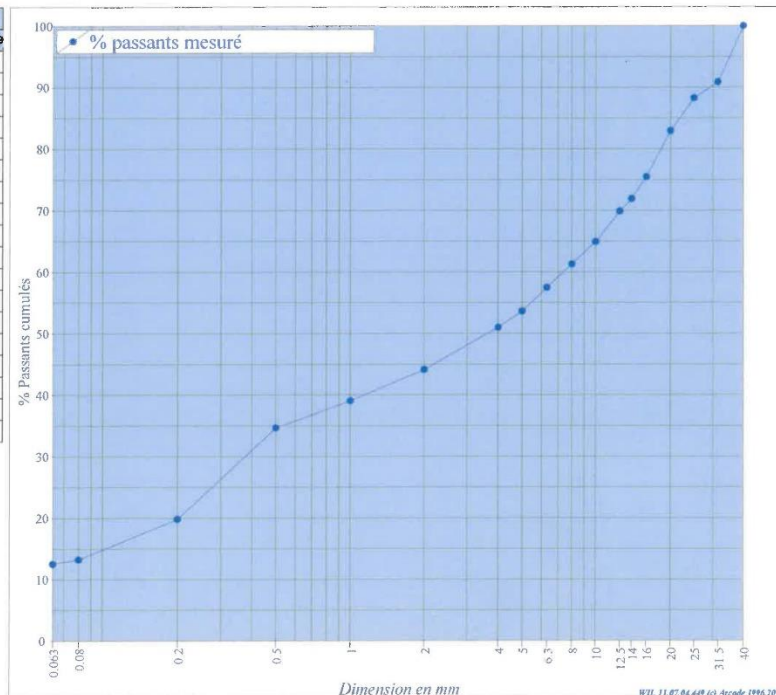
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours
Pas d'eau fin de forage
Pas d'eau en cours



ANNEXE N°4 : ESSAIS EN LABORATOIRE

LABOROUTE LORRAINE 10 RUE DE LA CROISSETTE 54210 SAINT NICOLAS DE PORT Tel:03 83 47 03 12 Fax:03 83 47 32 81		PROCES VERBAL D'ESSAIS Page 1/1	
Site : FONDASOL LUXEMBOURG Sol : SOL		Client : FONDASOL LUXEMBOURG 47A Rue de Sanem 4485 SANEM	
Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039			
Prélèvement n° LE 24/6314 Agent préleveur: ENTREPRISE Mode: Sondage Opérateur labo: M.ZAAM		Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 10/12/2024)	
INFORMATION SOL			
		N° de Sondage SP1	Profondeur (m) 0.1-1.8m
ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum U Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		12.2 %	EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		12.5 %	EN 933-1 ou EN ISO 17892-4
Valeur de Bleu d'un Sol		0.054 g	NF EN 17542-3
Classification GTR		B5	NF P 11-300

Analyse granulométrique				
Tamais	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
40.000		100.0		
31.500		90.8		
25.000		88.3		
20.000		82.9		
16.000		75.4		
14.000		71.9		
12.500		69.9		
10.000		64.9		
8.000		61.3		
6.300		57.5		
5.000		53.6		
4.000		51.0		
2.000		44.1		
1.000		39.1		
0.500		34.6		
0.200		19.8		
0.080		13.2		
0.063		12.5		



CONCLUSION Sol classe B5 selon NF P11-300 (63 moules refermés)	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT 6/10/12/2014
---	--------------------	---

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s).
 Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais.

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

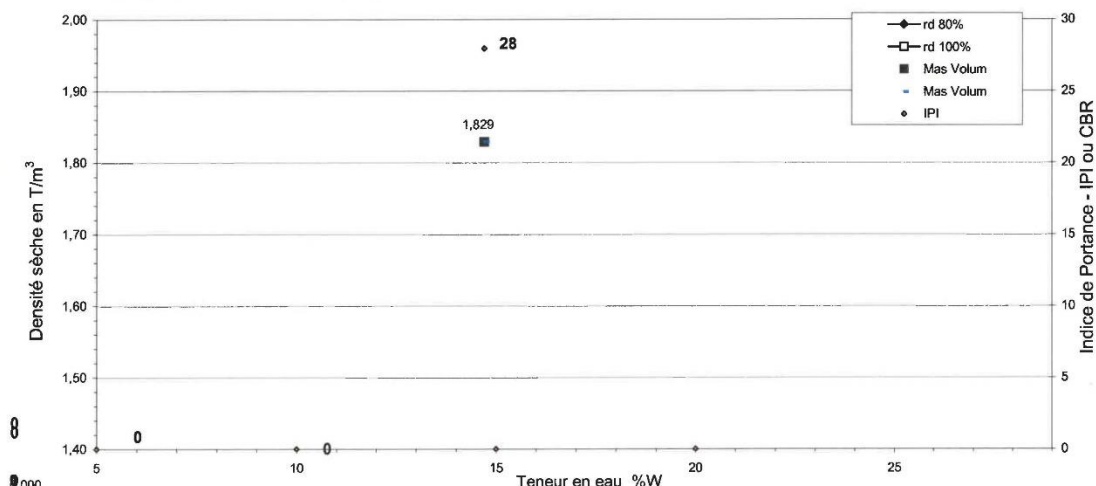
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/>
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6314	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	27/11/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP1 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	14,7%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP1 (0,1-1,8m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m³)	IPI
Point 1	14,7	1,829	28

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai		Corrigé	
-Densité sèche	1,829	t/m³	1,936	t/m³
-Teneur en eau	14,7	%	12,2	%

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol BS éch hydraulique m à Wmbr

Le 10 / 12 / 2014

S. RAPIN

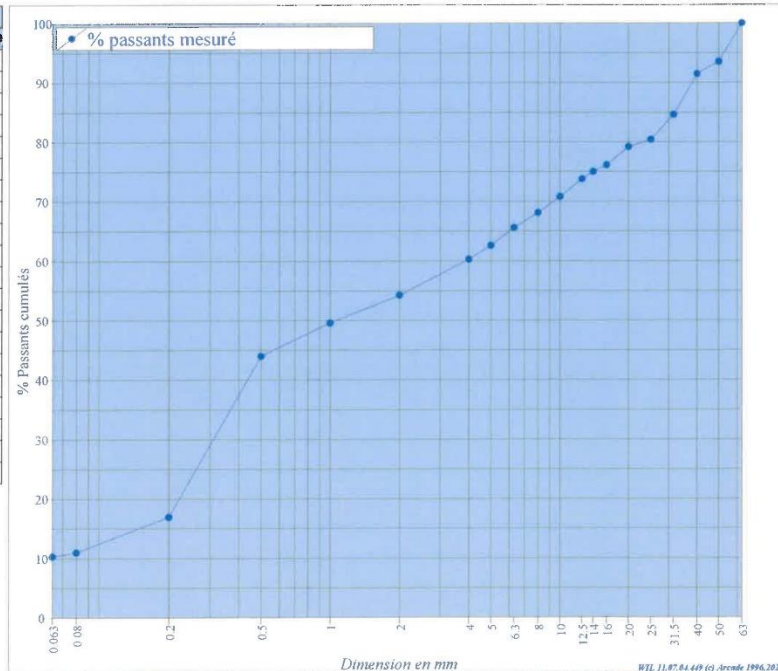
Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Client : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Prélèvement n° LE 24/6315	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 26/11/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM
NFP11300	Norme NF P 11-300
	Matériaux utilisés pour remblai et couche de forme

		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP2	0.1-2.0m

Tamis	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
63.000		100.0		
50.000		93.5		
40.000		91.5		
31.500		84.6		
25.000		80.4		
20.000		79.2		
16.000		76.1		
14.000		75.0		
12.500		73.8		
10.000		70.8		
8.000		68.1		
6.300		65.6		
5.000		62.6		
4.000		60.3		
2.000		54.3		
1.000		49.6		
0.500		44.0		
0.200		16.9		
0.080		11.0		
0.063		10.3		



S.RAPIN - GERANT

Sol. loose D₃ sehr NF P11-32
(S₃ manuell reifenlos)

26/11/2024

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s)
Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais.

PROCES VERBAL

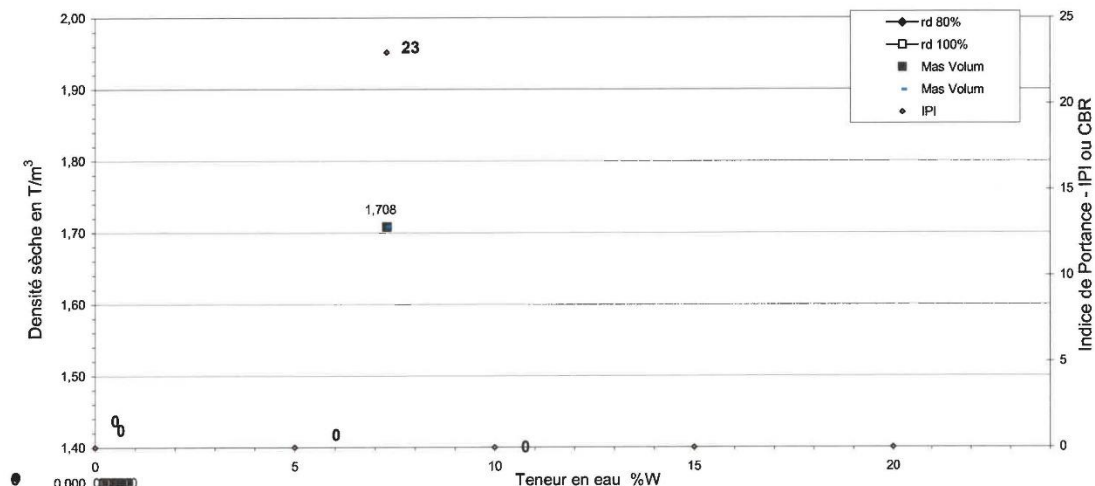
PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	20,8%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	
N° ENREGISTREMENT	LE 24/6315	N° DOSSIER	LC 24/1029	
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024	
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	27/11/2024	
LIEU DE PRELEVEMENT	SP2 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE	
TENEUR EN EAU NATURELLE	7,3%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD	
MATERIAUX	SP2 (0,1-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage	

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	7,3	1,708	23

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai		Corrigé
-Densité sèche	1,708	t/m ³	1,850
-Teneur en eau	7,3	%	5,8
			%

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Le 27 / 11 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

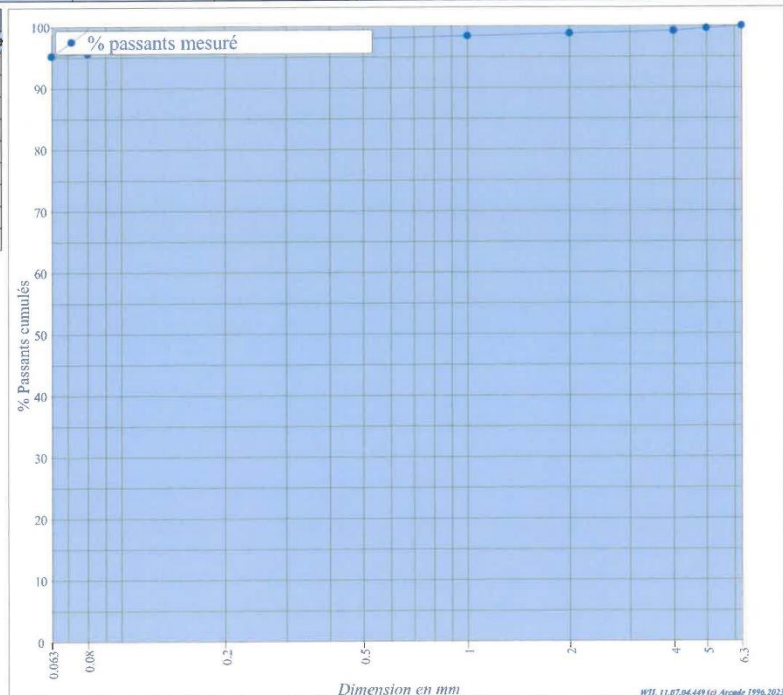
Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6316	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM

INFORMATION SOL		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP5	1.2-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		26.3 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		95.2 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamis	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
6.300		100.0		
5.000		99.6		
4.000		99.2		
2.000		98.8		
1.000		98.4		
0.500		98.0		
0.200		97.2		
0.080		95.6		
0.063		95.2		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classé A selon NF P11-300		Le 18/12/2024

PROCES-VERBAL

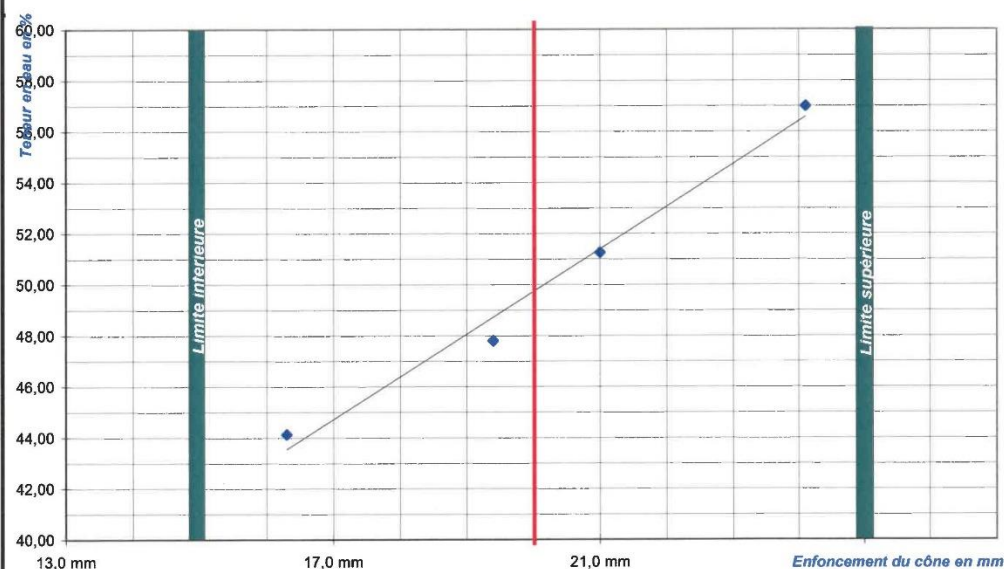
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP5 (1,2-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6316	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	13/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	16,3 mm	19,4 mm	21,0 mm	24,1 mm
Teneur en Eau %	44,13	47,82	51,26	56,99



Teneur en eau de plasticité	W = 21,88 %	W Moyen	W = 22,02 %	W Moyen
	W = 22,08 %		W = 22,02 %	
	21,98 %		22,02 %	
Limite de liquidité : W_L = 49,7	Indice de plasticité			
Limite de plasticité : W_p = 22,0	I_p = 27,7			
Teneur en eau du sol : W_n = 26,3 %	Indice de consistance I_c = 0,85			

Conclusion :

Matériau classé A3/F3 selon NF P 11-300

Le 13/12/2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

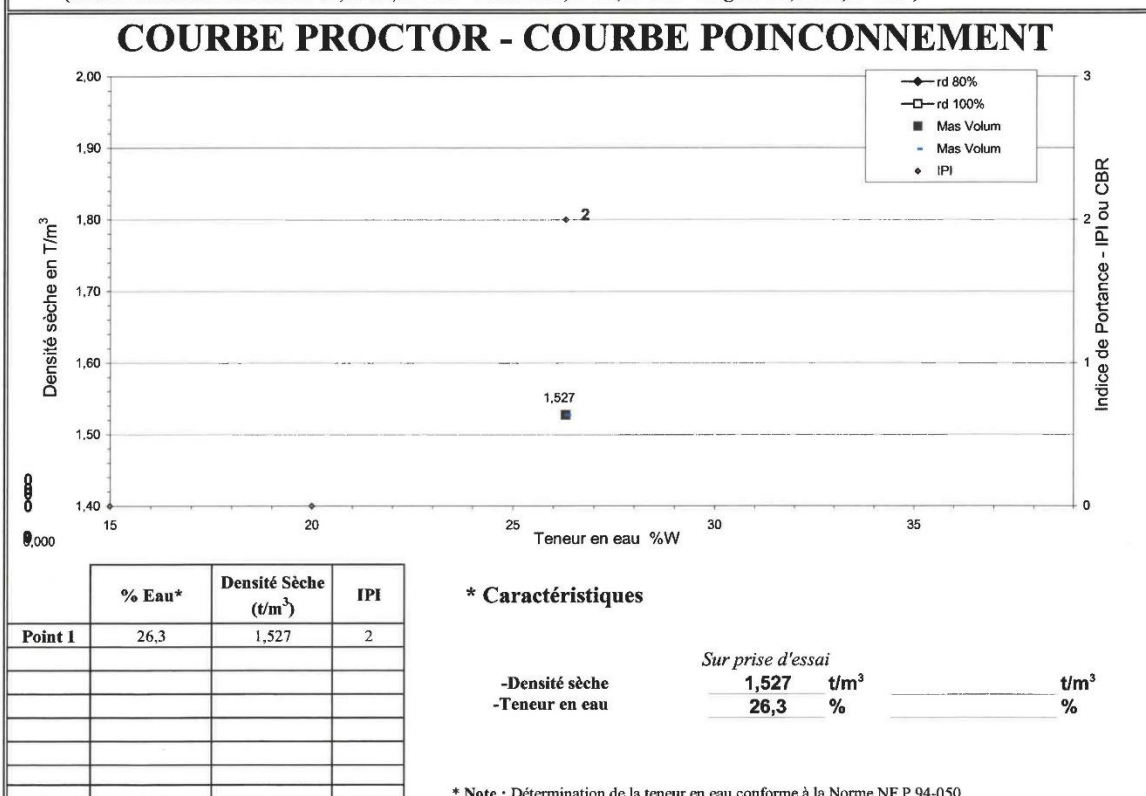
PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6316	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	27/11/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP5 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	26,3%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP5 (1,2-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)



Conclusions :

Sol A₃ état plastique h'a' what

Le 18 / 11 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

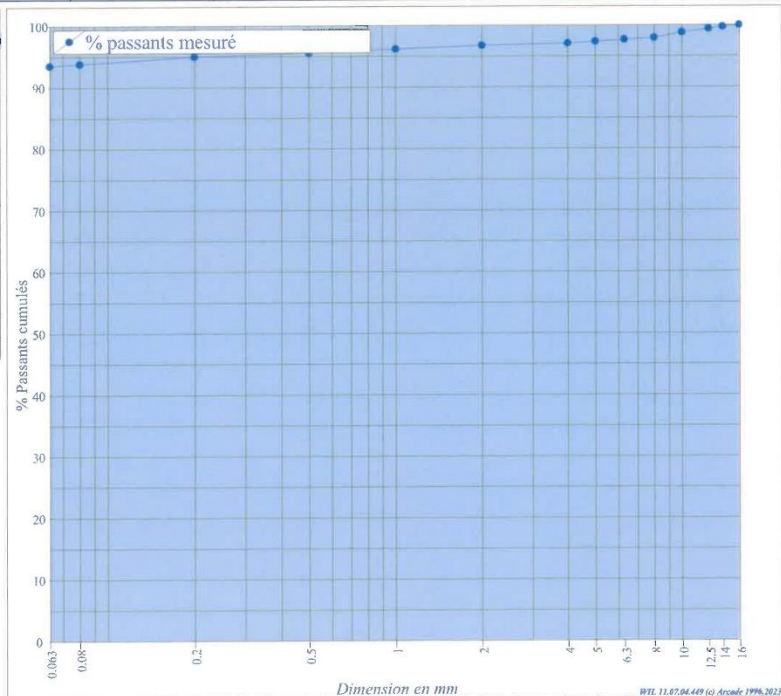
Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6317	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM

INFORMATION SOL		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP7	1.2-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		25.2 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		93.5 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamais	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
16.000		100.0		
14.000		99.7		
12.500		99.4		
10.000		98.8		
8.000		97.9		
6.300		97.7		
5.000		97.4		
4.000		97.1		
2.000		96.8		
1.000		96.2		
0.500		95.6		
0.200		95.0		
0.080		93.8		
0.063		93.5		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classé A selon NF P11-300		le 18/12/2024

PROCES-VERBAL

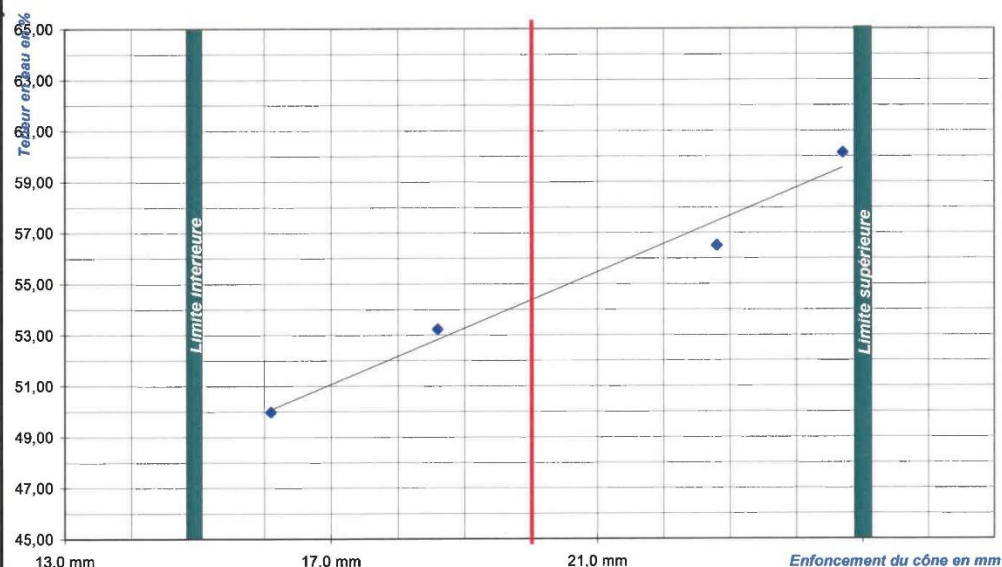
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP7 (1,2-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6317	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	13/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	16,1 mm	18,6 mm	22,8 mm	24,7 mm
Teneur en Eau %	49,98	53,23	56,51	60,14



Teneur en eau de plasticité	W = 26,05 %	W Moyen 26,13 %	W = 25,93 %	W Moyen 25,91 %
	W = 26,21 %		W = 25,88 %	
Limite de liquidité : W_L = 54,3	Indice de plasticité I_p = 28,3			
Limite de plasticité : W_p = 26,0				
Teneur en eau du sol : W_n = 25,2 %	Indice de consistance I_c = 1,03			

Conclusion :

Matériau classé A3/F3 selon NF P 11-300

Le 18/12/2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

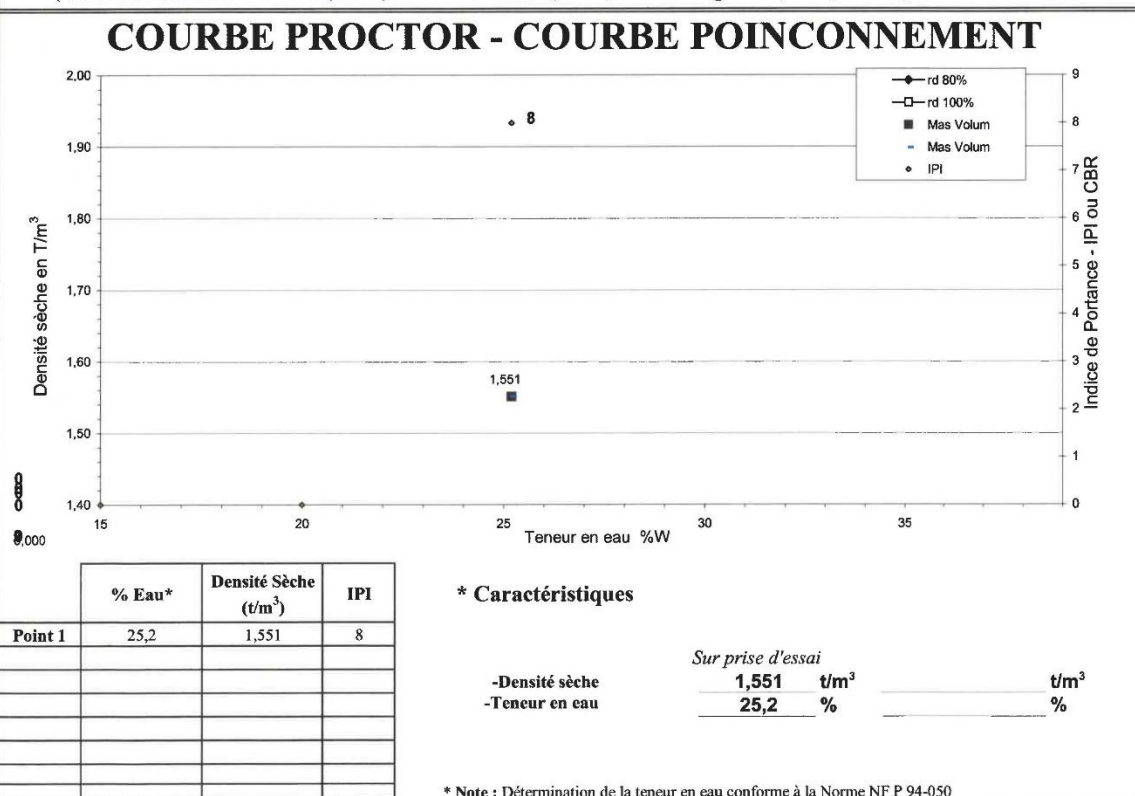
PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	
N° ENREGISTREMENT	LE 24/6317	N° DOSSIER	LC 24/1029	
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024	
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	27/11/2024	
LIEU DE PRELEVEMENT	SP7 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE	
TENEUR EN EAU NATURELLE	25,2%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD	
MATERIAUX	SP7 (1,2-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage	

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)



Conclusions :

Sol A3 état hydrauq m a what

Le 18 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

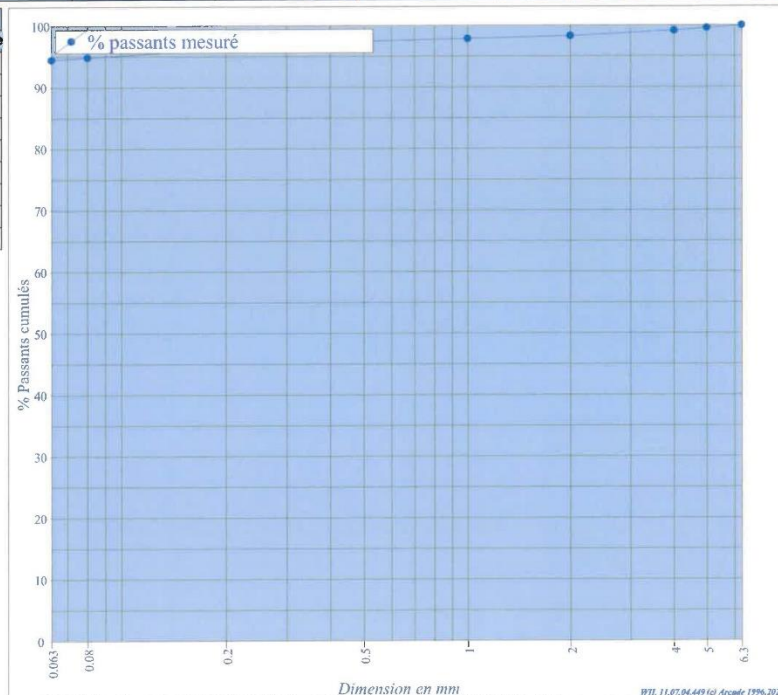
Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6318	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM

INFORMATION SOL		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP9	1.0-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		31.1 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		94.5 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamis	mini	%tamisat	maxi	incertitude
6.300		100.0		
5.000		99.6		
4.000		99.2		
2.000		98.3		
1.000		97.9		
0.500		97.5		
0.200		96.2		
0.080		94.9		
0.063		94.5		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classe A selon NF P11-300		le 18/12/2024

PROCES-VERBAL

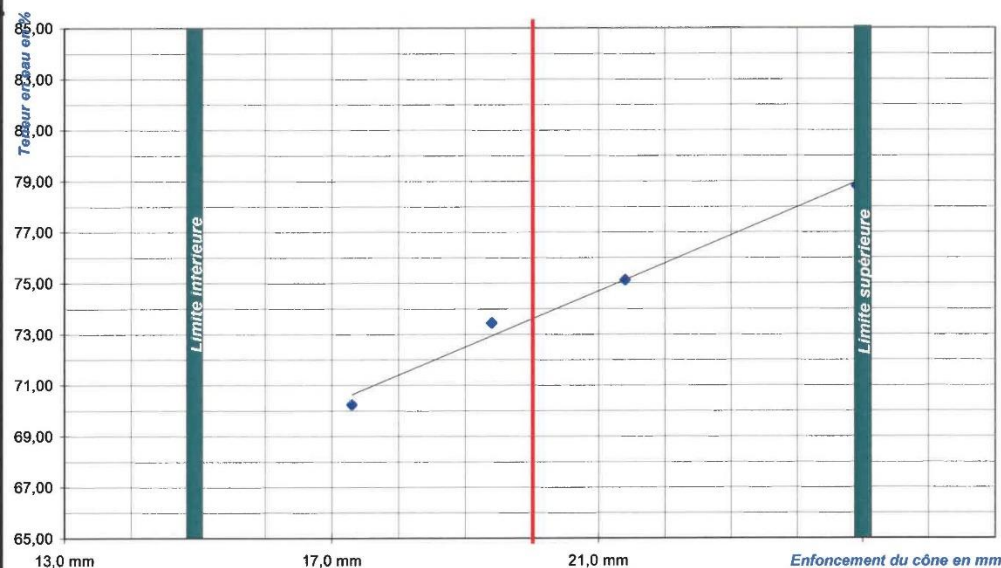
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP9 (1,0-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6318	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	13/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	17,3 mm	19,4 mm	21,4 mm	24,9 mm
Teneur en Eau %	70,25	73,46	75,13	78,81



Teneur en eau de plasticité	W = 28,35 %	W Moyen 28,61 %	W = 27,51 %	W Moyen 27,61 %
	W = 28,88 %		W = 27,71 %	
Limite de liquidité : W _L = 73,6	Indice de plasticité I _p = 45,5			
Limite de plasticité : W _p = 28,1				
Teneur en eau du sol : W _n = 31,1 %	Indice de consistance I _c = 0,93			

Conclusion :

Le 18 / 12 / 2024

Matériau classé A4/F4 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

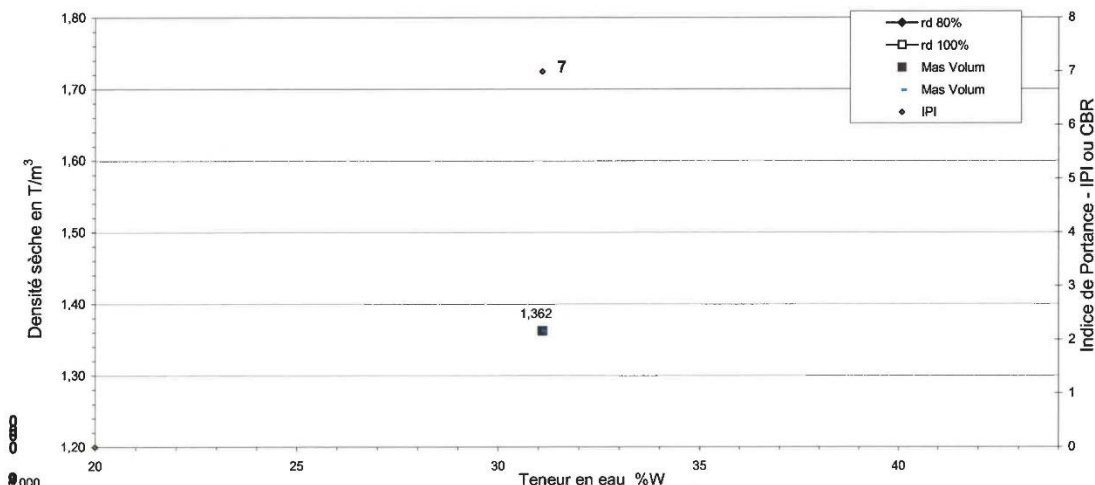
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6318	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	27/11/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP9 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	31,1%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP9 (1,0-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m³)	IPI
Point 1	31,1	1,362	7

* Caractéristiques

Sur prise d'essai
-Densité sèche **1,362** t/m³
-Teneur en eau **31,1** %

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol A etat plastique Humide

Le 13 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

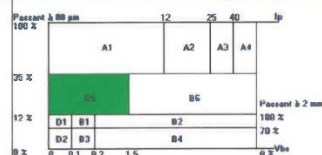
Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

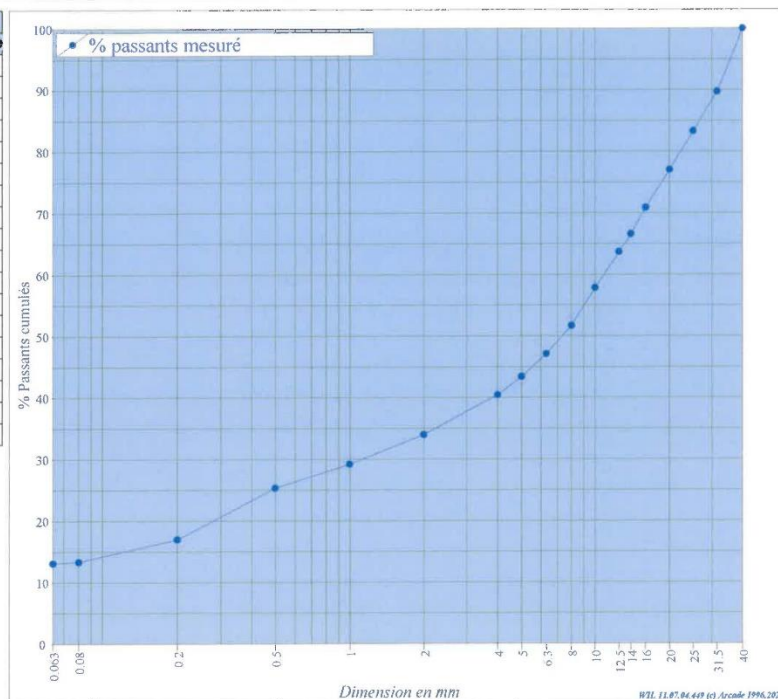
Prélèvement n° LE 24/6319	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 05/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAM

INFORMATION SOL			
	N° de Sondage	Profondeur (m)	
	SP11	0.1-1.8m	

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		11.0 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		13.2 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4
Valeur de Bleu d'un Sol		0.130 g			NF EN 17542-3
Classification GTR		B5			NF P 11-300



Analyse granulométrique				
Tamais	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
40.000		100.0		
31.500		89.8		
25.000		83.3		
20.000		77.1		
16.000		70.9		
14.000		66.6		
12.500		63.7		
10.000		57.9		
8.000		51.7		
6.300		47.1		
5.000		43.4		
4.000		40.5		
2.000		34.0		
1.000		29.2		
0.500		25.3		
0.200		17.0		
0.080		13.4		
0.063		13.1		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Id classe B5 selon NF P11-300 (G3 non conforme)		le 05/12/2024

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s).
Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais.

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

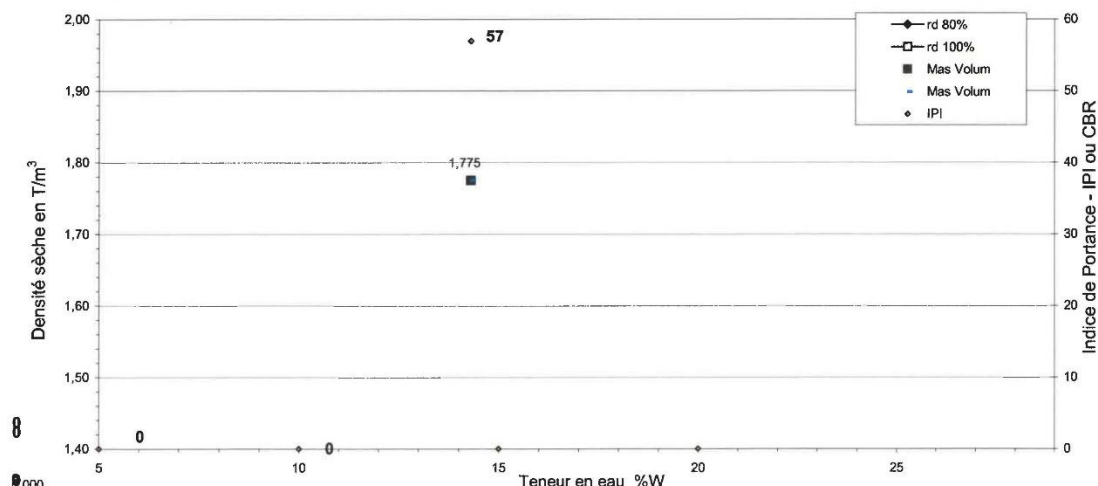
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	22,9%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6319	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	27/11/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP11 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	14,3%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP11 (0,1-1,8m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINCONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m³)	IPI
Point 1	14,3	1,775	57

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai	Corrigé	
-Densité sèche	1,775 t/m³	1,926	t/m³
-Teneur en eau	14,3 %	11,0	%

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Fraction 0/20, Sol classé B5 selon les données de l'essai de laboratoire et à l'usage

Le 05 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6320 Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 10/12/2024)

Agent préleveur: ENTREPRISE

Mode: Sondage

Opérateur labo: M.ZAAM

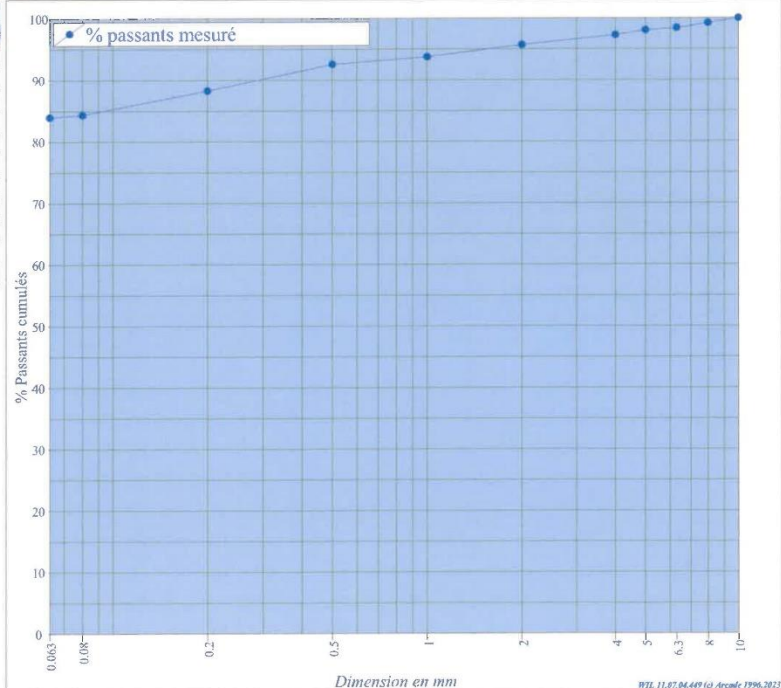
INFORMATION SOL

	N° de Sondage	Profondeur (m)
	SP13	1.4-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		32.6 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		84.0 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique

Tamis	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
10.000		100.0		
8.000		99.2		
6.300		98.4		
5.000		98.0		
4.000		97.3		
2.000		95.7		
1.000		93.7		
0.500		92.6		
0.200		88.3		
0.080		84.4		
0.063		84.0		



CONCLUSION

Sol classe A selon NF P11-360

OBSERVATION

S.RAPIN - GERANT

le 10/12/2024

PROCES-VERBAL

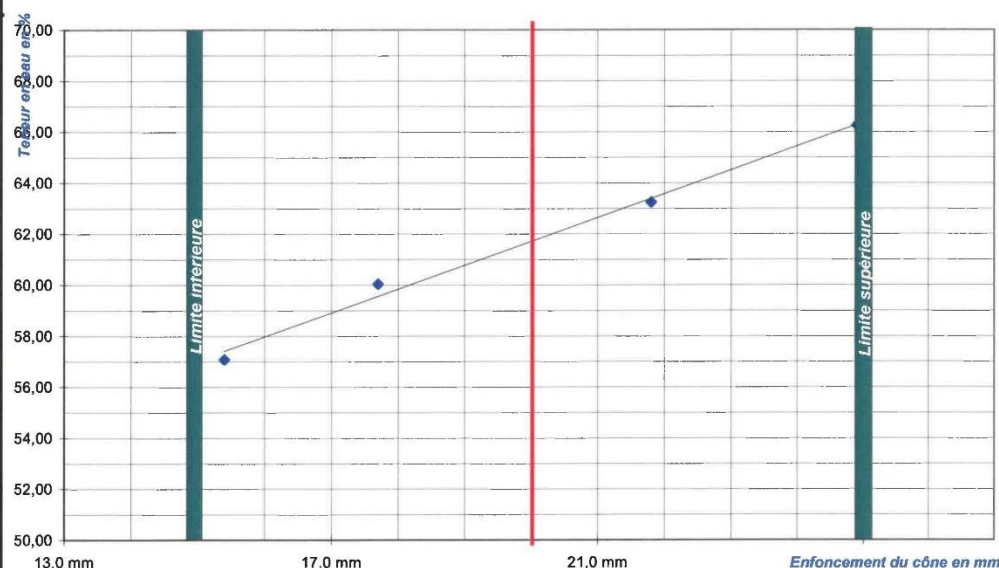
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP13 (1,4-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6320	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	09/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	15,4 mm	17,7 mm	21,8 mm	24,9 mm
Teneur en Eau %	57,08	60,04	63,24	66,25



Teneur en eau de plasticité	W = 26,85 %	W Moyen	W = 26,93 %	W Moyen
	W = 26,99 %		W = 26,96 %	
	26,92 %			26,95 %
Limite de liquidité : W_L =	61,8	Indice de plasticité		
Limite de plasticité : W_P =	26,9	I_P = 34,9		
Teneur en eau du sol : W_n =	32,6 %	Indice de consistance I_c = 0,84		

Conclusion :

Le 10 / 12 / 2024

Matériau classé A3/F3 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

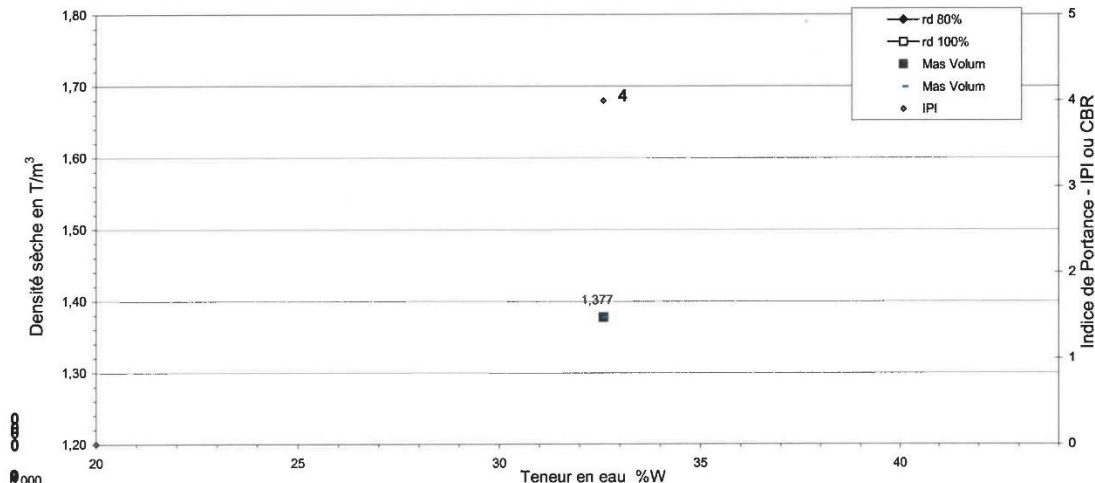
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6320	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP13 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	32,6%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP13 (1,4-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	32,6	1,377	4

* Caractéristiques

Sur prise d'essai
-Densité sèche **1,377** t/m³
-Teneur en eau **32,6** %

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol classe A3 selon Règlement m a l'Union

Le 09 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOL

Client : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

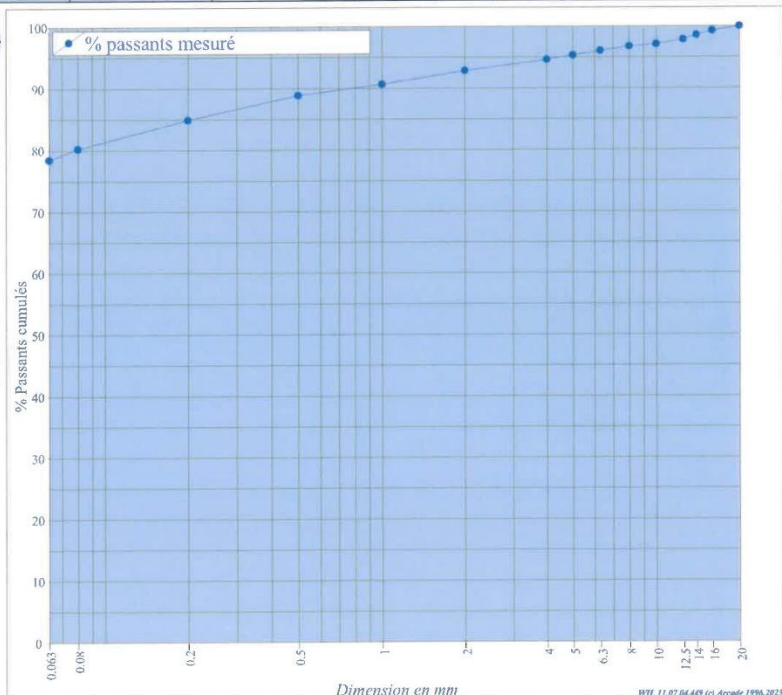
Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6321	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAM

INFORMATION SOL			
		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP15	1.4-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		25.3 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		78.5 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamais	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
20.000		100.0		
16.000		99.3		
14.000		98.6		
12.500		97.8		
10.000		97.1		
8.000		96.8		
6.300		96.1		
5.000		95.3		
4.000		94.6		
2.000		92.8		
1.000		90.7		
0.500		88.9		
0.200		84.9		
0.080		80.3		
0.063		78.5		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classe A selon NF P11-30		le 18/12/2024

PROCES-VERBAL

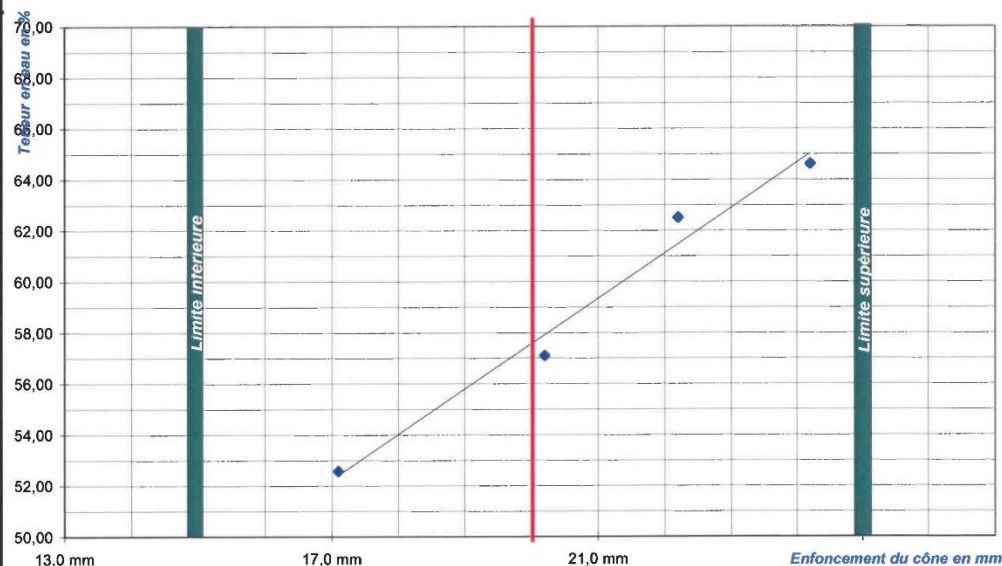
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP15 (1,4-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6321	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	13/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	17,1 mm	20,2 mm	22,2 mm	24,2 mm
Teneur en Eau %	52,57	57,10	62,52	64,62



Teneur en eau de plasticité	W = 25,48 %	W Moyen	W = 25,26 %	W Moyen
	W = 25,54 %		W = 25,02 %	
	25,51 %			25,14 %
Limite de liquidité : W_L =	57,6	Indice de plasticité		
Limite de plasticité : W_P =	25,3			
		I_p = 32,3		
Teneur en eau du sol : W_n =	25,3 %	Indice de consistance I_c = 1,00		

Conclusion :

Le 13 / 12 / 2024

Matériau classé A3/F3 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

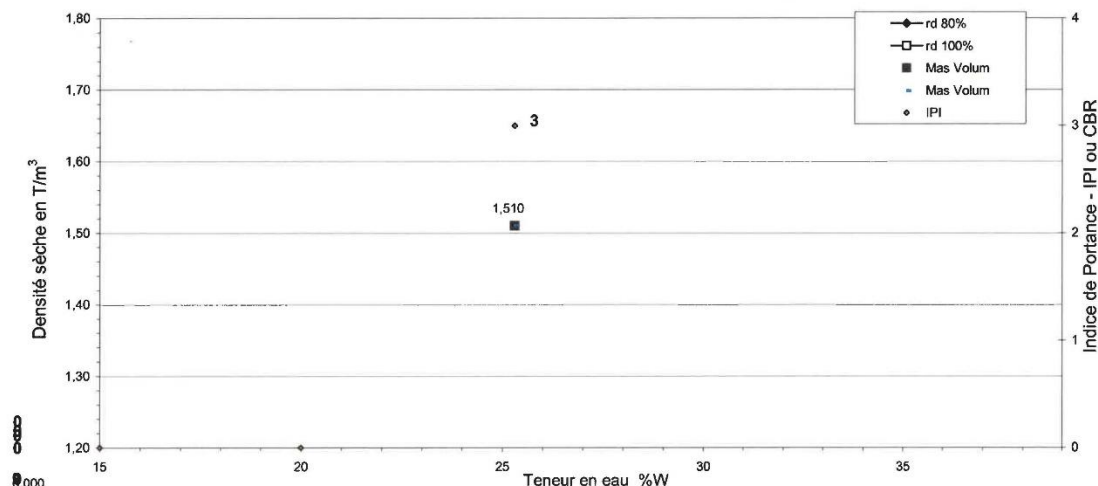
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6321	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP15 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	25,3%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP15 (1,4-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINCONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	25,3	1,510	3

* Caractéristiques

-Densité sèche **1,510** t/m³
-Teneur en eau **25,3** %

Sur prise d'essai

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol A₃ état plastique h (B_h m) à l'essai

Le 11 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6322
Agent préleveur: ENTREPRISE
Mode: Sondage
Opérateur labo: M.ZAAM

Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 16/12/2024)

INFORMATION SOL

N° de Sondage

SP16

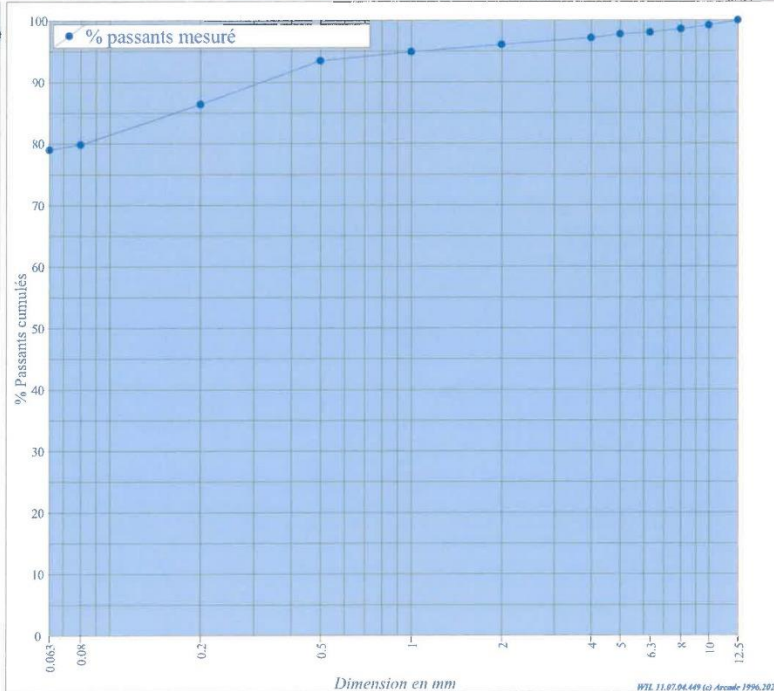
Profondeur (m)

0.6-1.7m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		18.9 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		79.0 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique

Tamis	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
12.500		100.0		
10.000		99.1		
8.000		98.6		
6.300		98.0		
5.000		97.7		
4.000		97.2		
2.000		96.0		
1.000		94.9		
0.500		93.5		
0.200		86.4		
0.080		79.9		
0.063		79.0		



CONCLUSION

Sol classe A selon NF P11-300

OBSERVATION

S.RAPIN - GERANT

le 16/12/2024

PROCES-VERBAL

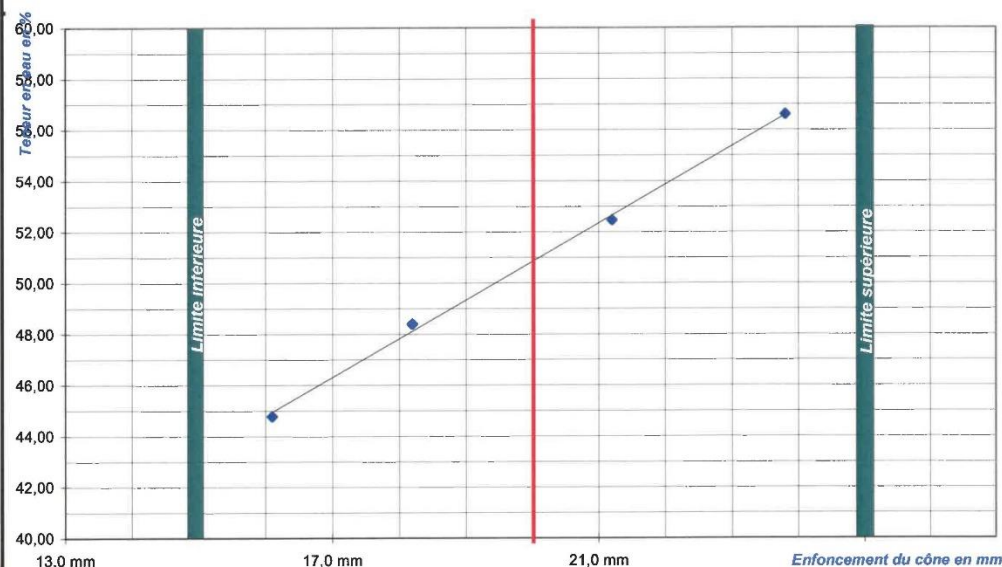
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP16 (0,6-1,7m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6322	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	10/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	16,1 mm	18,2 mm	21,2 mm	23,8 mm
Teneur en Eau %	44,78	48,41	52,47	56,61



Teneur en eau de plasticité	W = 24,72 %	W Moyen	W = 24,53 %	W Moyen
	W = 24,53 %		W = 24,32 %	
Limite de liquidité : W_L =	50,9	Indice de plasticité I_p = 26,4		
Limite de plasticité : W_p =	24,5			
Teneur en eau du sol : W_n =	18.9 %	Indice de consistance I_c = 1,21		

Conclusion :

Matériau classé A3/F3 selon NF P 11-300

Le 16/12/2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

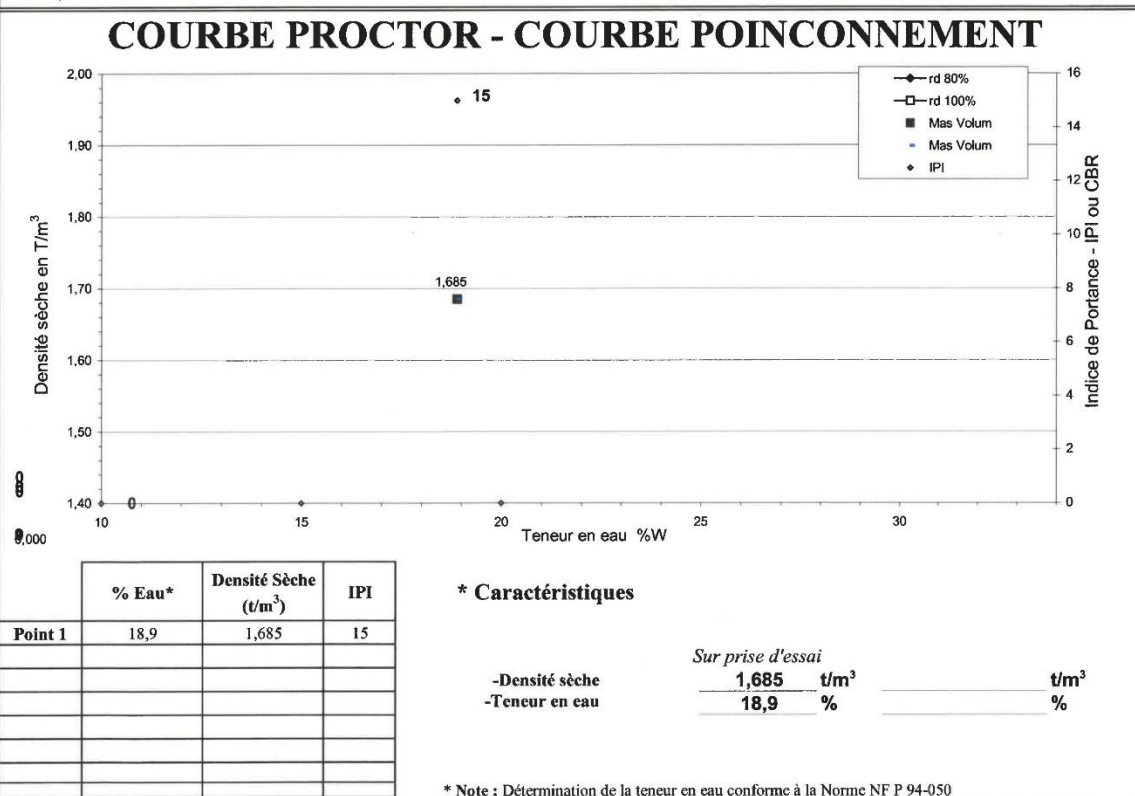
PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6322	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP16 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	18,9%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP16 (0,6-1,7m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)



Conclusions :

Sol A3 est Pyroclastique "Kendane" S" à Winit

Le 16 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

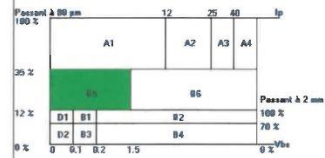
Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6323 Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 03/12/2024)
Agent préleveur: ENTREPRISE
Mode: Sondage
Opérateur labo: M.ZAAIM

INFORMATION SOL

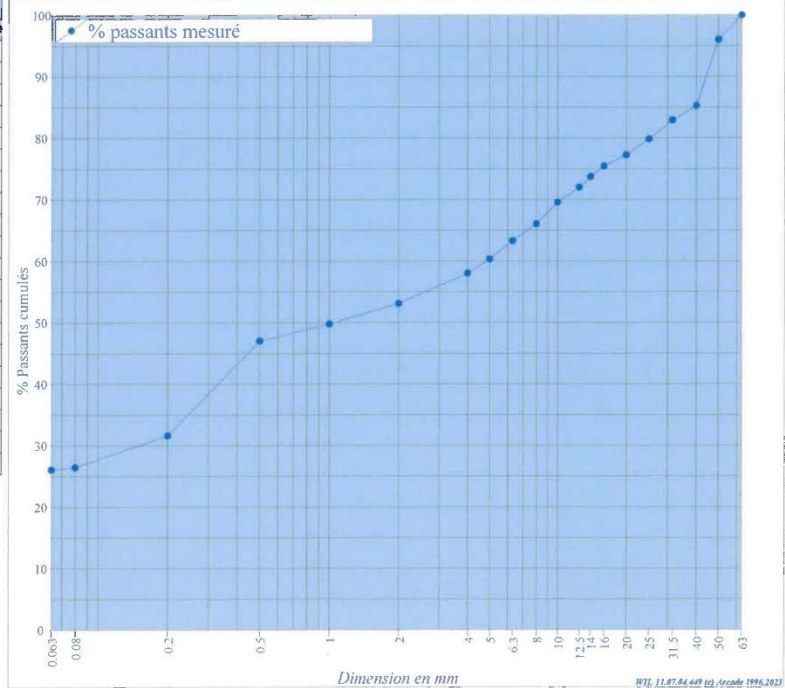
	N° de Sondage	Profondeur (m)
	SP15	0.1-1.4m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		5.8 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		26.1 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4
Valeur de Bleu d'un Sol		0.220 g			NF EN 17542-3
Classification GTR		C1B5			NF P 11-300



Analyse granulométrique

Tamis	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
63.000		100.0		
50.000		96.0		
40.000		85.3		
31.500		82.9		
25.000		79.9		
20.000		77.3		
16.000		75.5		
14.000		73.8		
12.500		72.0		
10.000		69.6		
8.000		66.1		
6.300		63.3		
5.000		60.4		
4.000		58.0		
2.000		53.1		
1.000		49.8		
0.500		47.0		
0.200		31.6		
0.080		26.5		
0.063		26.1		



CONCLUSION

Sol classe C1B5 selon NF P11-300
(Teneur en fines 26.1%)

OBSERVATION

S.RAPIN - GERANT

le 03/12/2024

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s).
Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais.

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

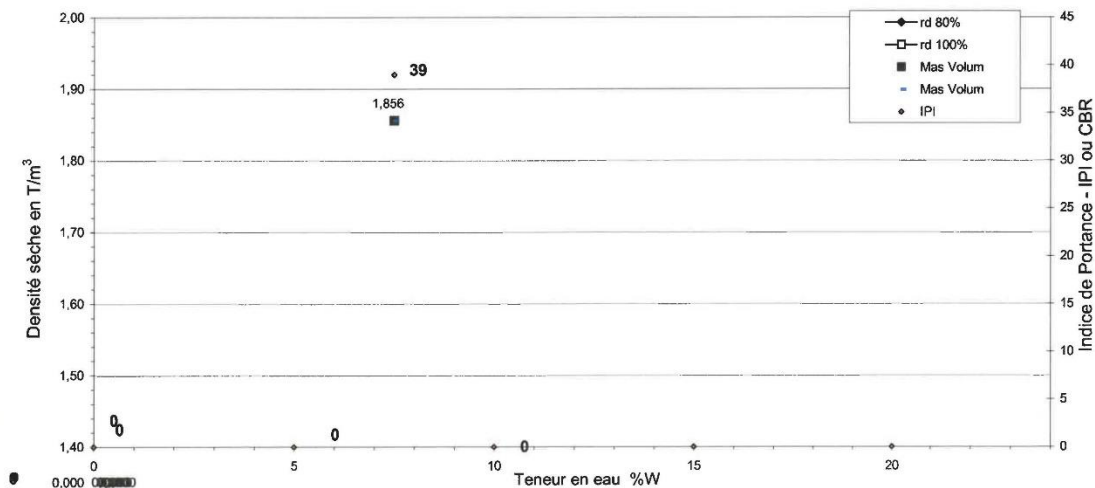
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 22,7%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6323	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP15 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	7,5%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP15 (0,1-1,4m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	7,5	1,856	39

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai	Corrigé	
-Densité sèche	1,856	1,998	t/m ³
-Teneur en eau	7,5	5,8	%

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

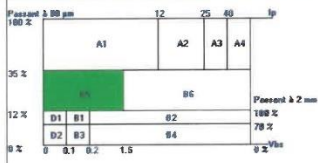
Le 03 / 12 / 2024
S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

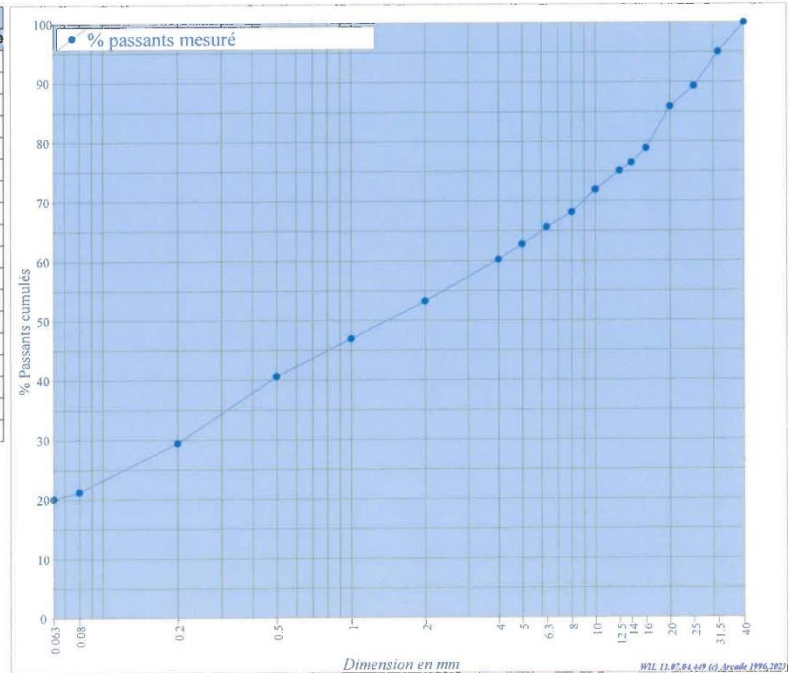
Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6324	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 12/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAM
NFP11300	Norme NF P 11-300
	Matériaux utilisés pour remblai et couche de forme

INFORMATION SOL				
		N° de Sondage	Profondeur (m)	
		SP19	0.3-1.7m	
ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		26.3 %		EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		20.1 %		EN 933-1 ou EN ISO 17892-4
Valeur de Bleu d'un Sol		0.063 g		NF EN 17542-3
Classification GTR		B5		NF P 11-300
				

Analyse granulométrique				
Tam	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
40.000		100.0		
31.500		95.0		
25.000		89.4		
20.000		85.9		
16.000		78.9		
14.000		76.4		
12.500		75.1		
10.000		71.9		
8.000		68.2		
6.300		65.6		
5.000		62.8		
4.000		60.2		
2.000		53.2		
1.000		47.0		
0.500		40.7		
0.200		29.5		
0.080		21.2		
0.063		20.1		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classe B5 selon NF P11-300 (G3 nouveau référentiel)		le 12/12/2024

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s)
Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

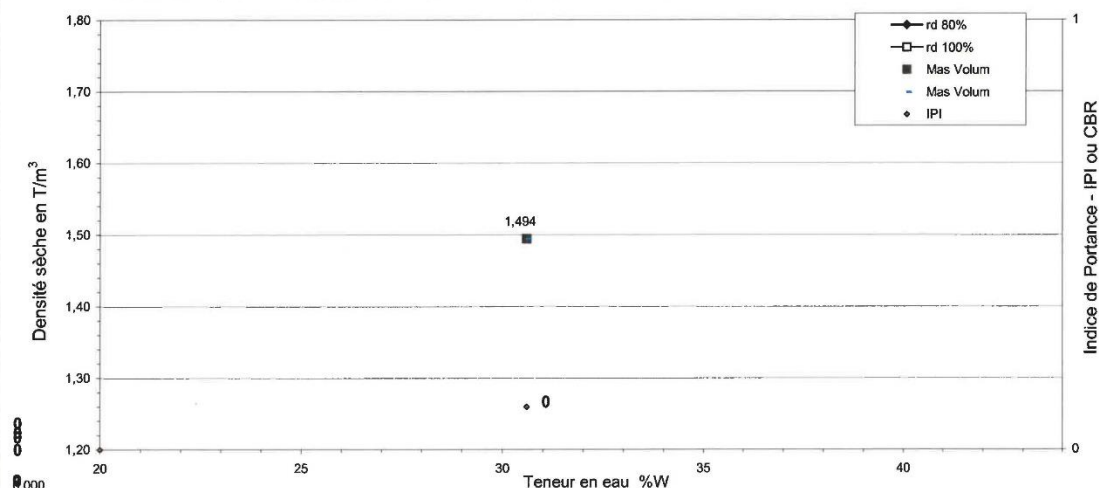
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	14,1%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6324	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP19 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	30,6%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP19 (0,3-1,7m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : **Sables** : 2,65 à 2,68 T/m³ - **Limons** : 2,68 à 2,72 T/m³ - **Argiles** : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINCONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	30,6	1,494	0

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai	Corrigé
-Densité sèche	1,494 t/m ³	1,595 t/m ³
-Teneur en eau	30,6 %	26,3 %

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol B_g (pauv. d/2) et/ou hydrique th à W_{max}

Le 12 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

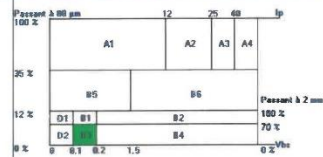
Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6325	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 28/11/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM

INFORMATION SOL		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP20	0.4-1.9m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		16.3 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		10.2 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4
Valeur de Bleu d'un Sol		0.102 g			NF EN 17542-3
Classification GTR		B3			NF P 11-300



PROCES VERBAL

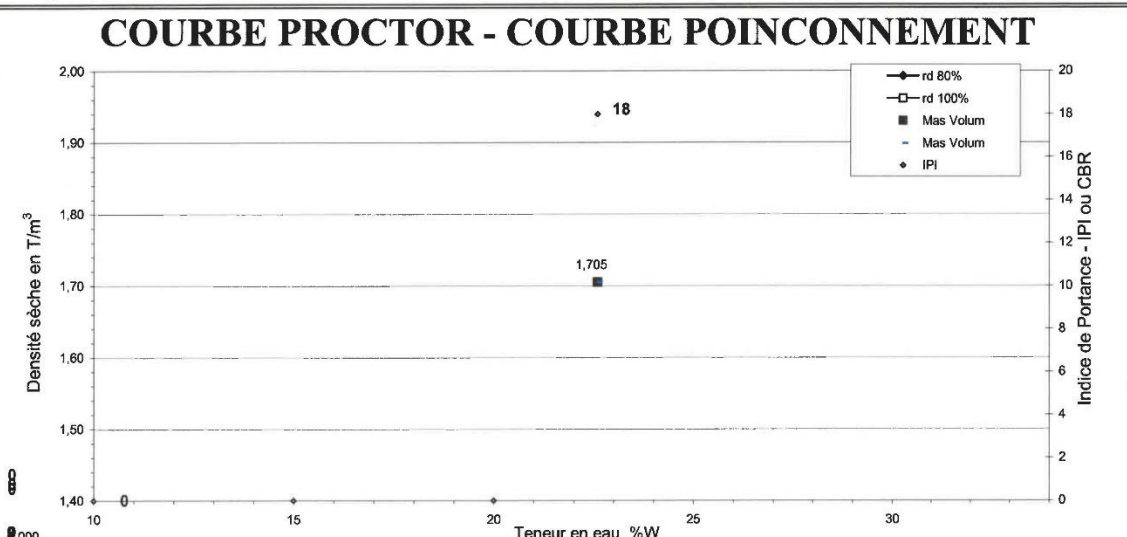
PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 27,8%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6325	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP20 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	22,6%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP20 (0,4-1,9m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	22,6	1,705	18

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai	Corrigé
-Densité sèche	1,705 t/m ³	1,899 t/m ³
-Teneur en eau	22,6 %	16,3 %

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Le 01 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

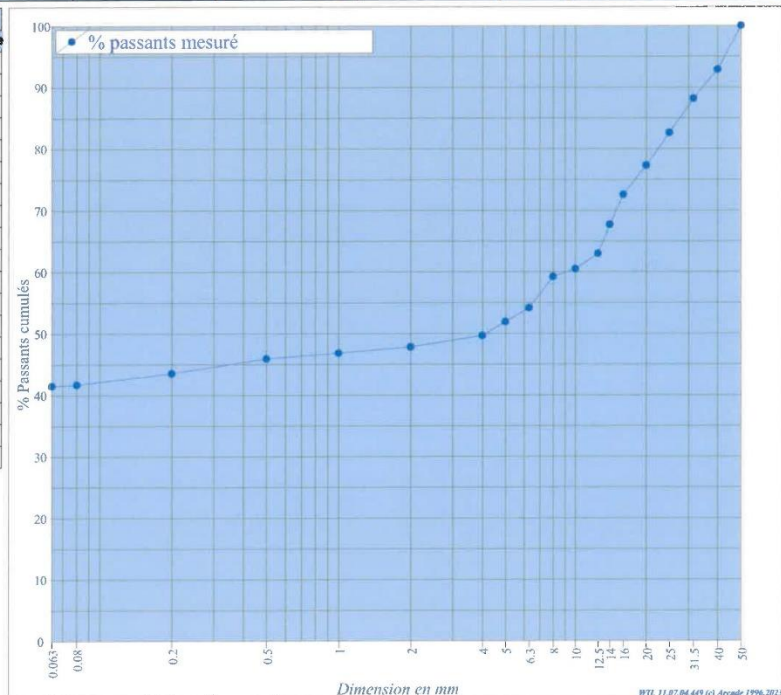
Prélèvement n° LE 24/6326	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 17/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM

INFORMATION SOL

	N° de Sondage	Profondeur (m)
	SP21	0.8-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		19.4 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		41.5 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamais	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
50.000		100.0		
40.000		92.9		
31.500		88.1		
25.000		82.6		
20.000		77.3		
16.000		72.6		
14.000		67.7		
12.500		63.0		
10.000		60.5		
8.000		59.2		
6.300		54.2		
5.000		51.9		
4.000		49.6		
2.000		47.8		
1.000		46.8		
0.500		45.9		
0.200		43.5		
0.080		41.7		
0.063		41.5		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sl class A selon NF P11-300		le 17/12/24

PROCES-VERBAL

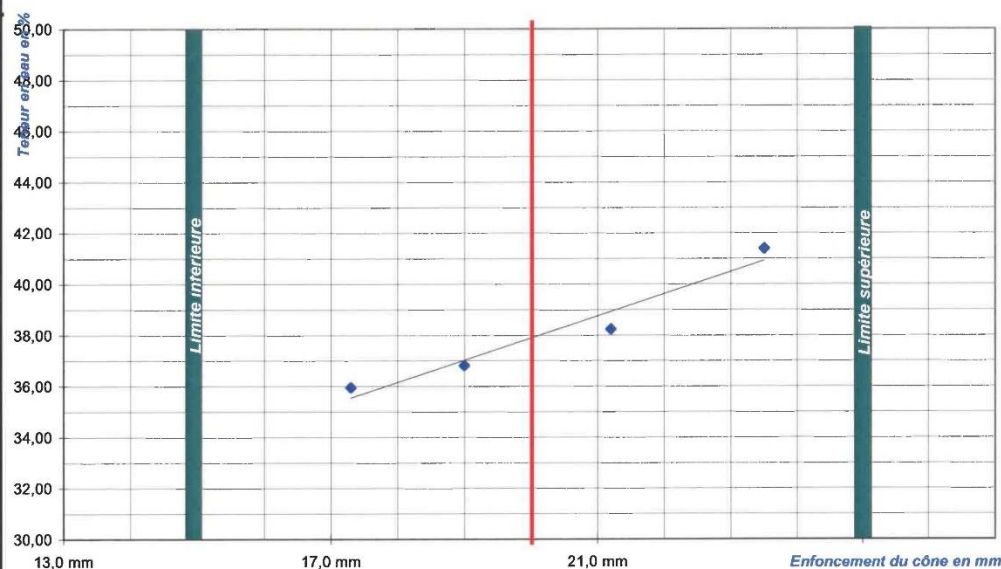
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP21 (0,8-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6326	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	10/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	17,3 mm	19,0 mm	21,2 mm	23,5 mm
Teneur en Eau %	35,95	36,81	38,24	41,41



Teneur en eau de plasticité	W = 17,12 %	W Moyen	W = 16,88 %	W Moyen
	W = 17,02 %		W = 16,56 %	
Limite de liquidité : W _L =	37,9	Indice de plasticité I _p = 21,0		
Limite de plasticité : W _P =	16,9			
Teneur en eau du sol : W _n =	19,4 %	Indice de consistance I _c = 0,88		

Conclusion :

Le 17 / 12 / 2024

Matériau classé A2/F2 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

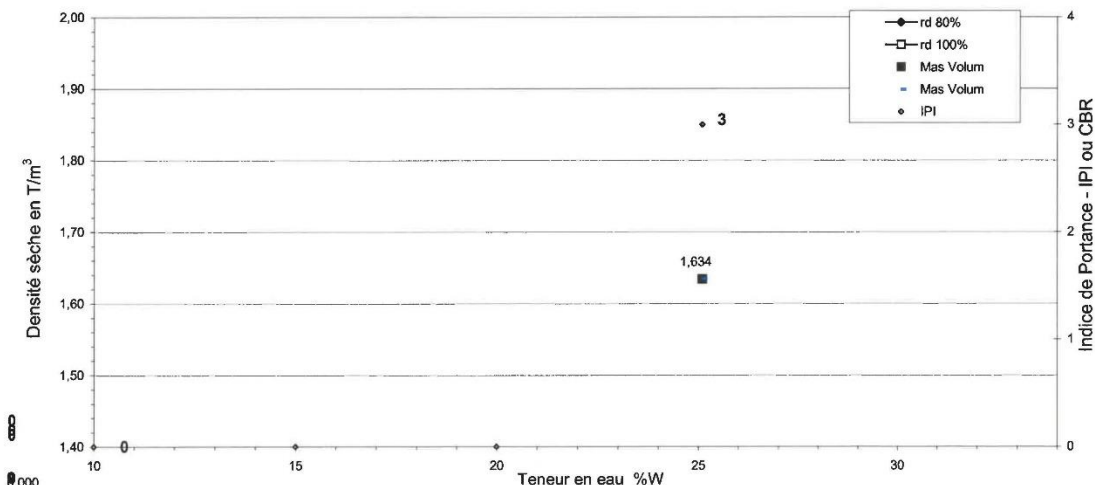
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	22,7%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6326	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP21 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	25,1%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP21 (0,8-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	25,1	1,634	3

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai	Corrigé	
-Densité sèche	1,634 t/m ³	1,794 t/m ³	
-Teneur en eau	25,1 %	19,4 %	

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol A₂ état hydrop h a' Wm'k

Le 17 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6327

Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)

Agent préleveur: ENTREPRISE

Mode: Sondage

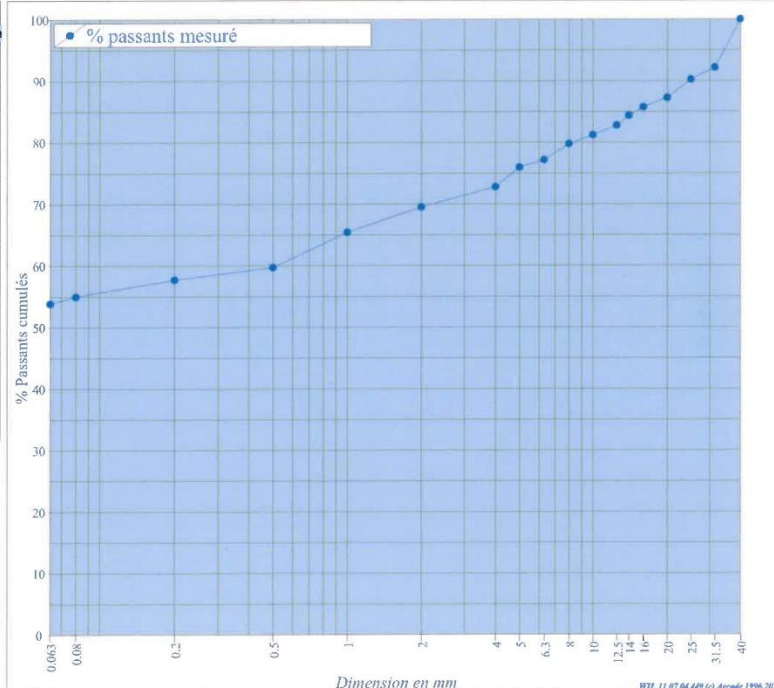
Opérateur labo: M.ZAAM

INFORMATION SOL

	N° de Sondage	Profondeur (m)
	SP24	0.720m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		13.6 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		53.9 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamais	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
40.000		100.0		
31.500		92.2		
25.000		90.2		
20.000		87.2		
16.000		85.7		
14.000		84.3		
12.500		82.8		
10.000		81.2		
8.000		79.8		
6.300		77.2		
5.000		76.0		
4.000		72.8		
2.000		69.5		
1.000		65.4		
0.500		59.8		
0.200		57.7		
0.080		55.0		
0.063		53.9		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classé A selon NF P11-300		le 18/12/2024

PROCES-VERBAL

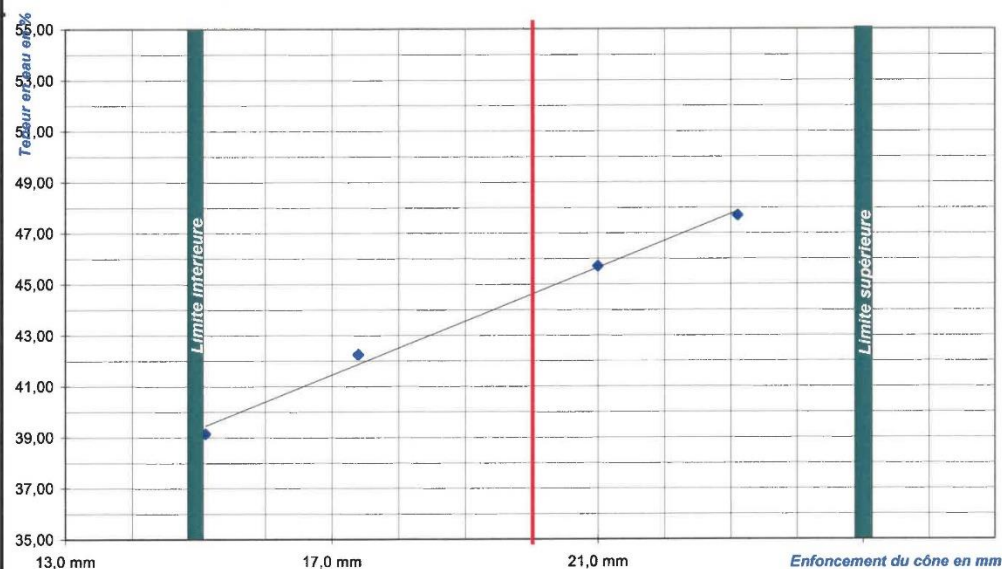
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP24 (0,7-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6327	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	13/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	15,1 mm	17,4 mm	21,0 mm	23,1 mm
Teneur en Eau %	39,14	42,26	45,71	47,69



Teneur en eau de plasticité	W = 20,31 %	W Moyen 20,28 %	W = 20,14 %	W Moyen 20,09 %
	W = 20,26 %		W = 20,05 %	
Limite de liquidité : W_L = 44,6	Indice de plasticité I_p = 24,4			
Limite de plasticité : W_p = 20,2				
Teneur en eau du sol : W_n = 13,6 %	Indice de consistance I_c = 1,27			

Conclusion :

Le 18 / 11 / 2024

Matériau classé A2/F3 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

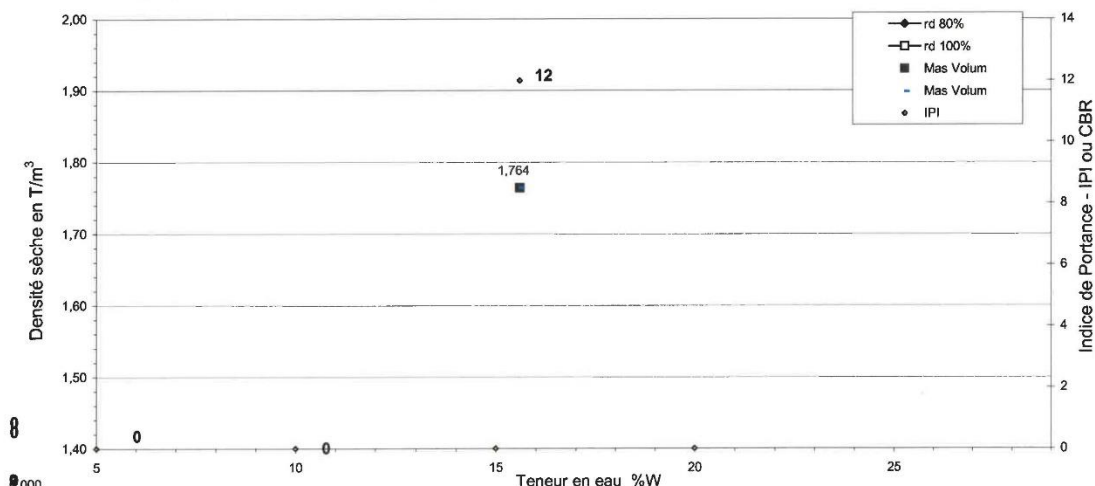
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	12,8%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6327	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP24 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	15,6%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP24 (0,7-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINCONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	15,6	1,764	12

* Caractéristiques

-Densité sèche	Sur prise d'essai	1,764	t/m ³	Corrigé	1,846	t/m ³
-Teneur en eau		15,6	%		13,6	%

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol A₂ et/ou hyaline m à W_{max}

Le 12 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

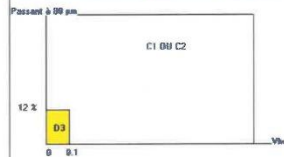
Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

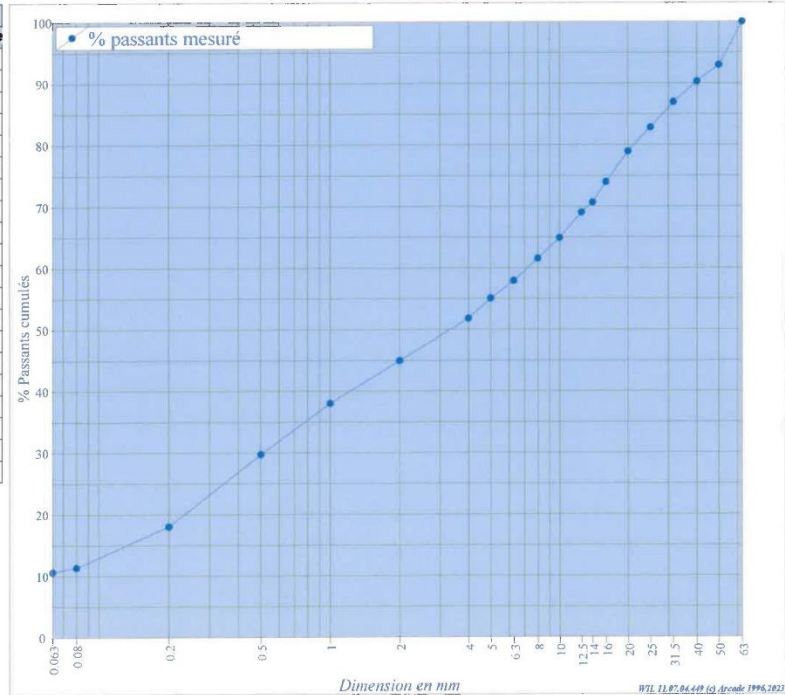
Prélèvement n° LE 24/6328	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 10/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM

INFORMATION SOL			
		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP26	0.15-1.6m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		10.2 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		10.7 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4
Valeur de Bleu d'un Sol		0.059 g			NF EN 17542-3
Classification GTR		D3			NF P 11-300



Analyse granulométrique				
Tamis	mini	%tamisat	maxi	Incertitude
63.000		100.0		
50.000		93.0		
40.000		90.3		
31.500		87.0		
25.000		82.9		
20.000		79.0		
16.000		74.0		
14.000		70.7		
12.500		69.0		
10.000		64.9		
8.000		61.5		
6.300		57.9		
5.000		55.1		
4.000		51.8		
2.000		44.9		
1.000		38.0		
0.500		29.8		
0.200		18.1		
0.080		11.4		
0.063		10.7		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
El. classe D3 selon NF P11-300		Le 10/12/2024

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s).
Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais.

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

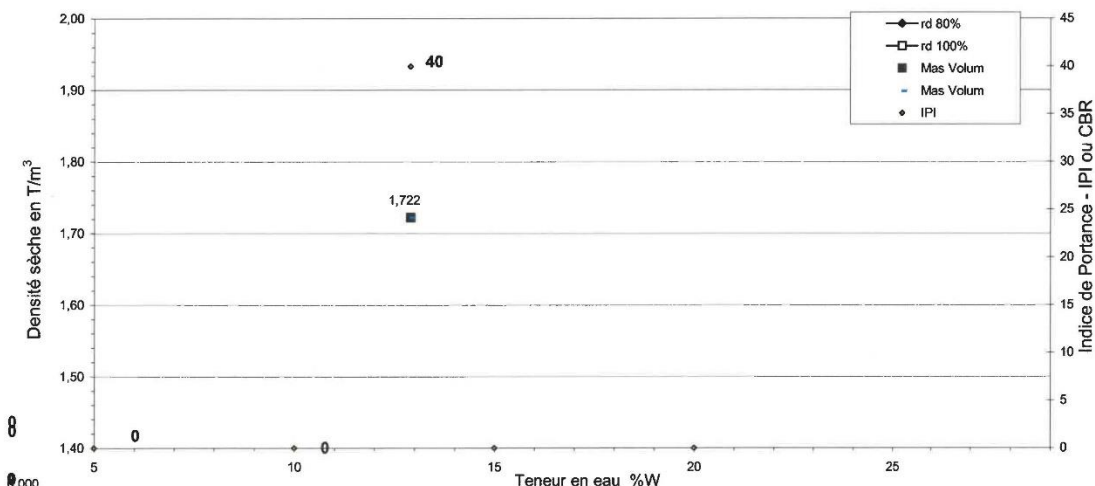
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	21,0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6328	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP26 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	12,9%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP26 (0,15-1,6m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINCONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	12,9	1,722	40

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai		Corrigé	
-Densité sèche	1,722	t/m ³	1,863	t/m ³
-Teneur en eau	12,9	%	10,2	%

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Le 10 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6329 Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)

Agent préleveur: ENTREPRISE

Mode: Sondage

Opérateur labo: M.ZAAIM

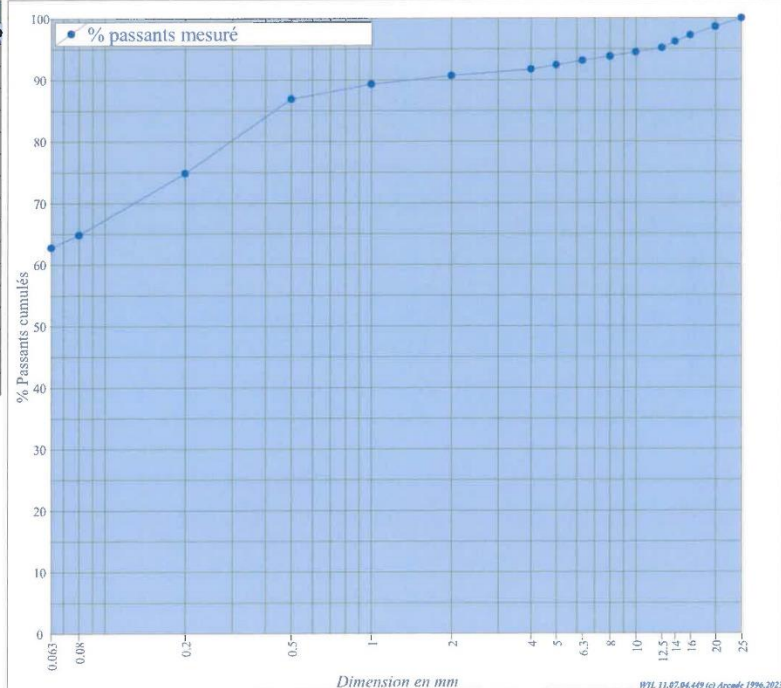
INFORMATION SOL

	N° de Sondage	Profondeur (m)
	SP26	1.6-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		16.8 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		62.8 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique

Tamis	mini	%tamisé	maxi	Incertitude
25.000		100.0		
20.000		98.6		
16.000		97.2		
14.000		96.2		
12.500		95.2		
10.000		94.5		
8.000		93.8		
6.300		93.1		
5.000		92.4		
4.000		91.7		
2.000		90.7		
1.000		89.3		
0.500		86.9		
0.200		74.8		
0.080		64.8		
0.063		62.8		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classé A selon NF P11-300		le 18/12/2024

PROCES-VERBAL

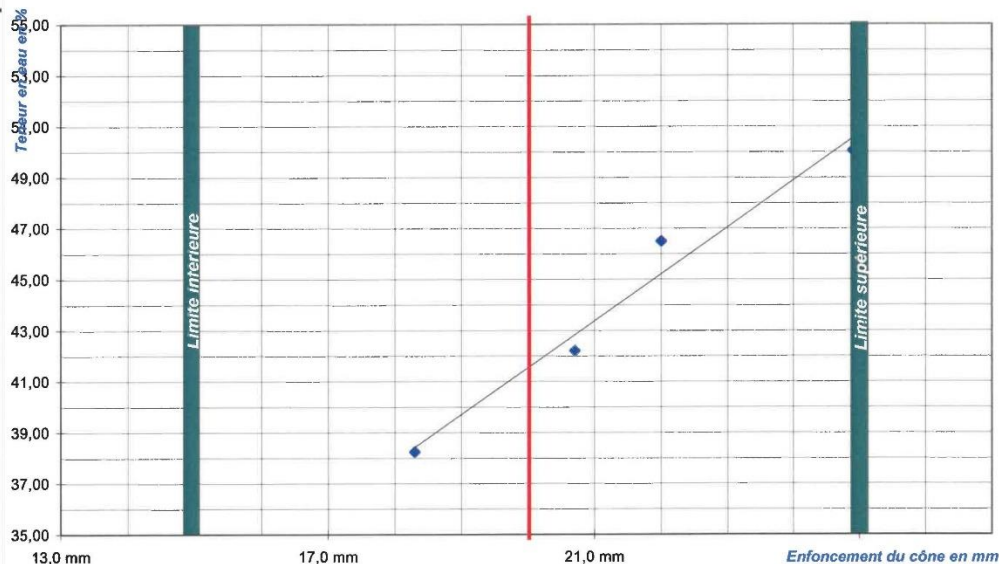
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP26 (1,6-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6329	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	13/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	18,3 mm	20,7 mm	22,0 mm	24,9 mm
Teneur en Eau %	38,25	42,21	46,50	50,04



Teneur en eau de plasticité	W = 19,40 %	W Moyen	W = 19,52 %	W Moyen
	W = 19,29 %		W = 19,23 %	
Limite de liquidité : W_L =	41,5	Indice de plasticité		
Limite de plasticité : W_P =	19,4			
Teneur en eau du sol : W_n =	16,8 %	Indice de consistance I_C = 1,11		

Conclusion :

Matériau classé A2/F3 selon NF P 11-300

Le 13 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

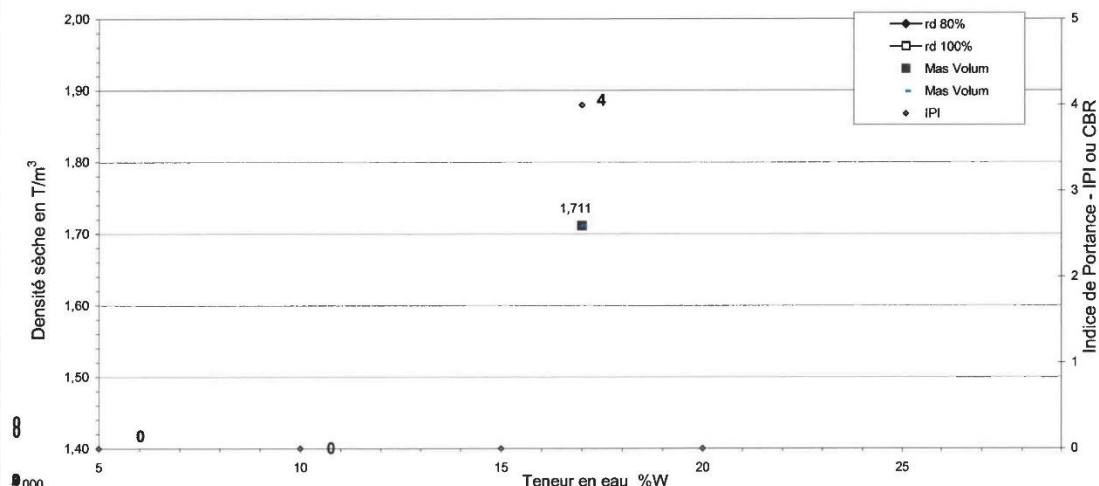
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/>
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6329	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP26 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	17,0%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP26 (1,6-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINCONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m³)	IPI
Point 1	17,0	1,711	4

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai		Corrigé	
-Densité sèche	1,711	t/m³	1,720	t/m³
-Teneur en eau	17,0	%	16,8	%

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol classé A₂ et/ou Argil. m. a. Uniax.

Le 18 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

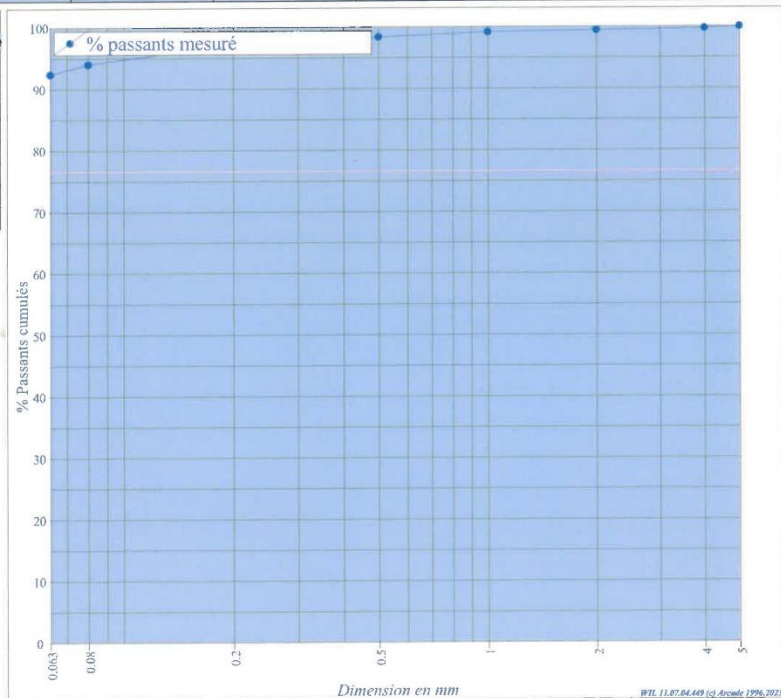
Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6330	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAIM

INFORMATION SOL		N° de Sondage	Profondeur (m)
		SP29	1.4-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		17.6 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		92.4 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamis	mini	%tamisé	maxi	Incertitude
5.000		100.0		
4.000		99.7		
2.000		99.5		
1.000		99.2		
0.500		98.4		
0.200		97.3		
0.080		94.0		
0.063		92.4		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classe A selon NF P11-30		6.18/12/2024

PROCES-VERBAL

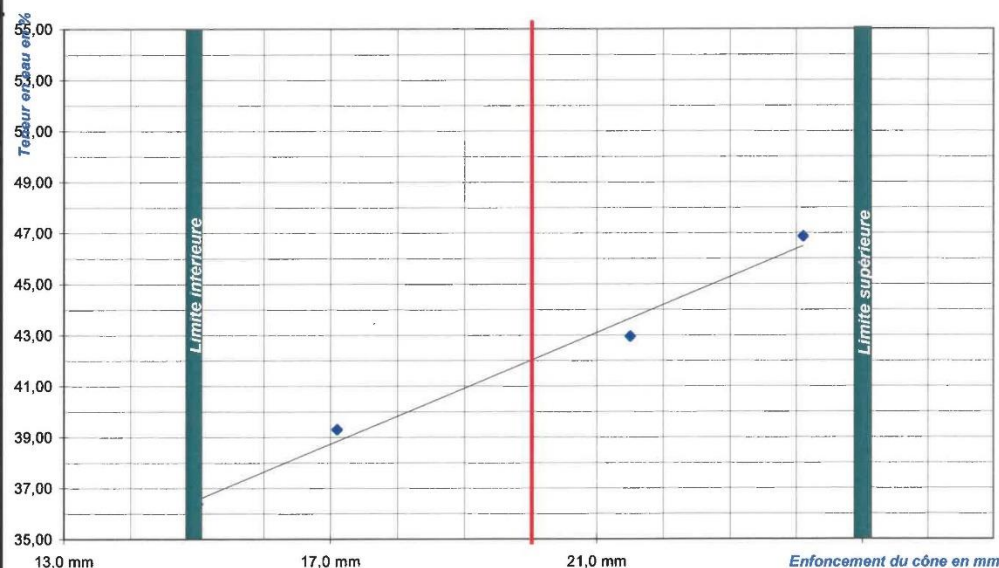
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP29 (1,4-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6330	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	13/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	15,0 mm	17,1 mm	21,5 mm	24,1 mm
Teneur en Eau %	36,39	39,30	42,95	46,86



Teneur en eau de plasticité	W = 18,33 %	W Moyen	W = 18,28 %	W Moyen
	W = 18,41 %		W = 18,07 %	
	18,37 %			18,18 %
Limite de liquidité : W_L =	42,0	Indice de plasticité		
Limite de plasticité : W_P =	18,3	I_P = 23,7		
Teneur en eau du sol : W_n =	17,6	Indice de consistance I_C = 1,03		

Conclusion :

Le 13 / 12 / 2024

Matériau classé A2/F3 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

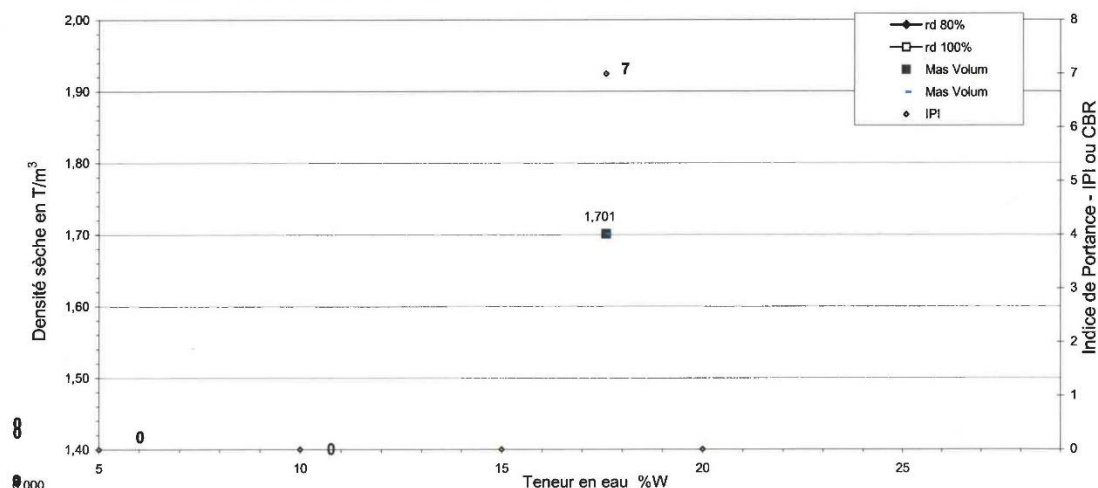
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	0,0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6330	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	01/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP29 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	17,6%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP29 (1,4-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINCONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m³)	IPI
Point 1	17,6	1,701	7

* Caractéristiques

Sur prise d'essai
-Densité sèche **1,706 t/m³**
-Teneur en eau **17,6 %**

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol classé A2 classé hydrique m à Wmax

Le 01 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOL

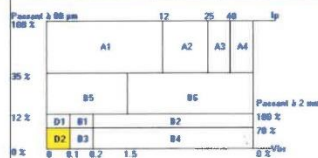
Client : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6331	Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 02/12/2024)
Agent préleveur:	ENTREPRISE
Mode:	Sondage
Opérateur labo:	M.ZAAM

INFORMATION SOL			
	N° de Sondage	Profondeur (m)	
	SP32	0.2-1.8m	

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		6.3 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		10.4 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4
Valeur de Bleu d'un Sol		0.025 g			NF EN 17542-3
Classification GTR		D2			NF P 11-300



PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

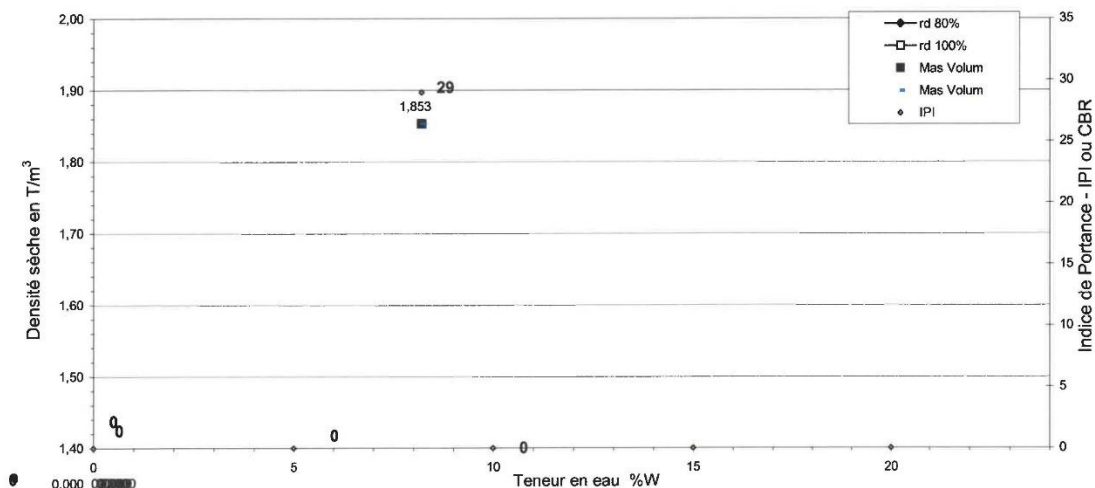
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	23,1%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6331	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	03/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP32 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	8,2%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP32 (0,2-1,8m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	8,2	1,853	29

* Caractéristiques

	Sur prise d'essai	Corrigé
-Densité sèche	1,853 t/m ³	1,997 t/m ³
-Teneur en eau	8,2 %	6,3 %

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Le 03 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

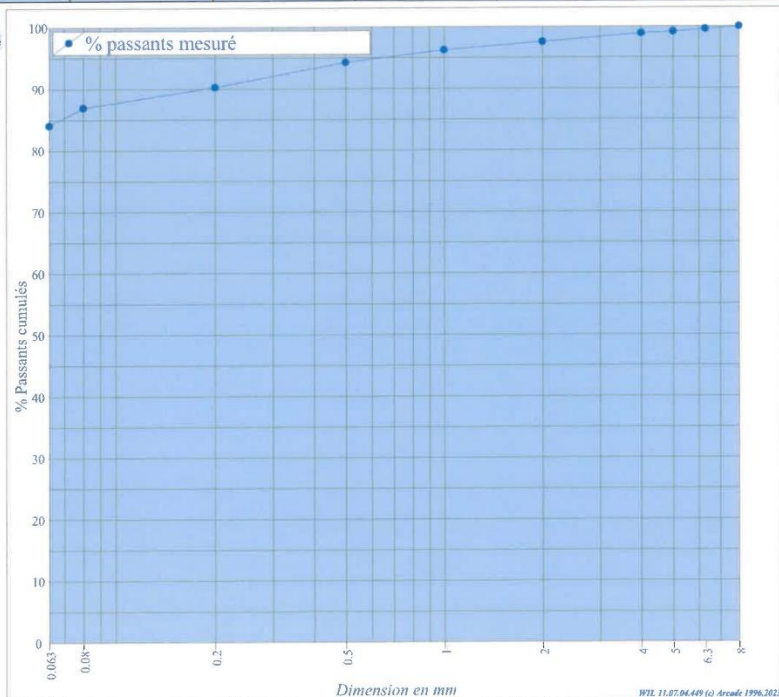
Prélèvement n° LE 24/6332 Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)
Agent préleveur: ENTREPRISE
Mode: Sondage
Opérateur labo: M.ZAAM

INFORMATION SOL

	N° de Sondage	Profondeur (m)
	SP33	1.5-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		15.8 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		84.1 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamis	mini	%tamisé	maxi	Incertitude
8.000		100.0		
6.300		99.6		
5.000		99.1		
4.000		98.9		
2.000		97.6		
1.000		96.2		
0.500		94.2		
0.200		90.3		
0.080		86.9		
0.063		84.1		



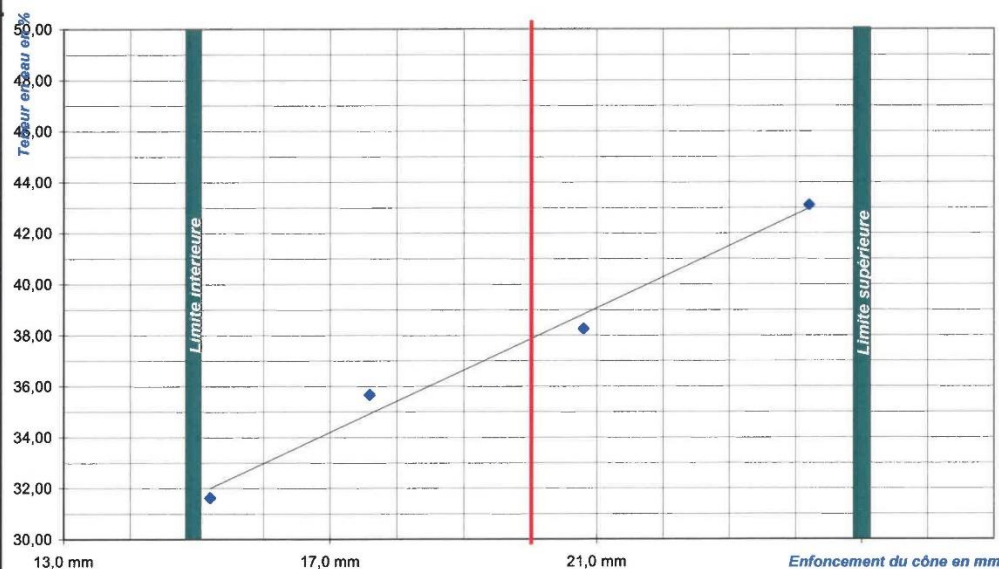
CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classe A selon NF P11-300		le 18/12/24

PROCES-VERBAL DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP33 (1,5-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6332	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	16/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	15,2 mm	17,6 mm	20,8 mm	24,2 mm
Teneur en Eau %	31,64	35,68	38,27	43,10



Teneur en eau de plasticité	W = 18,22 %	W Moyen 18,24 %	W = 18,30 %	W Moyen 18,25 %
	W = 18,25 %		W = 18,21 %	
Limite de liquidité : W_L =	37,9	Indice de plasticité I_p = 19,7		
Limite de plasticité : W_p =	18,2			
Teneur en eau du sol : W_n =	15,8 %	Indice de consistance I_c = 1,13		

Conclusion :

Le 18/12/2024

Matériau classé A2/F2 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

PROCES VERBAL

PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

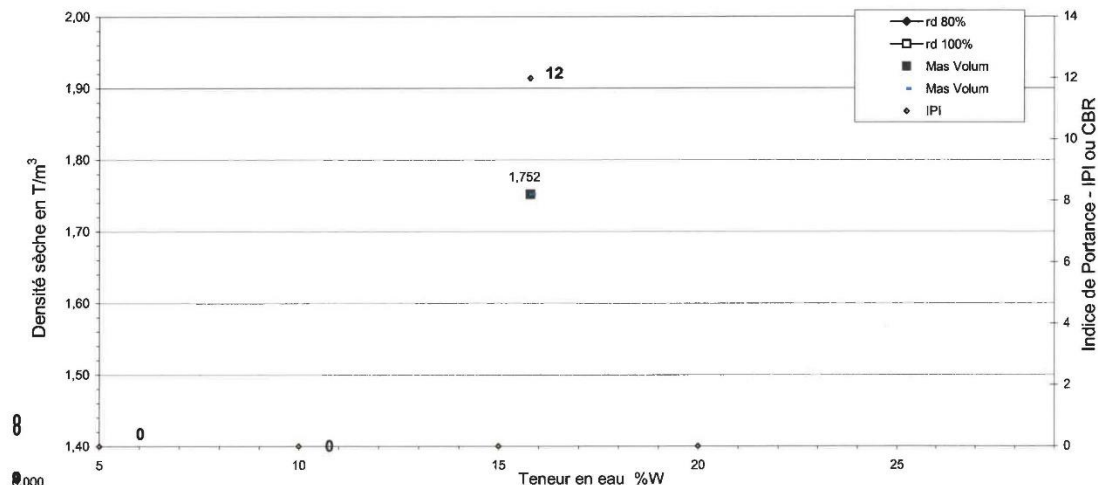
Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/>
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6332	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	03/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP33 - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	15,8%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP33 (1,5-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)

COURBE PROCTOR - COURBE POINÇONNEMENT



	% Eau*	Densité Sèche (t/m ³)	IPI
Point 1	15,8	1,752	12

* Caractéristiques

Sur prise d'essai
-Densité sèche **1,752** t/m³
-Teneur en eau **15,8** %

* Note : Détermination de la teneur en eau conforme à la Norme NF P 94-050

Conclusions :

Sol de type Arg. etal. hydrique m. à W_{at}

Le 11 / 12 / 2024

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ n° 1997/8523

PROCES-VERBAL

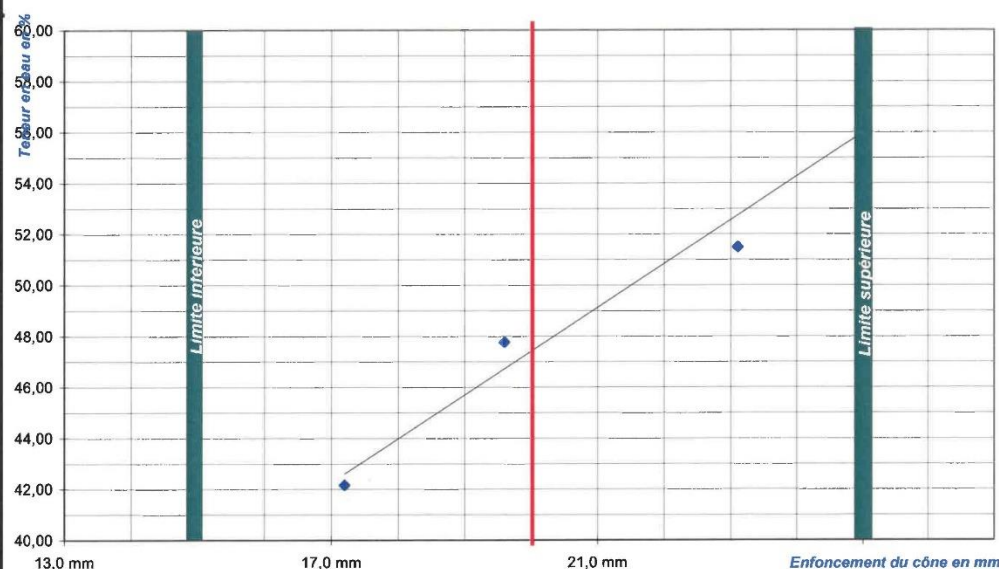
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

CONFORME A LA NORME NF EN ISO 17892-12

N° DOSSIER :	LC 24/1029	TYPE DE MATERIAU :	SP34bis (1,2-2,0m)
N° ENREGISTREMENT :	LE 24/6333	MODE DE PRELEVEMENT :	Sondage
AGENT PRELEVEUR :	ENTREPRISE	LIEU DE PRELEVEMENT :	Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039
OPERATEUR LABO :	JEANJEAN M.	SOCIETE EXPLOITANTE :	FONDASOL LUXEMBOURG
RECEPTIONNE LE :	14/11/2024	ANALYSE LE :	16/12/2024

METHODE AU CONE

Mesures N°	1	2	3	4
Enfoncement	17,2 mm	19,6 mm	23,1 mm	25,0 mm
Teneur en Eau %	42,16	47,76	51,50	56,59



Teneur en eau de plasticité	W = 19,32 %	W Moyen 19,26 %	W = 19,20 %	W Moyen 19,24 %
	W = 19,19 %		W = 19,28 %	
Limite de liquidité : W_L = 47,3	Indice de plasticité I_p = 28,1			
Limite de plasticité : W_p = 19,2				
Teneur en eau du sol : W_n = 13,9 %	Indice de consistance I_c = 1,19			

Conclusion :

Le 16 / 12 / 2024

Matériau classé A3/F3 selon NF P 11-300

S. RAPIN

Ce produit a été contrôlé selon une organisation qualité conforme à la norme ISO 9001 certifiée par l'AFAQ N° 1997/8523

Site : FONDASOL LUXEMBOURG
Sol : SOLClient : FONDASOL LUXEMBOURG
47A Rue de Sanem
4485 SANEM

Dossier LC 24/1029 : Identification GTR - Route d'Esch LUXTRAM PRLUGT24.0039

Prélèvement n° LE 24/6333
Agent préleveur: ENTREPRISE
Mode: Sondage
Opérateur labo: M.ZAAIM

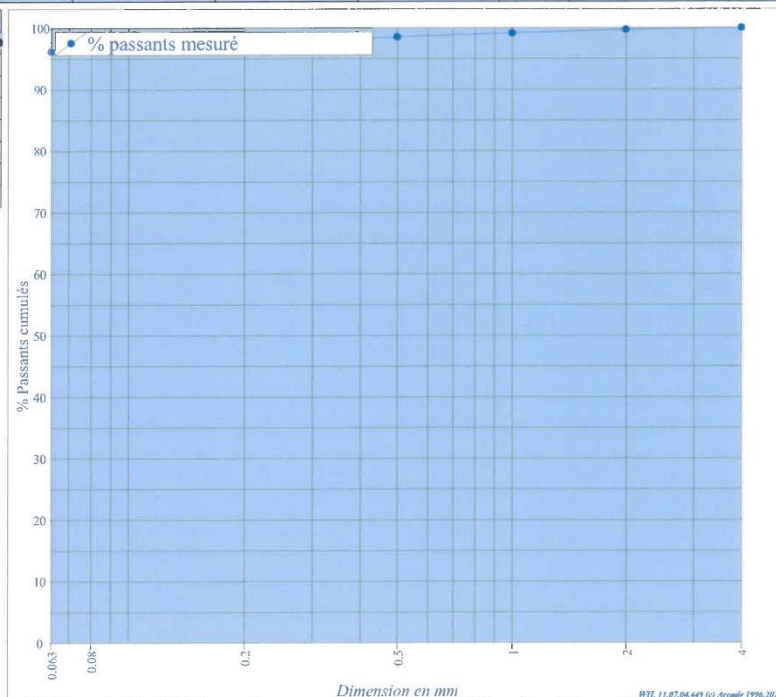
Prélevé le 14/11/2024 (Réalisé le 18/12/2024)

INFORMATION SOL

	N° de Sondage	Profondeur (m)
	SP34 bis	1.2-2.0m

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	U	Norme
Teneur en eau par séchage Granulats ou Sol		13.9 %			EN 1097-5 ou EN ISO 17892-1
Teneur en fines Granulats ou Sol		96.2 %			EN 933-1 ou EN ISO 17892-4

Analyse granulométrique				
Tamais	mini	%tamisé	maxi	Incertitude
4.000		100.0		
2.000		99.7		
1.000		99.1		
0.500		98.5		
0.200		97.4		
0.080		96.5		
0.063		96.2		



CONCLUSION	OBSERVATION	S.RAPIN - GERANT
Sol classe A selon NF P11-30		le 18/12/2024

PROCES VERBAL

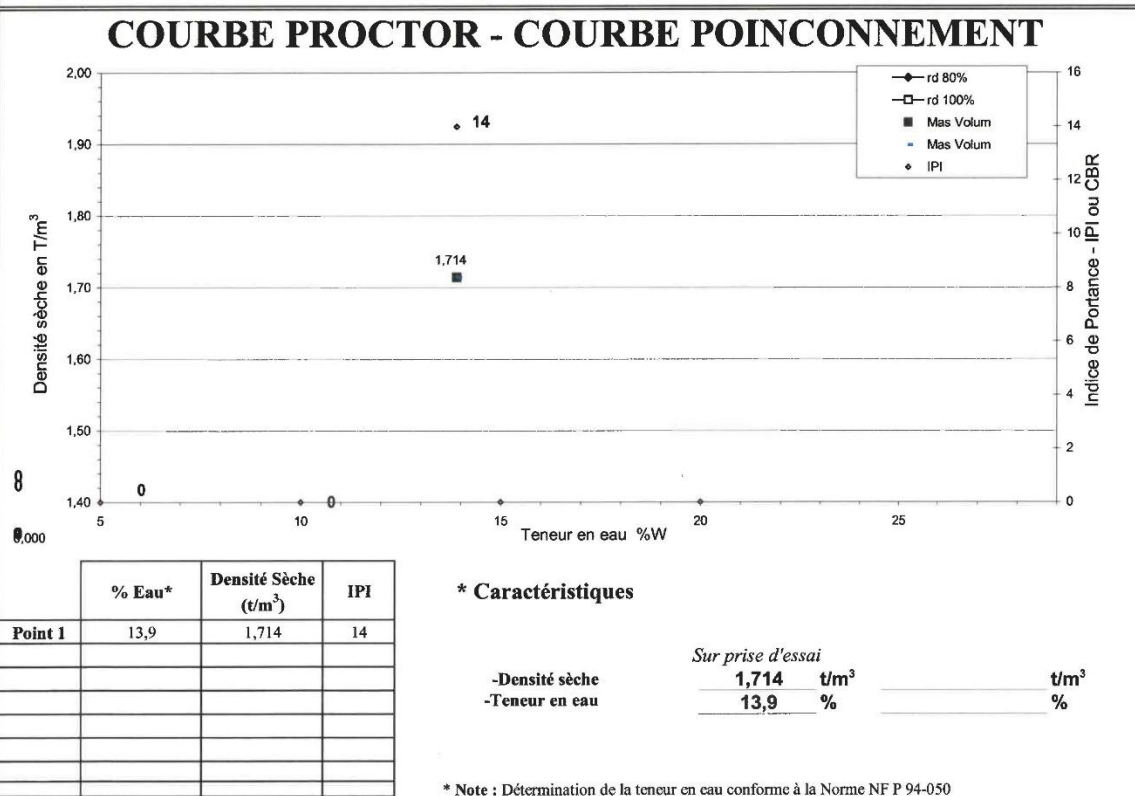
PROCTOR - Indices IPI - I_{CBR}

Conforme aux Normes NF P94-093 & NF P94-078

MOULE NORMAL	<input type="checkbox"/>	ESSAI PROCTOR	NORMAL	<input checked="" type="checkbox"/>
CBR	<input checked="" type="checkbox"/>		MODIFIE	<input type="checkbox"/>
Essais réalisés	< 5 mm	<input type="checkbox"/>	Refus à 5 mm	<input type="checkbox"/>
sur des éléments	< 20 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Refus à 20 mm	<input type="checkbox"/> 0%
Poinçonnement	IPI	avec ANNEAU de	20 KN	

N° ENREGISTREMENT	LE 24/6333	N° DOSSIER	LC 24/1029
SOCIETE EXPLOITANTE	FONDASOL LUXEMBOURG	DATE PRELEVEMENT	04/11/2024
CHANTIER	LUXTRAM Route d'Esch PRLUGT24.0039	DATE DE L'ESSAI	03/12/2024
LIEU DE PRELEVEMENT	SP34 bis - LUXTRAM	AGENT PRELEVEUR	ENTREPRISE
TENEUR EN EAU NATURELLE	13,9%	OPERATEUR LABO	G. OSVALD
MATERIAUX	SP34 bis (1,2-2,0m)	MODE PRELEVEMENT	Sondage

Masse volumique des particules solides du sol : ρ_s **Mg/m³** Calculé
(Valeurs de références : Sables : 2,65 à 2,68 T/m³ - Limons : 2,68 à 2,72 T/m³ - Argiles : 2,72 à 2,75 T/m³)



Conclusions :

Sol A₃ état hydrique humide à saturé

Le 18 / 12 / 20 24

S. RAPIN



www.groupefondasol.com