

PROJECTIM

LAMBERSART (59)
RUE AUGUSTE BONTE

AMENAGEMENT D'UN NOUVEAU QUARTIER SUR LE SITE BONTE

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION – PHASE « AVANT-PROJET »
(MISSION G2 – AVP)



RAPPORT

RFE2024.0257.G2AVP.V02

Avril 2026



A1700

Entités concernées	
X	APOGEO Agence Nord : PA le bois de la Motte – 62 440 HARNES SIRET 313 197 030 00049 – APE 7112B - Tél. : 03 21 79 71 00
	APOGEO Agence Picardie : 8, rue du Bon Médecin – 60 000 BEAUVAIS SIRET 313 197 030 00064 – APE 7112B - Tél. : 03 44 71 50 18
	Entreprise MEURISSE : PA le bois de la Motte – 62 440 HARNES SIRET 333 557 643 00033 – APE 4313Z - Tél. : 03 21 79 71 00
	Siège social : 740 rue du bac - 59 193 Erquinghem-Lys SIRET APOGEO 313 197 030 00031 SIRET MEURISSE 333 557 643 00033

PROJECTIM

**LAMBERSART (59)
RUE AUGUSTE BONTE**

AMENAGEMENT D'UN NOUVEAU QUARTIER SUR LE SITE BONTE

**ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION – PHASE « AVANT-PROJET »
(MISSION G2 – AVP)**

Nature document	RAPPORT		
Référence document	RFE2024.0257.G2AVP.V02.	Date	09/04/2026
Version	V02	Modifications	V02 : Nouveau plan de masse
Etude géotechnique			
Rédacteur	Sana OUAHADA	Fonction	Chargée d'études géotechniques
Relecteur	Yann GRIOCHE	Fonction	Responsable d'activité Géotechnique
Codification selon la norme NF P 94 500	G2-AVP		
Destinataire			
Société	PROJECTIM	Interlocuteurs @	Thomas KERAUTRET thomas.kerautret@sogeprom-projectim.com
Référence qualité			
Modèle document		RFE2018.000.V00-201806	

SOMMAIRE

1. MISSION ET PROJET	6
1.1. Type de mission	6
1.2. Intervenants	6
1.3. Documents de travail	6
1.4. Données du projet	6
1.5. Description du site	7
2. ENQUETE DOCUMENTAIRE.....	10
2.1. Consultation des photographies aériennes	10
2.2. Contexte géologique	12
2.3. Aléas naturels (site www.georisques.gouv.fr)	13
2.4. Etudes d'archives	14
3. INVESTIGATIONS.....	16
3.1. Reconnaissance sur le site	16
3.2. Essais en laboratoire	19
4. ANALYSE DES RESULTATS	20
4.1. Géologie et géotechnique.....	20
4.2. Données hydrogéologiques	24
4.3. Carottage.....	25
4.4. Résultats des mesures physico-chimiques.....	25
4.5. Etude de traitement des sols	27
4.6. Contexte sismique.....	28
5. CONCLUSIONS – Etude géotechnique G2 AVP	28
5.1. Préconisations préalables.....	28
5.2. Aléa retrait-gonflement des argiles.....	28
5.3. Fondations superficielles de type semelles filantes/massifs isolés en béton armé.....	29
5.4. Fondations superficielles associées à un renforcement de sols	31

5.5. Fondations profondes par pieux forés tarière creuse « FTC »	35
5.5.1. Données générales	35
5.5.2. Paramètres de portance (Procédure du « modèle de terrain »)	35
5.5.3. Prédimensionnement des pieux	36
5.6. Conception des niveaux bas	39
5.7. Conception des voiries et des parkings	39
5.7.1. Résultats des études de traitement en laboratoire	39
5.7.2. Prédimensionnement de la couche de forme	40
5.7.3. Contrôles de mise en œuvre	41
6. REMARQUES GENERALES	42

FIGURES

Figure 1. Plan de masse du projet (avec proposition d'implantation des sondages par la MO)	7
Figure 2. Localisation du site	8
Figure 3. Photographies du site d'étude (mars et juillet 2024)	9
Figure 4. Extrait de la carte géologique de LILLE au 1/50 000 (InfoTerre)	12
Figure 5. Aléa inondation par remontée de nappe au droit du site (Géorisques)	13
Figure 6. Aléa retrait-gonflement des argiles (Géorisques)	14
Figure 7. Études réalisées dans un rayon de 750 m autour du site d'étude	16
Figure 8. Evolution de q_c en fonction de la cote NGF	24

TABLEAUX

Tableau 1. Éléments transmis en G2 AVP	6
Tableau 2. Synthèse des principales observations (Remonter le temps, IGN)	12
Tableau 3. Coupe géotechnique simplifiée – Dossiers « 2006.363 »	15
Tableau 4. Coupe géotechnique simplifiée – Dossiers « 2018.0927 » et « 2021.0508	15
Tableau 5. Coupe géotechnique simplifiée – Dossiers « 2021.0203 »	15
Tableau 6. Profondeur des essais au pénétromètre statique	17
Tableau 7. Profondeur des essais au pénétromètre dynamique	17
Tableau 8. Altimétrie des investigations	19
Tableau 9. Epaisseur de la terre végétale et des remblais	21
Tableau 10. Perméabilité des sols superficiels	25

Tableau 11. Résultats des analyses physico-chimiques – échantillons sol	25
Tableau 12. Résultats des tests d'agressivité vis-à-vis du béton – échantillons eau	26
Tableau 13. Traitement à la chaux	27
Tableau 14. Traitement chaux + liant.....	27
Tableau 15. Profondeurs et cotes d'assise des semelles et massifs.	29
Tableau 16. Paramètres de portance (ancrage dans les horizons limoneux).	30
Tableau 17. Tassements des semelles/massifs (ancrage dans les horizons limoneux)	30
Tableau 18. Modèle de terrain.....	32
Tableaux 19. Prédimensionnement des inclusions de diamètres 0,25 et 0,30 m.....	33
Tableau 20. Modèle pour l'évaluation de l'effort limite par frottement axial (R_s) – Pieu FTC	35
Tableau 21. Effort limite à la base de la fondation (R_b) – Pieu « FTC »	36
Tableaux 22. Prédimensionnement de pieux FTC de diamètres 42 et 82 cm.....	37
Tableau 23. Recommandations du guide technique SETRA/LCPC	40

ANNEXES

ANNEXE n°1 : Missions d'ingénierie géotechnique normalisées

ANNEXE n°2 : Coupes des sondages pressiométriques

ANNEXE n°3 : Diagrammes des essais au pénétromètre statique

ANNEXE n°4 : Diagrammes des essais au pénétromètre dynamique

ANNEXE n°5 : Coupes des sondages lithologiques

ANNEXE n°6 : Coupe du carottage de la chaussée existante

ANNEXE n°7 : Coupes des piézomètres

ANNEXE n°8 : Coupes des fouilles à la pelle mécanique et essais d'infiltration

ANNEXE n°9 : Feuille d'identification géotechnique des sols

ANNEXE n°10 : Résultats des mesures physico-chimiques (EUROFINS)

ANNEXE n°11 : Etude de traitement de sols (Procès-verbaux RAMERY TP et AGGERIS)

ANNEXE n°12 : Plans d'implantation des reconnaissances

1. MISSION ET PROJET

1.1. Type de mission

La mission qui nous a été confiée est l'étude géotechnique de conception – phase « Avant-Projet » selon la nomenclature des missions d'ingénierie géotechnique de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013 (mission G2 AVP) – Voir **Annexe 1**.

Cette mission G2 AVP sera suivie d'une mission G2PRO à l'avancement du projet conformément à la commande qui nous a été passée.

En complément, un diagnostic de pollution des sols a été réalisé par notre service SSP le 23/10/2024 et il est référencé « RFE2024.0257.P.V01 ».

En parallèle, trois suivis piézométriques sur une durée de 12 mois ainsi qu'une étude hydrogéologique de caractérisation des niveaux de nappe sont en cours de réalisation par notre service Hydrogéologie.

1.2. Intervenants

Maître d'ouvrage : PROJECTIM

Commande : PROJECTIM du 4 juillet 2024

Proposition : APOGEO/MEURISSE du 10 avril 2024 référencée « ODS2024.0257.V01 »

1.3. Documents de travail

Dans le cadre de la présente étude G2 AVP, les éléments suivants nous ont été transmis :

Documents	Date	Expéditeur
Plan de situation	25/03/2024	LOGGER HABITAT
Etude environnementale	"	"
Cahier des charges	26/03/2024	PROJECTIM
Proposition d'implantation	"	"

Tableau 1. Eléments transmis en G2 AVP

1.4. Données du projet

Le projet prévoit la construction de 7 macrolots de logements collectifs en RdC à R+6 et à priori sans sous-sol. Il est également prévu l'aménagement de voiries, de parkings VL aériennes et d'espaces verts collectifs.

Le site est localisé rue Auguste Bonte, à Lambersart (59).

NB : D'après les informations transmises par le maître d'ouvrage, le plan masse du projet n'est pas définitif et il pourrait y avoir quelques modifications à l'avancement du projet.

D'après le nivellement réalisé par nos soins lors de notre intervention, la cote moyenne du site est vers +24,0 m NGF.

Les descentes de charges sur fondations ainsi que les cotes finies du projet ne nous ont pas été communiquées pour la rédaction de ce rapport, au stade avant-projet.

En outre, les cotes sont supposées calées au plus près du terrain actuel, à ce stade (pas de déblais/remblais significatifs).

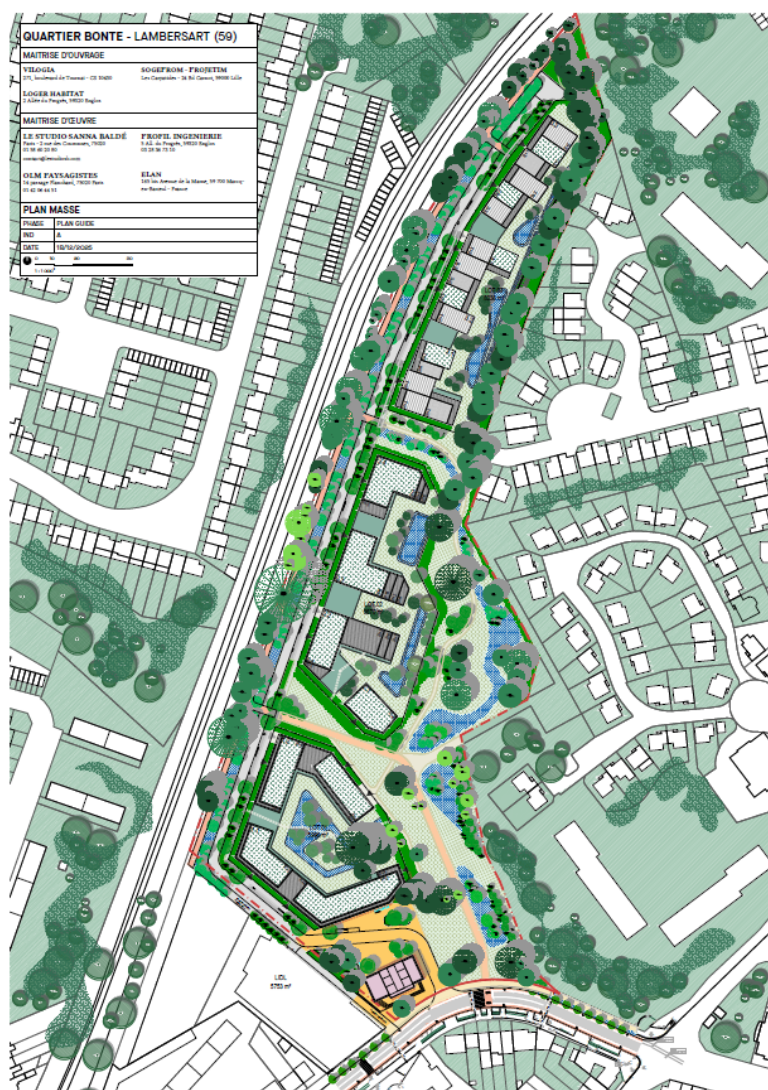


Figure 1 : Plan masse du projet

Figure 2. Plan de masse du projet (avec proposition d'implantation des sondages par la MO)

1.5. Description du site

Des visites de site ont été effectuées les 27 mars et 9 juillet 2024 par des représentants d'APOGEO/MEURISSE.

Lors de ces visites, il a été constaté que le site est occupé par :

- Une ancienne station de pompage d'eau (usine de La Carnoy) inaccessible ;
- Un bâtiment désaffecté inaccessible en raison de sa vétusté ;
- Des cuves utilisées auparavant pour le traitement d'eau dans un état dégradé ;
- Un parking (supermarché LIDL) ;
- Des zones remblayées avec un ancien stockage de matériaux à usage indéterminé ;
- Une friche végétalisée.



Figure 3. Localisation du site

Notre intervention a nécessité la rédaction préalable de DICT afin de récolter les plans des réseaux enterrés existants.

Au vu de la présence de la végétation périphérique, des travaux d'aménagement d'accès ont été effectués (défrichage ponctuel sans évacuation). De ce fait, certains points d'investigations implantés initialement ont dû être décalés.

Les différents points d'investigations réalisées ont été implantés, selon les contraintes du site, tels que précisés sur les plans joints en **Annexe 12**.



Figure 4. Photographies du site d'étude (mars et juillet 2024)

2. ENQUETE DOCUMENTAIRE

2.1. Consultation des photographies aériennes

Les photographies aériennes sont mises à disposition sur le site internet « Remonter le temps » de l'Institut Géographique National (IGN). Le tableau suivant synthétise les principales observations issues des photographies aériennes.



Faits marquants en 1932		Faits marquants en 1947	
Hors site	Sur site	Hors site	Sur site
L'environnement du site est présenté par des champs à l'ouest et des maisons de maître avec leurs jardins.	Le site d'étude est occupé par des terres agricoles avec une zone boisée dans le sud-est.	Des impacts de bombardements sont observés à l'ouest du site.	Le site est toujours un champ. Des impacts de bombardements sont observés au sud-ouest.



Faits marquants en 1955		Faits marquants en 1965
Hors site	Sur site	Sur site
Aucun changement notable.	Une nouvelle construction est remarquée dans le sud du site correspondant à la station de pompage d'eau (usine de La Carnoy).	La construction d'un deuxième bâtiment ainsi que l'installation des cuves ont été observées. Les installations et les bâtiments correspondent à la configuration actuelle.



Faits marquants en 1988		Faits marquants en 2000	
Hors site	Sur site	Hors site	Sur site
Le déploiement urbain important est observé. A l'ouest, la briqueterie du Nord est remarquée.	Aucun changement notable.	Un nouveau lotissement ainsi qu'un édifice en U (résidence du Gingko) sont remarqués à l'est du site.	Le parking du supermarché LIDL est observé sur l'emprise du site au sud.



Faits marquants en 2012	
Hors site	Sur site
Aucun changement notable.	Dans la partie sud-est, une zone remblayée avec un chemin rejoignant la rue Auguste BONTE a été observée. Les matériaux de nature inconnue sont stockés dans la zone.

Tableau 2. Synthèse des principales observations (Remonter le temps, IGN)

2.2. Contexte géologique

Le territoire de la zone d'étude est couvert par la carte géologique n°14 de LILLE au 1/50 000, dont un extrait est présenté sur la figure suivante.



Figure 5. Extrait de la carte géologique de LILLE au 1/50 000 (InfoTerre)

D'après la carte géologique et le sondage référencé BSS 000BCXA contigu au site à l'est, dans la base de données du sous-sol du BRGM, les terrains au droit du site, sous les horizons superficiels, sont constitués par (du plus récent au plus ancien) :

- Limons de plateaux **LP** (Quaternaire) ;
- Sables et argiles du Landénien **e2-b** et **e3-4** (Tertiaire) ;
- Craie du Sénonien **c4** (Secondaire).

NB : Le site d'étude est situé à proximité d'une zone alluvionnaire.

2.3. Aléas naturels (site www.georisques.gouv.fr)

▪ Aléa « cavités souterraines »

D'après le site GEORISQUES, dans un rayon de 1 km autour du site d'étude, **aucune cavité souterraine** n'a été recensée.

▪ Aléa « inondation »

D'après le BRGM, le site est localisé dans **une zone qui est potentiellement sujette aux inondations de cave**.

Le zonage de cet aléa est réalisé en fonction de la géologie et des entités hydrogéologiques.

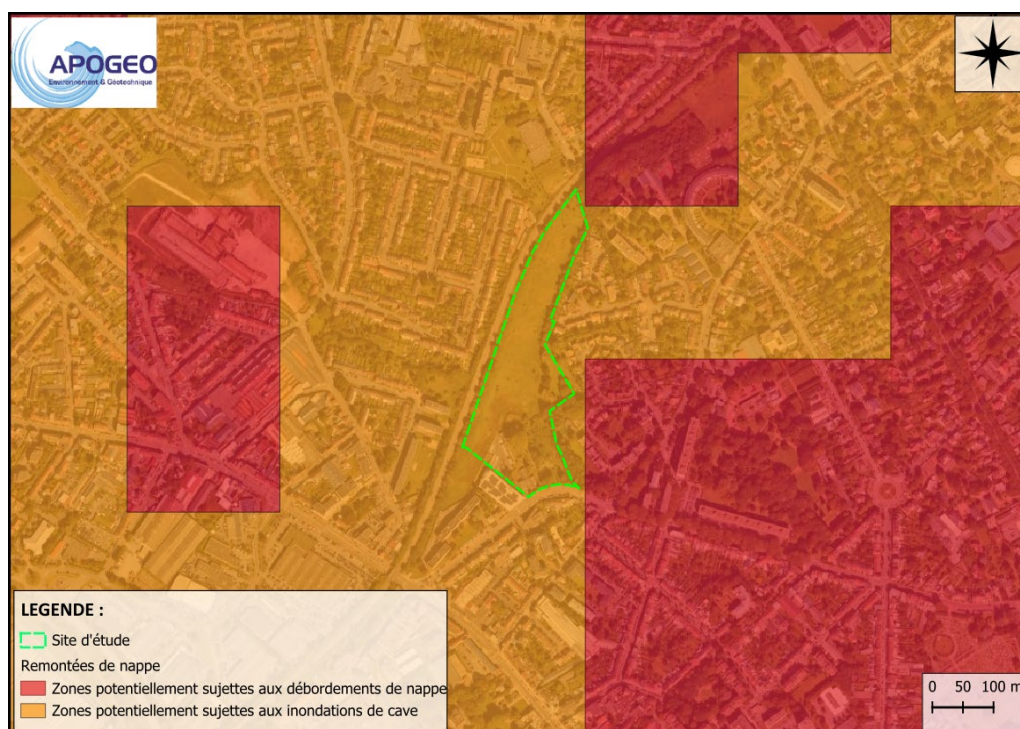


Figure 6. Aléa inondation par remontée de nappe au droit du site (Géorisques)

▪ Aléa « retrait-gonflement des sols argileux »

D'après la base de données Géorisques, le site d'étude est localisé dans une zone d'**aléa moyen** face au risque de retrait-gonflement des sols argileux.



Figure 7. Aléa retrait-gonflement des argiles (Géorisques)

▪ Aléa « sismique »

D'après la base de données Géorisques et Infoterre, la commune de Lambersart est située en **zone de sismicité de classe 2 (sismicité faible)**.

2.4. Etudes d'archives

D'après nos archives, nous avons réalisé des études géotechniques dans un rayon de 750 m autour du site d'étude, pour :

- SIA HABITAT un diagnostic géotechnique G5 pour un projet de restructuration d'immeuble de logements collectifs et création de planchers supplémentaires référencé « 2006.363 » du 31 juillet 2007, à 750 m au sud est du site d'étude.

La coupe géotechnique simplifiée de ce dossier est reprise dans le tableau ci-dessous.

Lithologie	Remblais	Alluvions limono-sableuses/argileuses
Profondeur (m)	0,0/0,5	0,5/6,0
PI* (MPa)	/	0,20 à 0,40
E _M (MPa)	/	2,5 à 4,0
Niveau d'eau	Aucun niveau d'eau n'a été repéré en janvier 2006	

Tableau 3. Coupe géotechnique simplifiée – Dossiers « 2006.363 »

- 3F NORD ARTOIS, des études géotechniques G2 AVP et G2 PRO pour un projet de construction de logements collectifs référencées « RFE2018.0927.G2AVP.V01 » et « RFE2021.0508.G2PRO.V01 » du 09/05/2019 et 21/09/2021 respectivement, à 500 m du site d'étude.

La coupe géotechnique simplifiée de ce dossier est reprise dans le tableau ci-dessous.

Lithologie	Remblais	Alluvions limono-sableuses	Alluvions limono-argileuses	Sables argileux
Profondeur (m)	0,0/1,0	1,0/10,5	10,5/15,5	15,5/21,0
PI* (MPa)	/	0,22 à 0,38	0,9 à 1,0	2,3 à 3,0
E _M (MPa)	/	1,40 à 2,40	6,7 à 10,5	27,5 à 42,0
Niveau d'eau	Relevé entre 4,0 et 4,8 m de profondeur en avril 2019 (non stabilisé)			

Tableau 4. Coupe géotechnique simplifiée – Dossiers « 2018.0927 » et « 2021.0508 »

- ICADE PROMOTION, des études géotechniques G2 AVP et G2 PRO pour un projet de construction de logements collectifs référencées « 2021.0203 » du 02/04/2021 et 30/04/2021 respectivement, à 750 m au nord ouest du site d'étude.

La coupe géotechnique simplifiée de ce dossier est reprise dans le tableau ci-dessous.

Lithologie	Remblais	Alluvions limono-sableuses	Sables argileux
Profondeur (m)	0,0/1,0	1,0/8,0	8,0/19,0
q _c (MPa)	/	1,0 à 3,0	6,0 à 10,0
PI* (MPa)	/	/	1,6 à 3,4
E _M (MPa)	/	/	10,8 à 46,5
Niveau d'eau	Aucun niveau d'eau n'a été repéré en janvier 2021		

Tableau 5. Coupe géotechnique simplifiée – Dossiers « 2021.0203 »

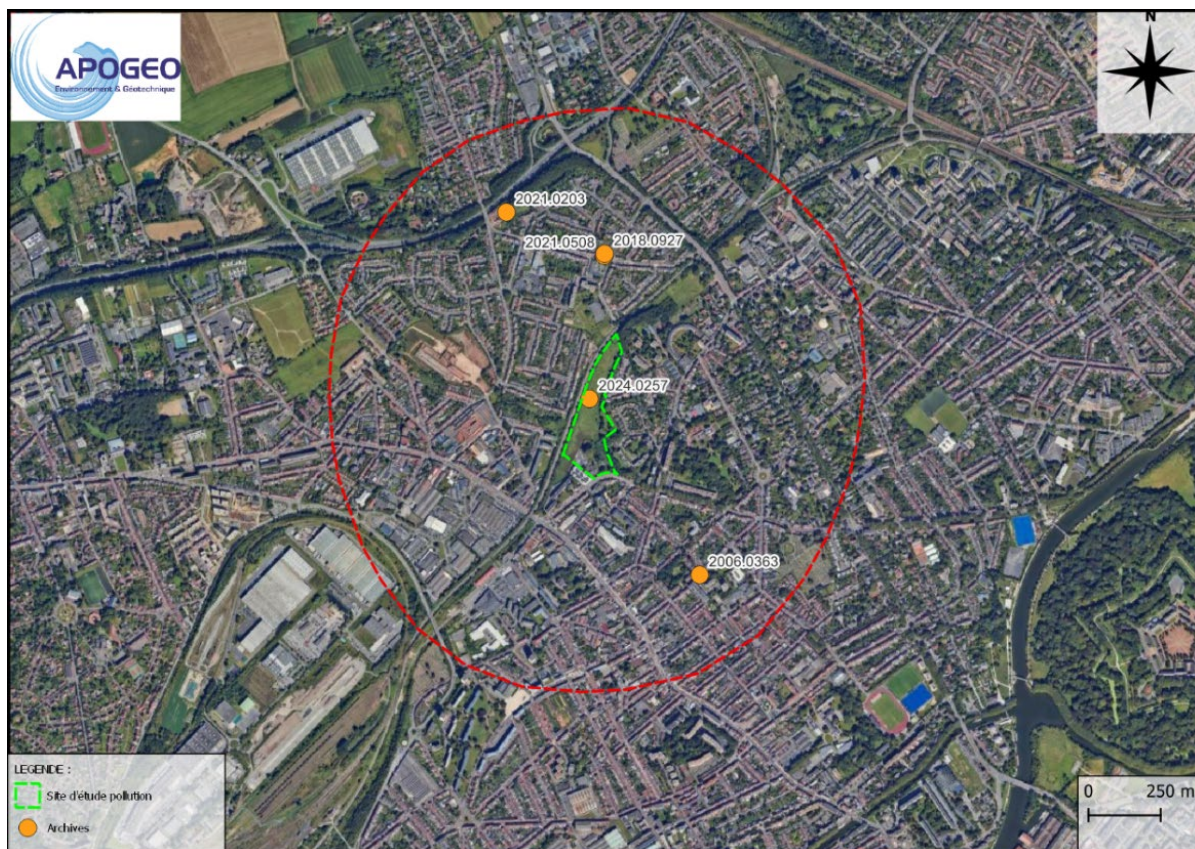


Figure 8. Études réalisées dans un rayon de 750 m autour du site d'étude

3. INVESTIGATIONS

3.1. Reconnaissance sur le site

L'implantation des investigations réalisées en septembre et octobre 2024 est repérée sur les plans joints en **Annexe 12**.

▪ Sondages pressiométriques

Quatre sondages pressiométriques ont été réalisés du 19 au 24 septembre 2024.

Ils sont désignés par PR1 à PR4 et ont atteint 25,0 m de profondeur, chacun.

La foration a été effectuée par une tarière en tête et une méthode destructive au moyen d'un tricône avec injection jusqu'à la fin des sondages.

Les essais pressiométriques ont été réalisés avec une sonde standard, au pas de 1,0 à 2,0 m, avec un total de 52 essais.

Les diagrammes correspondants sont joints en **Annexe 2**.

Ces diagrammes présentent :

- La coupe des terrains traversés (coupe sondeur « sommaire » lors de la foration par forage destructif) ;
- Le diagramme d'évolution, avec la profondeur croissante, des trois paramètres pressiométriques caractéristiques (données en MPa) :

E_M = module pressiométrique

PI^* = pression limite nette

Pf^* = pression de fluage nette ;

- Le niveau d'eau éventuellement repéré en cours de foration.

▪ Essais au pénétromètre statique

Huit essais au pénétromètre statique ont été réalisés le 17 octobre 2024.

Ils sont désignés par P1 à P8 et ont atteint les profondeurs suivantes :

Essais	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Profondeur atteinte (m)	25,0	25,0	15,0*	14,0*	12,0*	20,0	20,0	20,0

(*) Refus dans les horizons sablo-argileux/argilo-sableux

Tableau 6. Profondeur des essais au pénétromètre statique.

Un avant-trou de 1,2 m environ a été réalisé au droit de l'essai pénétrométrique P4 afin de traverser les horizons indurés.

Les diagrammes correspondants sont joints en **Annexe 3**.

▪ Essais au pénétromètre dynamique

Six essais au pénétromètre dynamique ont été réalisés le 14 octobre 2024 au moyen d'un appareillage lourd de type DPSH-B.

Ils sont désignés par PD1 à PD6 et ont atteint les profondeurs suivantes :

Essais	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6
Profondeur atteinte (m)	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0	9,0*

(*) Refus dans les horizons sablo-argileux

Tableau 7. Profondeur des essais au pénétromètre dynamique.

Les diagrammes correspondants sont joints en **Annexe 4**.

▪ Sondages lithologiques

Quatre sondages lithologiques désignés par R1 à R4 ont été réalisés le 23 septembre 2024.

Ils ont atteint 4,0 m de profondeur, chacun.

Ces sondages ont permis le prélèvement d'échantillons de sol remaniés conditionnés en sachets étanches et d'échantillons intacts pour examen visuel et analyses spécifiques en laboratoire.

Les coupes lithologiques établies à partir des échantillons prélevés sont jointes en **Annexe 5**.

▪ Sondage carotté

Un sondage carotté de la structure de chaussée existante au droit du parking de l'ancien LIDL a été réalisé le 23 septembre 2024.

Il est désigné par CAR1 et a atteint 1,0 m de profondeur

Les observations effectuées sont reprises dans le document joint en **Annexe 6**.

▪ Piézomètres

Trois forages destructifs notés PZ1 à PZ3 ont été réalisés les 16 et 18 octobre 2024.

Ils ont été équipés par un équipement piézométrique toute hauteur avec tête de protection et ont atteint 10,0 m de profondeur, chacun.

Les coupes établies sont jointes en **Annexe 7**.

▪ Fouilles à la pelle mécanique

Dix fouilles à la pelle mécanique notées de PM1 à PM10 ont été réalisées jusque 1,1/2,0 m de profondeur du 19 au 24 septembre 2024.

Celles-ci ont permis le prélèvement d'échantillons remaniés pour la réalisation d'essais en laboratoire.

Les coupes lithologiques établies à partir des échantillons prélevés sont jointes en **Annexe 8**.

▪ Essais de perméabilité

Au sein des fouilles PM1 à PM10, dix essais d'infiltration « à la fosse » ont été effectués. Ils sont désignés par I1 à I10 (cf. **Annexe 8**).

Dans chacune des fouilles, une lame d'eau de l'ordre de 50 cm a été déversée. Son abaissement a été suivi pendant 120 minutes environ afin de définir le volume infiltré.

L'objectif de ces essais est de déterminer le coefficient de perméabilité (k) des terrains.

▪ Nivellement

Les investigations réalisées ont fait l'objet d'un nivellement à l'aide d'une mire GPS effectué par nos soins en cours de chantier.

Les résultats obtenus sont indiqués dans les tableaux suivants :

Investigations	PR1	PR2	PR3	PR4	R1	R2	R3	R4
Cote (m NGF)	+23,7	+24,2	+24,7	+24,2	+24,0	+24,0	+24,2	+24,8

Investigations	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Cote (m NGF)	+24,1	+24,4	+24,6	+24,4	+24,3	+24,0	+24,2	+24,5

Investigations	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	CAR1
Cote (m NGF)	+24,0	+24,2	+23,7	+24,0	+24,0	+24,7	+24,3

Investigations	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Cote (m NGF)	+24,2	+24,1	+24,2	+24,3	+24,0	+24,0	+24,4	+24,3

Investigations	PM9	PM10	PZ1	PZ2	PZ3
Cote (m NGF)	+24,4	+24,0	+24,5	+23,5	+24,3

Tableau 8. Altimétrie des investigations.

3.2. Essais en laboratoire

Les échantillons extraits dans les sondages et les fouilles ont fait l'objet d'essais d'identification de sols, de compressibilité et d'essais de traitement (chaux et chaux + liant) en laboratoire.

▪ Essais d'identification de sols

Ils ont comporté pour l'ensemble de la campagne :

- 36 mesures de la teneur en eau naturelle ;
- 4 mesures de densité de sol ;
- 8 classifications GTR des sols ;
- 4 points Proctor + IPI ont été réalisés sur des échantillons de limons prélevés au droit des fouilles PM1, PM6, PM7 et PM8.

Les résultats sont joints en **Annexe 9**.

▪ Mesures physico-chimiques

Pour préciser l'état d'agressivité du sol et eau vis-à-vis du béton, quatre tests ont été réalisés sur deux échantillons de sol prélevés entre 0,5 et 2,0 m de profondeur au droit des fouilles PM5 et PM9 et au droit des piézomètre PZ1 et PZ2, afin de déterminer :

Sur un échantillon sol :

- La teneur en sulfates
- Le degré d'acidité

Sur un échantillon d'eau :

- La teneur en sulfates
- Le pH
- Le dioxyde de carbone agressif
- La teneur en ammonium
- La teneur en magnésium

Les résultats sont présentés en **Annexe 10**.

▪ Etude de traitement des sols pour reclassement de l'arase

Cette étude a pour but de déterminer les conditions de traitement des sols à la chaux seule en vue de leur reclassement de l'arase terrassement avant mise en œuvre de la couche de forme de la voirie.

Elle consiste en la détermination du dosage en chaux à apporter au sol dont l'état hydrique est connu en vue d'améliorer la portance et permettre la traficabilité du chantier.

L'étude comprend :

- La détermination du dosage en chaux pour l'amélioration de la portance et la réutilisation des sols en remblai (moulages à l'énergie Proctor Normal avec mesure de l'Indice Portant Immédiat à différents dosages)
- La mesure de l'Indice CBR après 4 jours d'immersion, au dosage retenu, pour la vérification de la pérennité du traitement

▪ Etude de traitement des sols pour réutilisation en couche de forme

L'étude consiste en l'évaluation de l'aptitude au traitement des sols à la chaux et au liant hydraulique en vue de leur réutilisation en couche de forme (suivant la norme NF P 94-100).

Cette technique de traitement constitue une alternative à la réalisation d'une couche de forme en matériaux granulaires.

L'étude comprend :

- La détermination des références de compactage du sol traité chaux / liant hydraulique (moulages à l'énergie Proctor Normal avec mesure de l'Indice Portant Immédiat à 1 dosage)
- La confection d'éprouvettes de sol traité (diamètre et hauteur = 5 cm) pour :
 - la mesure du gonflement volumique (GV)
 - la mesure de la résistance en compression diamétrale (R_{tb}) et du module de déformation (E) après 7 jours de conservation dans un bain marie à 40°C suivant les recommandations de la norme.

Les résultats d'essais sont joints en **Annexe 11** (Procès-verbaux RAMERY TP et AGGERIS).

4. ANALYSE DES RESULTATS

4.1. Géologie et géotechnique

L'examen des coupes de sondages, des fouilles et essais, l'analyse des essais in situ et en laboratoire permettent de définir le profil géotechnique du site.

Avec la profondeur croissante, nous distinguons successivement :

- Terre végétale et remblais ;
- Formations alluvionnaires (Quaternaire) ;
- Formations sableuses et argileuses du Landénien (Tertiaire).

▪ Terre végétale et remblais

Il s'agit de terre végétale limoneuse marron et localement de remblais limono-sableux avec des racines et des graviers hétérogènes selon les sondages lithologiques, les sondages pressiométriques, les fouilles et les piézomètres

D'après les investigations réalisées, l'épaisseur de ces remblais et horizons remaniés de surface est présentée dans les tableaux suivants :

Investigations	PR1	PR2	PR3	PR4	R1	R2	R3	R4
Epaisseur (m)	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4
Cote (m NGF)	+23,2	+23,8	+24,3	+24,0	+23,6	+23,6	+23,8	+24,4

Investigations	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Epaisseur (m)	0,3	0,2	0,3	0,65	0,3	0,4	0,4	1,1
Cote (m NGF)	+23,9	+23,9	+23,9	+23,7	+23,7	+23,6	+24,0	+23,2

Investigations	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Epaisseur (m)	0,2	0,5	1,0	0,8	1,0	0,3	0,2	/
Cote (m NGF)	+23,9	+23,9	+23,6	+23,6	+23,3	+23,7	+24,0	

Investigations	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6
Epaisseur (m)	0,2	0,2	0,8	0,2	0,2	0,6
Cote (m NGF)	+23,8	+24,0	+22,9	+23,8	+23,8	+24,1

Investigations	PM9	PM10	PZ1	PZ2	PZ3
Epaisseur (m)	1,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Cote (m NGF)	+23,1	+23,6	+23,7	+22,7	+23,5

(/) Avant-trou de 1,2 m

Tableau 9. Epaisseur de la terre végétale et des remblais.

D'après les essais pénétrométriques, ces remblais sont caractérisés par :

Résistance à la pénétration en pointe (statique) : 1,0 MPa < q_c < 12,0 MPa

Résistance à la pénétration en pointe (dynamique) : 1,5 MPa < q_d < 7,7 MPa

Rappel : L'épaisseur et la nature des horizons remaniés de surface peuvent fortement varier latéralement et être très différentes de celles reconnues. Il en est de même pour les caractéristiques mécaniques et les paramètres d'identification de ces matériaux.

▪ Formations alluvionnaires (Quaternaire)

Il s'agit vraisemblablement d'alluvions limono-sablo/argileuses de couleur marron à verdâtre sous la terre végétale et jusqu'à la base des fouilles et des sondages lithologiques soit 2,0 à 5,0 m de profondeur et jusqu'à 8,0/9,0 selon les piézomètres et les sondages pressiométriques.

Selon l'allure des essais au pénétromètre statique, ces horizons alluvionnaires semblent être reconnus jusqu'à 8,0 à 9,0 m de profondeur également.

Ces formations alluvionnaires, selon les différentes profondeurs, sont caractérisées par :

En tête et jusque 4,5/5,0 m de profondeur :

Résistance à la pénétration en pointe (statique) :	0,8 MPa <	q_c	< 2,5 MPa
Résistance à la pénétration en pointe (dynamique) :	1,1 MPa <	q_d	< 5,0 MPa
Pressions limites nettes (PI^*) :	0,27 MPa <	PI^*	< 0,75 MPa
Modules de déformation (E_M) :	3,0 MPa <	E_M	< 4,8 MPa

Selon les analyses faites en laboratoire, ces horizons sont également caractérisés par :

Teneurs en eau :	12,4 % <	W_n	< 26,3 %
La valeur au bleu de méthylène :	1,9 <	VBS	< 2,71
Passant 80 μm :	94,8 % <	Passant 80 μm	< 98,3 %
Densités :		$1,59 < \gamma_s < 1,77$ $1,89 < \gamma_h < 2,05$	
IPI :	1,2 <	IPI	< 9,8

Ainsi, il s'agit de sols de **classe GTR A_{1th} à 1m / A_{2th} à 2m**.

Entre 4,5/5,0 et 8,0/9,0 m de profondeur :

Résistance à la pénétration en pointe (statique) :	1,0 MPa <	q_c	< 16,0 MPa (pics)
Résistance à la pénétration en pointe (dynamique) :	2,7 MPa <	q_d	< 7,1 MPa
Pressions limites nettes (PI^*) :	0,47 MPa <	PI^*	< 1,27 MPa
Modules de déformation (E_M) :	4,0 MPa <	E_M	< 15,9 MPa

■ **Formations sableuses et argileuses du Landénien (Tertiaire)**

Il s'agit, de sables argileux à argiles sableuses de couleur grise à verdâtre du Landénien jusqu'à la base des essais pénétrométriques soit 14,0 à 25,0 m de profondeur et des sondages pressiométriques soit 25,0 m de profondeur.

Selon les essais pénétrométriques et pressiométriques, ces horizons sablo-argileux sont caractérisés par :

Entre 8,0/9,0 et 17,0/17,5 m de profondeur :

Résistance à la pénétration en pointe (statique) :	2,0 MPa <	q_c	< 29,0 MPa (refus)
Pressions limites nettes (PI*) :	1,24 MPa <	PI*	< 2,9 MPa
Modules de déformation (E_M) :	10,1 MPa <	E_M	< 27,0 MPa

Entre 17,0/17,5 et 25,0 m de profondeur :

Résistance à la pénétration en pointe (statique) :	3,0 MPa <	q_c	< 18,0 MPa (pics)
Pressions limites nettes (PI*) :	1,23 MPa <	PI*	< 3,67 MPa
Modules de déformation (E_M) :	15,0 MPa <	E_M	< 35,9 MPa

La figure ci-dessous présente une étude statistique des essais pénétrométriques réalisés pour le projet :

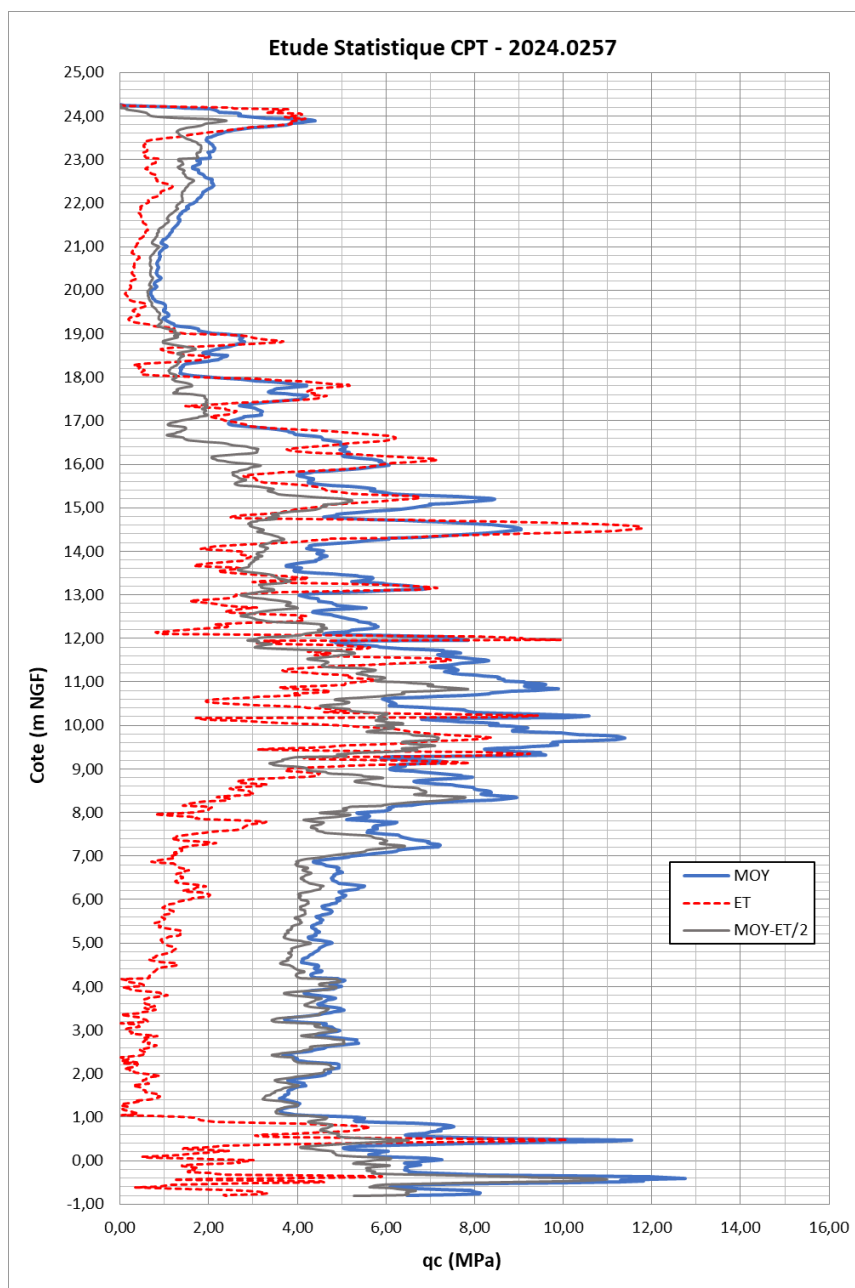


Figure 9. Evolution de q_c en fonction de la cote NGF

4.2. Données hydrogéologiques

▪ Niveau de la nappe

Des relevés des niveaux d'eau stabilisés ont été réalisés le 30 octobre 2024 au droit des piézomètres de PZ1 à PZ3 entre 1,98 et 3,58 m/sol, soit entre les cotes +20,80 et +22,33 m NGF.

Pour rappel, trois suivis piézométriques sur une durée de 12 mois ainsi qu'une étude hydrogéologique de caractérisation des niveaux de nappe sont en cours de réalisation par notre service Hydrogéologie.

▪ **Perméabilité des sols superficiels**

L'abaissement du niveau d'eau observé via les essais d'infiltration « à la fosse » dans les fouilles de PM1 à PM10 a permis de mettre en évidence les perméabilités suivantes :

Type	Essai	Profondeur (m)	Nature	Coefficient de perméabilité K (m/s)
« à la fosse »	PM1 I1	0,8/1,3	Limon sableux	$1,01.10^{-6}$
	PM2 I2	0,6/1,1		$1,22.10^{-6}$
	PM3 I3	0,8/1,3		$1,28.10^{-6}$
	PM4 I4	1,0/1,5		$2,61.10^{-6}$
	PM5 I5	0,8/1,3		$3,54.10^{-6}$
	PM6 I6	0,8/1,3		$2,61.10^{-6}$
	PM7 I7	0,6/1,1		$4,98.10^{-6}$
	PM8 I8	1,1/1,6		$2,00.10^{-5}$
	PM9 I9	1,5/2,0		$2,09.10^{-5}$
	PM10 I10	0,6/1,1		$7,55.10^{-6}$

Tableau 10. Perméabilité des sols superficiels

4.3. Carottage

Le sondage carotté de la structure de la chaussée existante CAR1 a mis en évidence la présence de 5 cm environ de couche de roulement ensuite de remblais graveleux de 70 cm environ d'épaisseur et enfin de remblais limoneux de 25 cm d'épaisseur correspondant vraisemblablement à la couche de forme de la chaussée.

Les observations effectuées sont reprises dans le document joint en **Annexe 6**.

4.4. Résultats des mesures physico-chimiques

Les résultats des analyses réalisées sont présentés dans les tableaux suivants :

- Sur les échantillons du sol :

Echantillon "sol"	Profondeur (m)	Degré d'acidité (en ml/kg MS)	Teneur en sulfates (SO ₄) (en mg/kg MS)	Classe d'agressivité selon NF EN 206
PM5	0,5/1,3	20	328	<XA1
PM9	1,3/2,0	<20	446	<XA1

Tableau 11. Résultats des analyses physico-chimiques – échantillons sol

- Sur les échantillons d'eau :

Echantillon "eau"	pH	Teneur en sulfates (SO ₄) (en mg/l)	Teneur en CO ₂ (en mg/l)	Teneur en Ammonium (NH ₄ ⁺) (en mg/l)	Teneur en Magnésium (Mg ²⁺) (en mg/l)	Classe d'agressivité selon NF EN 206
PZ1	7,3	78,2	0	<0,05	21,1	<XA1
PZ2	7,4	102	0	0,10	18,7	<XA1

Tableau 12. Résultats des tests d'agressivité vis-à-vis du béton – échantillons eau

Les résultats relatifs à l'agressivité des sols indiquent des valeurs mesurées **en deçà de la limite inférieure caractérisant une classe d'exposition XA1**.

Les procès-verbaux des essais sont joints en **Annexe 10**.

Rappel du tableau de référence (sol) :

	XA1	XA2	XA3
Sulfates – SO ₄ ²⁻ (en mg/kg)	2 000 – 3 000	3 000 – 12 000	12 000 – 24 000
Acidité (en ml/kg)	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

Rappel du tableau de référence (eau) :

	XA1	XA2	XA3
Sulfates – SO ₄ ²⁻ (en mg/l)	200 - 600	600 – 3 000	3 000 – 6 000
pH	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	4,5 – 4,0
Dioxyde de carbone agressif – CO ₂ (en mg/l)	15 - 40	40 - 100	> 100 (jusqu'à saturation)
Ammonium – NH ₄ ⁺ (en mg/l)	15 - 30	30 - 60	60 - 100
Magnésium – Mg ²⁺ (en mg/l)	300 – 1 000	1 000 – 3 000	> 3000 jusqu'à saturation

4.5. Etude de traitement des sols

Les prélèvements d'échantillons ont été effectués au droit des fouilles PM1, PM6 et PM8 (entre 0,3 et 1,6 m de profondeur) pour la réalisation des études de traitement.

▪ Etude de traitement des sols pour reclassement de l'arase

Les résultats de l'étude de traitement à la chaux seule, pour réutilisation en remblai et reclassement de l'arase terrassement, sont regroupés dans le tableau ci-après et figurent en **Annexe 11** (Procès-verbal RAMERY TP).

Les mélanges étudiés sont les suivants : **limon traité à 1,5 % de chaux**

Mélange	W _{nat} %	Masse vol. sèche t/m ³	IPI	W après traitement %	I _{CBR} 4j immersion	I _{CBR} 4j/IPI
Sol naturel	17,6 à 19,5	1,67 à 1,72	1,2 à 9,8	-	-	-
1,5 % chaux	17,7	1,72	12,2	18,9	16,9	> 1

Tableau 13. Traitement à la chaux

Le limon est apte au traitement à la chaux (1,5%).

▪ Etude de traitement des sols pour réutilisation en couche de forme

Les résultats de l'évaluation de l'aptitude au traitement des sols à la chaux et au liant hydraulique pour réutilisation en couche de forme sont regroupés dans le tableau ci-après et figurent en **Annexe 11** (Procès-verbal AGGERIS).

Le mélange étudié est le suivant : **limon traité à 1% chaux + 6% liant hydraulique routier (Rolac Optimum S41 Ecolabel)**.

Références de compactage (sol traité chaux/liant)			Caractéristiques mécaniques (sol traité chaux/liant)		
Masse vol. sèche OPN t/m ³	W OPN %	IPI OPN	GV 7jours %	Rtb 7 jours MPa	E 7 jours MPa
1,74	19,7	26	0,7	0,63	6844

Tableau 14. Traitement chaux + liant

Le limon est donc **adapté au traitement à la chaux + liant pour ce dosage**.

4.6. Contexte sismique

Le site est localisé en zone sismique 2 (faible sismicité).

La coupe du sous-sol peut être classé « C » selon l'Eurocode 8 à ce stade, (avec $180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$).

Il peut être rappelé qu'une étude spécifique du caractère liquéfiable ou non des sols n'est pas requise dans ce cas.

Etant donné que le projet est classé en catégorie d'importance II (logements), les règles de conception parasismique ne seront pas à appliquer (**à confirmer au stade G2PRO**).

5. CONCLUSIONS – Etude géotechnique G2 AVP

5.1. Préconisations préalables

Nous rappelons que la présente étude géotechnique de conception – phase « Avant-projet » sera complétée par nos soins par une étude géotechnique de conception – phase « Projet » une fois le projet défini au stade « PRO ».

Les remblais et horizons remaniés de surface doivent impérativement être exclus en tant que sols d'assise directe pour les fondations, en raison de leur hétérogénéité et de leurs caractéristiques mécaniques aléatoires.

Ainsi, compte tenu du profil géomécanique du sous-sol tel qu'exposé auparavant, et au regard des caractéristiques du projet, il faudra s'orienter vers :

- Un mode de fondation de type superficiel par semelles filantes/massifs isolés ancrés dans les horizons limoneux pour les ouvrages à charges faibles à modérées ;
- Un mode de fondation de type superficiel par semelles filantes et massifs isolés associés à un renforcement de sol de type inclusions rigides ancrés dans les horizons alluvionnaires suffisamment compacts pour les ouvrages à charges modérées ;
- Un mode de fondation profonde de type pieux pour les ouvrages à charges importantes.

Concernant la conception des niveaux bas des rez, il faudra réaliser un plancher porté pour les bâtiments des logements.

Les paramètres de prédimensionnement et les conditions générales de mise en œuvre de ces orientations de fondations et de niveaux bas sont développés à la suite.

5.2. Aléa retrait-gonflement des argiles

Il est important de souligner le fait qu'en application de l'article 68 de la loi ELAN du 23 Novembre 2018, le décret n°2019-495 du 22/05/2019 intègre au sein du Code de la Construction et de l'Habitation une section dédiée à la prévention des risques de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols argileux.

Sur la base du zonage présenté sur le site GEORISQUES depuis Janvier 2020 et officialisé au sein de l'arrêté du 22/07/2020 dont les dispositions sont entrées en vigueur le 16/08/2020, le terrain concerné par la

présente étude se situe dans une zone d'aléa **moyen** vis-à-vis du phénomène de retrait/gonflement des argiles, ce qui implique, a priori, des dispositions particulières à mettre en place lors de la construction des habitations sur le site.

En effet, les résultats de l'enquête documentaire, des investigations et des essais en laboratoire présentés dans ce rapport mettent en évidence des sols de classe **A₁/A₂** d'après le GTR dont le caractère argileux est modéré.

Dans ce contexte, il conviendra de prendre en considération les préconisations constructives permettant de s'affranchir du risque lié à ces sols moyennement argileux, à savoir :

- Prévoir une profondeur minimale d'assise des fondations de **0,8 m** par rapport aux plateformes finies extérieures ainsi qu'une homogénéité d'ancrage (notamment en cas de terrain pentu) ;
- Proscrire toute infiltration des eaux de pluie au droit des fondations des bâtiments ;
- Réaliser un revêtement étanche au pourtour des constructions (largeur > 1,5 m) ou mettre en place une géomembrane enterrée avec une légère pente sous la terre végétale ;
- Eloigner les plantations d'arbres à une distance de 1 à 1,5 fois la hauteur de l'arbre adulte de toute construction (ou mettre en place un écran anti-racines de 2 m de profondeur minimum) ;
- Prévoir des joints adaptés pour minimiser la rupture des canalisations et prévoir des dispositifs de gestion des eaux de ruissellement si besoin (tranchées drainantes en amont des ouvrages en cas de présence de talus) ;
- En l'absence de sous-sol général, un plancher porté par les fondations doit être réalisé.

5.3. Fondations superficielles de type semelles filantes/massifs isolés en béton armé

▪ Profondeur d'assise

Tout d'abord, les fondations devront respecter un ancrage d'au moins 30 cm dans les horizons limoneux à limono-argileux/sableux en place et non remaniés d'une part, et une profondeur d'assise minimale à 0,8 m par rapport aux plateformes finies extérieures (mise hors-gel et vis-à-vis du contexte argileux) d'autre part. D'après les reconnaissances réalisées, les profondeurs d'assise minimales sont :

Investigations	PR1	PR2	PR3	PR4	R1	R2	R3	R4
Profondeur (m)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Cote (m NGF)	+22,9	+23,4	+23,9	+23,4	+23,2	+23,4	+23,4	+24,0

Investigations	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Profondeur (m)	0,8	0,8	1,3	1,2	1,3	0,8	0,8
Cote (m NGF)	+23,3	+23,6	+23,3	+23,2	+23,0	+23,2	+23,4

Investigations	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6
Profondeur (m)	0,8	0,8	1,2	0,8	0,8	0,9
Cote (m NGF)	+23,2	+23,4	+22,5	+23,2	+23,2	+23,8

Tableau 15. Profondeurs et cotes d'assise des semelles et massifs.

Entre points de sondages, la profondeur d'assise devra être adaptée point par point aux sols rencontrés afin de respecter les conditions d'ancrage et d'encastrement requises, notamment en cas de présence de poches de remblais.

Les différences de niveaux d'assise entre fondations devront respecter la proportion 3H/2V et partant du point le plus bas (ou de la fondation la plus encastrée).

Les purges éventuellement requises (par exemple en présence de poches de remblais francs ou de vestiges enterrés) pourront être compensées en coulant un béton maigre destiné à rattraper un niveau d'arase constant correspondant au-dessous des fondations proprement dites.

Ces substitutions en béton de propreté devront être coulées à l'avancement des terrassements des fouilles de fondations.

▪ Paramètres de portance

Les fondations pourront être dimensionnées sur la base des paramètres de portance suivants définis selon la norme NF P 94-261 (norme d'application nationale de l'Eurocode 7) et selon la méthode pressiométrique.

Caractérisation	Rupture du sol				Portance	
Désignation des paramètres	Ple*	K_p (Courbe Q1/Q2)	q_{net}	$q_{v,k}^{(*)}$	ELU ($\gamma_{R,v} = 1,4$)	ELS caractéristique ($\gamma_{R,v} = 2,3$)
Valeurs	0,28 MPa	0,8 MPa	0,22 MPa	0,19 MPa	0,133 MPa	0,081 MPa

$$^{(*)} q_{v,k} = \frac{q_{net}}{1,2} \quad (\gamma_{R,d,v} = 1,2 : \text{coefficient de modèle})$$

Tableau 16. Paramètres de portance (ancrage dans les horizons limoneux).

Cette portance est également vérifiée par les données pénétrométriques.

▪ Evaluation des tassements de consolidation (sous charges)

Les tassements absolus susceptibles d'affecter les semelles filantes/massifs isolés sont évalués comme suit, en considérant quelques dimensions « types » et une exécution soignée et contrôlée :

Types	Semelles filantes				Massifs isolés	
Dimensions	0,6 m	0,8 m	1,0 m	0,6 m x 0,6 m	0,8 m x 0,8 m	1,0 m x 1,0 m
Charges de service *	48 kN/ml	64 kN/ml	80 kN/ml	30 kN	50 kN	80 kN
Tassements absolus (cm)	≈ 1 cm	1 – 1,5 cm		0,5 -1 cm		≈ 1 cm

Tableau 17. Tassements des semelles/massifs (ancrage dans les horizons limoneux)

Remarques importantes :

A noter que les dimensions minimales des semelles/massifs à retenir sont de 0,4 m afin de permettre l'exécution du terrassement aux engins mécaniques.

Les tassements différentiels des semelles/massifs ne devraient pas excéder, théoriquement, la moitié des tassements absolus.

Le ferrailage des semelles/massifs sera défini selon ces déformations.

Il est usuel de retenir comme critère de déformation maximale, un tassement absolu de 2,0 cm à 2,5 cm environ. Les tassements absolus ne devraient pas être prohibitifs, à condition que les charges ne dépassent pas :

- 200 kN sur appuis ;
- 120 kN/ml sur les mur porteur.

Une estimation de descentes de charges sur fondations, à l'ELS, devra nous être transmise dans le cadre de l'étude G2 PRO pour statuer sur la faisabilité de ce mode de fondation.

▪ **Sujétions d'exécution**

Les terrassements dans les remblais hétérogènes seront confrontés à une tenue médiocre des terres et il faudra prendre en considération des surlargeurs pour l'évaluation des volumes de béton à mettre en œuvre.

La réalisation de fouilles préalables au moyen d'une pelle mécanique permettrait de préciser les conditions de terrassement.

En fonction de la période de réalisation des travaux, et de la profondeur de la nappe, des venues d'eau ne sont pas totalement à exclure et il faudra en assurer l'épuisement.

5.4. Fondations superficielles associées à un renforcement de sols

▪ **Données générales**

Le renforcement de sol sera réalisé par inclusions rigides (mis en œuvre selon un principe de refoulement de sol).

Le dimensionnement et les conditions d'exécution des inclusions devront suivre les recommandations du projet national ASIRI.

Le renforcement de sol devra être descendu à minima dans les horizons sablo-argileux suffisamment denses donc, à partir de la profondeur minimale 9,0 m par rapport au terrain actuel soit la cote +15,5 m NGF.

Ce renforcement de sol devra être défini de façon à justifier d'un tassement absolu n'excédant pas 2 cm.

Dans tous les cas, le renforcement de sol devra être justifié par l'entreprise spécialisée retenue en fonction de la technique de mise en œuvre, du diamètre du renforcement de sol (inclusions rigides) et des charges à reprendre (mission G3).

De par la profondeur atteinte par nos investigations, la justification des inclusions rigides dont la fiche dépasse la cote +4,5 m NGF (soit 20,0 m de profondeur/TA) nécessitera des essais plus profonds.

▪ **Modèle de terrain**

Au stade « Avant-Projet », pour la justification des inclusions rigides, il faudra tenir compte de la maquette géotechnique suivante (le « 0 » correspond au niveau du terrain actuel à la cote moyenne +24,5 m NGF) :

Tranche de terrain (m)	0,0/1,0	1,0/5,5	5,5/8,0	8,0/12,5	12,5/17,5	17,5/23,5	23,5/25,0
Cote de base (m NGF)	+23,5	+19,0	+16,5	+12,0	+7,0	+1,0	-1,0
Nature	Remblais	Alluvions modernes		Sables argileux		Argiles sableuses	
q_c (MPa)	/	1,0	1,5	3,0	5,0	4,0	7,0
PI^* (MPa)	/	0,33	0,6	1,0*	1,6	1,4*	3,0
E_M (MPa)	/	3,0	4,5	10,0	18,0	16,0*	30,0
α	/	1/2	1/2	1/3	1/3	2/3	2/3

(*) Valeur minorée tenant compte des essais pénétrométriques

Tableau 18. Modèle de terrain

LEGENDE :

q_c : Résistance en pointe (statique)

E_M : Module de déformation

PI^* : Pression limite nette

α : Coefficient rhéologique de sols

Niveau d'eau :

Des relevés des niveaux d'eau stabilisés ont été réalisés le 30 octobre 2024 au droit des piézomètres de PZ1 à PZ3 entre 1,98 et 3,58 m/sol, soit entre les cotes +20,80 et +22,33 m NGF.

Entre points de renforcement de sols, la valeur de q_{net} doit être limitée à 0,22 MPa (limons).

▪ Portance des inclusions rigides

Il faut calculer la charge nominale d'une inclusion rigide que nous assimilons à des pieux vissés moulés (pieux de classe 3 et de catégorie 7 selon la norme NF P 94-262 COMPIL1 : norme d'application nationale de l'Eurocode 7).

Les inclusions rigides seront ancrées d'au moins 3 diamètres dans les horizons sablo-argileux, soit des inclusions de 9,0 m de longueur minimale (cote basse minimale +15,5 m NGF).

Nous considérons des inclusions de 0,25 m et de 0,30 m de diamètres, constituées d'un béton de classe minimale C30/37, avec $E = 10\,000$ MPa à long terme et $f_{c28} = 30$ MPa.

A titre indicatif, on trouvera dans le tableau ci-après la portance verticale des inclusions pour des diamètres de 25 cm et 30 cm à différentes profondeurs :

Diamètre des inclusions	0,25 m
-------------------------	--------

Profondeur des inclusions		10,0 m	12,0 m
Cote NGF de la base des inclusions		+14,5 m NGF	+12,5 m NGF
ELU ($R_{c;d}$) (kN)	Situations durables et transitoires	251	321
	Situations accidentelles	276	353
ELS ($R_{c;cr;d}$) (kN)	Combinaisons caractéristiques	215	274*
	Combinaisons quasi-permanentes	176	224

Diamètre des inclusions		0,30 m	
Profondeur des inclusions		10,0 m	13,0 m
Cote NGF de la base des inclusions		+14,5 m NGF	+11,5 m NGF
ELU ($R_{c;d}$) (kN)	Situations durables et transitoires	313	496
	Situations accidentelles	345	546
ELS ($R_{c;cr;d}$) (kN)	Combinaisons caractéristiques	268	416*
	Combinaisons quasi-permanentes	219	347

(*) Portance limitée par la contrainte béton

Tableaux 19. Prédimensionnement des inclusions de diamètres 0,25 et 0,30 m

Il conviendra néanmoins de vérifier que la contrainte dans l'inclusion ne dépasse pas la contrainte maximale du béton.

Nous rappelons également que dans le cas de l'utilisation d'un mortier moins performant, la charge nominale de l'inclusion sera plus faible.

La distance minimale entre axes de deux inclusions voisines doit être égale à 3 fois le diamètre soit environ 0,75 m pour un diamètre de 25 cm et 0,9 m pour un diamètre de 30 cm (dans le cas contraire, il faudra tenir compte d'un coefficient minorateur, en se reportant à l'annexe J de la norme).

▪ **Conditions d'exécution du renforcement**

Des plates-formes de portance suffisante ($EV2 > 30/35$ MPa) devront être mises en œuvre au droit des ouvrages pour la réalisation des inclusions.

Au démarrage des travaux, il sera judicieux d'assurer un étalonnage d'exécution sur les essais géotechniques réalisés, notamment pour préciser les critères d'arrêt.

La profondeur des inclusions rigides devra être adaptée point par point aux sols rencontrés en fonction des données du dimensionnement d'une part et des variations latérales naturelles de la coupe du sous-sol d'autre part.

L'entreprise veillera également à mettre en œuvre une machine d'une puissance suffisante afin de garantir la fiche des inclusions.

Par ailleurs, il faut également s'attendre à des surconsommations importantes de béton au droit des horizons superficiels et des remblais et les inclusions concernées par des surconsommations de plus de 30 % devront faire l'objet d'un contrôle spécifique par impédance mécanique.

▪ **Contrôles**

Ce renforcement de sol devra faire l'objet des contrôles suivants :

- Enregistrements des paramètres de forage en cours d'exécution ;
- Essais d'impédance mécanique ;
- Essai de chargement (ou prise en compte des coefficients minorateurs adaptés) ;
- Essais d'écrasement sur éprouvettes de béton (ou de mortier) ;
- Contrôle des diamètres selon recommandations ASIRI.

▪ **Dimensionnement des semelles**

En tête des points de renforcement arasés à 0,8 m de profondeur (mise hors gel et contexte argileux) par rapport aux plates-formes finies extérieures, les semelles filantes/massifs isolés pourront être dimensionnés sur la base d'un taux de sollicitation de service (ELS caractéristique) égal à 0,2 MPa.

La largeur des semelles filantes devra être supérieure au diamètre des inclusions rigides.

▪ **Conditions d'exécution des semelles**

Les terrassements dans les horizons de surface seront confrontés à une tenue médiocre des terres et il faudra prendre en considération des surlargeurs pour l'évaluation des volumes de béton à mettre en œuvre.

En fonction de la période de réalisation des travaux, et de la profondeur de la nappe, des venues d'eau ne sont pas totalement à exclure et il faudra en assurer l'épuisement.

Les fondations devront reposer directement sur les têtes d'inclusions rigides et il conviendra de prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas les endommager (éviter l'utilisation d'un godet rétro, favoriser la benne preneuse, ...).

5.5. Fondations profondes par pieux forés tarière creuse « FTC »

5.5.1. Données générales

On pourra réaliser des pieux forés à la tarière creuse dits « FTC » (pieux de classe 2 et de catégorie 6 selon la norme NF P 94-262 COMPIL 1 : norme d'application nationale de l'Eurocode 7).

Les pieux seront fichés à minima dans les horizons sablo-argileux suffisamment denses voire les horizons argilo-sableux sous-jacents donc, à partir de la profondeur minimale 9,0 m par rapport au terrain actuel soit la cote +15,5 m NGF.

De par la profondeur atteinte par nos investigations, la justification de pieux dont la fiche dépasse la cote +4,5 m NGF (soit 20,0 m de profondeur/TA) nécessitera des essais plus profonds.

Dans tous les cas, l'entreprise de fondations spéciales retenue devra justifier les pieux mis en œuvre (mission G3) en fonction des descentes de charges établies par le BET.

5.5.2. Paramètres de portance (Procédure du « modèle de terrain »)

▪ Portance en frottement axial

D'après les règles de l'Eurocode 7 (norme NF P 94-262 COMPIL 1), et pour des pieux forés à la tarière creuse, nous proposons de retenir le modèle suivant pour l'évaluation de l'effort limite mobilisable par frottement axial de la fondation profonde (R_s), selon l'exploitation des données pénétrométriques :

Tranche de terrain (m)	0,0/1,0	1,0/5,5	5,5/8,0	8,0/12,5	12,5/17,5	17,5/23,5	23,5/25,0
Cote de base (m NGF)	+23,5	+19,0	+16,5	+12,0	+7,0	+1,0	-1,0
Nature	Remblais	Alluvions modernes	Sables argileux	Argiles sableuses			
q_c (MPa)	/	1,0	1,5	3,0	5,0	4,0	7,0
Courbe type	/	Q1	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2
f_{sol} (kPa)	/	33,56	31,97	55,14	76,70	67,00	91,30
$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	/	0,75	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Frottement axial limite q_s (kPa)	0	25,2	28,8	49,6	69,0	60,3	82,2

Tableau 20. Modèle pour l'évaluation de l'effort limite par frottement axial (R_s) – Pieu FTC

Le « 0 » correspond à la cote +24,5 m NGF environ.

Les valeurs de $\alpha_{\text{pieu-sol}}$ sont données pour des pieux réalisés avec un enregistrement continu des paramètres de forage et de bétonnage.

Il conviendra de considérer $q_s = 0$ kPa (frottement latéral nul) dans la couche de « Remblais » jusqu'à 1,0 m de profondeur environ (soit jusqu'à la cote +23,5 m NGF).

La deuxième couche des « alluvions modernes » de 5,5 à 8,0 m ainsi que la couche « argiles sableuses » de 17,5 à 25,0 m ont été considérées comme des sols intermédiaires (Q2) dans les calculs de prédimensionnement des pieux.

▪ **Portance en pointe**

L'effort limite mobilisable à la base de la fondation profonde (R_b) sera défini en considérant les paramètres suivants :

Profondeur de base des pieux (m)	8,0/12,5	12,5/17,5	17,5/20,0
Cote de la base (m NGF)	+12,0	+7,0	4,5
q_c	3,0 MPa	5,0 MPa	4,0 MPa
k_c (*)	0,3		
Taux de portance limite (MPa)	0,9 MPa	1,5 MPa	1,2 MPa

(*) Le facteur de portance k_c donné dans le tableau correspond à la valeur k_{cmax} (à minorer dans le cas où un ancrage de 3 diamètres n'est pas respecté).

Tableau 21. Effort limite à la base de la fondation (R_b) – Pieu « FTC »

▪ **Coefficients de modèle**

Compte tenu de la méthode d'évaluation utilisée (modèle de terrain) et du type de fondation envisagée, on retiendra les coefficients de modèle suivants :

$$\gamma_{R;d1} = 1,18 \text{ (sables argileux/argiles sableuses)}$$

$$\gamma_{R;d2} = 1,1$$

Ces coefficients de modèle permettent de définir les valeurs caractéristiques de résistance de pointe et de frottement axial de la fondation profonde.

Rappel :

$$R_{b;k} = R_b / (\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2})$$

$$R_{s;k} = R_s / (\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2})$$

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

5.5.3. Prédimensionnement des pieux

A titre indicatif, on trouvera dans les tableaux ci-après la portance verticale de pieux fichés à différentes profondeurs et ce, pour 2 diamètres :

Diamètre des pieux		42 cm		
Profondeur de la base des pieux		10,0 m	15,0 m	20,0 m
Cote de la base des pieux		+14,5 m NGF	+9,5 m NGF	+4,5 m NGF
ELU (R_{c;d}) (kN)	Situations durables et transitoires	350	683	952
	Situations accidentelles	385	751	1047
ELS (R_{c;cr;d}) (kN)	Combinaisons caractéristiques	278	548	786
	Combinaisons quasi-permanentes	228	449	643

Diamètre des pieux		82 cm		
Profondeur de la base des pieux		10,0 m	15,0 m	20,0 m
Cote de la base des pieux		+14,5 m NGF	+9,5 m NGF	+4,5 m NGF
ELU (R_{c;d}) (kN)	Situations durables et transitoires	846	1603	2076
	Situations accidentelles	931	1764	2283
ELS (R_{c;cr;d}) (kN)	Combinaisons caractéristiques	643	1236	1667
	Combinaisons quasi-permanentes	526	1011	1364

Tableaux 22. Prédimensionnement de pieux FTC de diamètres 42 et 82 cm

Les paramètres ci-dessous correspondent aux coefficients appliqués aux différents états limites (ELS, ELU), à savoir :

A l'ELU

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_t$$

avec : $\gamma_t = 1,1$ en situations durables et transitoires

$\gamma_t = 1,0$ en situations accidentelles

A l'ELS

$$R_{c;cr;d} = (0,5 \times R_{b;k} + 0,7 \times R_{s;k}) / \gamma_{CR}$$

avec : $\gamma_{CR} = 0,9$ en combinaisons caractéristiques

$\gamma_{CR} = 1,1$ en combinaisons quasi-permanentes

Afin d'optimiser la contrainte admissible dans le béton, il sera possible de :

- Prévoir un contrôle renforcé des pieux ;
- Considérer un béton de classe de résistance supérieure selon les cahiers des charges spécifiques.

Dans tous les cas, il conviendra de s'assurer que la contrainte dans le béton constitutif des pieux ne dépasse pas la contrainte admissible à l'ELS.

Les paramètres de portance pourront également être optimisés par l'application de cahiers des charges spécifiques au type de pieux.

▪ **Sujétions d'exécution**

Des plates-formes de portance suffisante ($EV2 > 30$ MPa) devront être mises en œuvre au droit du projet pour la réalisation des pieux.

Il conviendra que l'outil d'attaque soit adapté au contexte géomécanique du sous-sol.

Des refus de foration sont possibles sur des remblais grossiers, ce qui imposera la réalisation d'avant-trous ou de préforages.

Par ailleurs, il faut également s'attendre à des surconsommations importantes de béton au droit des remblais et les pieux concernés par des surconsommations de plus de 30 % devront faire l'objet d'un contrôle spécifique par impédance mécanique.

Les cages d'armatures devront être définies de façon adaptée vis-à-vis des efforts verticaux (en compression/traction) et horizontaux (vents, sismiques, ...).

NB : En cas d'efforts de traction, les pieux devront être dimensionnés à l'arrachement et un ferraillage toute hauteur sera requis.

La distance minimale entre axes de deux pieux voisins devra être égale à 3 fois leur diamètre pour éviter l'effet de groupe (dans le cas contraire, il faudra tenir compte d'un coefficient minorateur, en se reportant à l'annexe J de la norme).

▪ **Contrôles**

Les pieux devront faire l'objet des contrôles suivants :

- Enregistrements des paramètres de forage en cours d'exécution ;
- Essais d'écrasement sur éprouvettes de béton ;
- Essais d'impédance mécanique (en cas de surconsommation, contrôle renforcé et/ou de contrôle d'intégrité du pieu) ;
- Essai de chargement (ou prise en compte des coefficients minorateurs adaptés)

5.6. Conception des niveaux bas

Les niveaux bas RdC devront être conçus en plancher porté par les fondations, soit coulé sur une forme de travail (constituée de matériaux non évolutifs) ne servant que comme fond de coffrage, soit réalisé sur vide sanitaire.

5.7. Conception des voiries et des parkings

5.7.1. Résultats des études de traitement en laboratoire

▪ Etude de traitement des sols pour reclassement de l'arase

Le guide technique SETRA/LCPC de juillet 2000 « Réalisation des remblais et des couches de forme » préconise de procéder à l'amélioration de la portance des sols (arases terrassement et remblais) lorsque ces derniers sont sensibles à l'eau (et/ou de mauvaise portance, sans possibilité d'amélioration à long terme) comme c'est le cas ici.

Suivant ce guide, l'amélioration des sols peut être obtenue par traitement à la chaux vive selon une technique remblai (sur une épaisseur de 35 cm minimum).

Dans le cas présent, pour une réutilisation en remblai ou le reclassement de l'arase terrassement, nous avons étudié **le traitement des sols à 1,5% de chaux sur un sol à 17,6 à 19,5 % de teneur en eau à l'état naturel afin de tenir compte de l'augmentation des valeurs de teneurs en eau en période météorologique défavorable, de pérenniser la portance de l'arase et de contribuer à la protection au gel du sol support.**

Ce dosage permet d'atteindre un **Indice Portant Immédiat de 12,2**, valeur permettant d'assurer une bonne traficabilité du chantier en phase travaux ($IPI \geq 7$ visé sur un sol A₂ après traitement suivant les recommandations du guide technique SETRA/LCPC de janvier 2000 « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques »).

On notera que la valeur de l' I_{CBR} à 4 jours d'immersion ($I_{CBR} = 16,9$) très supérieure à la valeur de l' IPI constitue un gage de pérennité du traitement.

NB : en cas de variation de la teneur en eau des sols au moment des travaux, il conviendra de revoir, au besoin, le dosage en chaux à la hausse.

▪ Etude de traitement des sols pour réutilisation en couche de forme

Les valeurs de résistance en compression et de gonflement volumique du sol traité permettent de conclure, conformément aux prescriptions de la norme NF P 94-100, que le **limon est apte au traitement à 1% chaux + 6% liant hydraulique routier (Rolac Optimum S41 Ecolabel).**

En effet, suivant la norme précitée, le traitement est jugé « adapté » lorsque :

- GV (7 jours) < 5%
- R_{tb} (7 jours) > 0,20 MPa

Remarques particulières :

L'étude de l'aptitude au traitement des sols est réalisée sur une hypothèse de dosage adapté qui devra être validée par l'entreprise de travaux suivant les résultats obtenus.

Par ailleurs, l'utilisation d'un autre liant devra être validée par l'entreprise de travaux qui réalisera une nouvelle étude d'aptitude de traitement au dosage retenu, en vue de vérifier l'appartenance du sol traité à la classe 5 au minimum.

5.7.2. Prédimensionnement de la couche de forme

▪ Solution couche de forme traitée

L'épaisseur de la couche de forme traitée est déterminée, suivant les recommandations du guide technique SETRA/LCPC de janvier 2000 « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques », à partir des performances mécaniques du sol traité à 90 jours (voire 180 jours), de la portance de l'arase terrassement et de l'objectif de portance visé au niveau de la couche de forme.

La présente étude ne comprend pas la détermination des performances mécaniques à long terme (couple R_{tb} et E) permettant de déterminer précisément la classe mécanique du sol traité et d'optimiser l'épaisseur de la couche de forme.

L'évaluation de l'aptitude au traitement permet, dans le cas présent, de valider la faisabilité du traitement par l'obtention de performances mécaniques acceptables (classe 5 usuellement observée sur sols fins limoneux).

La couche de forme traitée est dimensionnée suivant les recommandations du guide technique précité dont un extrait est présenté ci-après.

Classe de PF en fonction de la classe d'AR, des performances mécaniques du matériau traité et de l'épaisseur de la couche de forme (Extrait du guide « Traitement des sols à la chaux et aux liants hydrauliques » de janvier 2000)					
Classe mécanique du matériau de couche de forme	Epaisseur de la couche de forme				
	Cas d'une arase de classe AR1			Cas d'une arase AR2	
Classe 3	*	30 cm	40 cm	25 cm	30 cm
Classe 4	30 cm	35 cm	45 cm**	30 cm	35 cm
Classe 5	<u>35 cm</u>	50 cm **	55 cm **	35 cm	45 cm **
Classe de plateforme obtenue	<u>PF2</u>	PF3	PF4	PF3	PF4

Tableau 23. Recommandations du guide technique SETRA/LCPC

*en raison de l'importance du contraste des modules, la réalisation d'une couche de forme en matériau traité de classe mécanique 3, sur une arase AR1, n'est pas autorisée en dessous d'une épaisseur de 30 cm

**l'obtention de la compacité recherchée en fond de couche conduira généralement à une mise en œuvre en deux couches

Compte tenu des résultats de l'aptitude au traitement des sols et en considérant leur appartenance à la classe mécanique 5 (classe la moins performante usuellement rencontrée sur sols fins limoneux), **la mise en œuvre d'une couche de forme traitée de 35 cm d'épaisseur sur une arase terrassement AR1 (après reclassement préalable de l'arase terrassement à la chaux sur 35 cm d'épaisseur) permet l'obtention d'une plateforme de classe PF2 (objectif : déflexion $\leq 80^{1/100\text{ème}}$ mm).**

▪ **Solution couche de forme granulaire**

La couche de forme de la voirie peut être réalisée en granulats de classe D₃₁ suivant la norme NF P 11-300 ($D_{\text{max}} \geq 50$ mm, type calcaire 0/80 ou 0/120 mm par exemple).

Dans le cas présent, nous recommandons la mise en œuvre de matériaux sur une épaisseur minimale de 60/65 cm avec géotextile préalable.

La pose préalable d'un géotextile sur le fond de fouille et les parois de la fouille (remontée périphérique) est obligatoire.

La couche de forme peut ensuite être mise en œuvre suivant les prescriptions du guide technique SETRA / LCPC de juillet 2000 « Réalisation des remblais et des couches de forme ».

L'objectif de portance de la plateforme est considéré de classe PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa et $EV2/EV1 \leq 2$).

La mise en œuvre de la couche de forme doit être effectuée immédiatement après réalisation des terrassements afin d'éviter son exposition aux intempéries et la décompression des fonds de fouille.

La partie supérieure de la couche de forme (environ 20 cm) peut être réalisée en Calcaire 0/31,5 mm (classe D₂₁) de manière à faciliter les opérations de réglage avant application des couches de la structure.

La portance de la couche de forme doit être vérifiée au démarrage du chantier par la réalisation d'une planche d'essais à la plaque afin de confirmer l'obtention de l'objectif et augmenter son épaisseur si nécessaire.

La réalisation d'une couche de forme de qualité est indispensable à la mise en œuvre des couches de structure dans de bonnes conditions (effet d'enclume). Par ailleurs, elle contribue à la protection au gel du sol support et permet d'assurer la portance pendant la phase de construction de la chaussée et des ouvrages (trafic poids-lourds).

L'utilisation éventuelle de matériaux recyclés doit faire l'objet d'une validation préalable par le Maître d'œuvre en raison de leur caractère non évolutif non avéré (classification D₃₁, dosage des sulfates, absence de potentiel gonflant, ...).

La structure de voirie à base de matériaux hydrocarbonés par exemple, peut ensuite être mise en œuvre.

5.7.3. Contrôles de mise en œuvre

Le programme de contrôle de construction de la voirie proposé est le suivant :

▪ **Arase terrassement**

Teneurs en eau avant traitement

Ajustement éventuel du dosage en chaux (objectif : IPI ≥ 7 sur sol traité)

Contrôle de la quantité de chaux répandue (pesées à la bêche et rapport Q/S)

Mesure de la densité en place au gammadensimètre (objectif : qualité Q4)

Mesure de la portance à la plaque (objectif : AR1, $EV2 \geq 20$ MPa)

- **Solution Couche de forme traitée**

Teneurs en eau avant traitement

Ajustement éventuel du dosage en chaux ou de la teneur en eau

Contrôle de la quantité de chaux et de liant répandue (pesées à la bêche et rapport Q/S)

Mesure de la densité en place au gammadensimètre (objectif : qualité Q3)

Mesure de la portance par déflexion sous charge roulante, essieu de 13 tonnes (objectif : déflexion $\leq 80^{1/100\text{ème}}$ mm)

- **Solution Couche de forme granulaire**

Contrôle de portance à la plaque de la couche de forme

(objectif $EV2 \geq 50$ MPa et rapport $EV2/EV1 \leq 2$)

- **Structure**

Mesure de la densité et contrôle de fabrication des couches de fondation/base

Mesure de la densité et contrôle de fabrication de la couche de roulement

6. REMARQUES GENERALES

La reconnaissance effectuée ayant un caractère ponctuel, les recommandations exposées auparavant seront bien entendu mises en œuvre, en tenant compte des conditions réelles des terrains mis au jour au cours des travaux.

La découverte de toute anomalie devra nous être signalée, en vue d'analyses et de définition des éventuelles mesures d'adaptation les plus appropriées.

La norme NF P 94-500 : « Missions d'ingénierie géotechnique » indique que les missions s'enchaînent lors de l'élaboration du projet et sa réalisation.

La présente étude G2 AVP sera complétée par une étude géotechnique de conception – phase « PROjet » (mission G2 PRO), une fois les caractéristiques du projet fixées au stade projet (descentes de charges, calage définitif en cotes NGF,...).

Nous demeurons bien entendu à la disposition du maître d'ouvrage pour tout renseignement complémentaire au sujet de cette étude.

ANNEXES

ANNEXE n°1 :
Missions d'ingénierie géotechnique
normalisées

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

**ANNEXE n°2 :
Coupes des sondages
pressiométriques**

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Forage

PR1

Date de début

19/09/2024

Altitude undefined

23.7 m

Dossier

2024.0257

Chantier

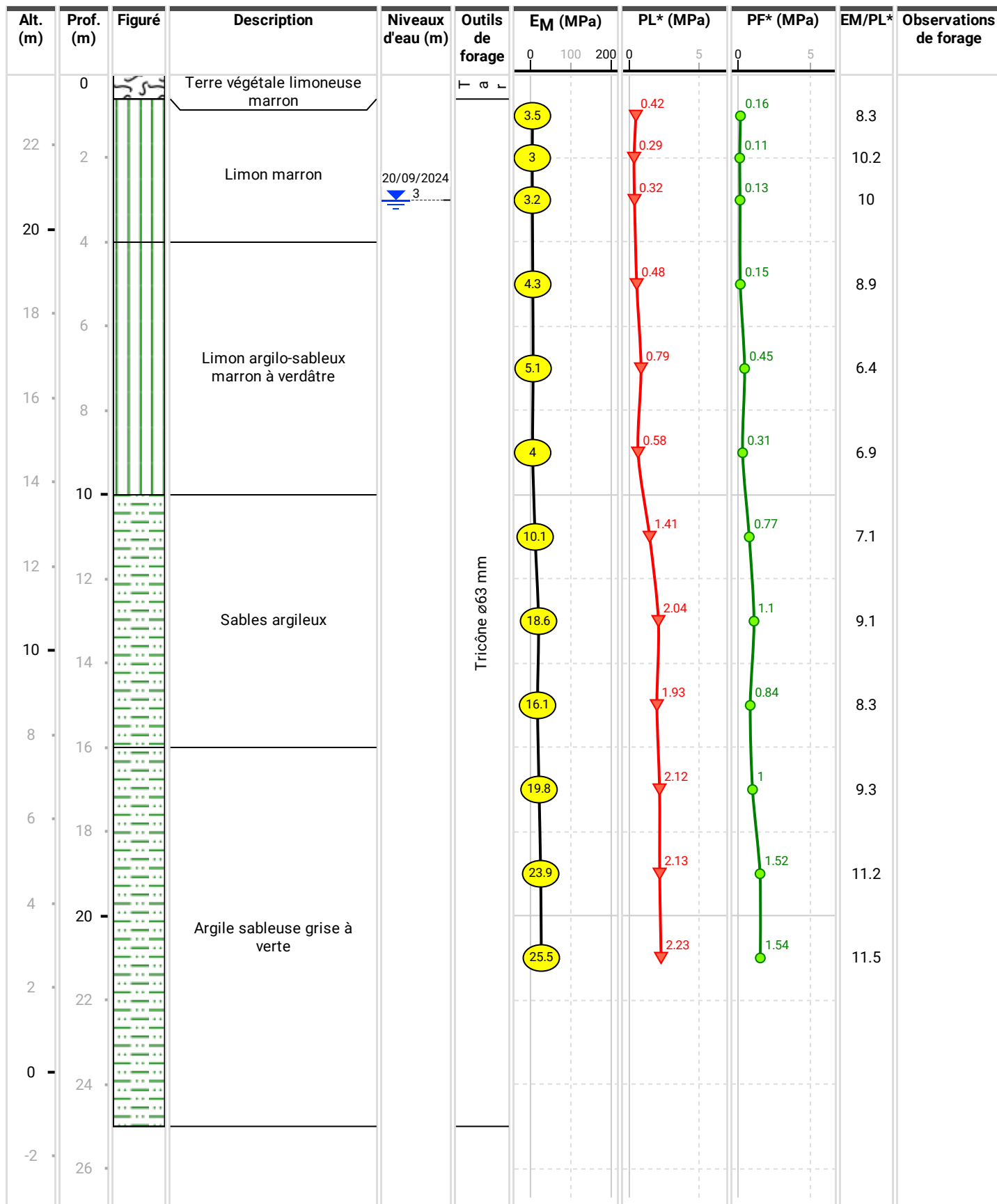
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Forage

PR2

Date de début

20/09/2024

Altitude undefined

24.2 m

Dossier

2024.0257

Chantier

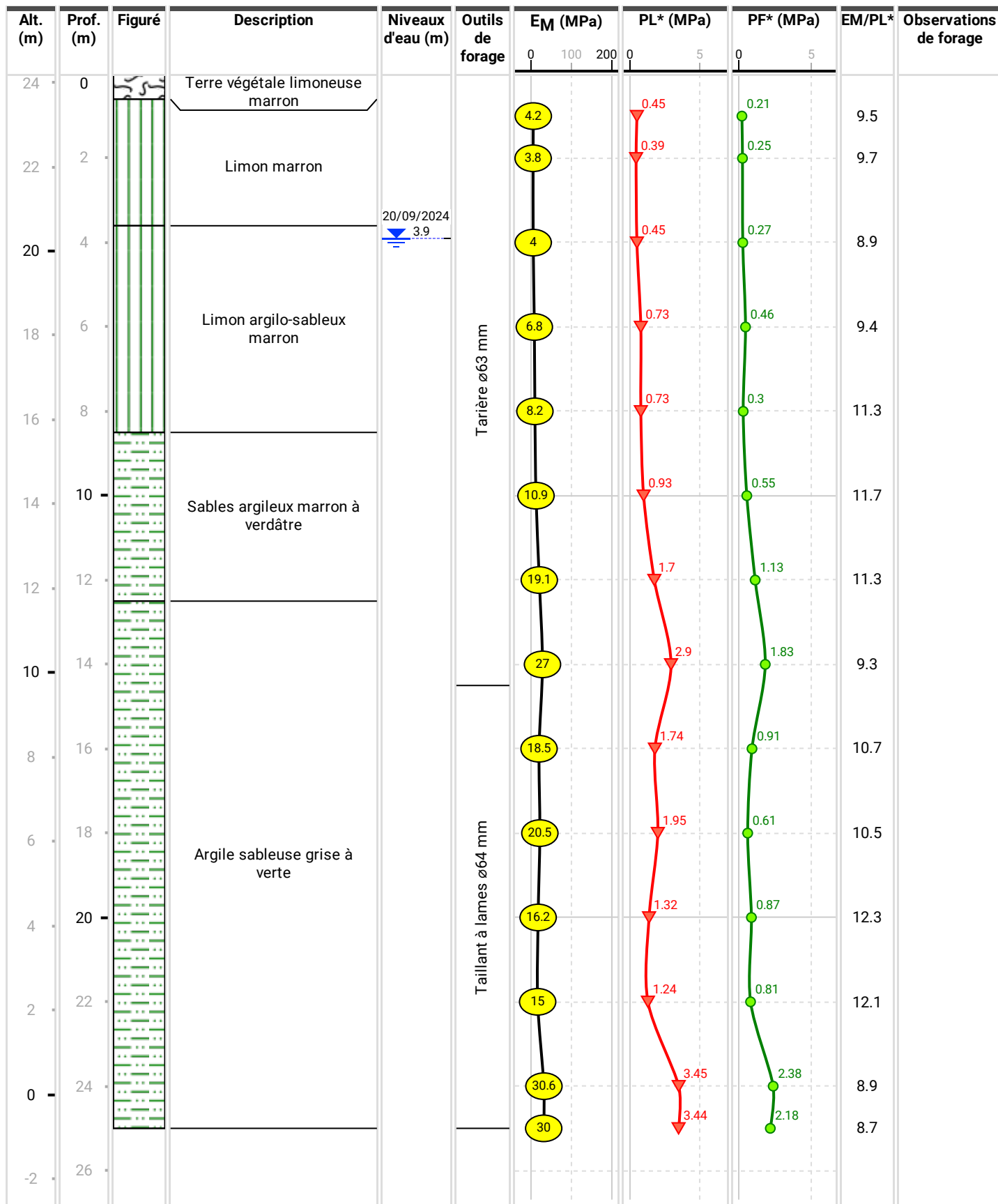
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Forage

PR4

Date de début

24/09/2024

Altitude undefined

24.2 m

Dossier

2024.0257

Chantier

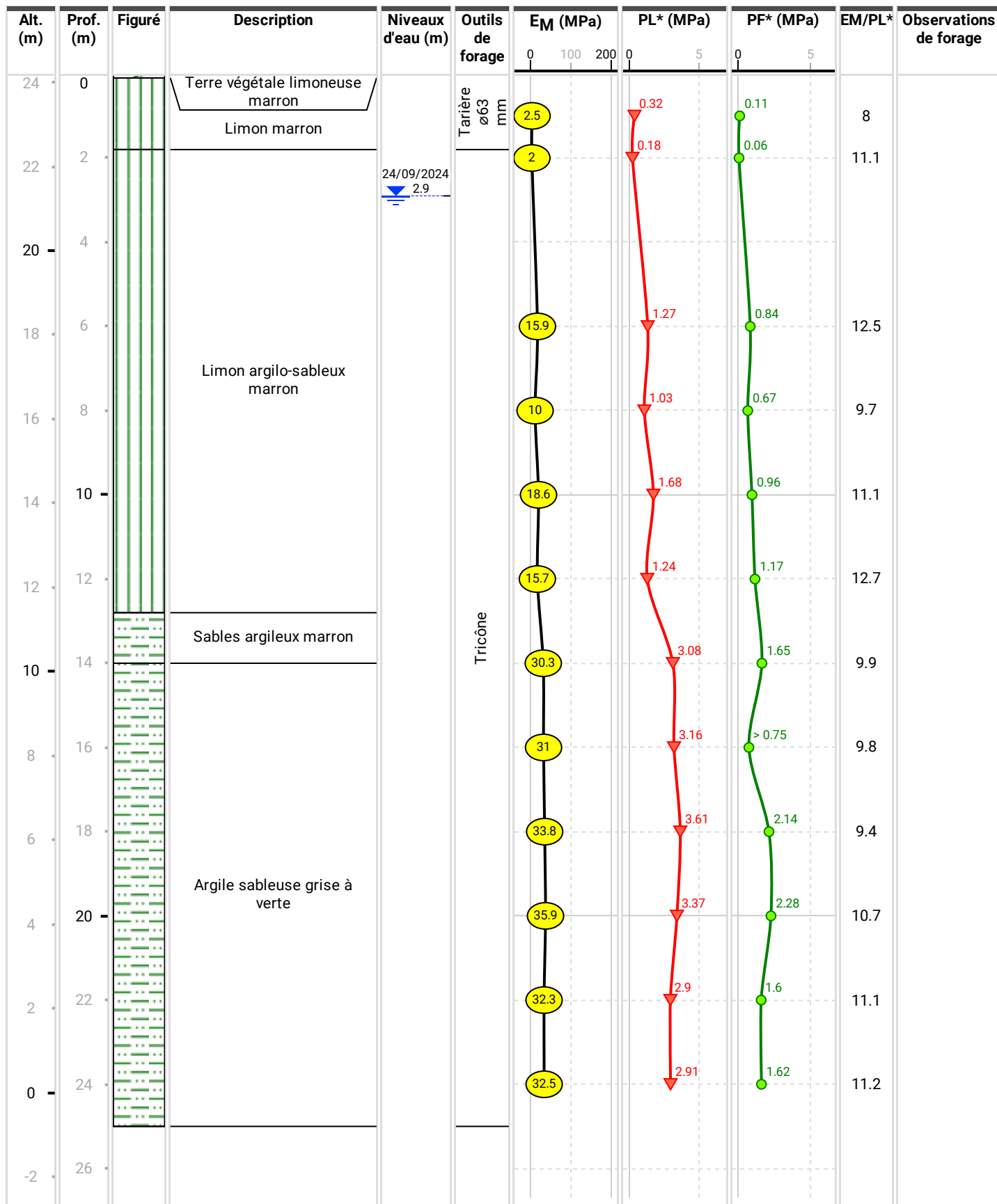
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM



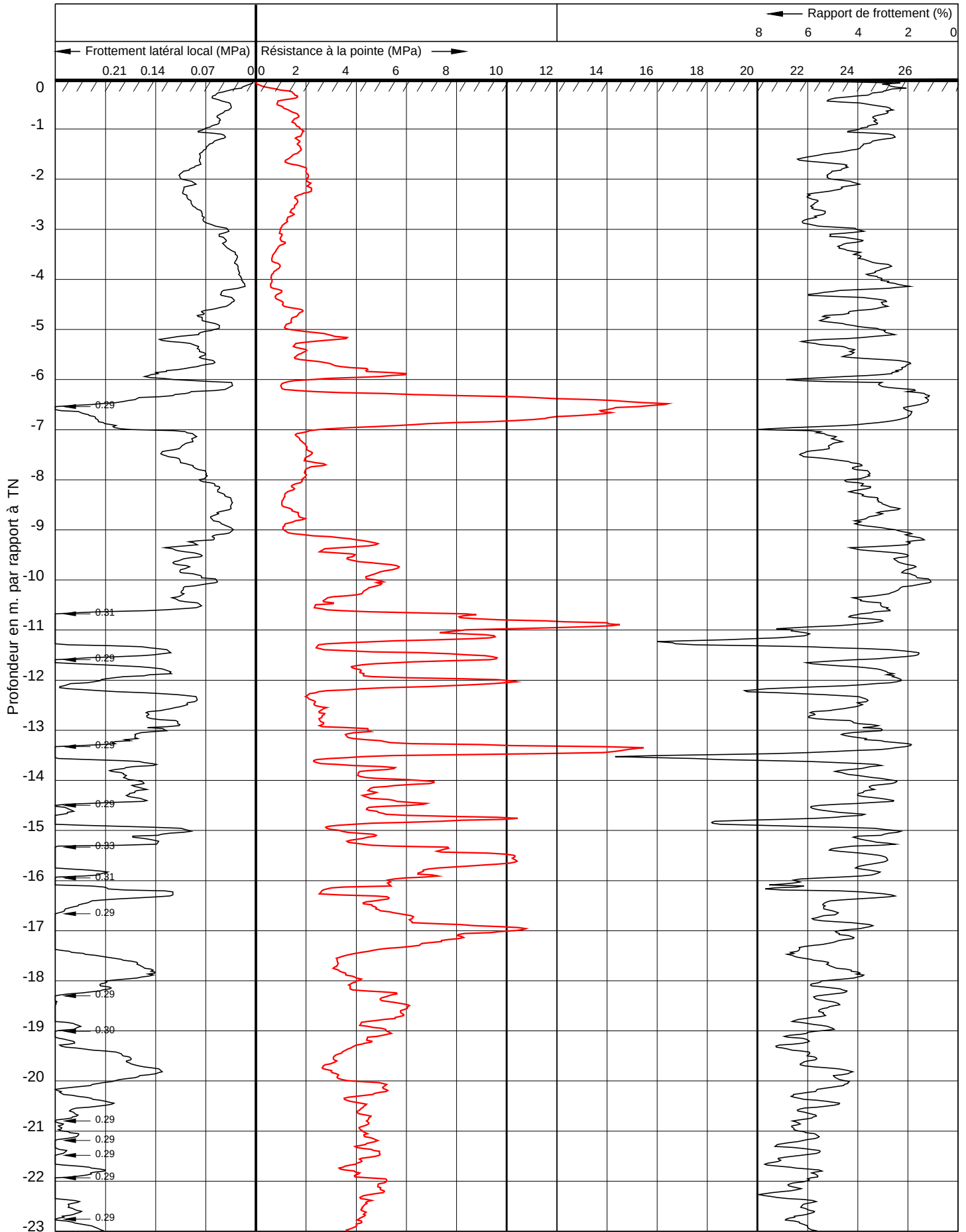
ANNEXE n°3 :
Diagrammes des essais au
pénétromètre statique

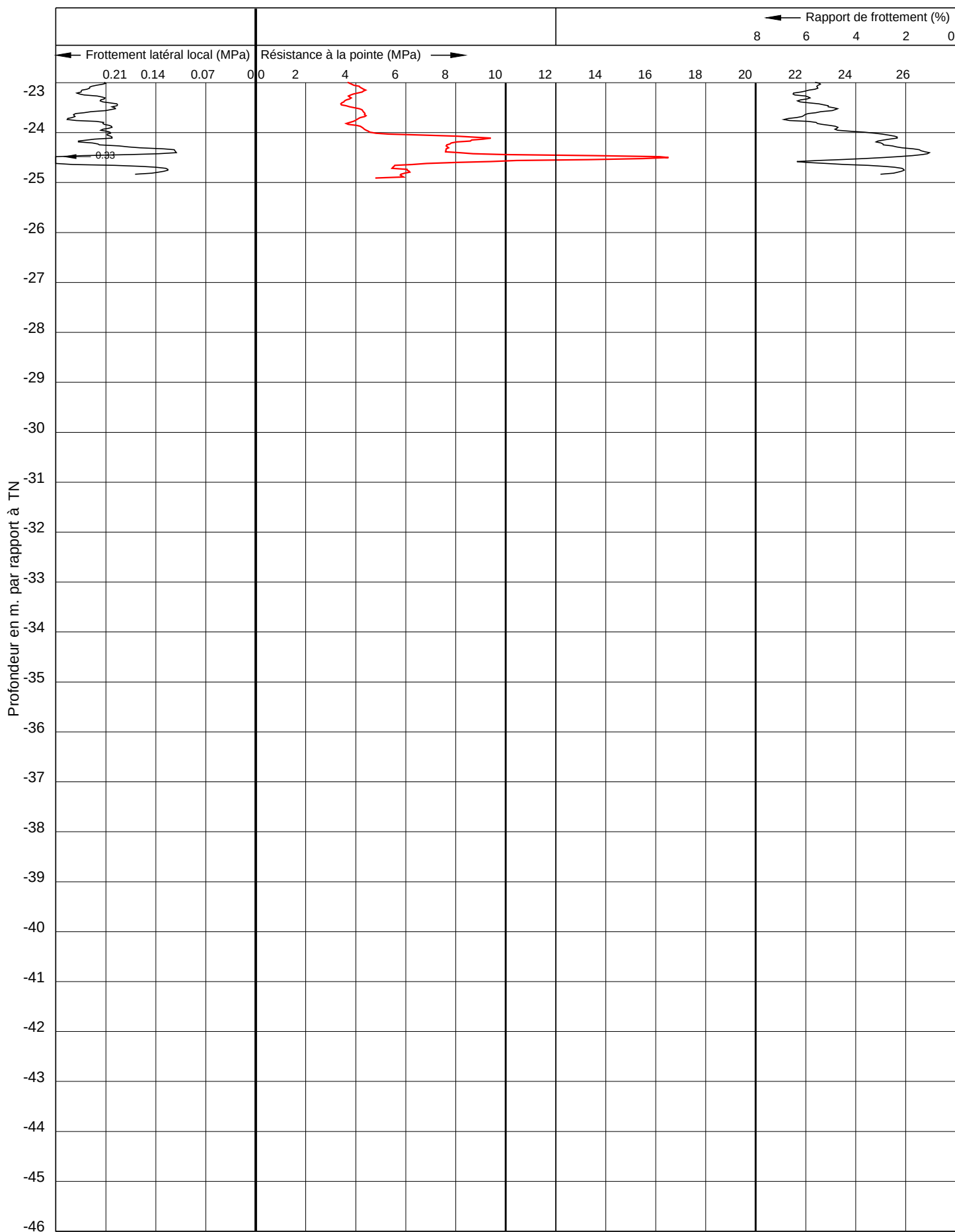


B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 1
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN



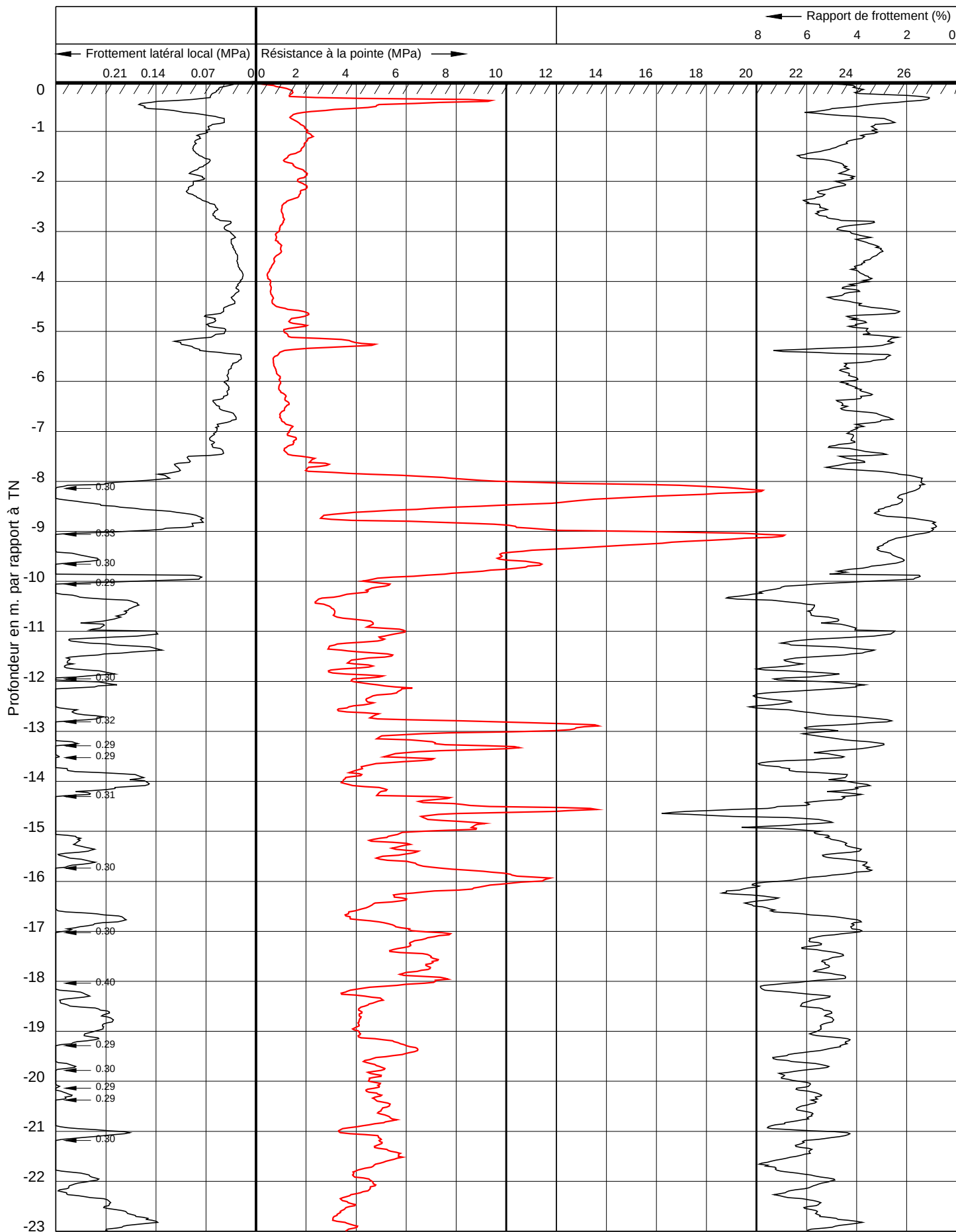




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 2
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

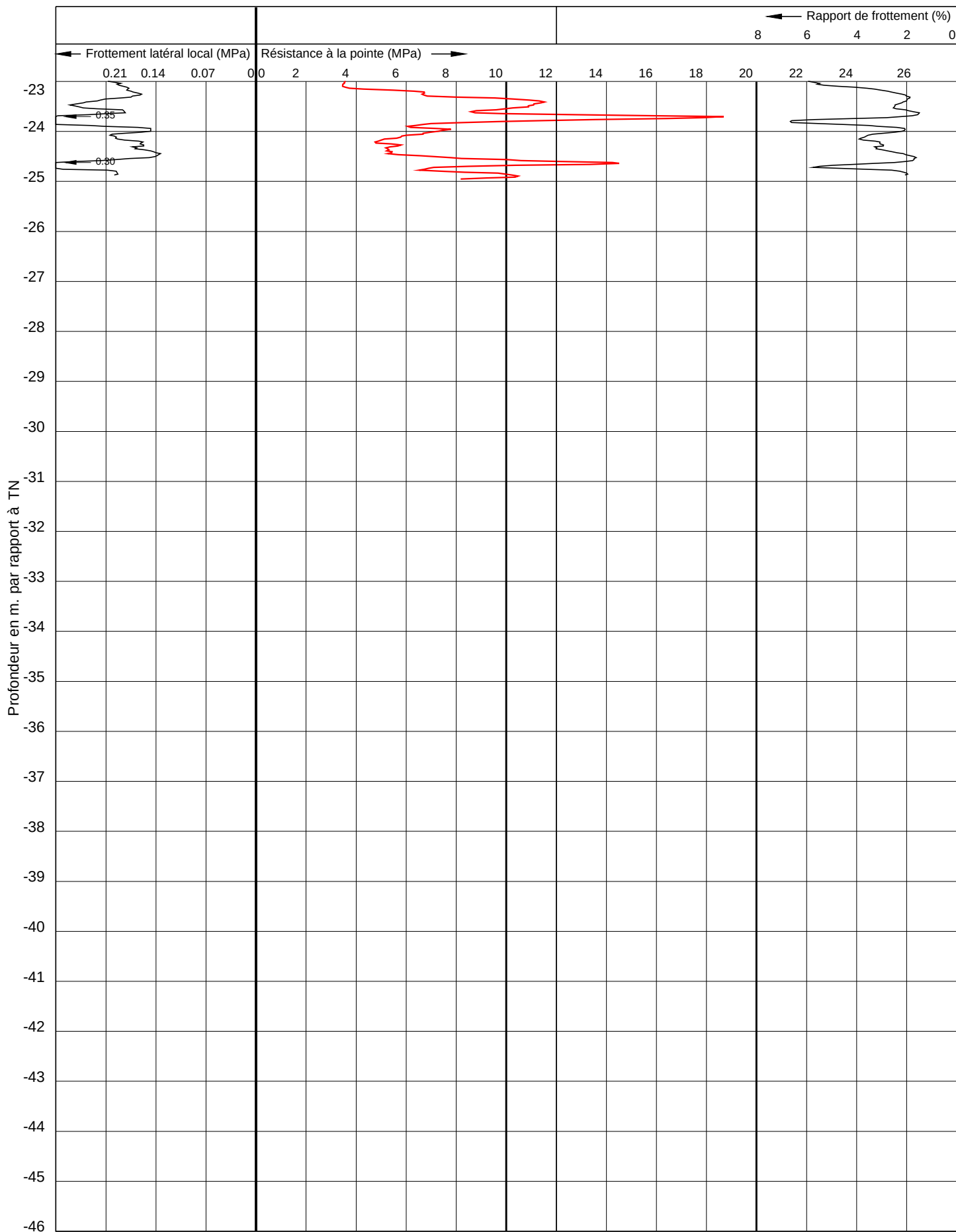




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 2
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

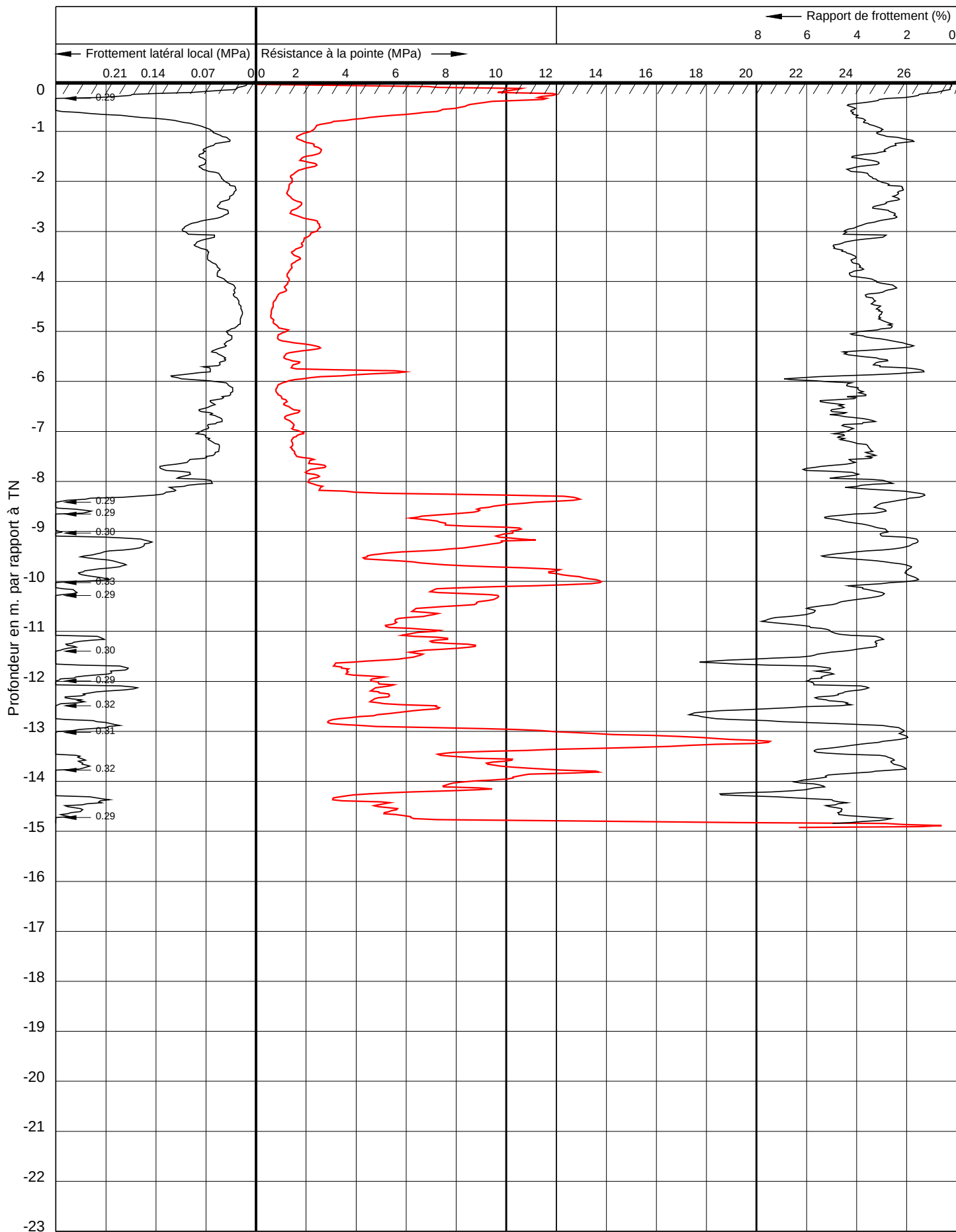




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 3
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 16-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

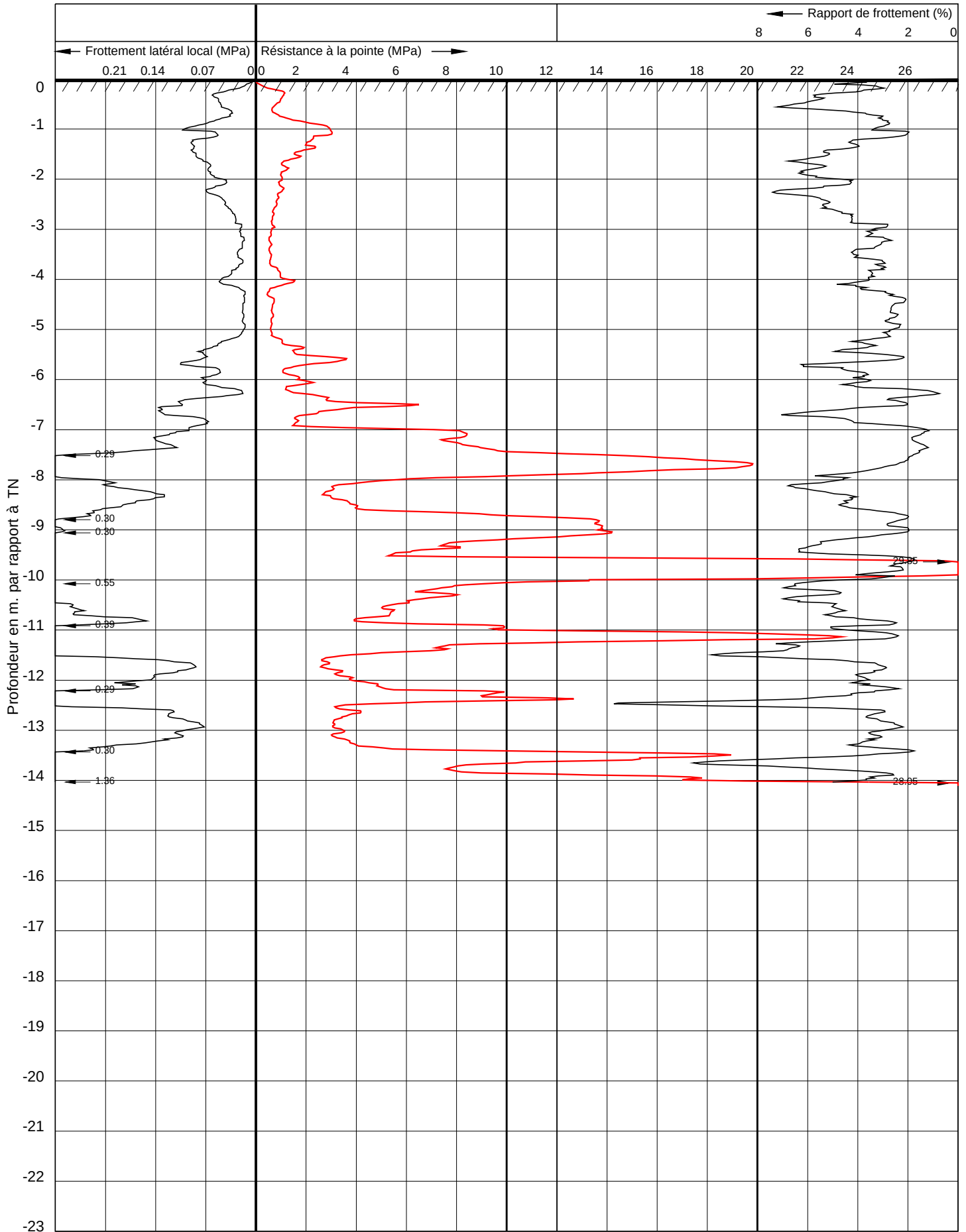




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 4
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

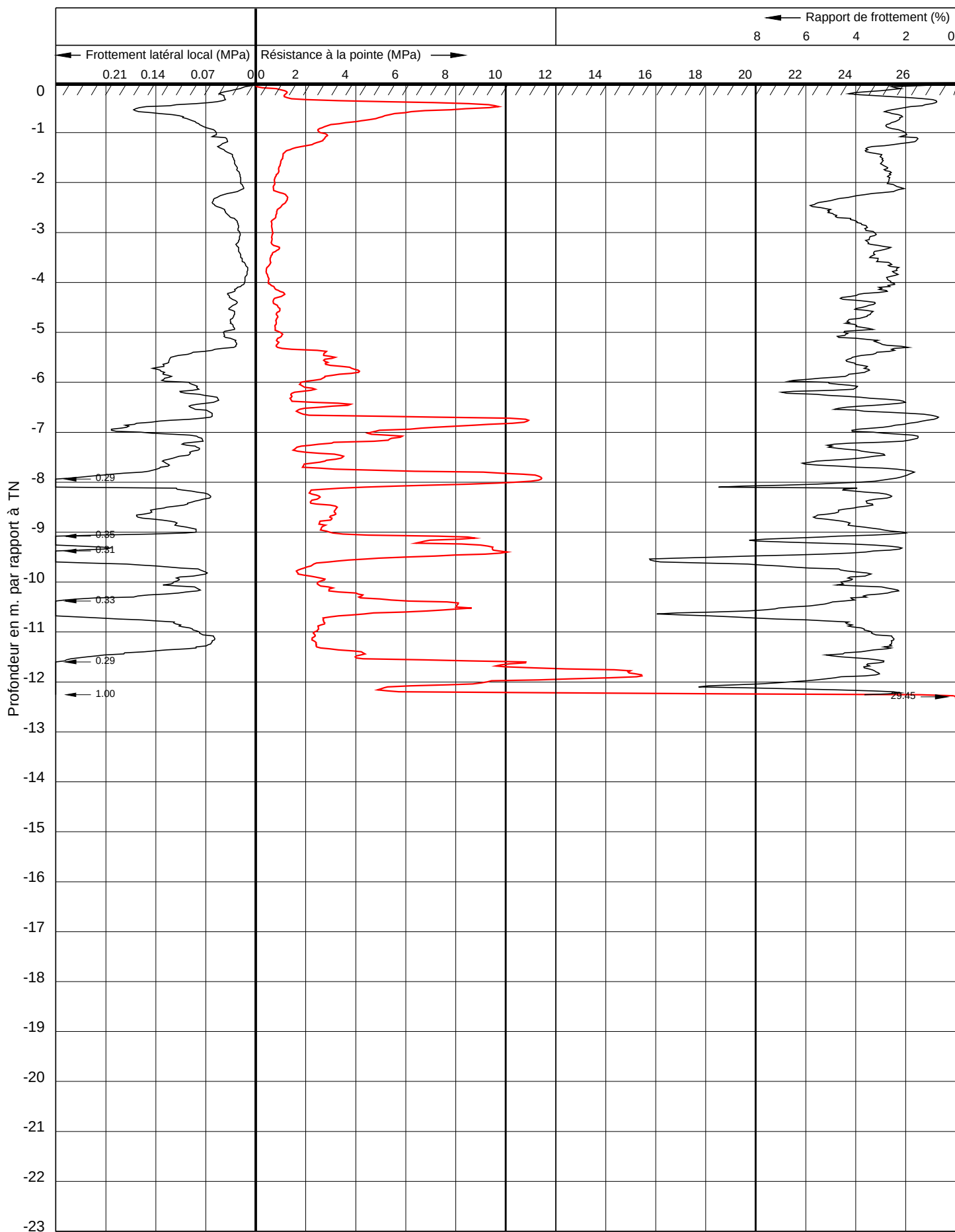




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 5
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

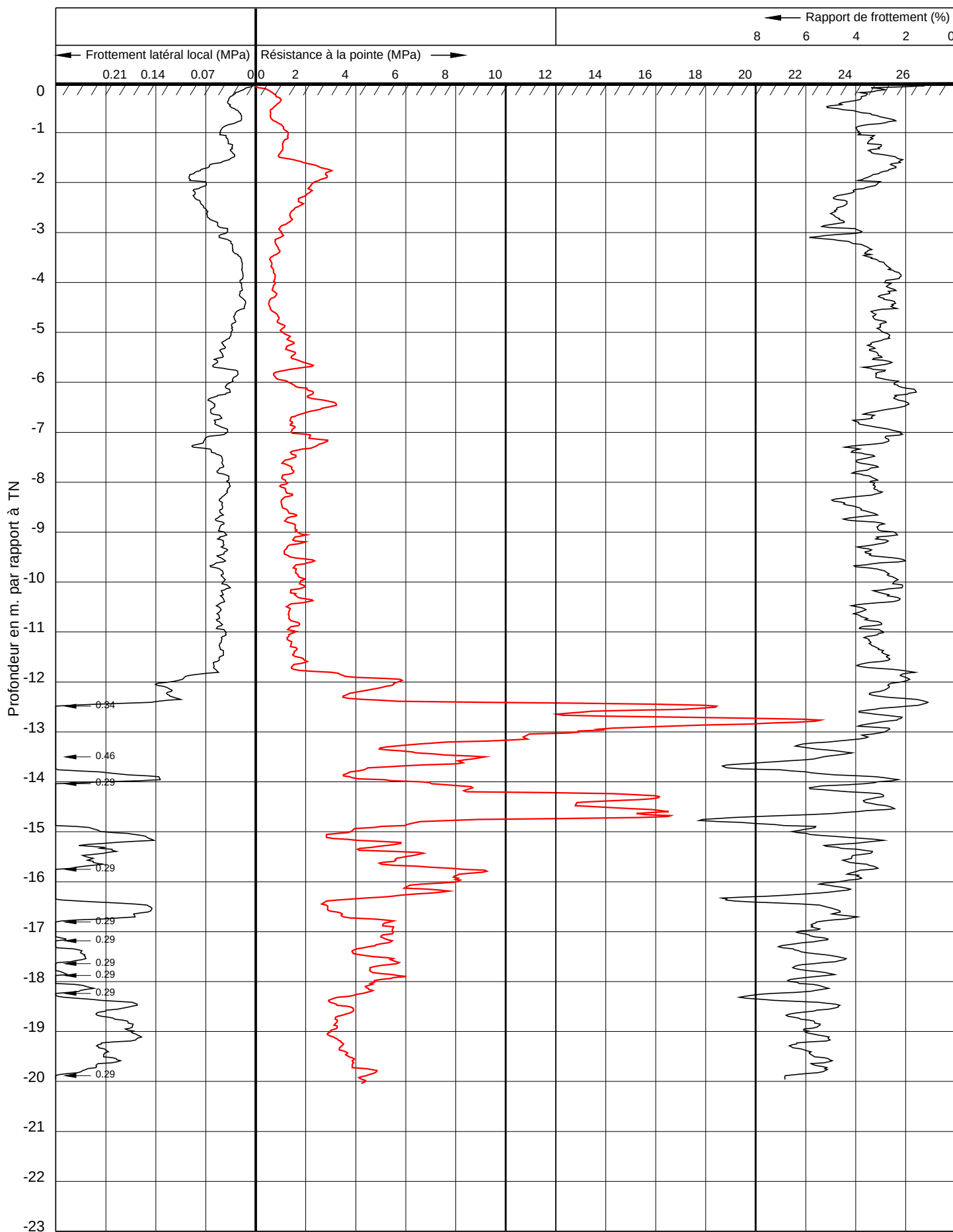




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 6
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

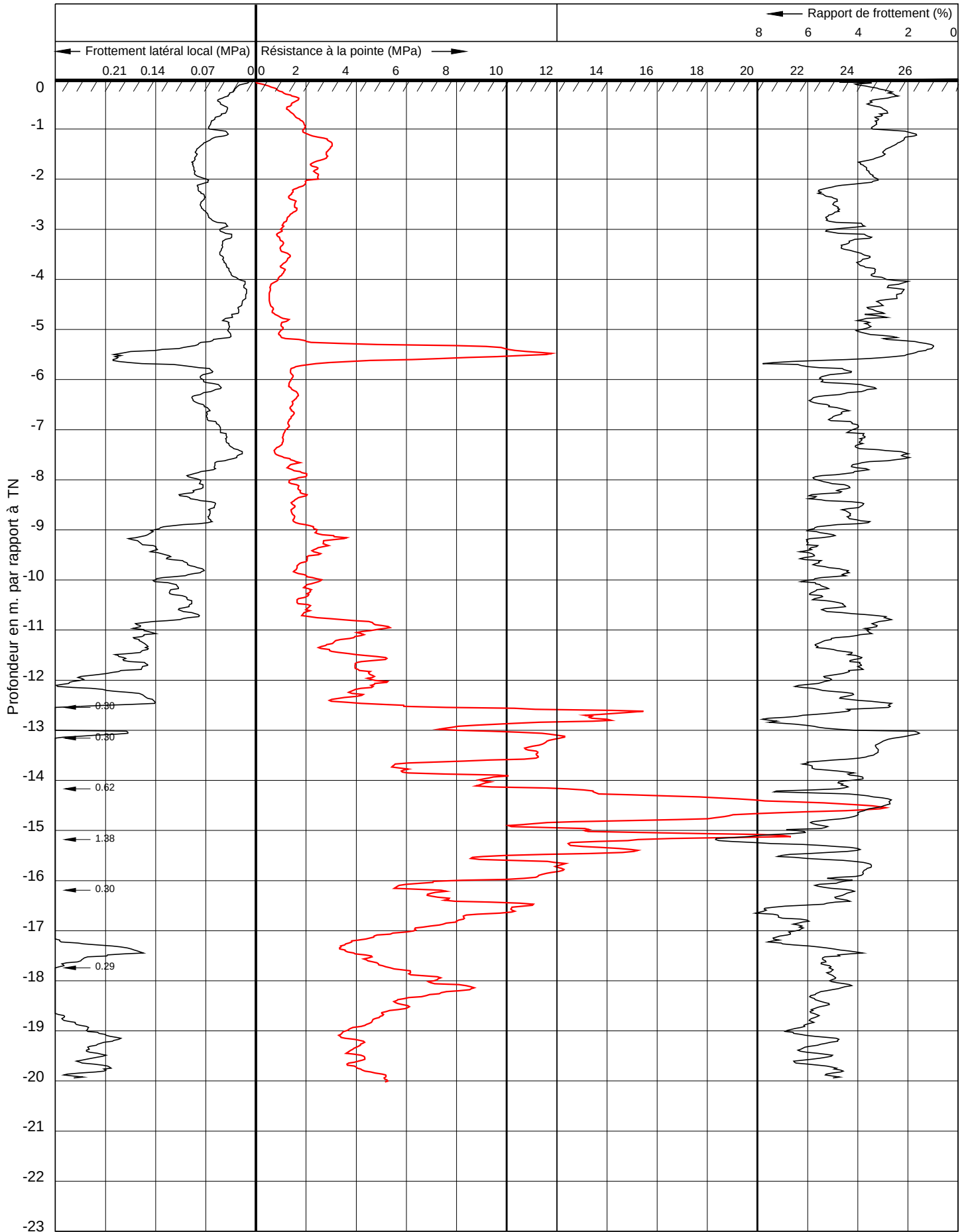




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 7
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN

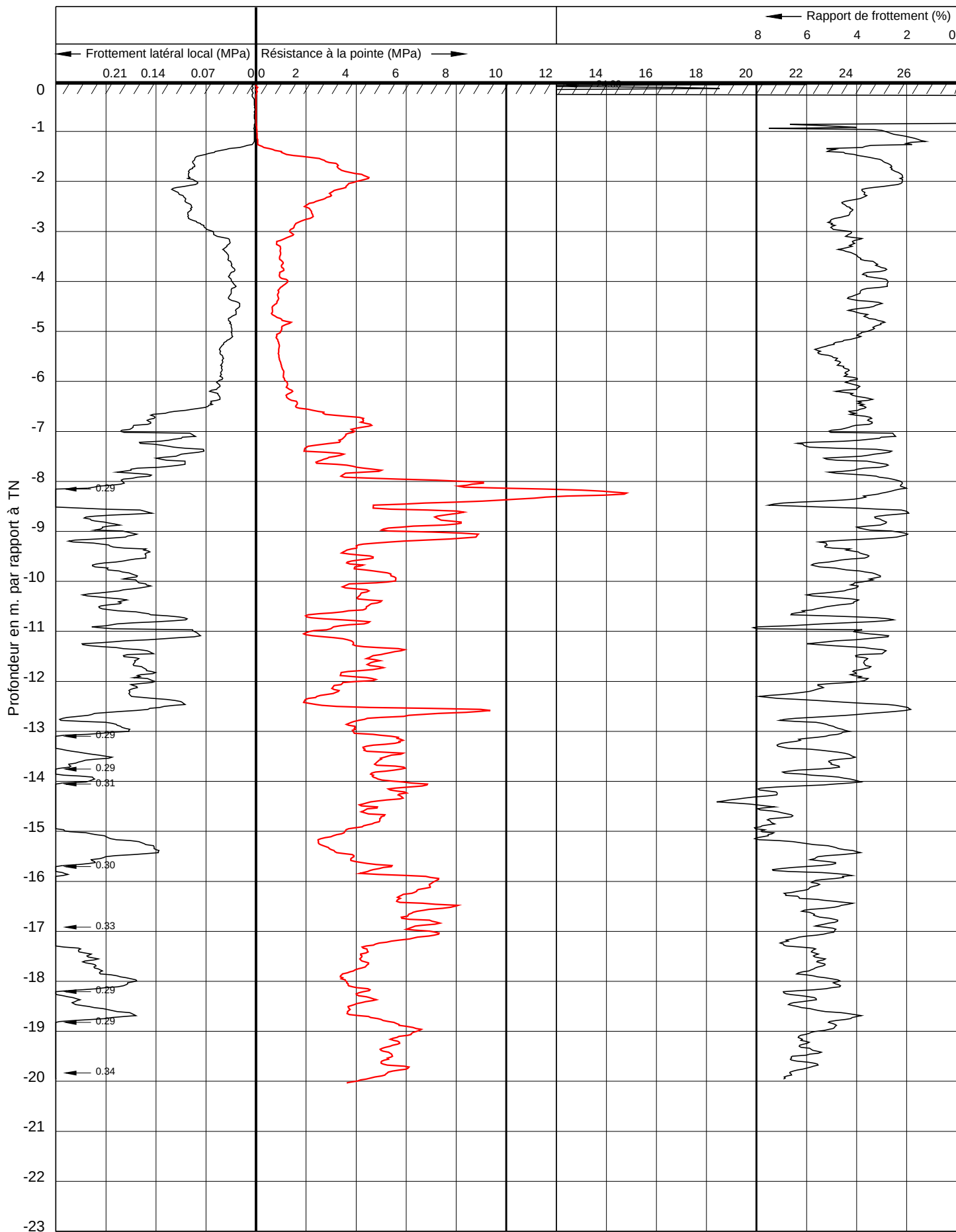




B.P. 38, NL-5688 ZG Oirschot, Pays-Bas
Tel: +31 (0)499 578 520
www.silt.nl

Dossier no. : 2402584
Pénétromètre : 8
Projet : Rue Auguste Bonte
Ville : Lambersart

Pointe : 071215
Surface de la pointe : 1500 mm²
Date : 17-10-2024
Terrain naturel : 0.0 m. par rapport à TN



ANNEXE n°4 :
Diagrammes des essais au
pénétromètre dynamique

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Forage

PD1

Date de début

14/10/2024

Altitude undefined

24 m

Dossier

2024.0257

Chantier

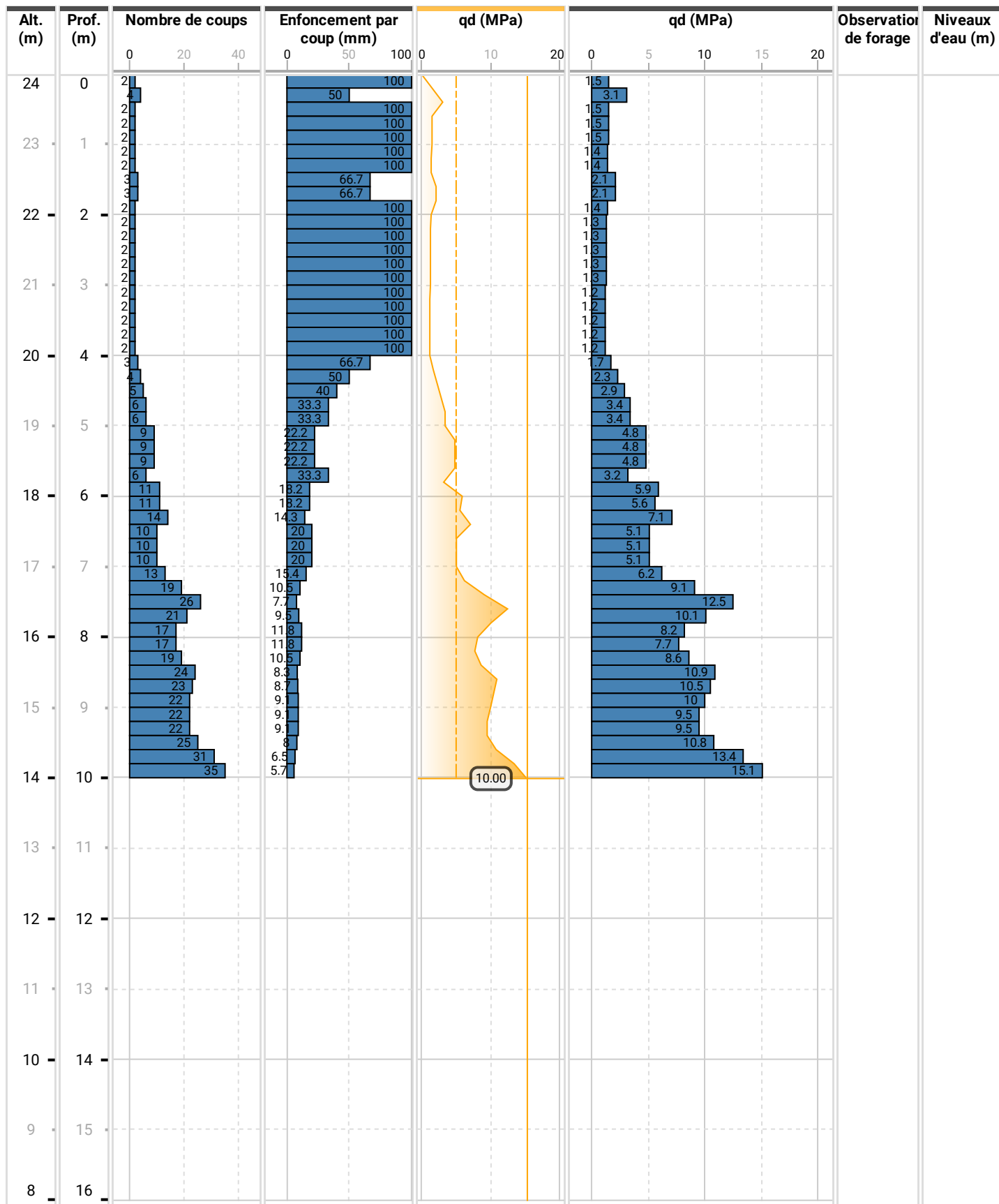
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM



PENETROMETRE DYNAMIQUE

Forage

PD3

Date de début

15/10/2024

Altitude undefined

23.7 m

Dossier

2024.0257

Chantier

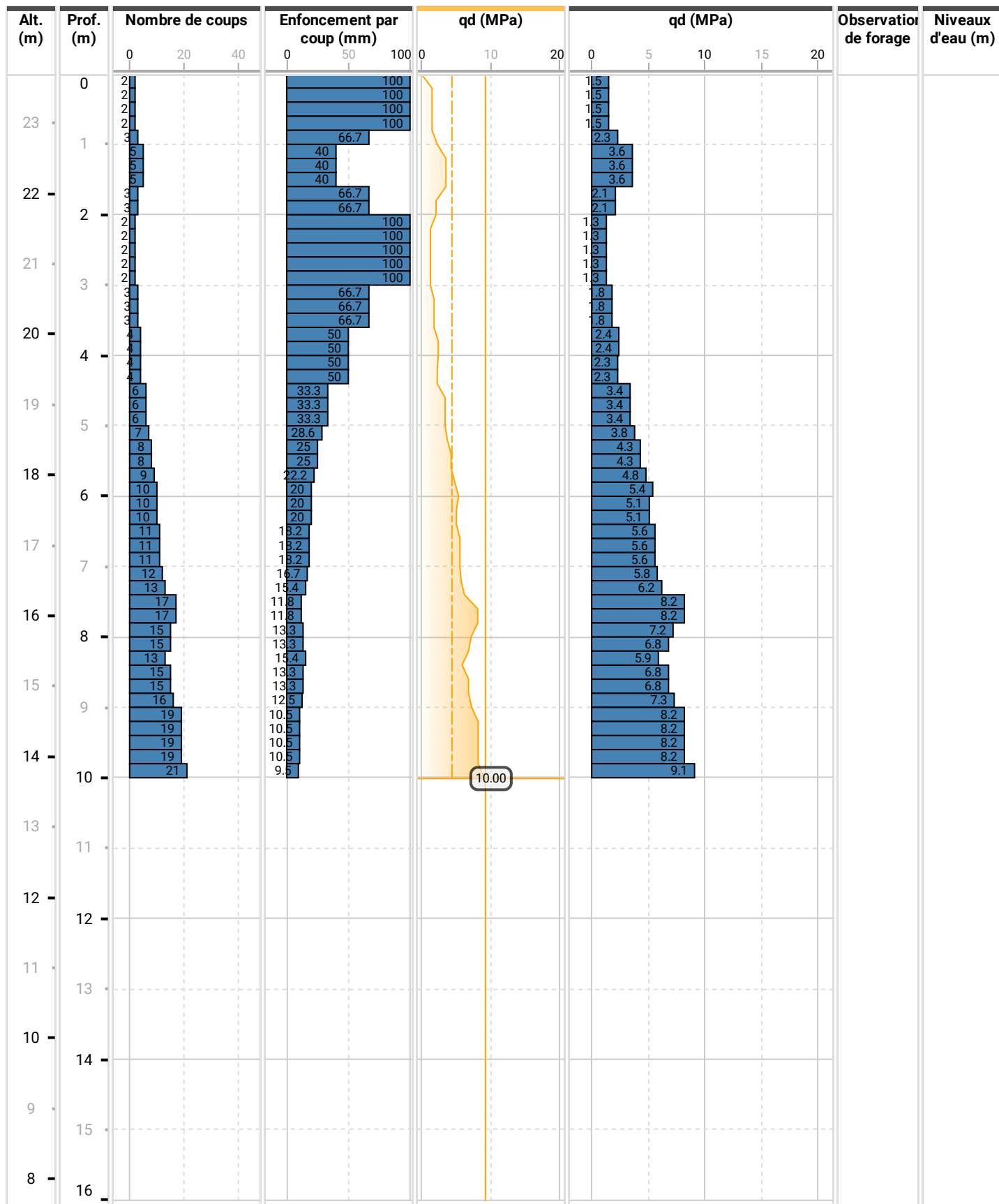
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM



PENETROMETRE DYNAMIQUE

Forage

PD4

Date de début

14/10/2024

Altitude undefined

24 m

Dossier

2024.0257

Chantier

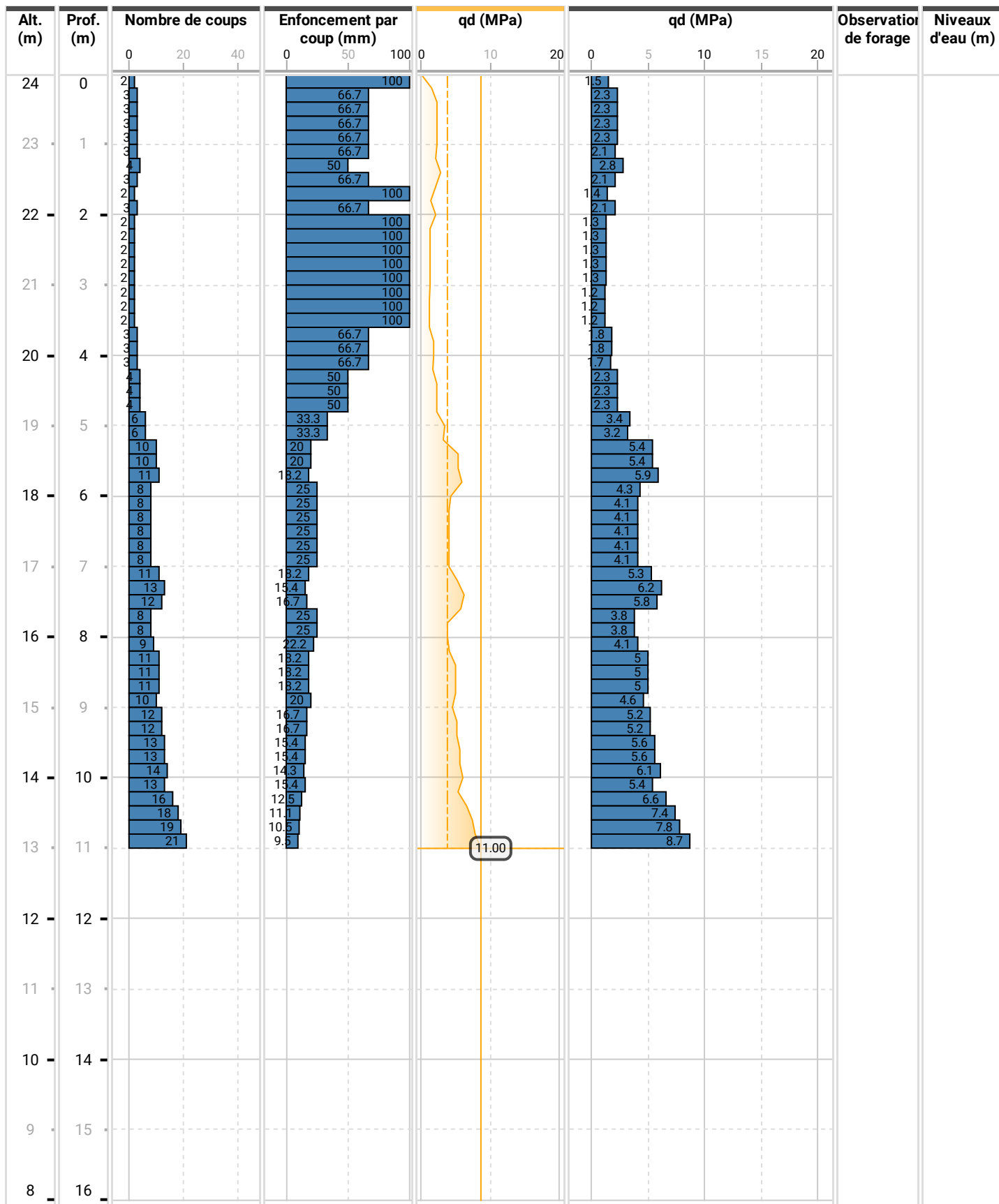
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM





PENETROMETRE DYNAMIQUE

Forage

PD5

Date de début

14/10/2024

Altitude undefined

24 m

Dossier

2024.0257

Chantier

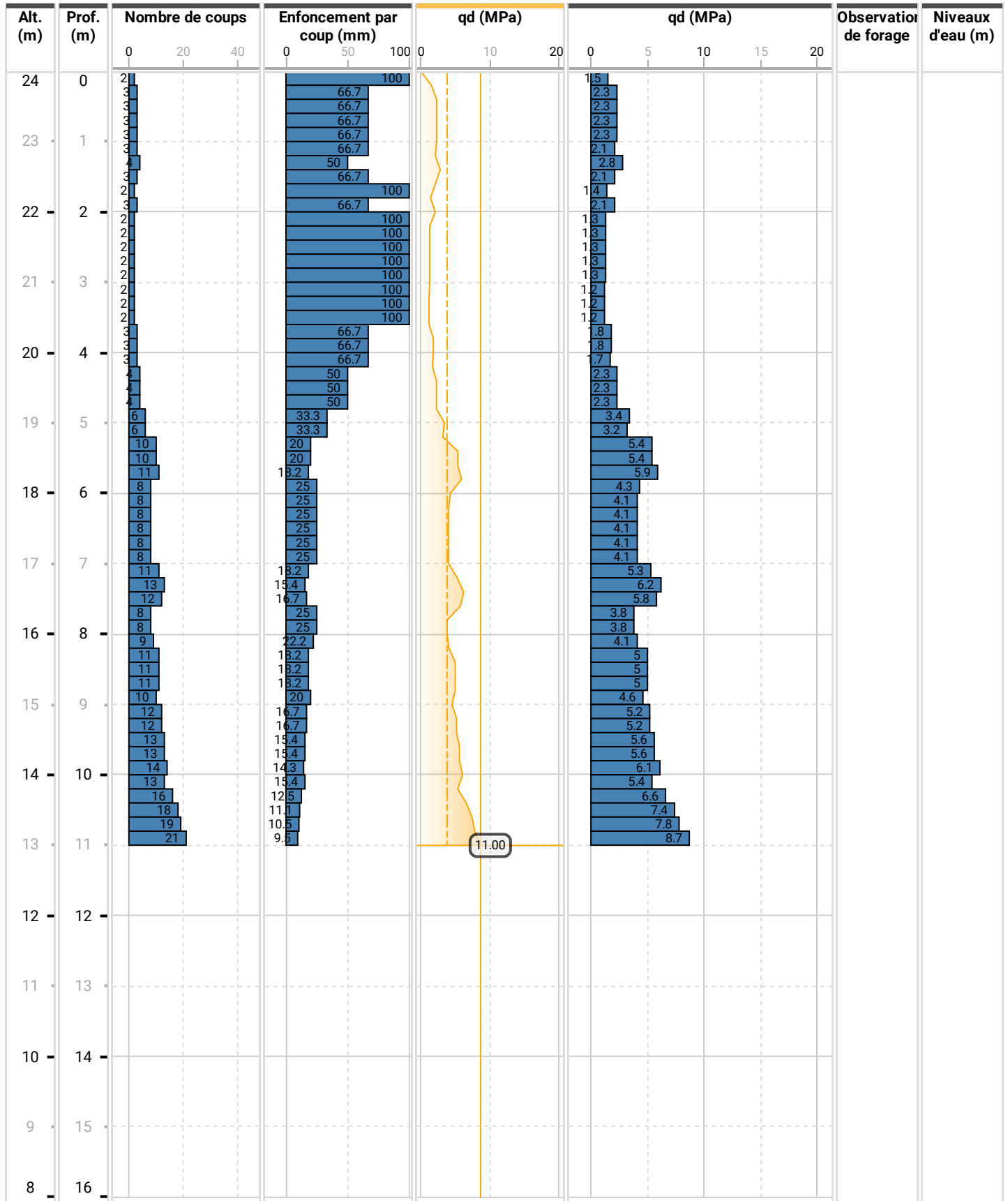
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM



PENETROMETRE DYNAMIQUE

Forage

PD6

Date de début

14/10/2024

Altitude undefined

24.7 m

Dossier

2024.0257

Chantier

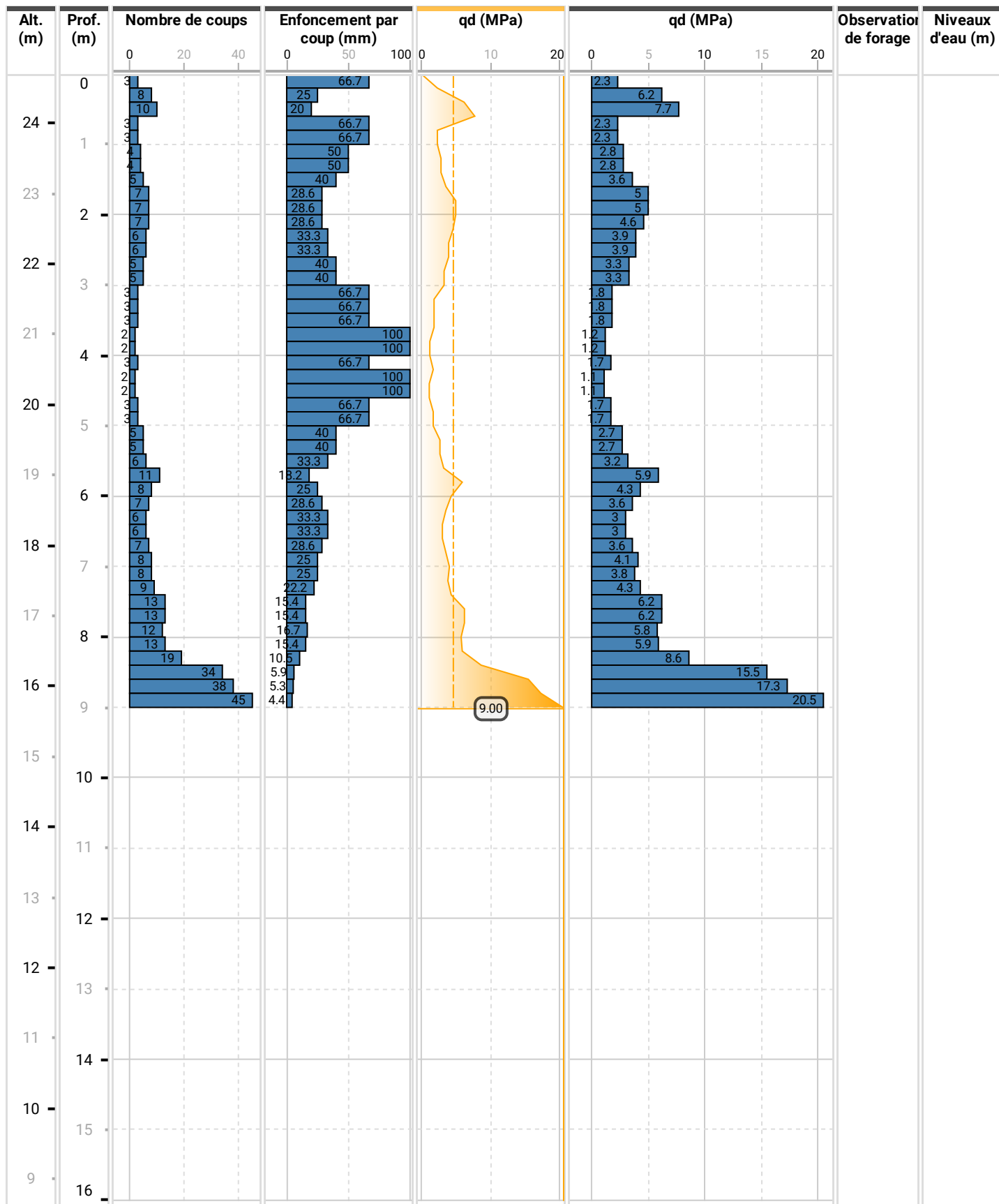
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM



ANNEXE n°5 :
Coupes des sondages lithologiques



SONDAGE GEOLOGIQUE

Forage

R1

Date de début

23/09/2024

Altitude undefined

24 m

Dossier

2024.0257

Chantier

Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Observations de forage
24	0.4		Terre végétale limoneuse marron + racines		Tarière ø114 mm	
23			Limon marron		Carottier simple	
22	1.5		Limon légèrement argileux marron		Tarière ø63 mm	
21						
20	5					
19						
18						
17						
16						
15						
14						
13						
12						
11						
10						
9						
8						
7						
6						
5						
4						
3						



SONDAGE GEOLOGIQUE

Forage

R2

Date de début

23/09/2024

Altitude undefined

24 m

Dossier

2024.0257

Chantier

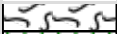
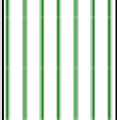
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Observations de forage
24	0.4		Terre végétale limoneuse marron		Tarière ø114 mm	
23						
22					Carottier simple	
21						
20					Tarière ø63 mm	
19	5					
18						
17						
16						
15						
14						
13						
12						
11						
10						
9						
8						
7						
6						
5						
4						
3						



SONDAGE GEOLOGIQUE

Forage

R3

Date de début

23/09/2024

Altitude undefined

24.2 m

Dossier

2024.0257

Chantier

Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Observations de forage
24	0.4		Terre végétale limoneuse marron + racines		Tarière	
23					Carottier simple	
22			Limon marron		Tarière ø63 mm	
21						
20						
19	4.8 5		Limon légèrement argileux marron			
18						
17						
16						
15						
14						
13						
12						
11						
10						
9						
8						
7						
6						
5						
4						



SONDAGE GEOLOGIQUE

Forage

R4

Date de début

23/09/2024

Altitude undefined

24.8 m

Dossier

2024.0257

Chantier

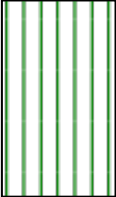
Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Observations de forage
			Remblais graveleux			
24	0.4		Limon marron		Tarière ø114 mm	
23					Carottier simple	
22	3		Limon légèrement argileux marron		Tarière ø63 mm	
21						
20	5					
19						
18						
17						
16						
15						
14						
13						
12						
11						
10						
9						
8						
7						
6						
5						
4						

**ANNEXE n°6 :
Coupe du carottage de la chaussée
existante**



Sondage carotté

CAR1

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateurs :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date du démarrage de l'essai :	23/09/2024		

Photographie du sondage carotté de la structure de chaussée existante



**ANNEXE n°7 :
Coupes des piézomètres**



PIEZOMETRE

Forage

PZ1

Date de début

18/10/2024

Altitude undefined

24.5 m

Dossier

2024.0257

Chantier

Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM

Prof. (m)	Figuré	Description	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Observation de forage
0.4		Terre végétale limoneuse				
7.8		Sables argileux				
10						



PIEZOMETRE

Forage

PZ2

Date de début

16/10/2024

Altitude undefined

23.5 m

Dossier

2024.0257

Chantier

Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM

Prof. (m)	Figuré	Description	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Observation de forage
0.4		Terre végétale limoneuse				
7.9		Limons sableux				
10		Sables argileux				



PIEZOMETRE

Forage

PZ3

Date de début

16/10/2024

Altitude undefined

23.5 m

Dossier

2024.0257

Chantier

Rue Auguste Bonte, Lambersart (59)

Description du dossier

Aménagement d'un quartier nouveau sur le site BONTE

Client

PROJECTIM

Prof. (m)	Figuré	Description	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Observation de forage
0.4		Terre végétale limoneuse				
7.6		Limons sableux				
10		Sables argileux				

ANNEXE n°8 :
Coupes des fouilles à la pelle
mécanique et essais d'infiltration



Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM1

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	PF
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	24/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,20	Profondeur (m) :	1,3
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,20

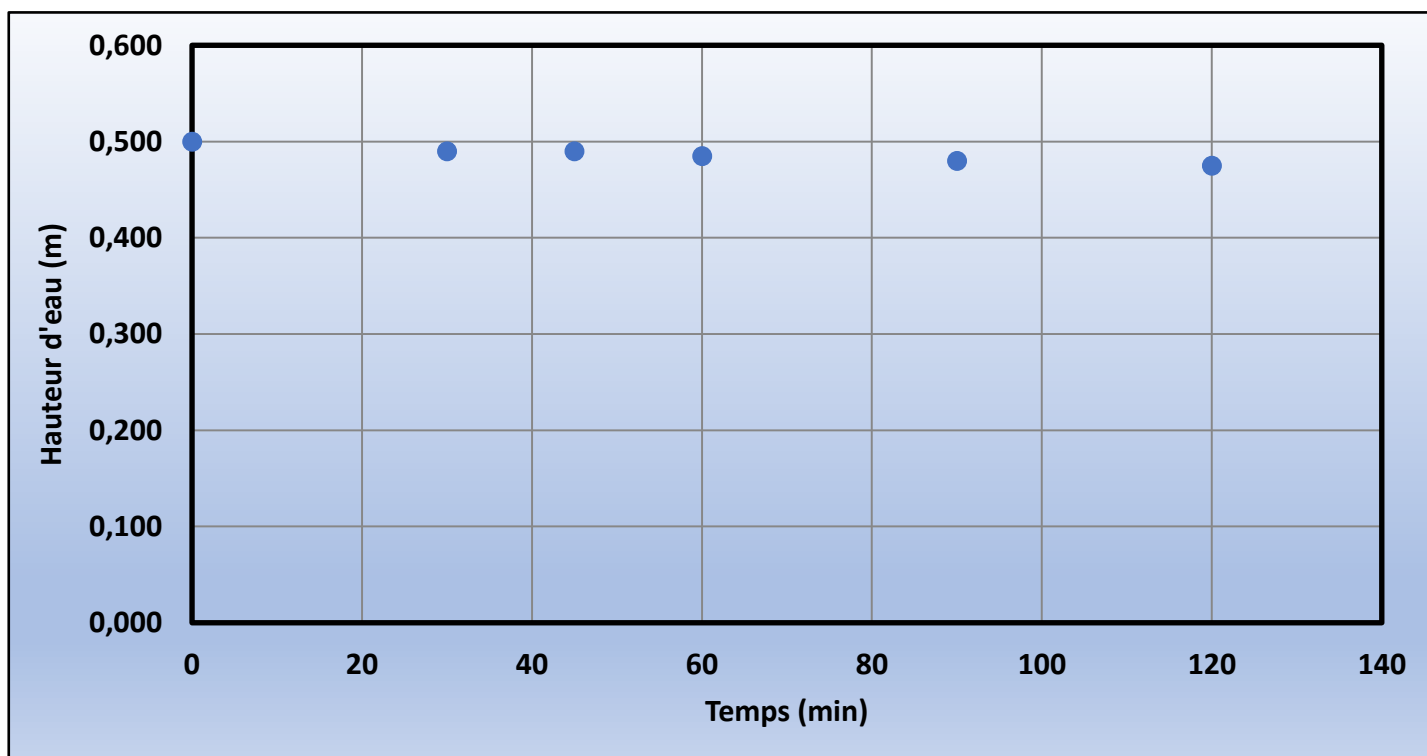
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,3	Terre végétale
0,3-1,3	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
30	49,0	0,490
45	49,0	0,490
60	48,5	0,485
90	48,0	0,480
120	47,5	0,475

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 1,01E-06





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM2

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	PF
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	24/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,20	Profondeur (m) :	1,1
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,20

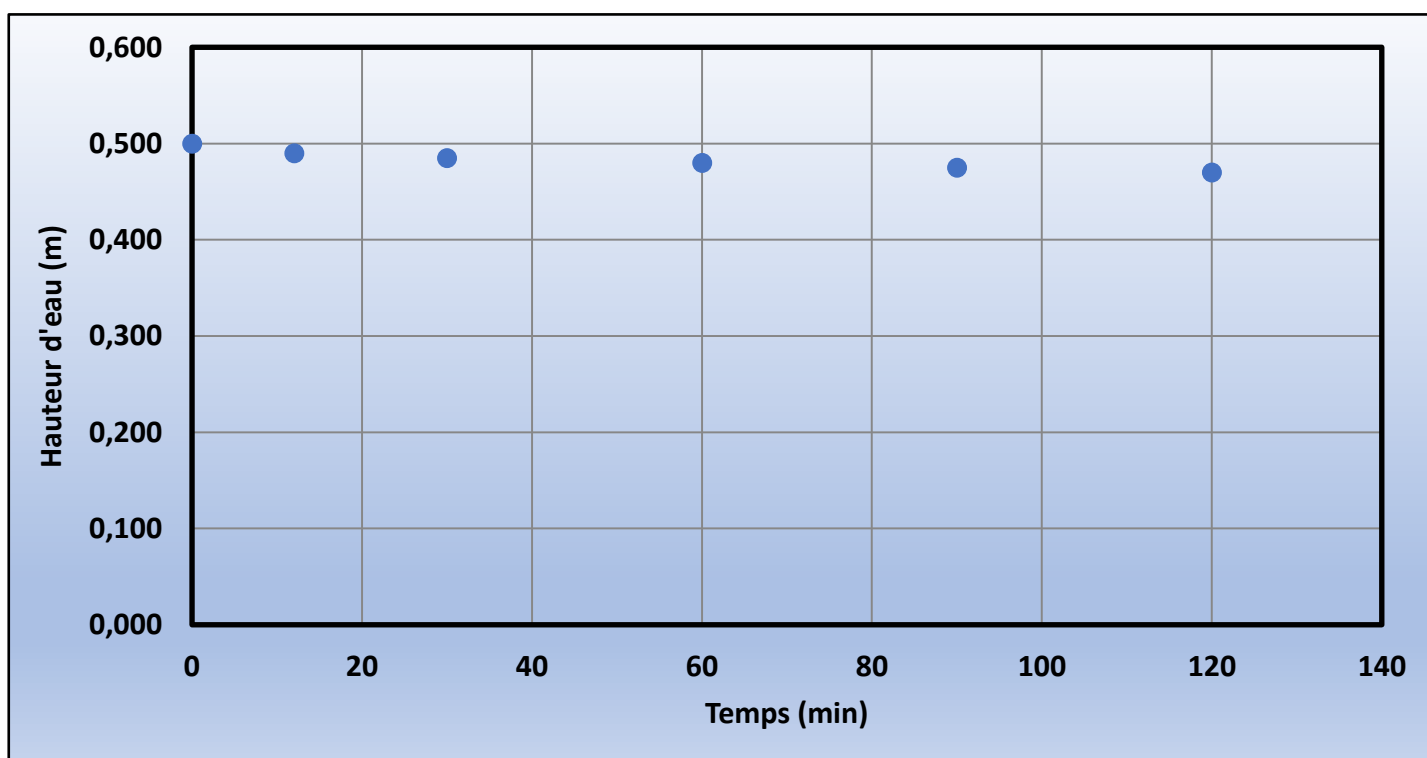
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,2	Terre végétale
0,2-1,1	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
12	49,0	0,490
30	48,5	0,485
60	48,0	0,480
90	47,5	0,475
120	47,0	0,470

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 1,22E-06





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM3

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	24/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,3
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

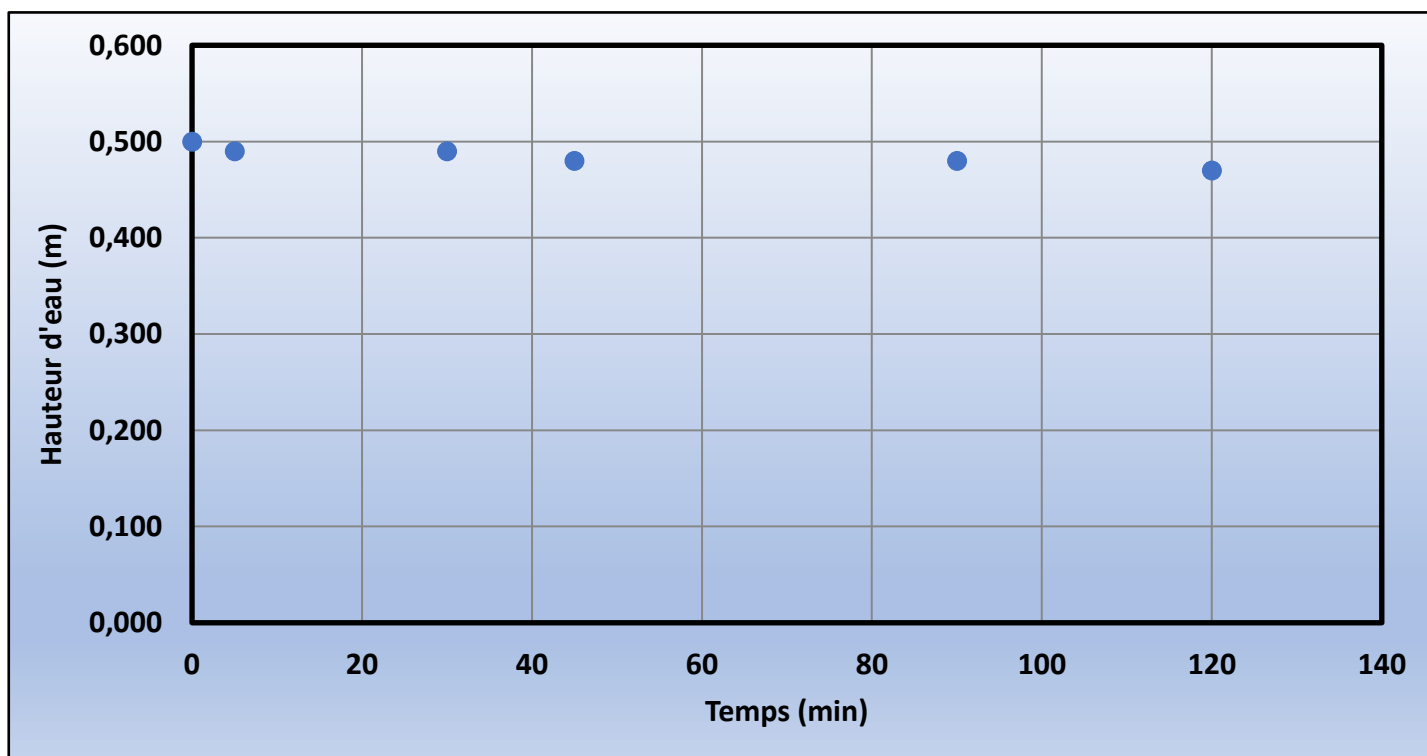
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,3	Terre végétale
0,3-1,3	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
5	49,0	0,490
30	49,0	0,490
45	48,0	0,480
90	48,0	0,480
120	47,0	0,470

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 1,28E-06





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM4

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	24/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,5
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

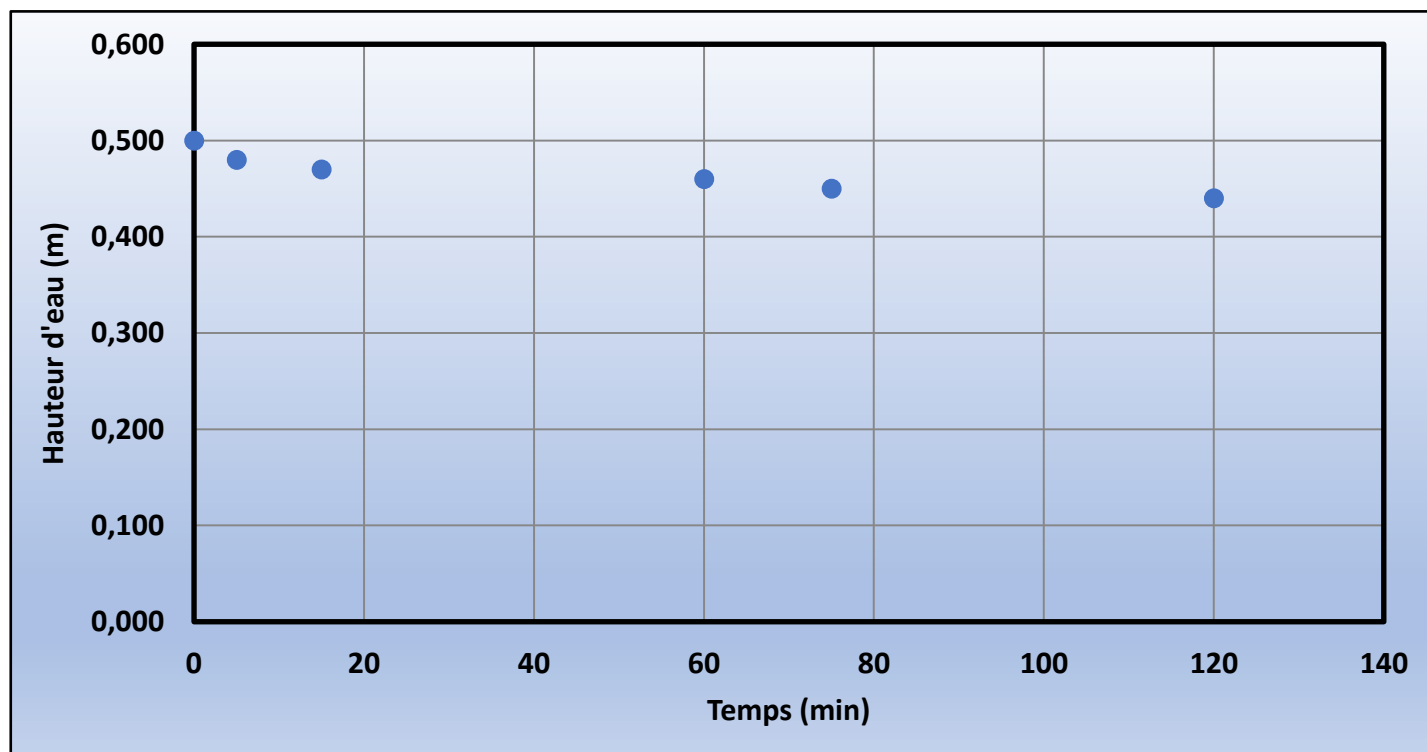
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,3	Terre végétale
0,3-0,5	Remblais limono-sableux marron
0,5-0,65	Remblais sablo-limoneux marron
0,65-1,5	Limon sableux marron clair

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
5	48,0	0,480
15	47,0	0,470
60	46,0	0,460
75	45,0	0,450
120	44,0	0,440

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 2,61E-06





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM5

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	23/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,3
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

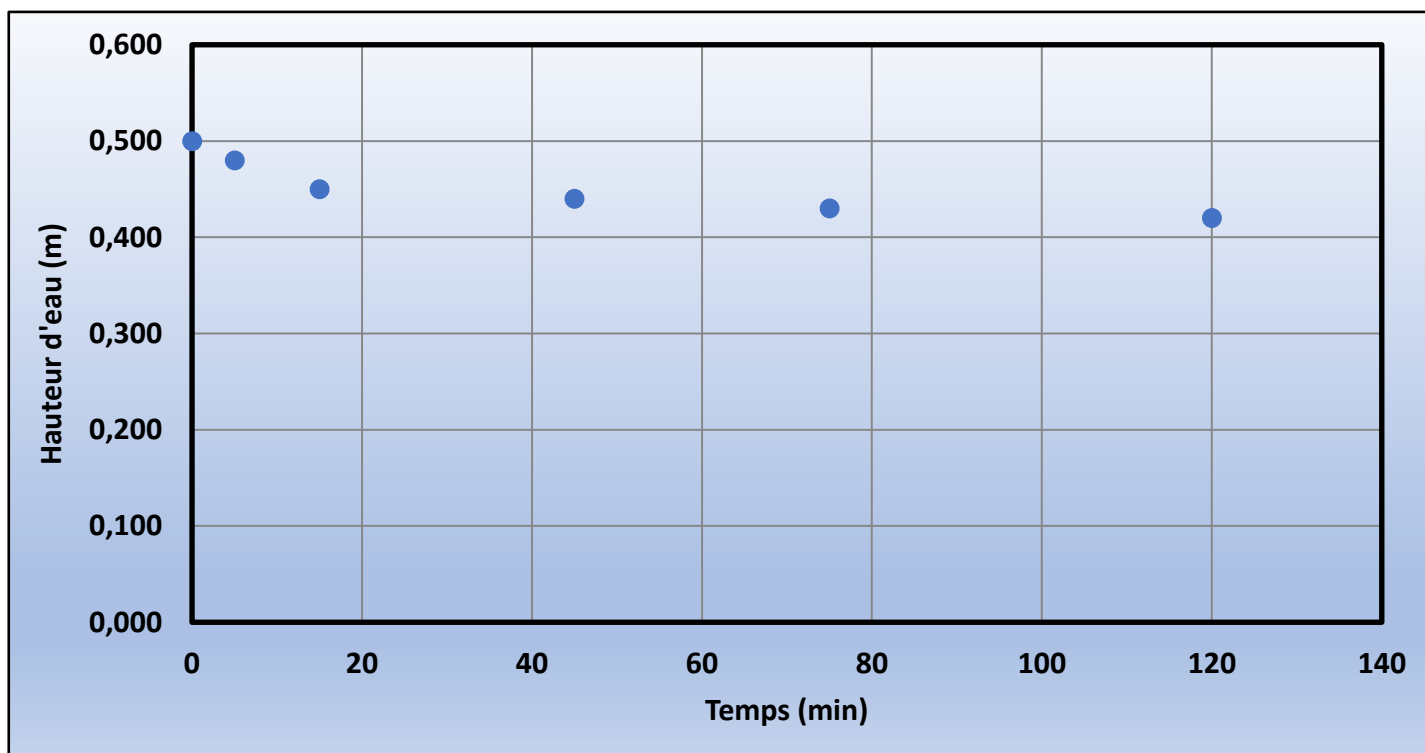
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,3	Terre végétale
0,3-0,5	Limon sableux marron
0,5-1,3	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
5	48,0	0,480
15	45,0	0,450
45	44,0	0,440
75	43,0	0,430
120	42,0	0,420

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 3,54E-06





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM6

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	23/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,3
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

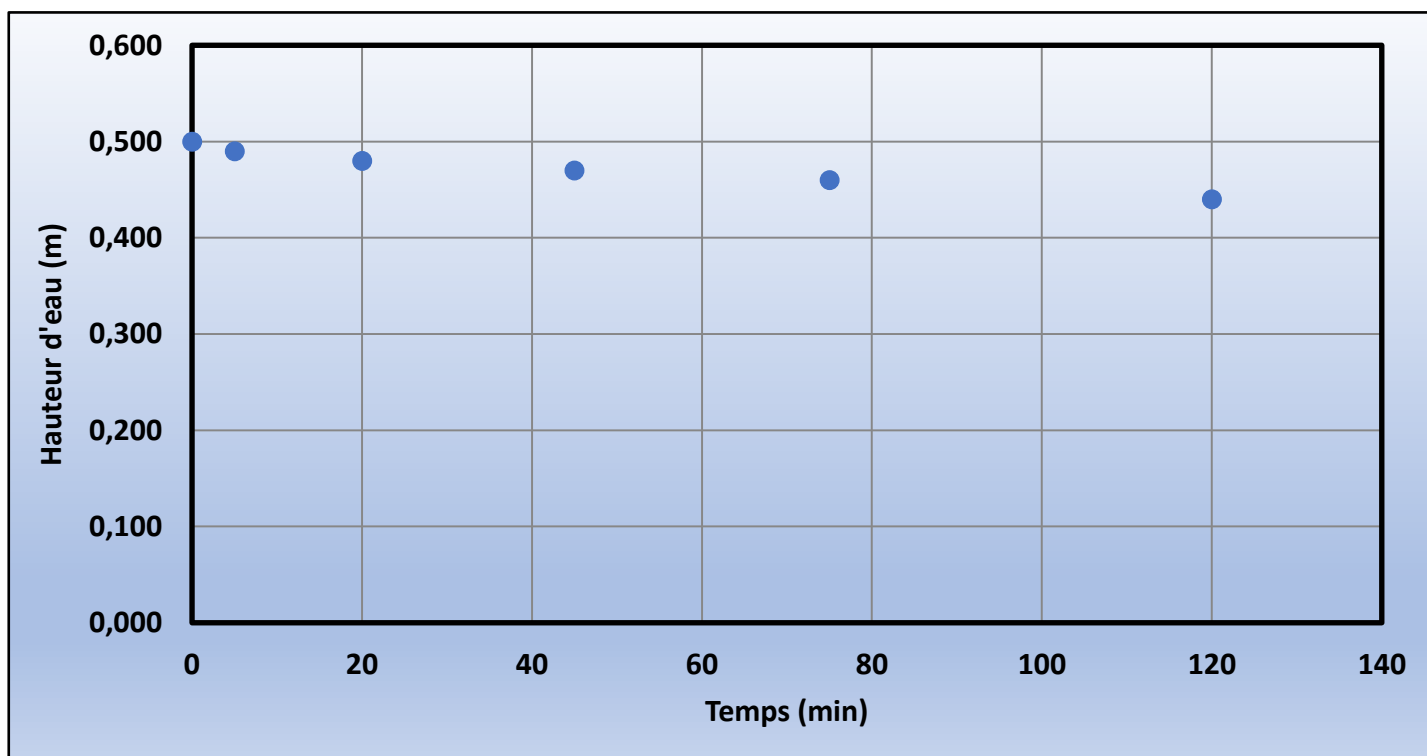
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,4	Terre végétale
0,4-1,3	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
5	49,0	0,490
20	48,0	0,480
45	47,0	0,470
75	46,0	0,460
120	44,0	0,440

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 2,61E-06





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM7

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	19/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,1
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

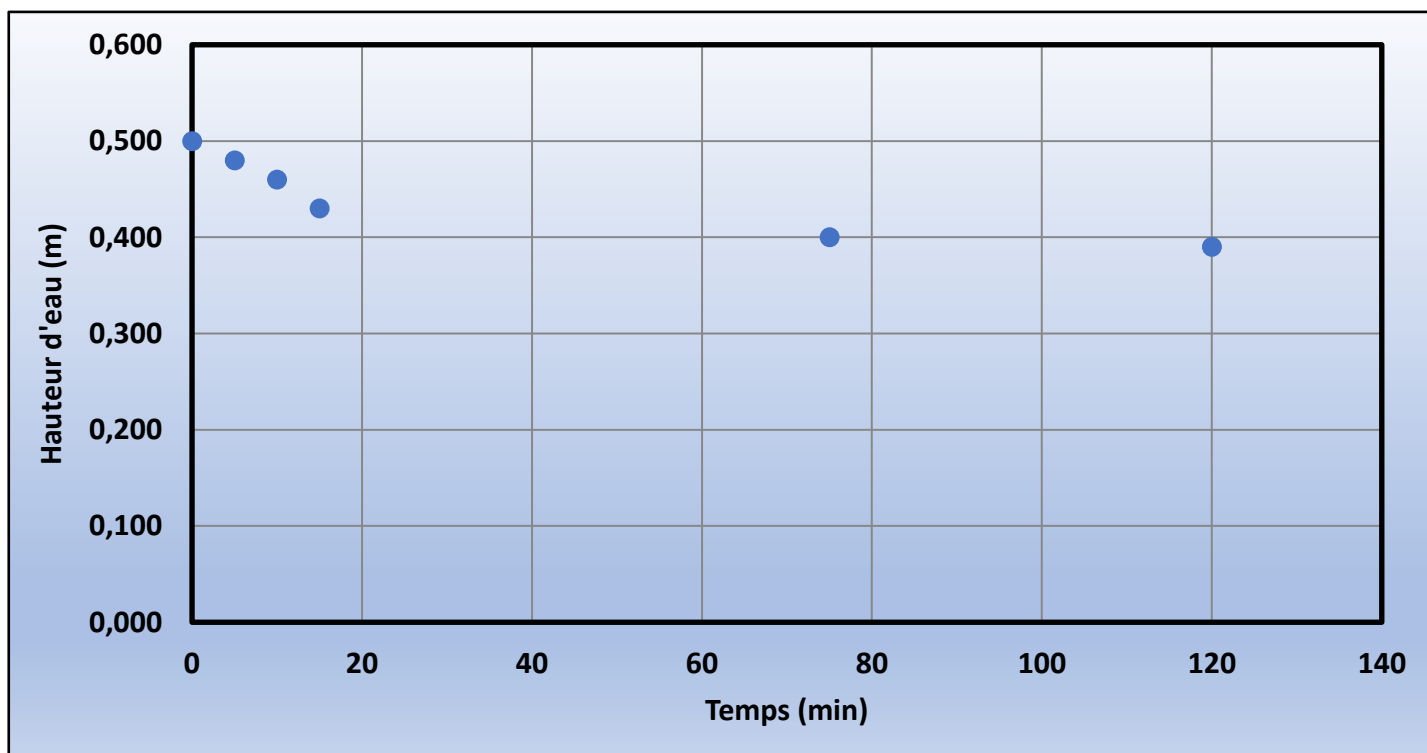
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,3	Terre végétale
0,3-0,4	Remblais limono-sableux marron, graviers hétérogènes
0,4-1,1	Limon sableux oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
5	48,0	0,480
10	46,0	0,460
15	43,0	0,430
75	40,0	0,400
120	39,0	0,390

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 4,98E-06





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM8

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	19/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,6
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

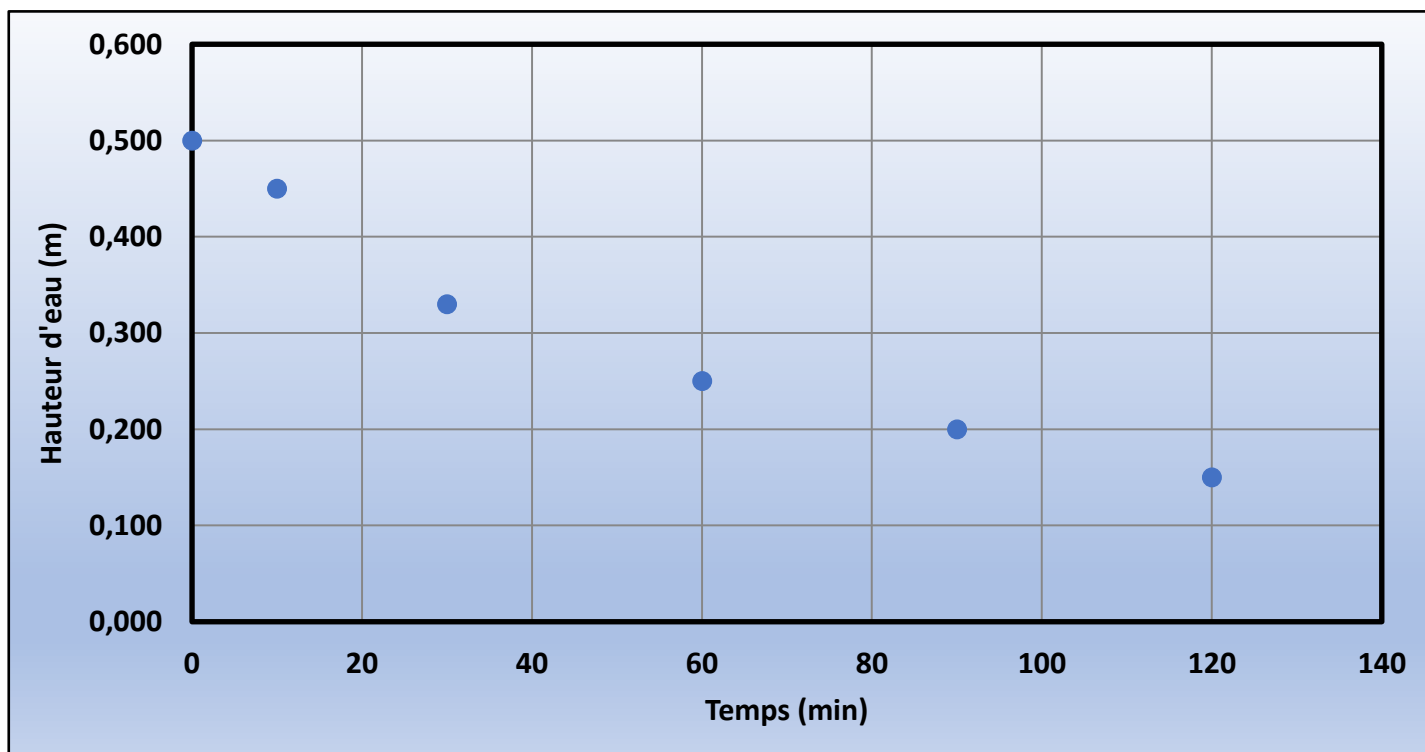
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,25	Terre végétale
0,25-0,3	Dalle béton
0,3-1,1	Remblais
1,1-1,6	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
10	45,0	0,450
30	33,0	0,330
60	25,0	0,250
90	20,0	0,200
120	15,0	0,150

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 2,00E-05



Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	19/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	2,0
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

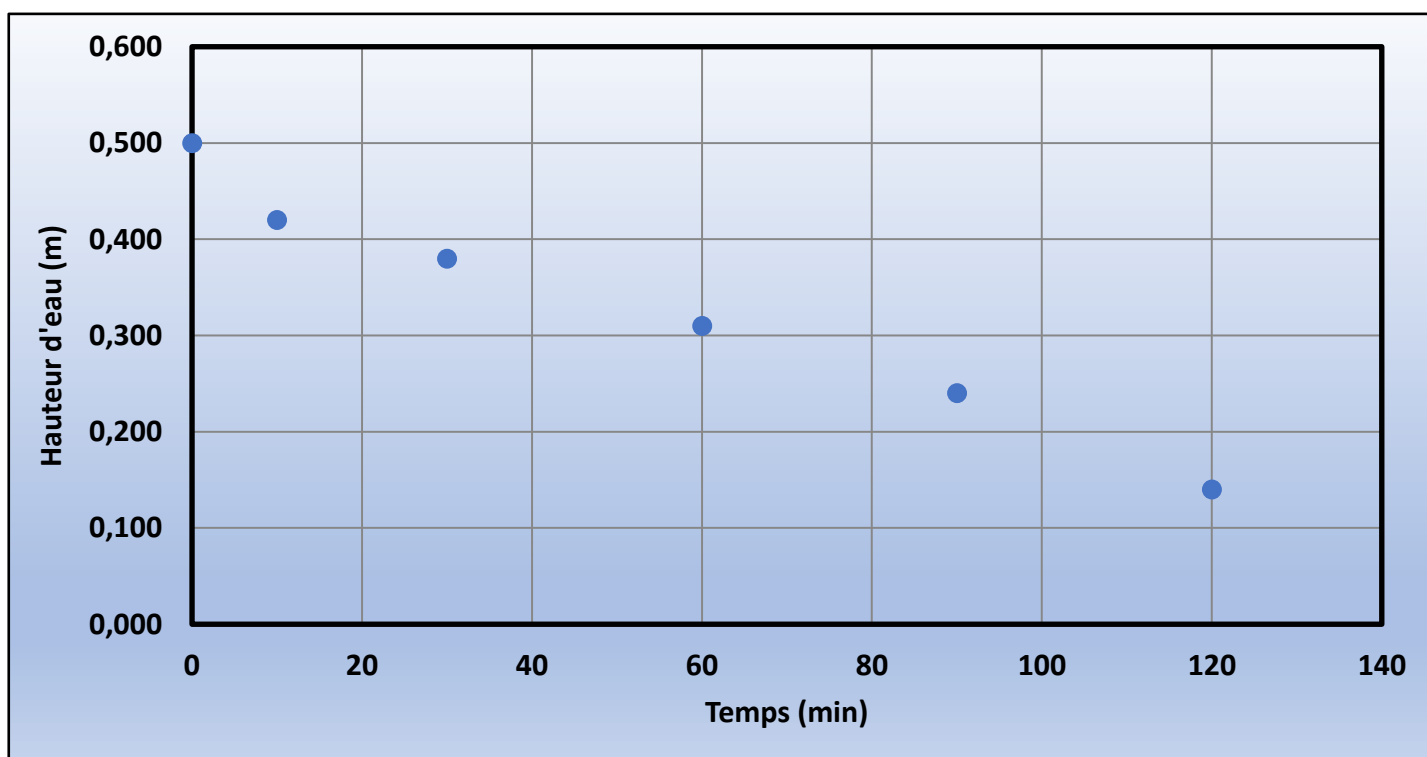
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,6	Terre végétale
0,6-1,1	Remblais briques, scories
1,1-1,3	Remblais
1,3-2	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
10	42,0	0,420
30	38,0	0,380
60	31,0	0,310
90	24,0	0,240
120	14,0	0,140

Coefficient de perméabilité K (m/s) : **2,09E-05**





Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse

Identification
de la fouille :

PM10

Référence dossier

N° dossier :	2024.0257	Opérateur(s) :	JN
Client :	PROJECTIM	Adresse du site :	LAMBERSART (59)
Date de l'essai :	23/09/2024		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,1
Largeur (m):	0,60	Coefficient géométrique de forme :	0,21

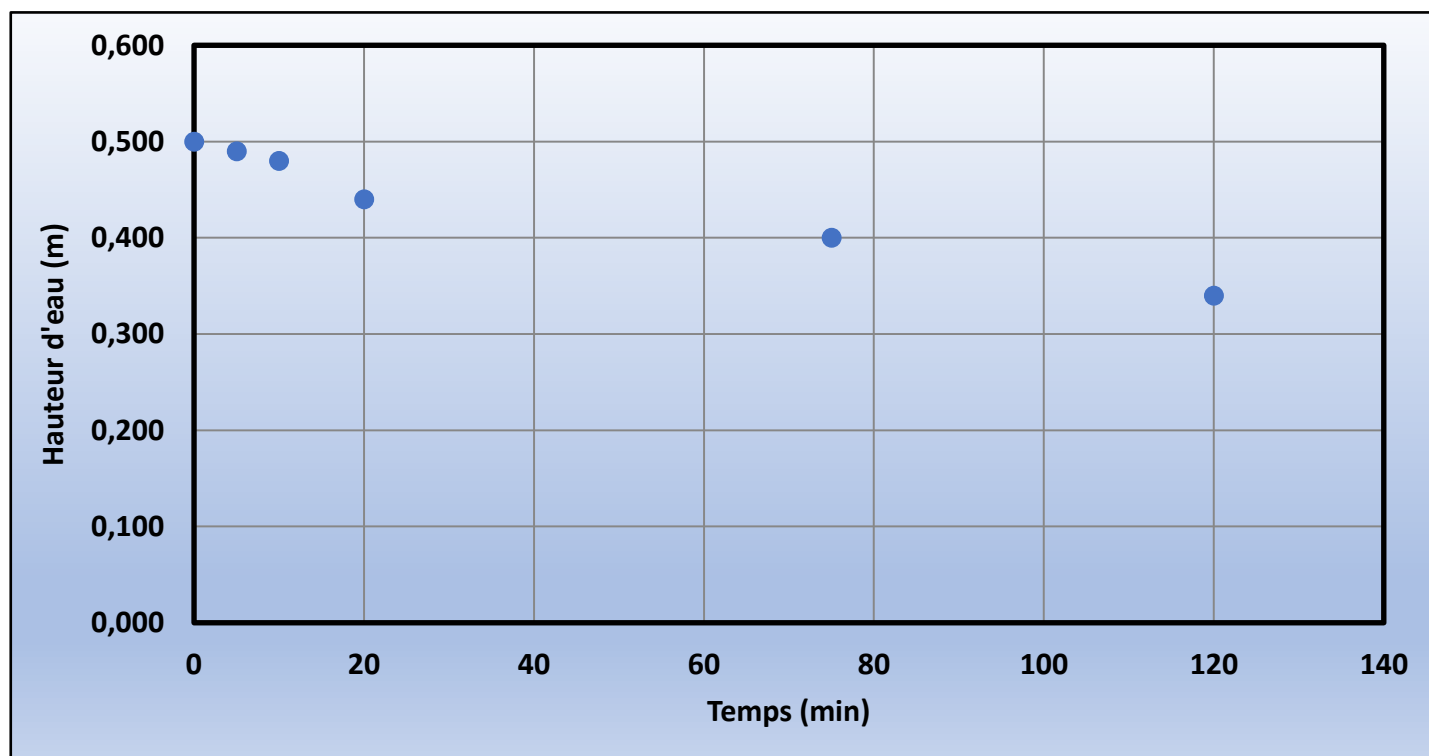
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0-0,4	Terre végétale
0,4-1,1	Limon sableux marron, oxydation

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
5	49,0	0,490
10	48,0	0,480
20	44,0	0,440
75	40,0	0,400
120	34,0	0,340

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 7,55E-06



**ANNEXE n°9 :
Feuille d'identification géotechnique
des sols**



SYNTHESE DES ESSAIS EN LABORATOIRE

SE.V01

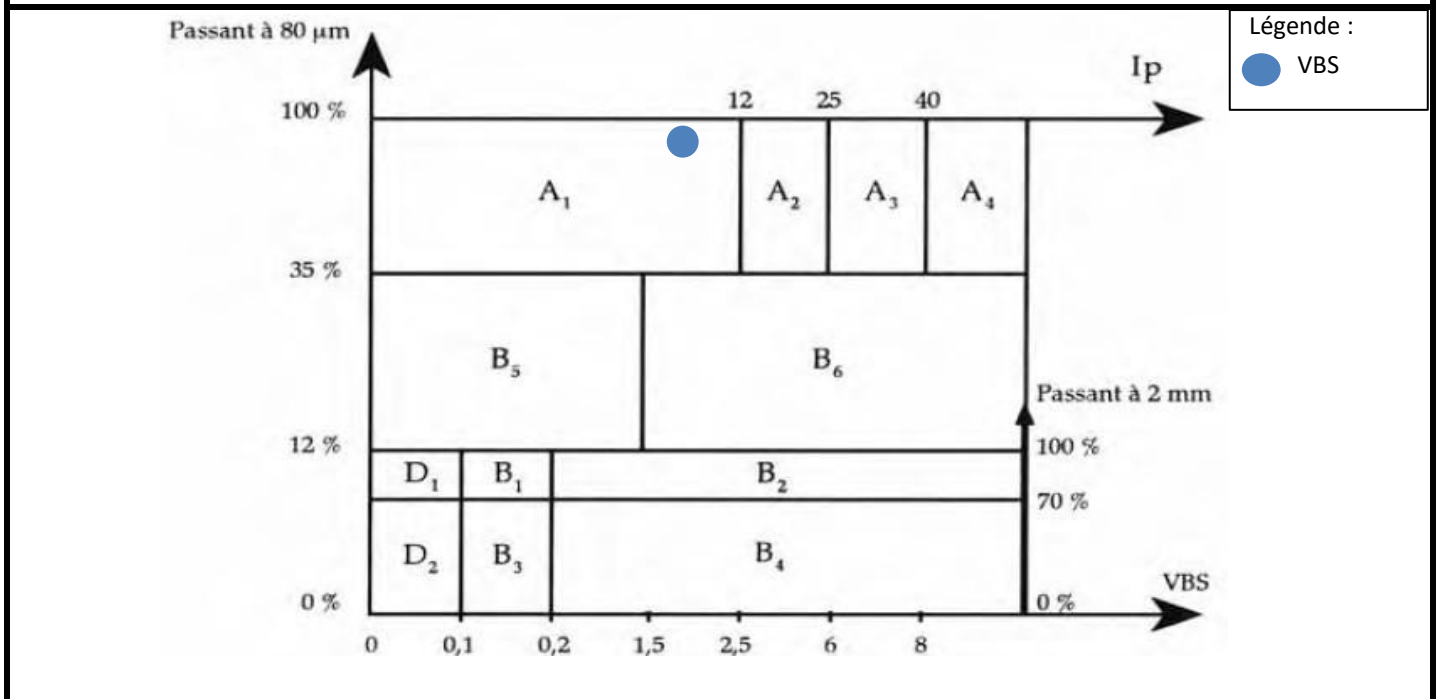
Client : PROJECTIM
Lieu : LAMBERSART (59)

Date : 18/10/2024
N°Affaire : 2024.0257

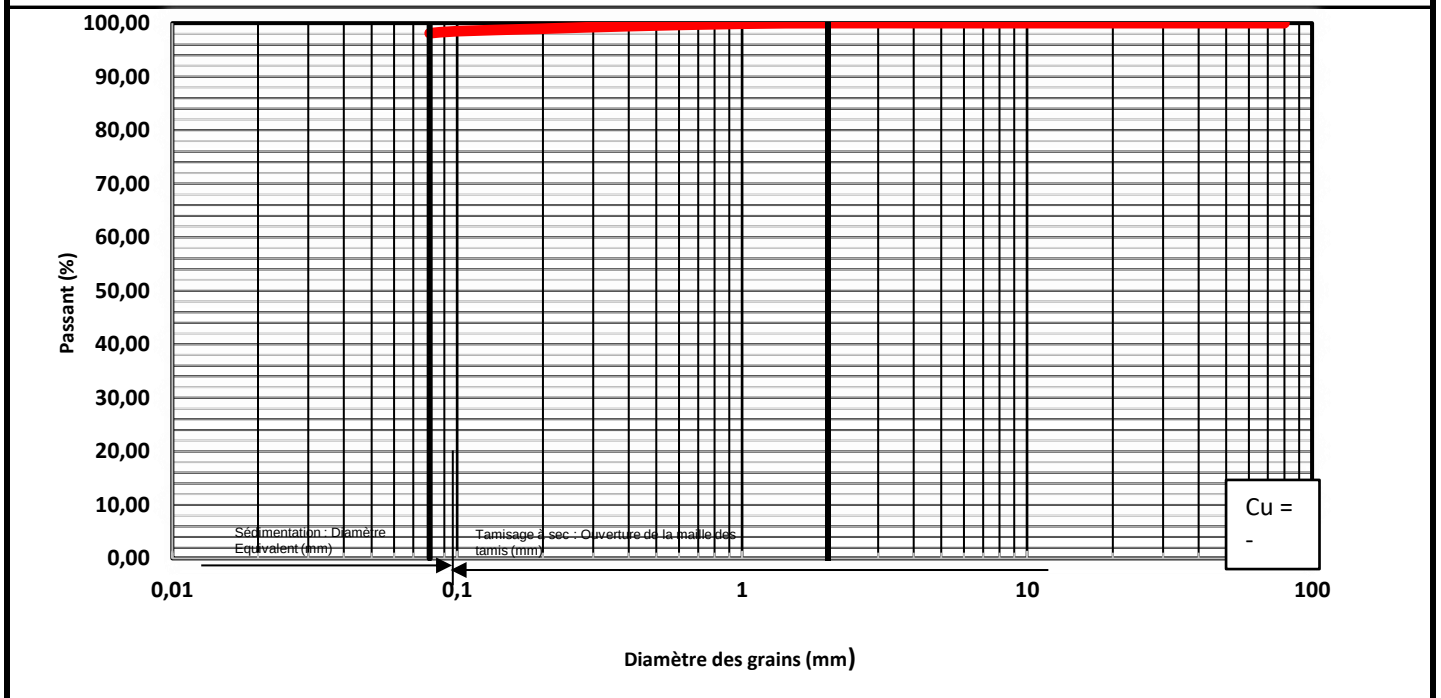
Essais en laboratoire			Teneur en eau	Densité		Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification	Limite de retrait	Matière org	Oedomètre		IPI	Cisaillement		
NORMES			94-050	94-053		94-051			94-056			94-068	11-300	94-060-1	-	94-090-1		94-078	94-071-1		
Forage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	d _s (-)	d _h (-)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)	W _R (%)	MO (%)	e ₀ (-)	Cc (-)	IPI (-)	ρ _s (Mg/m ³)	C _i (kPa)	Φ _i (°)
									50mm	2mm	80µm										
PR1	0,6-3,6	Limon	20,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,6-11,7	Limon argileux	23,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR2	0,6-1,5	Limon	21,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,6-5,0	Limon argileux	23,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR3	1,8-2,3	Limon	26,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,3-3,5	Limon	19,8	-	-	-	-	-	-	98,7	94,8	2,7	A2	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,5-5,5	Limon argileux	23,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR4	0,1-1,8	Limon	21,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,8-4,5	Limon argileux	24,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
R1	1,0-1,5 m	Limon	17,53	-	-	-	-	100,0	98,1	1,94	A1

Diagramme de classification GTR

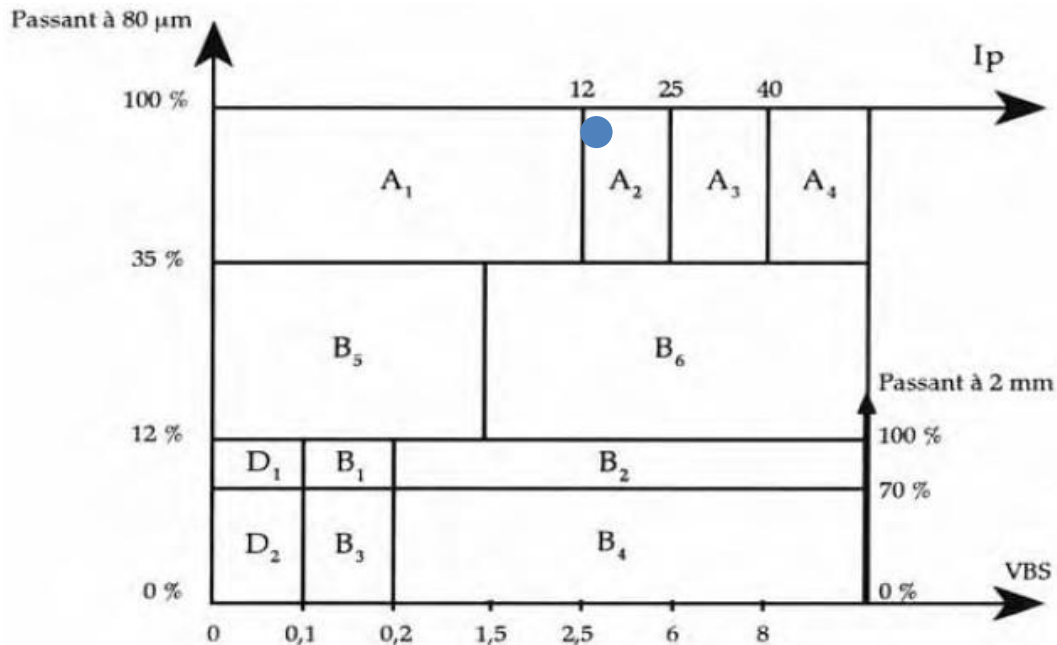


Courbe granulométrique



Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
R2	1,2-2,0 m	Limon	12,36	-	-	-	-	-	-	2,52	A2

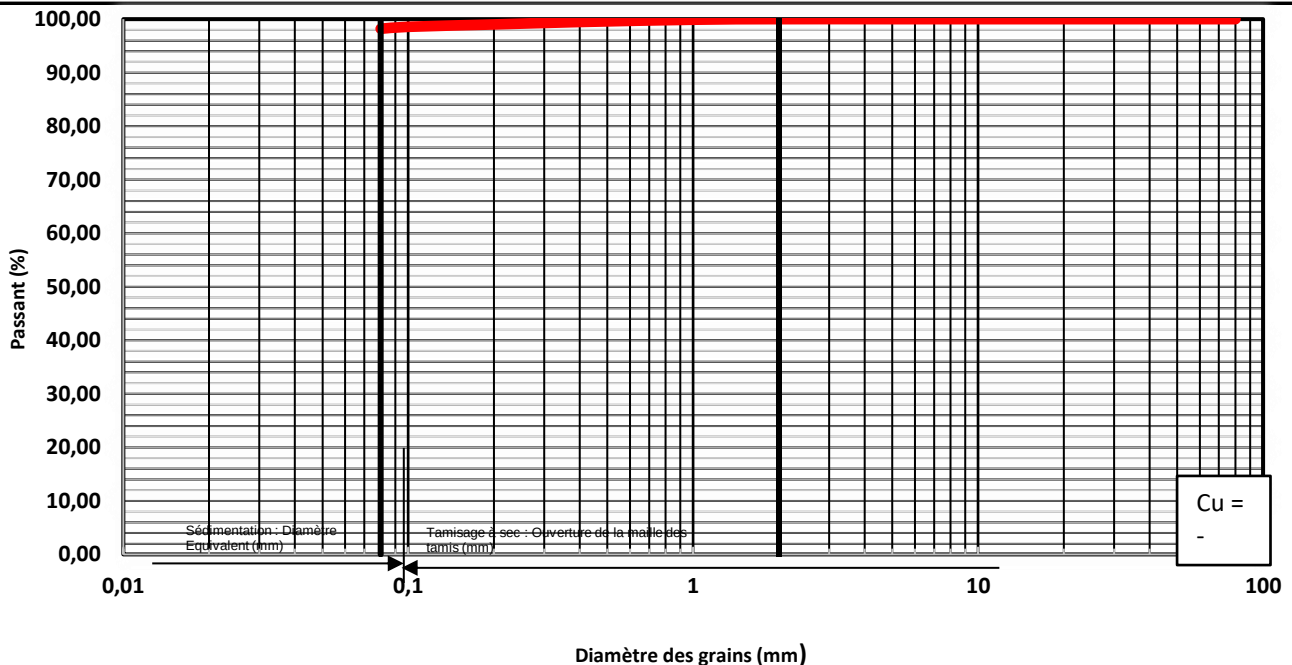
Diagramme de classification GTR



Légende :

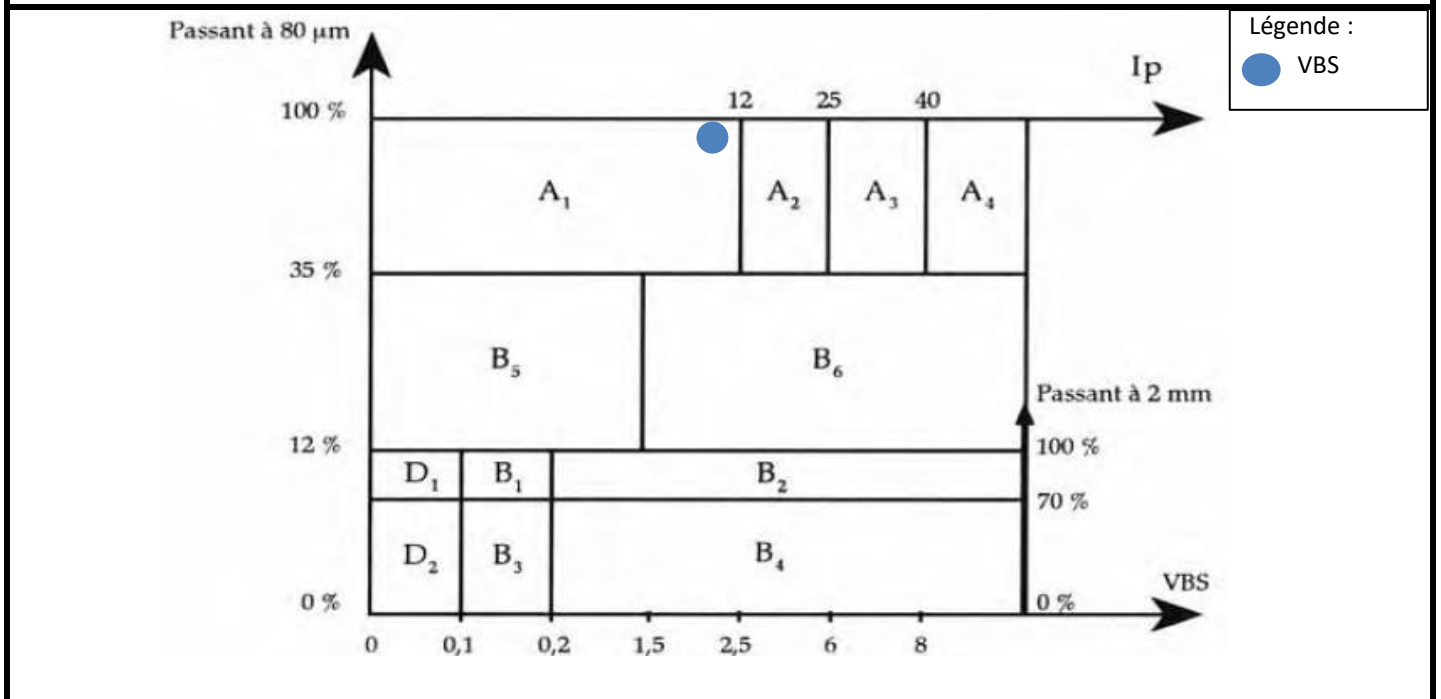
● VBS

Courbe granulométrique

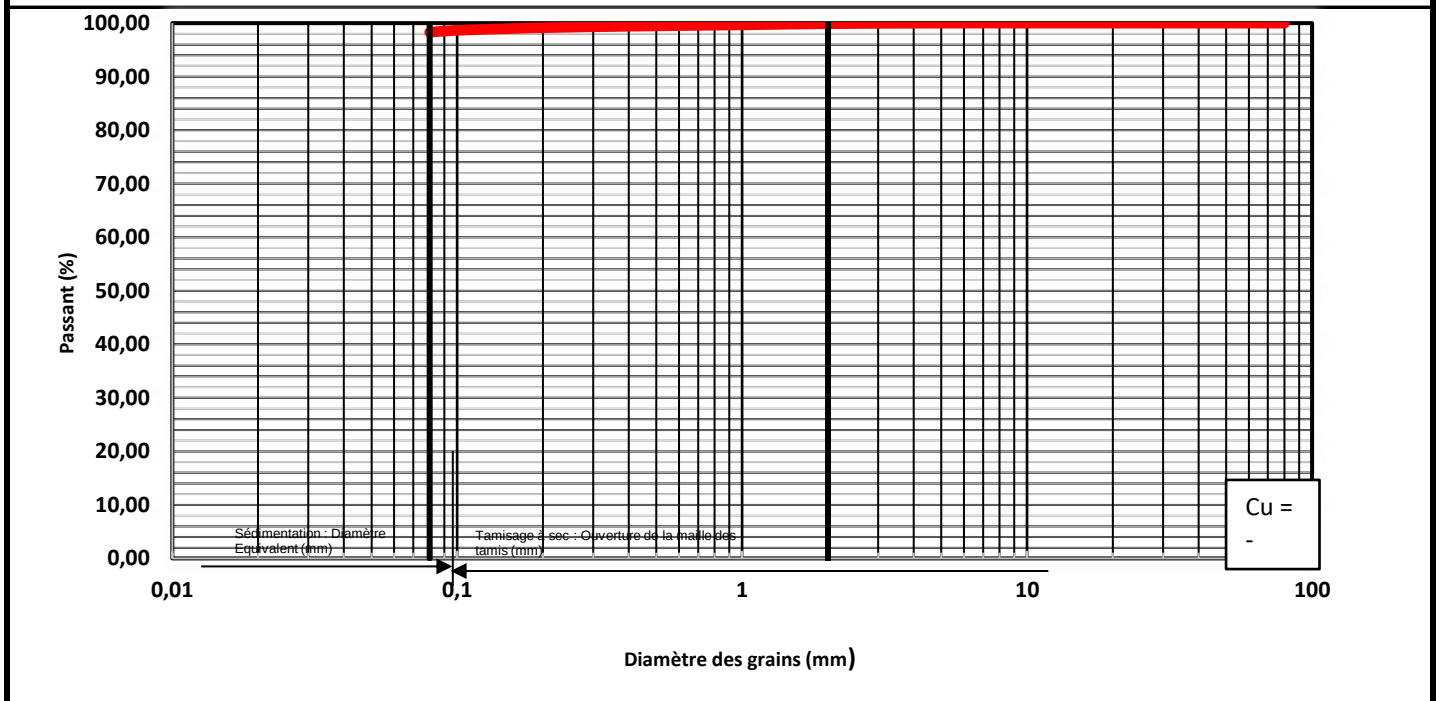


Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
R3	2,0-3,0	Limon	21,12	-	-	-	-	99,9	98,3	2,32	A1

Diagramme de classification GTR

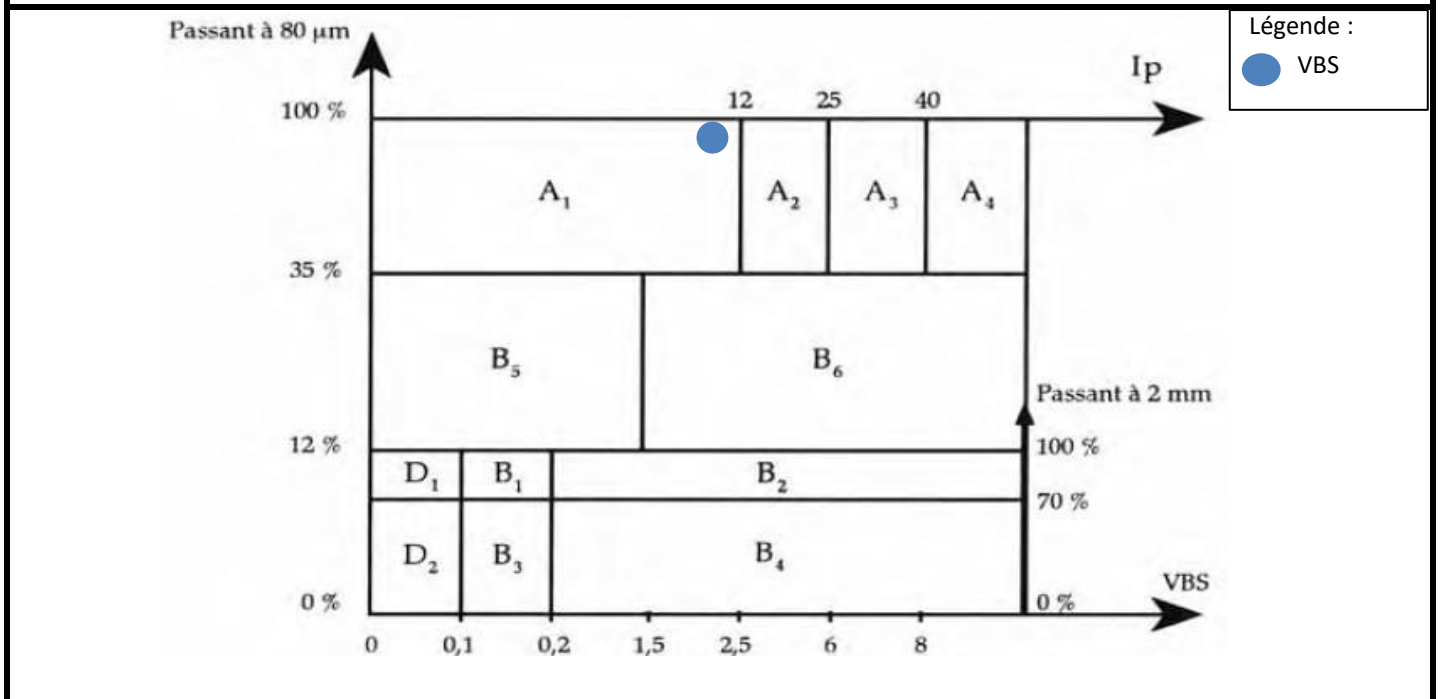


Courbe granulométrique

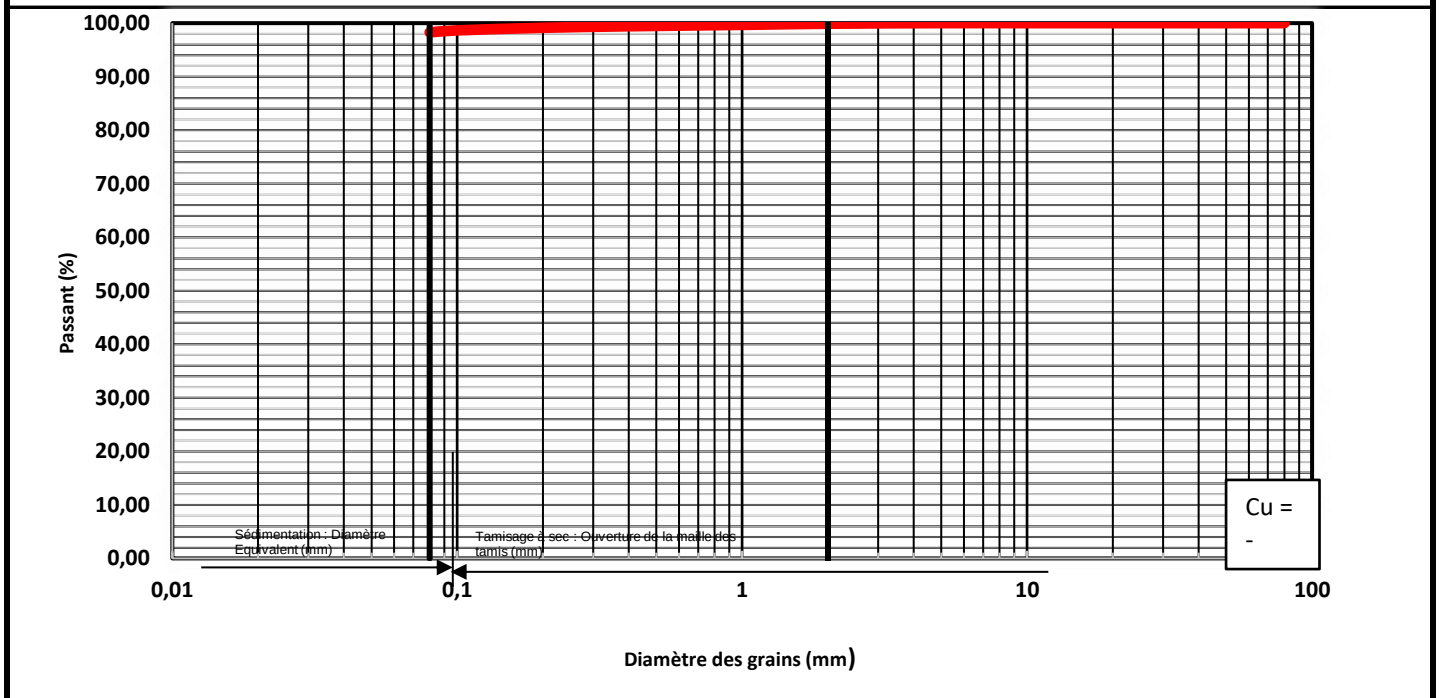


Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
R4	2,5-3,0	Limon	24,23	-	-	-	-	-	-	2,32	A1

Diagramme de classification GTR

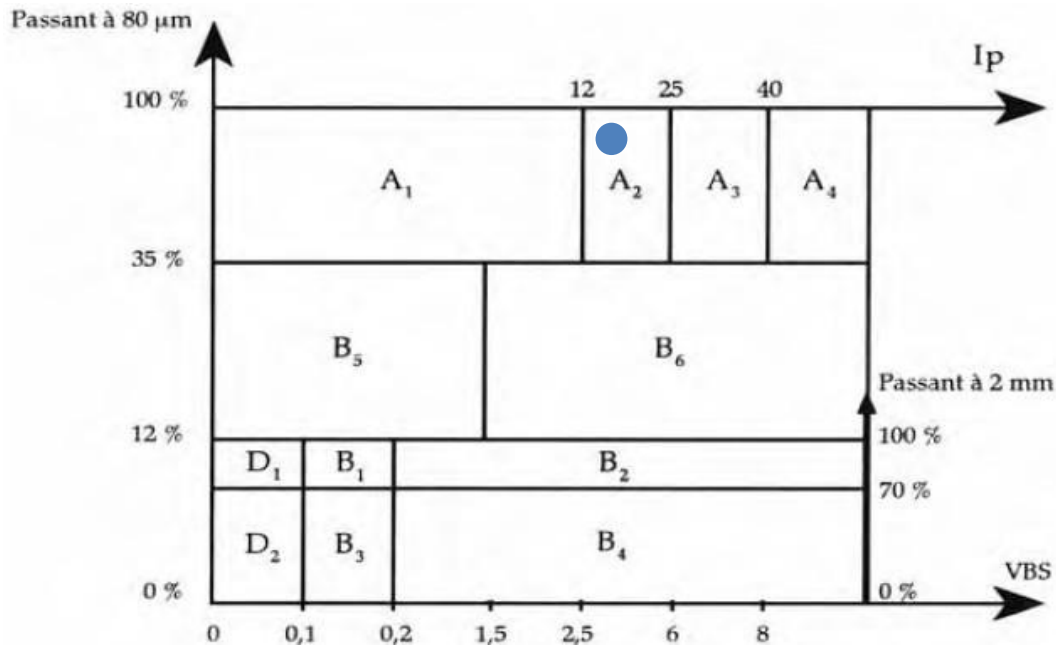


Courbe granulométrique

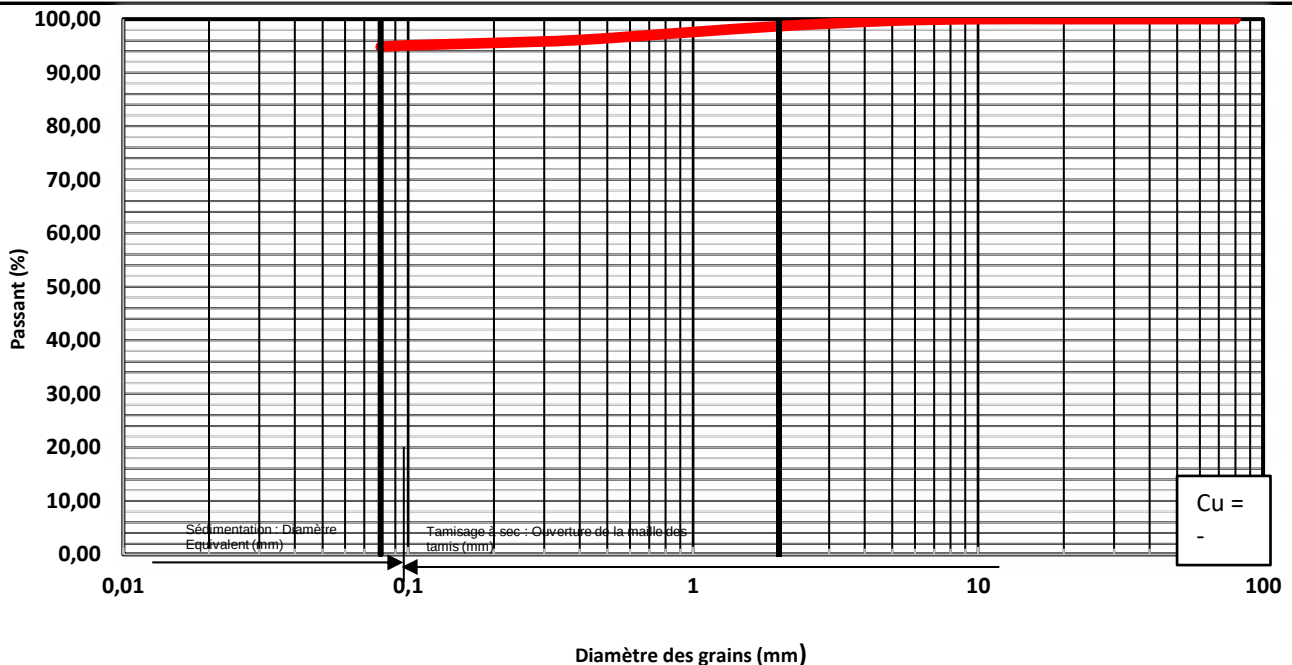


Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
PR3	2,3-3,5	Limon	19,77	-	-	-	-	98,7	94,8	2,70	A2

Diagramme de classification GTR

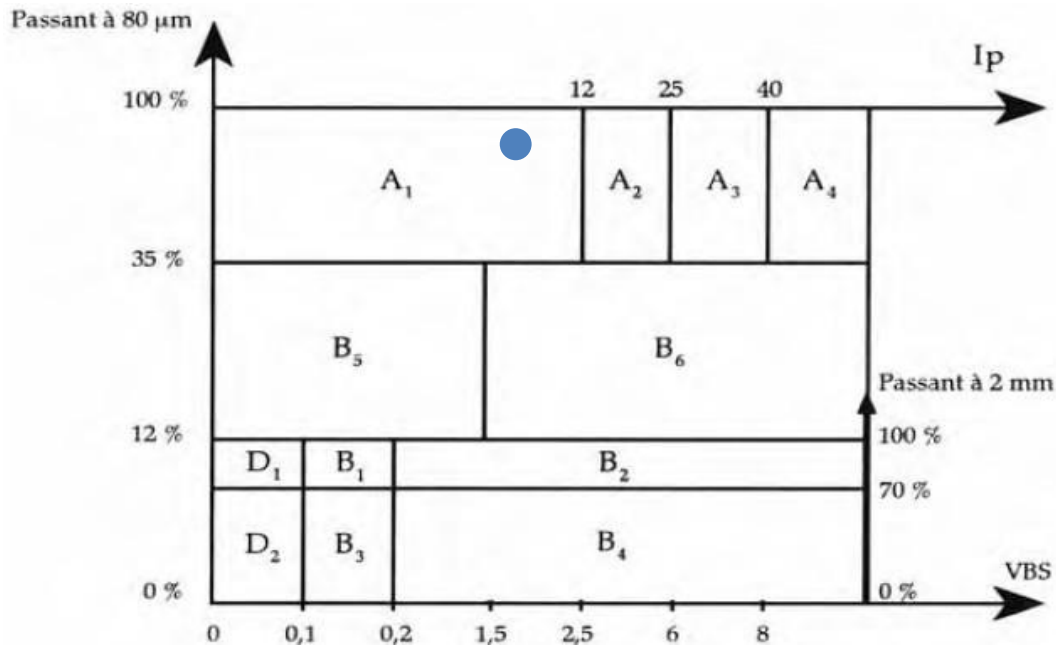


Courbe granulométrique

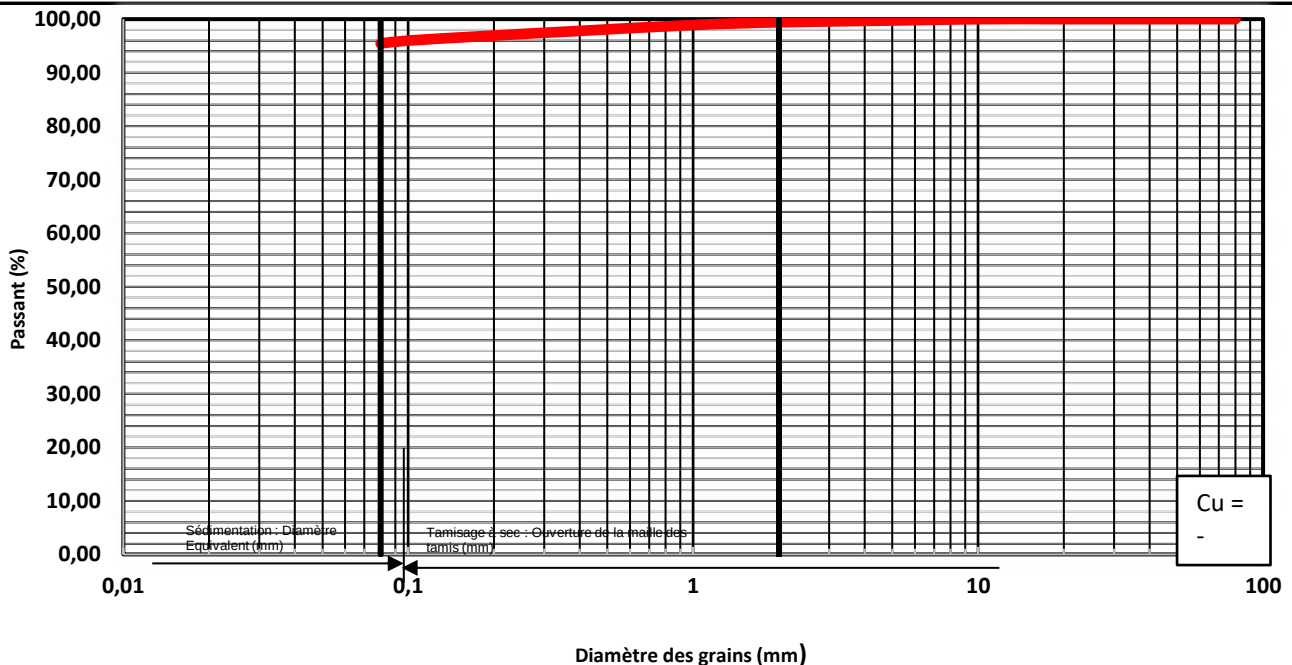


Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
PM1	0,3-1,3	Limon	20,25	-	-	-	-	99,4	95,5	1,93	A1

Diagramme de classification GTR

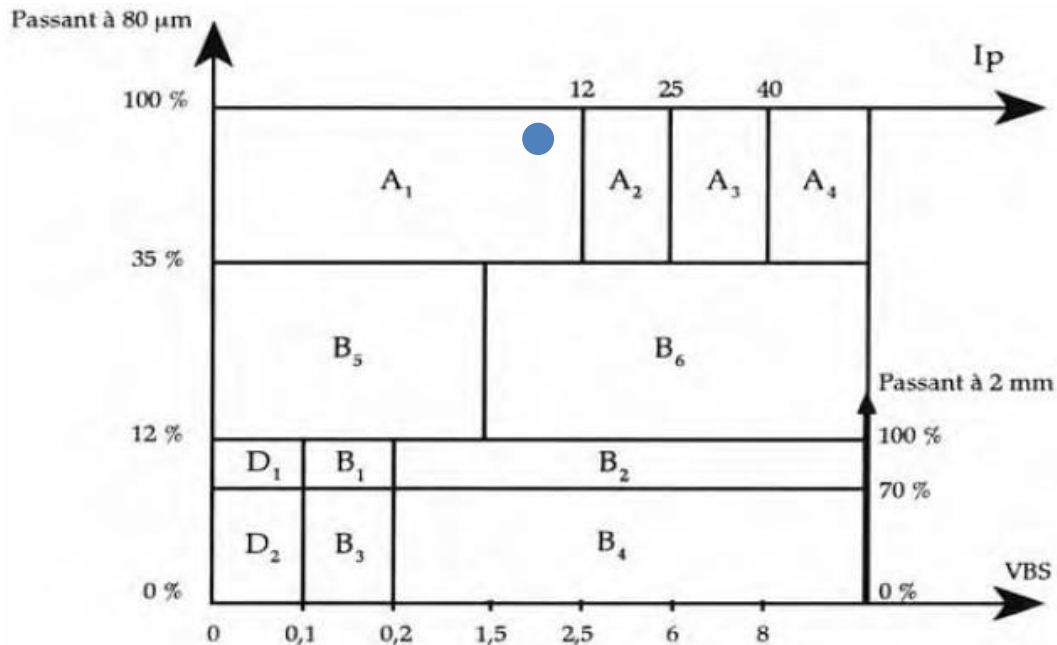


Courbe granulométrique

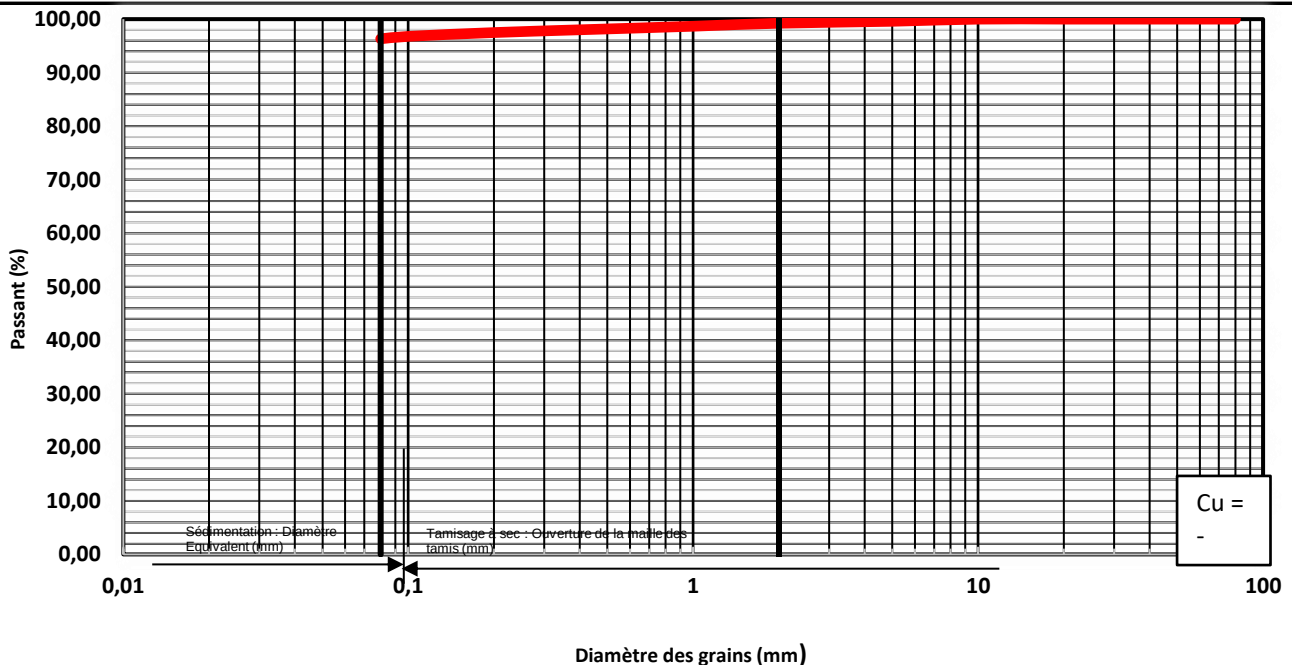


Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
PM4	0,3-0,5	Limon	22,02	-	-	-	-	99,2	96,3	2,31	A1

Diagramme de classification GTR

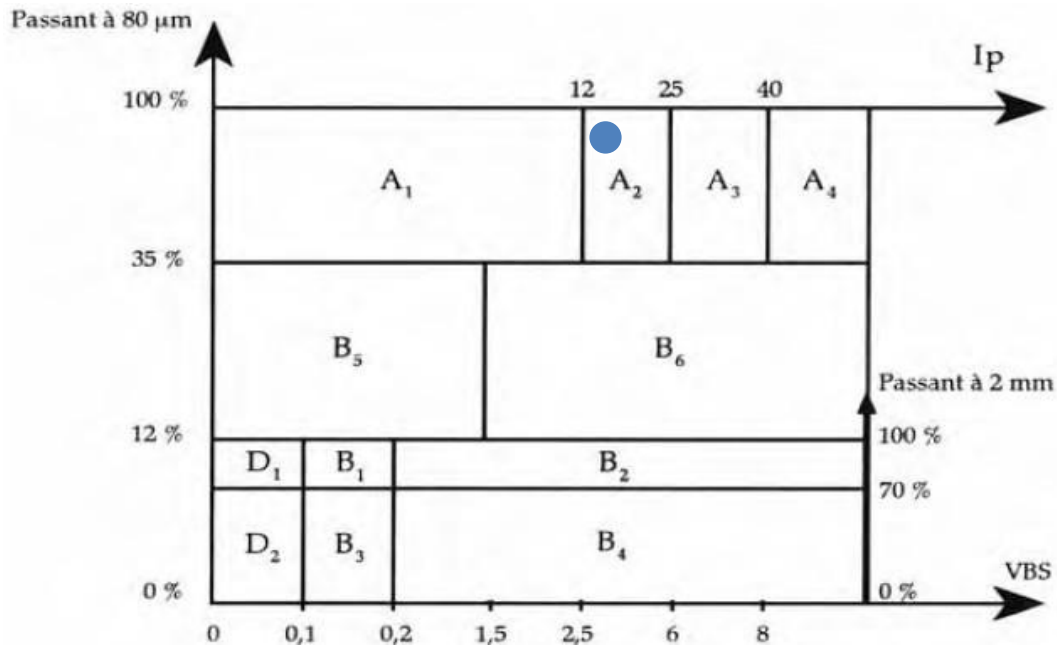


Courbe granulométrique

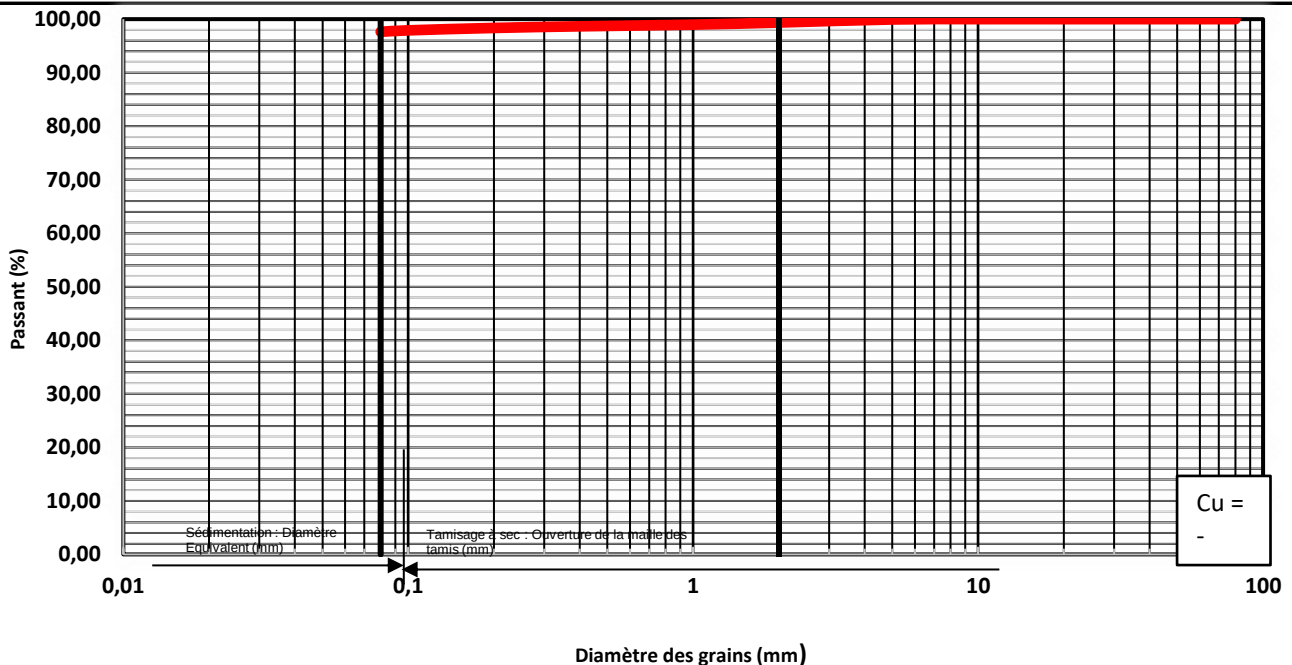


Essais en laboratoire			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			Granulométrie par tamisage			Valeur au bleu	Classification
NORMES			17892-1	17892-12			17892-4			94-068	11-300
Sondage	Prof (m)	Nature	W _n (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	% de passant			VBS (-)	GTR (-)
							50mm	2mm	80µm		
PM8	1,1-1,6	Limon	19,38	-	-	-	-	99,4	97,6	2,71	A2

Diagramme de classification GTR



Courbe granulométrique



**ANNEXE n°10 :
Résultats des mesures physico-
chimiques (EUROFINS)**

APOGEO**Timothée LECLERCQ**

Parc d'entreprises de la Motte au Bois

Rue Pierre Jacquart

62440 HARNES

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E189804

Version du : 28/10/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-225787-01

Date de réception technique : 10/10/2024

Première date de réception physique : 10/10/2024

Référence Dossier : N° Projet : 2024.0257 - 201889

Nom Projet : 2024.0257 - 201889

Nom Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

Référence Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

Coordinateur de Projets Clients : Marion Baumgarten / MarionBaumgarten@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	PM5 0.50-1.30
002	Sol	(SOL)	PM9 1.30-2.00

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E189804

Version du : 28/10/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-225787-01

Date de réception technique : 10/10/2024

Première date de réception physique : 10/10/2024

Référence Dossier : N° Projet : 2024.0257 - 201889

Nom Projet : 2024.0257 - 201889

Nom Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

Référence Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001
PM5
0.50-1.30
SOL

19/09/2024

10/10/2024

15.9°C

002
PM9
1.30-2.00
SOL

19/09/2024

10/10/2024

15.9°C

Sous-traitance

 EM00B : **Sulfates solubles dans l'acide (SO4) -
Agressivité sur béton**

Sulfate dans l'acide (SO4) Agressivité	mg/kg	328	446
Béton			
Classe d'agressivité selon NF EN 206		< XA1	< XA1

EM005 : Degré d'acidité des sols selon BAUMANN GULLY	ml/kg M.S.	20	<20
---	------------	----	-----



Marion Medina
Coordinatrice Projets Clients

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E189804

Version du : 28/10/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-225787-01

Date de réception technique : 10/10/2024

Première date de réception physique : 10/10/2024

Référence Dossier : N° Projet : 2024.0257 - 201889

Nom Projet : 2024.0257 - 201889

Nom Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

Référence Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

Annexe technique

Dossier N° :24E189804

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-225787-01

Emetteur : Monsieur Timothée LECLERCQ

Commande EOL : 006-10514-1209433

Nom projet : N° Projet : 2024.0257 - 201889

Référence commande : 2024.0257 - 201889 -

2024.0257 - 201889

CS329-01-001329

Nom Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
EM005	Degré d'acidité des sols selon BAUMANN GULLY	Titrimétrie - NF EN 16502	20		ml/kg M.S.	Prestation soustraite à Eurofins Analyses Des Matériaux Et Combustibles Fr
EM00B	Sulfates solubles dans l'acide (SO4) - Agressivité sur béton Sulfate dans l'acide (SO4) Agressivité Bét Classe d'agressivité selon NF EN 206	Gravimétrie - NF EN 196-2 - NF EN 206	100		mg/kg	

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flacons des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 24E189804

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-225787-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-1209433

Nom projet : N° Projet : 2024.0257 - 201889
2024.0257 - 201889

Référence commande : 2024.0257 - 201889 -
CS329-01-001329

Nom Commande : 2024.0257 - 201889 - CS329-01-001329

Sol

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique ⁽¹⁾	Date de Réception Technique ⁽²⁾	Code-Barre	Nom Flacon
001	PM5 0.50-1.30	19/09/2024 06:00:00	10/10/2024	10/10/2024	P09577798	Seau Lixi
002	PM9 1.30-2.00	19/09/2024 06:02:00	10/10/2024	10/10/2024	P09577796	Seau Lixi

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS
Département Environnement

5 rue d'Otterswiller
67700 SAVERNE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-EM-016607-01 Version du : 28/10/2024

Page 1/2

Dossier N° : 24Q008482

Date de réception : 16/10/2024

Référence Dossier :

Référence Commande : EUFRSA200149719

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Préleveur
001	Sols	24E189804-001	Client

Conservation de vos échantillons

Les échantillons seront conservés pendant 1 mois après la date d'édition du rapport. Sans avis contraire, ils seront détruits après cette période sans aucune communication de notre part.

EUROFINS ANALYSES DES MATERIAUX ET COMBUSTIBLES France SAS

3 rue d'Otterswiller
67700 Saverne
SAS au capital de 115 750 €
APE 7120B RCS SAVERNE 529294100
TVA FR72529294100
Tél 03 88 021 562 - fax 03 88 916 531
Mail : Materiaux@Eurofins.com

ACCREDITATION
N° 1- 6313
Portée disponible sur
www.cofrac.fr



RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-EM-016607-01 Version du : 28/10/2024 Page 2/2
 Dossier N° : 24Q008482 Date de réception : 16/10/2024
 Référence Dossier :
 Référence Commande : EUFRSA200149719

N° Echantillon : **24Q008482-001** Référence : 24E189804-001
 Date de prélèvement : 19/09/2024
 Début d'analyse : 24/10/2024
 Description échantillon : PM5 0.50-1.30 -

Essais Chimiques

	Résultat	Unité	Limite
EM005 : Degré d'acidité des sols selon BAUMANN GULLY Prestation réalisée sur le site de * Saverne COFRAC ESSAIS 1-6313 Titrimétrie - NF EN 16502	20	ml/kg M.S.	
EM00B : Sulfates solubles dans l'acide (SO4) - Agressivité sur béton Prestation réalisée sur le site de Saverne COFRAC ESSAIS 1-6313 Gravimétrie - NF EN 196-2 - NF EN 206			
Sulfate dans l'acide (SO4) Agressivité Béton *	328	mg/kg	
Classe d'agressivité selon NF EN 206 *	< XA1		

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 page(s).

Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable de la représentativité des échantillons. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.

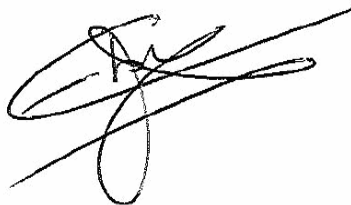
Les résultats non conformes aux limites ou références de qualité sont signalés par un rond noir ●.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée en observation.

Les résultats précédés du signe "<" correspondent à des limites de quantification. Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec k = 2) sont disponibles sur demande. Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

MS : Matières Sèches
 P.B. : Produit Brut



Anne Eber
 Technicienne de Laboratoire

EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS
Département Environnement

5 rue d'Otterswiller
67700 SAVERNE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-EM-016608-01 Version du : 28/10/2024

Page 1/2

Dossier N° : 24Q008482

Date de réception : 16/10/2024

Référence Dossier :

Référence Commande : EUFRSA200149719

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Préleveur
002	Sols	24E189804-002	Client

Conservation de vos échantillons

Les échantillons seront conservés pendant 1 mois après la date d'édition du rapport. Sans avis contraire, ils seront détruits après cette période sans aucune communication de notre part.

EUROFINS ANALYSES DES MATERIAUX ET COMBUSTIBLES France SAS

3 rue d'Otterswiller
67700 Saverne
SAS au capital de 115 750 €
APE 7120B RCS SAVERNE 529294100
TVA FR72529294100
Tél 03 88 021 562 - fax 03 88 916 531
Mail : Materiaux@Eurofins.com

ACCREDITATION
N° 1- 6313
Portée disponible sur
www.cofrac.fr



RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-EM-016608-01 Version du : 28/10/2024 Page 2/2
 Dossier N° : 24Q008482 Date de réception : 16/10/2024
 Référence Dossier :
 Référence Commande : EUFRSA200149719

N° Echantillon : **24Q008482-002** Référence : 24E189804-002
 Date de prélèvement : 19/09/2024
 Début d'analyse : 24/10/2024
 Description échantillon : PM9 1.30-2.00 -

Essais Chimiques

	Résultat	Unité	Limite
EM005 : Degré d'acidité des sols selon BAUMANN GULLY Prestation réalisée sur le site de * Saverne COFRAC ESSAIS 1-6313 Titrimétrie - NF EN 16502	<20	ml/kg M.S.	
EM00B : Sulfates solubles dans l'acide (SO4) - Agressivité sur béton Prestation réalisée sur le site de Saverne COFRAC ESSAIS 1-6313 Gravimétrie - NF EN 196-2 - NF EN 206			
Sulfate dans l'acide (SO4) Agressivité Béton *	446	mg/kg	
Classe d'agressivité selon NF EN 206 *	< XA1		

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 page(s).

Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable de la représentativité des échantillons. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.

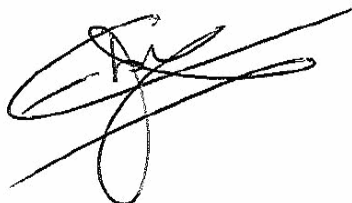
Les résultats non conformes aux limites ou références de qualité sont signalés par un rond noir ●.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée en observation.

Les résultats précédés du signe "<" correspondent à des limites de quantification. Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec k = 2) sont disponibles sur demande. Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

MS : Matières Sèches
 P.B. : Produit Brut



Anne Eber
 Technicienne de Laboratoire

APOGEO**Monsieur Fabien PICARD**

Parc d'entreprises de la Motte au Bois

Rue Pierre Jacquart

62440 HARNES

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E209186

Version du : 14/11/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-245552-01

Date de réception technique : 07/11/2024

Première date de réception physique : 07/11/2024

Référence Dossier : N° Projet : 2024.0257-201889

Nom Projet : 2024.0257-201889

Nom Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

Référence Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

Coordinateur de Projets Clients : Marion Baumgarten / MarionBaumgarten@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice	Référence échantillon
001	Eau souterraine (ESO)	PZ1
002	Eau souterraine (ESO)	PZ2

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E209186

Version du : 14/11/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-245552-01

Date de réception technique : 07/11/2024

Première date de réception physique : 07/11/2024

Référence Dossier : N° Projet : 2024.0257-201889

Nom Projet : 2024.0257-201889

Nom Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

Référence Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

N° Echantillon	001	002		
Référence client :	PZ1	PZ2		
Matrice :	ESO	ESO		
Date de prélèvement :	06/11/2024	06/11/2024		
Date de début d'analyse :	07/11/2024	07/11/2024		
Température de l'air de l'enceinte :	6.5°C	6.5°C		

Préparation Physico-Chimique

LS025 : Filtration 0.45 µm	Effectuée	Effectuée		
-----------------------------------	-----------	-----------	--	--

Analyses immédiates

LS001 : Mesure du pH				
pH		*	7.3	* 7.4
Température	°C		20.0	19.8
Jl020 : Titre Alcalimétrique	° f	*	37.4	* 27.7
Complet (TAC)				
LS028 : Anhydride carbonique	mg/l		0.00	0.00
(CO2) agressif				

Indices de pollution

LS02L : Azote Nitrique / Nitrates (NO3)					
Nitrates	mg NO3/l	*	7.20	*	<1.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	*	1.63	*	<0.20
LS02I : Chlorures (Cl)	mg/l	*	29.6	*	38.9
LS02R : Ammonium	mg NH4/l	*	<0.05	*	0.10
LS02Z : Sulfates (SO4)	mg/l	*	78.2	*	102
LSRDB : Classe d'agressivité selon NF EN 206			<XA1		<XA1

Métaux

LS206 : Magnésium (Mg) dissous	mg/l	*	21.1	*	18.7
LS204 : Calcium (Ca) dissous	mg/l	*	168	*	127
LS207 : Potassium (K) dissous	mg/l	*	1.73	*	2.64
LS208 : Sodium (Na) dissous	mg/l	*	12.5	*	25.1

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E209186

Version du : 14/11/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-245552-01

Date de réception technique : 07/11/2024

Première date de réception physique : 07/11/2024

Référence Dossier : N° Projet : 2024.0257-201889

Nom Projet : 2024.0257-201889

Nom Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

Référence Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

Observations	N° d'échantillon	Référence client
Spectrophotométrie visible automatisée : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(001) (002)	PZ1 / PZ2 /



Marion Medina
Coordinatrice Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

Annexe technique

Dossier N° :24E209186

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-245552-01

Emetteur : Fabien Picard

Commande EOL : 006-10514-1223259

Nom projet : N° Projet : 2024.0257-201889

Référence commande :

2024.0257-201889

CS329-01-001363-2024.0257-201889

Nom Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
JI020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Spectrophotométrie (UV/VIS) - Méthode interne - Méthode interne - Méthode interne	0.5	30%	° f	Eurofins Analyses pour l'Environnement France
LS001	Mesure du pH pH Température	Potentiométrie - NF EN ISO 10523			°C	
LS025	Filtration 0.45 µm	Filtration - Méthode interne				
LS028	Anhydride carbonique (CO2) agressif	Calcul - Calcul			mg/l	
LS02I	Chlorures (Cl)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF EN ISO 15923-1	1	30%	mg/l	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3) Nitrates Azote nitrique	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF EN ISO 15923-1	1	35%	mg NO3/l	
			0.2	35%	mg N-NO3/l	
LS02R	Ammonium	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF EN ISO 15923-1	0.05	22%	mg NH4/l	
LS02Z	Sulfates (SO4)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF EN ISO 15923-1	5	20%	mg/l	
LS204	Calcium (Ca) dissous	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	30%	mg/l	
LS206	Magnésium (Mg) dissous		0.01	30%	mg/l	
LS207	Potassium (K) dissous		0.1	40%	mg/l	
LS208	Sodium (Na) dissous		0.05	35%	mg/l	
LSRDB	Classe d'agressivité selon NF EN 206	Calcul - Calcul				

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flacons des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 24E209186

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-245552-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-1223259

Nom projet : N° Projet : 2024.0257-201889
2024.0257-201889

Référence commande :
CS329-01-001363-2024.0257-201889

Nom Commande : CS329-01-001363-2024.0257-201889

Eau souterraine

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique (1)	Date de Réception Technique (2)	Code-Barre	Nom Flacon
001	PZ1	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P01HS1106	100mL PE
001	PZ1	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P01HS1116	100mL PE
001	PZ1	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P040242670	250mL PE
001	PZ1	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P051060856	500mL PE
001	PZ1	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	V020761858	250mL verre
002	PZ2	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P01HS1148	100mL PE
002	PZ2	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P01HS1157	100mL PE
002	PZ2	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P040242653	250mL PE
002	PZ2	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	P051060849	500mL PE
002	PZ2	06/11/2024 19:24:00	07/11/2024	07/11/2024	V020762004	250mL verre

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

ANNEXE n°11 :
**Etude de traitement de sols (Procès-
verbaux RAMERY TP et AGGERIS)**

Chantier - Site : Lambersart

2024.0257

Dossier N°: Labo24176

Agence : APOGEO

Date : 10/10/2024

Nature du matériau : Limon

Origine : APOGEO

Référence échantillon : Li24082

Localisation :

Date d'essais : S41

Date prélèvement : -

Lieu de prélèvement :

Par : APOGEO

Paramètres de compactage

N° échantillon		Energie	Indice	Wnat (%)	ph (t/m³)	pd (t/m³)
1	PM1	Normale	IPI	19,5	2,00	1,68
4	PM6	Normale	IPI	18,8	2,00	1,69
1	PM7	Normale	IPI	17,6	2,02	1,72
4	PM8	Normale	IPI	19,4	1,99	1,67

Poinçonnement IPI ou CBR selon NF P 94-078

N° échantillon	Enfoncement (mm)	Lecture compacteur	Effort de pénétration (Kn)	IPI à W _{nat}
1	E 2,5	6	0,1304	1,0
	E 5,0	11	0,2391	1,2
4	E 2,5	6	0,1304	1,0
	E 5,0	12	0,2608	1,3
1	E 2,5	44	0,9565	7,2
	E 5,0	90	1,9565	9,8
4	E 2,5	20	0,4347	3,3
	E 5,0	32	0,6956	3,5

GTR - Etude de traitement de sol selon GTS

N° & Type	Dosage (%)		W _{avant} (%)	ph (t/m³)	pd (t/m³)	W _{moule} (%)	IPI (%)	Spec.
Mélange PM1,PM6 et PM8	CaO	1,5%	17,7	2,01	1,72	16,5	12,2	7 à 15 (A2)
	Indice CBR après immersion				W _{moule} (%)	i CBR xj (%)	G (%)	Spec.
	Temps de cure : 4 jours				18,9	16,9	0,20	I CBR _{im} / IPI > 1

Types : Teneur en eau selon NF P 94-050

d'essai : Essais Proctor OPN selon NF P 94-093 - Indice Portant Immédiat et CBR selon NF P 94-078

Observations :

Le technicien,
Candelier P.

Ramery Travaux Publics - Laboratoire

334, rue de l'Alloeu - 59193 Erquinghem - Lys

Tél. 03 20 77 86 00 - Fax. 03 20 77 77 44 - www.ramery.fr

PV : GTRsol

Version : 7

Date : juil-18

Client : APOGEO

N° Dossier : 24266

Affaire : LAMBERSART 2024.0257

Destinataire : Me Sana OUAHADA

Date d'essais : 29/10/2024

Nature : Limon

Repère : Mélange PM1, 6 et 8

Date de réception : 03/10/2024

N° d'enregistrement : 24165

IDENTIFICATION ET DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DE MISE EN ŒUVRE.

- Classifications :**
- * selon NF P 11-300
 - * selon NF EN 16907-2
 - * Cf. laboratoire APOGEO
 - TW nat 19,7 %

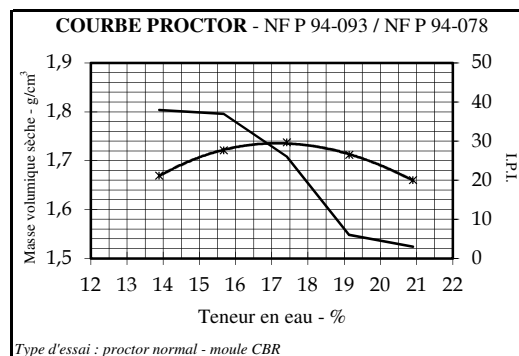
- Traitement :

- 1 % de Chaux (Carmeuse)
- 6 % de Rolac Optimum S41 Ecolabel

- Référence :

Densité O.P.N. : 1,74 g/cm³ à 17,4 % d'eau (I.P.I. : 26)

TW avant traitement : 19,7 %



EVALUATION DE L'APTITUDE AU TRAITEMENT - NF P 94-100.

- Gonflement volumique :

Mesuré après 4 heures d'immersion (%) ¹⁾	-
Mesuré après 24 heures d'immersion (%) ¹⁾	-
Mesuré après 7 jours d'immersion (%)	0,7

¹⁾ Facultatif

- Caractéristiques mécaniques :

Résistance en traction indirecte (Rit en MPa)	0,63
Module d'élasticité (Eit en MPa) ¹⁾	6844

¹⁾ Facultatif

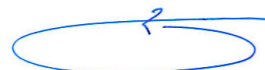
COMMENTAIRES.

La valeur Rit issue de cet essai ne se substitue pas à une étude complète et ne doit pas être utilisée pour dimensionner une structure.

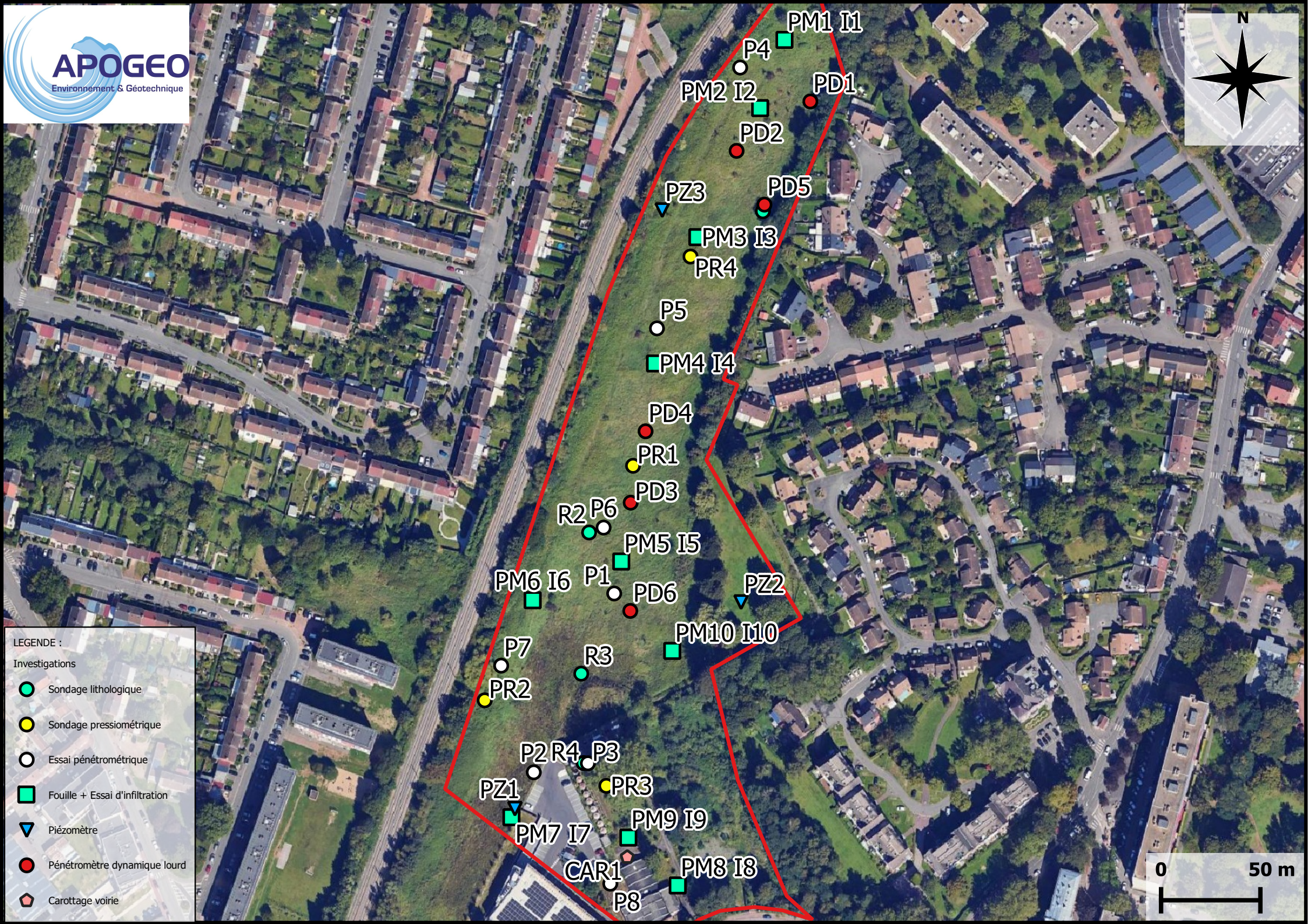
CRITERES		
Jugement	Gonflement - GV _{7j}	Rit en MPa
Adapté	< 5	> 0,2
Douteux	5 < GV _{7j} % < 10	0,1 < Rit < 0,2
Inadapté	> 10	< 0,1
Aptitude au traitement :		ADAPTE

A Herlies, le 29/10/2024

R. RENOU



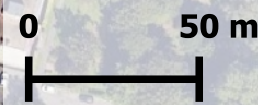
**ANNEXE n°12 :
Plans d'implantation des
reconnaisances**



LEGENDE :

Investigations

- Sondage lithologique
- Sondage pressiométrique
- Essai pénétrométrique
- Fouille + Essai d'infiltration
- Piézomètre
- Pénétromètre dynamique lourd
- Carottage voirie





PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES DE SOLS
LAMBERSART Site Bonte

- LEGENDE :
- Investigations
 - Sondage lithologique
 - Sondage pressiométrique
 - Essai pénétrométrique
 - Fouille + Essai d'infiltration
 - ▼ Piézomètre
 - Pénétromètre dynamique lourd
 - Carottage voirie

- Legende:
- Zone de projet
 - 4 Essais voirie
 - ★ 1 Carottage voirie existante
 - ⊗ (*) piézomètres (position et nombre à proposer pour le BE sols)
- ESSAIS DE PERMEABILITE MATSUD** (vers 0,8 / 1 m de prof.)
- ⊗ Essais de perméabilité au droit des 7 Macro-lots
 - ⊗ Essais de perméabilité au droit des espaces publics

