

KAUFMAN & BROAD

GRAVELINES (59)
RUE DU PONT DE PIERRE

PROJET D'AMENAGEMENT

ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE « PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION »
(MISSION G1 – PGC)



RAPPORT

RFE2025.0556.G1.V01

Janvier 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
	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

KAUFMAN & BROAD

**GRAVELINE (59)
RUE DU PONT DE PIERRE**

PROJET D'AMENAGEMENT

**ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE « PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION »
(MISSION G1 – PGC)**

Nature document	RAPPORT		
Référence document	RFE2025.0556.G1.V01	Date	12/01/2026
Version	V01	Modifications	-
Etude géotechnique			
Rédacteur	Yann GRIOCHE	Fonction	Responsable d'activité Géotechnique
Relecteur	Jean-Michel VAILLANT	Fonction	Directeur
Codification selon la norme NF P 94 500	G1 PGC		
Destinataire			
Société	KAUFMAN & BROAD	Interlocuteur	Monsieur PRZYGOCKI GPRZYGOCKI@ketb.com
Référence qualité			
Modèle document		RFE2018.000.V00-201806	

SOMMAIRE

1.	MISSION ET PROJET	5
1.1.	Type de mission.....	5
1.2.	Intervenants.....	5
1.3.	Documents de travail	5
1.4.	Données du projet.....	5
1.5.	Description du site	6
2.	ENQUETE DOCUMENTAIRE.....	7
2.1.	Consultation des photographies aériennes.....	7
2.2.	Contexte géologique.....	9
2.3.	Aléas naturels (site www.georisques.gouv.fr)	9
2.4.	Etudes d'archives	11
3.	INVESTIGATIONS.....	11
3.1.	Reconnaissance sur le site	11
3.2.	Essais en laboratoire.....	12
4.	ANALYSE DES RESULTATS	13
4.1.	Géologie et géotechnique	13
4.2.	Données hydrogéologiques.....	16
4.3.	Résultats des mesures physico-chimiques	17
4.4.	Contexte sismique	17
5.	CONCLUSIONS – Etude géotechnique G1 PGC	18
5.1.	Synthèse géomécanique	18
5.2.	Aléa retrait-gonflement des argiles	18
5.3.	Orientation des fondations	19
5.4.	Niveaux bas.....	20
5.5.	Suites à donner	20
6.	REMARQUES GENERALES	20

FIGURES

Figure 1 : Plan masse du projet	6
Figure 2 : Localisation du site d'étude.....	7
Figure 3 : Extrait de la carte géologique de CALAIS au 1/50 000 (InfoTerre).....	9
Figure 4 : Aléa inondation par remontée de nappe au droit du site (Géorisques)	10
Figure 5 : Aléa retrait-gonflement des argiles (Géorisques)	10
Figure 6 : Evolution de q_c (MPa) en fonction de la cote (m NGF)	15
Figure 7 : Schéma des préconisations constructives vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles.....	19

TABLEAUX

Tableau 1 : Eléments transmis	5
Tableau 2 : Caractéristiques du site d'étude.....	6
Tableau 3 : Synthèse des principales observations (Remonter le temps, IGN)	8
Tableau 4 : Profondeurs atteintes des essais au pénétromètre statique	11
Tableau 5 : Altimétrie des investigations	12
Tableau 6 : Niveaux d'eau (décembre 2025).....	16
Tableau 7 : Perméabilités des sols superficiels	16

ANNEXES

- ANNEXE n°1 : Missions d'ingénierie géotechniques normalisées**
- ANNEXE n°2 : Diagrammes des essais au pénétromètre statique**
- ANNEXE n°3 : Coupes des sondages lithologiques**
- ANNEXE n°4 : Coupes des piézomètres**
- ANNEXE n°5 : Coupes des fouilles à la pelle mécanique et essais d'infiltration**
- ANNEXE n°6 : Feuille d'identification géotechnique des sols**
- ANNEXE n°7 : Analyses physico-chimiques (EUROFINS)**
- ANNEXE n°8 : Plans d'implantation des reconnaissances**

1. MISSION ET PROJET

1.1. Type de mission

La mission qui nous a été confiée est une étude géotechnique préalable – phase « Principes Généraux de Construction », pour un projet d'aménagement, selon la nomenclature des missions d'ingénierie géotechnique de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013 (mission G1-PGC) – Voir **Annexe 1**.

En complément, KAUFMAN & BROAD nous a également confié un suivi piézométrique sur une durée de 12 mois (réalisé par notre service Hydrogéologie).

1.2. Intervenants

Maître d'ouvrage : KAUFMAN & BROAD

Commande : KAUFMAN & BROAD en date du 06 novembre 2025

Proposition : APOGEO/MEURISSE en date du 04 novembre 2025 (réf. « ODS2025.0556.V02 »)

1.3. Documents de travail

Dans le cadre de la présente étude G1 PGC, les éléments suivants nous ont été transmis :

Documents	Date	Expéditeur
Plan topographique	27/11/2025	KAUFMAN & BROAD
Plan de localisation des investigations	30/10/2025	"
Plan masse (avec surfaces de stationnement)	30/09/2025	"
Plan masse version 7	"	"

Tableau 1 : Eléments transmis

1.4. Données du projet

Le site d'étude est localisé rue du Pont de Pierre, à Gravelines (59).

Le projet prévoit, à ce stade, la construction de plusieurs bâtiments de logements collectifs en R+3 à R+4 sans niveau de sous-sol, de maisons individuelles et de bâtiments commerciaux répartis sur l'ensemble des parcelles du site d'étude.

Il est également prévu la création de voiries et de parkings VL.

A noter qu'à ce stade nous ne disposons pas de cotes basses projetées ni de descentes de charges du projet.

De même, d'après nos échanges avec la Maitrise d'Ouvrage, le plan masse n'est pas encore totalement consolidé à ce stade d'avancement du projet.



Figure 1 : Plan masse du projet

1.5. Description du site

Une visite du site préalable a été réalisée le 28 mars 2024 par Sylvain AGLAVE, Responsable d'activité SSP et Hydrogéologie d'APOGEO.

Le site concerné couvre une superficie de 7 Ha. La majeure partie est occupée par des parcelles agricoles.

Nous constatons néanmoins au droit du site ou à proximité immédiate la présence d'habitations, de jardins privés, d'une crèche, d'une administration (DREAL), d'un centre de contrôle technique et d'une parcelle boisée.

Les caractéristiques du site sont précisées dans le tableau 2 ci-dessous :

X (L93)	Y (L93)	Altitude moyenne IGN (m NGF)	Superficie (Ha)
~ 639 519	~ 7 098 740	~ +21,8	~ 7

Tableau 2 : Caractéristiques du site d'étude



Figure 2 : Localisation du site d'étude

Notre intervention a nécessité la rédaction de DICT préalablement à notre intervention afin de récolter les plans des réseaux enterrés.

Les différents points d'investigation ont été implantés comme précisé sur le plan joint en **Annexe 8**.

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.

Date	Descriptions	Faits marquants	Photographies
1950-1965	Le site est majoritairement occupé par des parcelles agricoles, avec une maison située dans sa partie nord.		
2000-2005	On note la construction de nouvelles construction au nord de la parcelle.		
2006-2010	Pas de modifications notables.		
Actuelle	Démolition de la maison au nord.		

Tableau 3 : 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 du BRGM n°2 de CALAIS au 1/50000, dont un extrait est présenté sur la figure suivante.

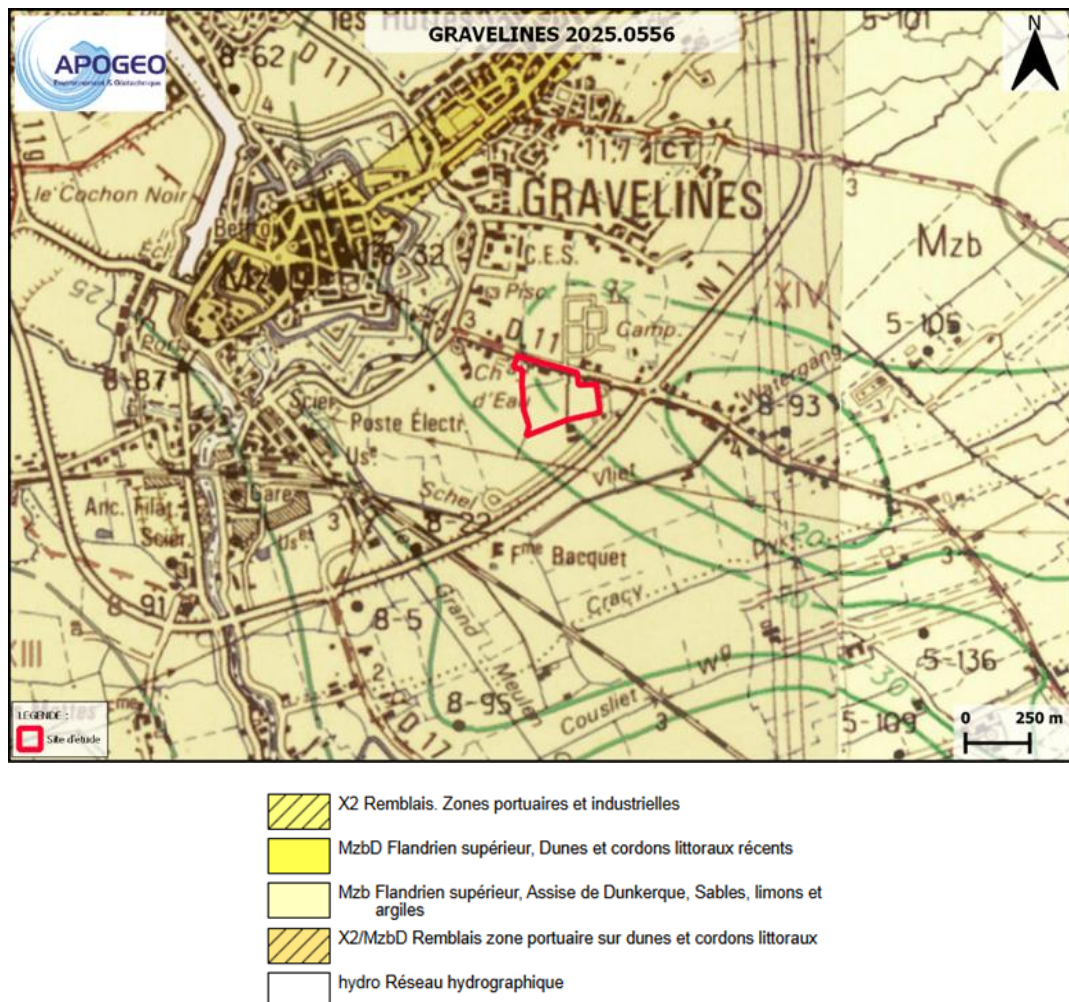


Figure 3 : Extrait de la carte géologique de CALAIS au 1/50 000 (InfoTerre)

D'après la carte géologique, les terrains au droit du site, sous les horizons de surface, sont constitués de l'assise de Dunkerque, composée de sables, limons et argiles d'âge Flandrien supérieur (Mzb, Quaternaire).

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

▪ Aléa « cavités souterraines »

D'après la base de données Géorisques et InfoTerre, **aucune cavité souterraine** n'a été recensée dans un rayon de 500 m à proximité du site d'étude.

De plus, la commune de GRAVELINES n'est pas repérée dans une zone à risque de cavités souterraines.

▪ Aléa « inondation »

D'après le BRGM, le site est localisé dans une **zone potentiellement sujette aux débordements de nappe**.
Le zonage de cet aléa est réalisé en fonction de la géologie et des entités hydrogéologiques.

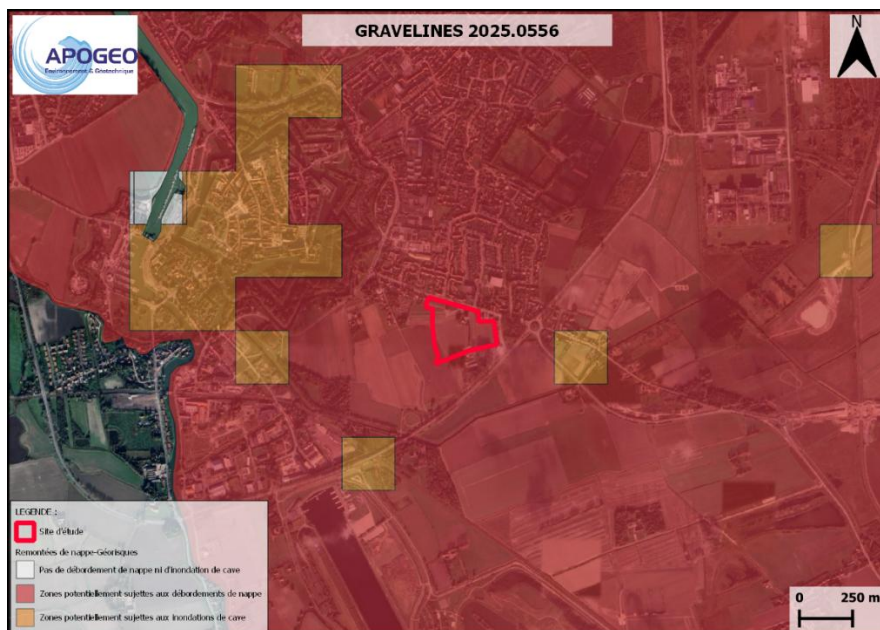


Figure 4 : Aléa inondation par remontée de nappe au droit du site (Géorisques)

▪ 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.

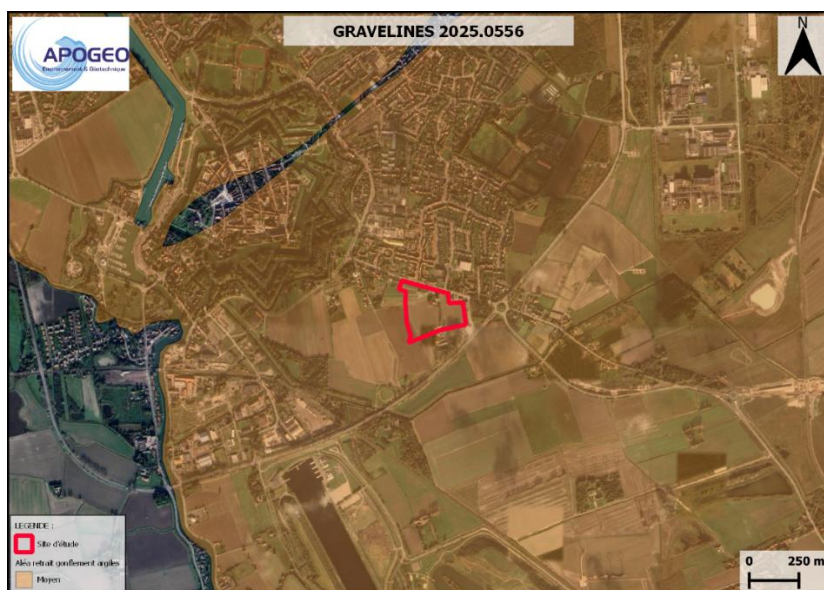


Figure 5 : Aléa retrait-gonflement des argiles (Géorisques)

- **Aléa « sismique »**

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

2.4. Etudes d'archives

Nous n'avons pas réalisé d'étude géotechnique à proximité du site d'étude dans un rayon de 500 m.

3. INVESTIGATIONS

3.1. Reconnaissance sur le site

L'implantation des investigations réalisées dans le cadre de la présente mission G1-PGC est repérée sur les plans joints en **Annexe 8**.

Remarque :

L'essai pénétrométrique P1, le sondage R1 et la fouille PM1 prévus initialement n'ont pas été réalisés à la demande du client car localisés dans une parcelle interdite d'accès.

- **Essais au pénétromètre statique**

Sept essais ont été réalisés les 1^{er} et 2 décembre 2025 au moyen d'un appareillage statique type GOUDA monté sur porteur à chenilles.

Ils sont désignés de P2 à P8 et ont atteint les profondeurs suivantes :

Essais	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Profondeur (m)	8,3*	6,4*	8,0	8,1	10,1*	8,2	16,9*

(*) refus dans les horizons sableux

Tableau 4 : Profondeurs atteintes des essais au pénétromètre statique

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

- **Sondages lithologiques**

Trois sondages lithologiques ont été réalisés les 2 et 3 décembre 2025

Ils sont désignés de R2 à R4 et ont atteint 4,0 m de profondeur chacun.

Ces sondages ont permis le prélèvement systématique d'échantillons représentatifs (remaniés) qui ont été conditionnés en sachets étanches.

Les coupes lithologiques établies à partir des échantillons prélevés sont jointes en **Annexe 3**.

- **Piézomètres**

Six forages destructifs de profondeur 5,0 m notés de PZ1 à PZ6 ont été réalisés le 2,3 et 12 décembre 2025.

Ils ont été équipés par des piézomètres toute hauteur avec tête de protection cadenassée.

Les coupes lithologiques établies sont jointes en **Annexe 4**.

▪ **Fouilles à la pelle mécanique**

Sept fouilles à la pelle mécanique notées de PM2 à PM7 ont été réalisées jusqu'à 1,3/1,5 m de profondeur les 28 novembre et 4 décembre 2023.

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 5**.

▪ **Essais de perméabilité**

Au sein des fouilles PM2 à PM7, sept essais d'infiltration « à la fosse » ont été effectués.

Ils sont désignés de I2 à I7 (cf. **Annexe 5**).

Dans ces fouilles, une lame d'eau de 40 cm à 60 cm ou plus a été déversée. Son abaissement a été suivi pendant plus de 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	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	R2
Cote (m NGF)	+2,93	+2,78	+2,96	+2,88	+2,74	+2,61	+2,55	+ 2,85

Investigations	R3	R4	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6
Cote (m NGF)	+2,70	+ 2,53	+3,03	+3,11	+2,84	+2,58	+2,67	+2,89

Investigations	PM2I2	PM3I3	PM4I4	PM5I5	PM6I6	PM7I7
Cote (m NGF)	+2,94	+2,99	+2,84	+2,89	+2,84	+2,66

Tableau 5 : Altimétrie des investigations

3.2. Essais en laboratoire

Les échantillons extraits dans les sondages font actuellement l'objet d'essais d'identification de sols, d'analyses physico-chimiques en laboratoire.

▪ **Essais d'identification de sol**

Ils comportent :

- 5 mesures de la teneur en eau naturelle
- 5 classifications GTR des sols

Les essais sont en cours de réalisation et les résultats seront présentés dans un tableau récapitulatif joint en **Annexe 6** dans une version V02 du rapport.

▪ **Mesures physico-chimiques**

Pour préciser l'état d'agressivité des sols et de l'eau vis-à-vis du béton, un test est en cours de réalisation sur des échantillons de sol prélevés entre 0,5 et 1,5 m de profondeur dans le sondage R2 et un test est en cours de réalisation sur des échantillons d'eau prélevés dans le piézomètre PZ2 afin de déterminer :

Sur les échantillons de sol :

- la teneur en sulfates
- le degré d'acidité

Sur les échantillons d'eau :

- la teneur en sulfates
- le pH
- le dioxyde de carbone agressif
- la teneur en ammonium
- la teneur en magnésium

Les procès-verbaux des tests sur les échantillons de sols et d'eau seront présentés en **Annexe 7** dans une version V02 du rapport.

4. ANALYSE DES RESULTATS

4.1. Géologie et géotechnique

L'examen des coupes et des diagrammes, 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 horizons remaniés de surface ;
- Les formations sableuses du Flandrien supérieur (Quaternaire).

▪ **Terre végétale et horizons remaniés de surface**

Il s'agit en tête, d'une couche de terre végétale limono-sableuse de couleur marron avec quelques racines, d'une épaisseur de 15 à 20 cm environ selon les sondages lithologiques, les piézomètres et les fouilles.

Rappel : L'épaisseur et la nature des horizons 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 sablo-limoneuses (Quaternaire)**

Il s'agit tout d'abord, de limons sableux à sables limoneux de couleur marron reconnus sous la terre végétale et jusqu'à 0,5 à 1,0 m de profondeur d'après les sondages et les fouilles réalisées.

Ces formations limono-sableuses sont caractérisées par des valeurs de résistances en pointe q_c enregistrées comprises entre 0,5 et 1,5 MPa.

Ensuite plus en profondeur, il s'agit de sables limoneux de couleur beige à grisâtre jusqu'à la base des fouilles et des sondages lithologiques, soit 4,0 m de profondeur au plus profond.

Ces formations sablo-limoneuses sont caractérisées par des valeurs de résistances en pointe q_c enregistrées comprises entre 0,3 et 12,0 MPa.

Des caractéristiques mécaniques très faibles (résistances en pointe comprises entre 0,3 et 0,5 MPa) pouvant correspondre à des horizons vasards sont mesurées localement au droit de l'ensemble des essais aux profondeurs suivantes :

- Entre 1,5 et 2,2 m au droit de P4 ;
- Entre 2,0 et 2,5 m au droit de P2, P3 et P6 ;
- Entre 2,5 et 3,5 m au droit de P7 ;
- Entre 3,0 et 4,0 m au droit de P8.

Enfin, plus en profondeur, il s'agit de sables jusqu'à la base des essais pénétrométriques soit 16,9 m au plus profond.

Ces formations limono-sableuses sont caractérisées par des valeurs de résistances en pointe q_c enregistrées comprises 2,0 et 26,0 MPa, ce qui traduit des sables lâches à denses.

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

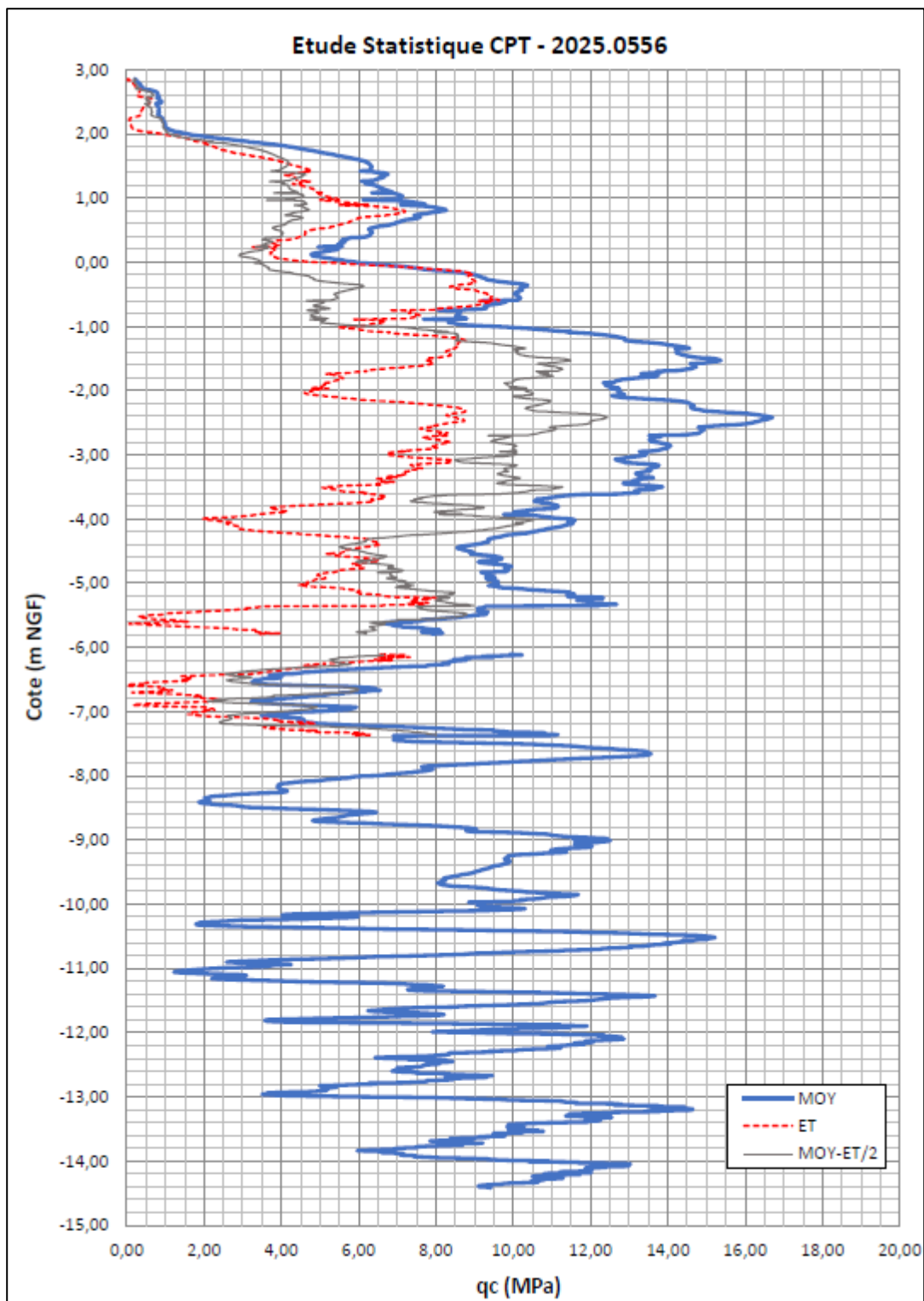


Figure 6 : Evolution de q_c (MPa) en fonction de la cote (m NGF)

4.2. Données hydrogéologiques

▪ Niveau de la nappe

Des niveaux d'eau non stabilisés ont été repérés au droit des sondages réalisés en décembre 2025 vers 1,6/1,8 m de profondeur soit vers la cote + 2,00 m NGF.

Aucun niveau n'a pu être relevé au droit des essais au pénétromètre statique à cause de l'éboulement superficiel systématique des parois de forage.

Au droit des piézomètres mis en place en décembre 2025, des niveaux d'eau ont été relevés après pose aux profondeurs et cotes suivantes :

Essais	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6
Profondeur (m)	1,8	1,7	1,65	1,5	1,8	1,45
Cote (m NGF)	+1,23	+1,41	+1,19	+1,08	+0,87	+1,44

Tableau 6 : Niveaux d'eau (décembre 2025)

Pour rappel, un suivi piézométrique sur une durée de 12 mois est en cours par notre service Hydrogéologie.

La connaissance des fluctuations annuelles, notamment futures, est du ressort d'un bureau spécialisé en hydrogéologie via une étude hydrogéologique spécifique au projet (et pouvant être réalisée par nos soins).

▪ Perméabilité des sols superficiels

Les abaissements du niveau d'eau observés via les essais d'infiltration « à la fosse » au fond des fouilles PM2 à PM7 ont permis de mettre en évidence les perméabilités suivantes :

Type	Essais	Profondeur (m)	Nature	Coefficient de perméabilité K (m/s)
A la fosse	PM2 I2	0,8/1,4	Limons sableux à sables limoneux	$6,95.10^{-6}$
	PM3 I3	1,1/1,5		$1,97.10^{-5}$
	PM4 I4	0,9/1,3		$2,53.10^{-5}$
	PM5 I5	0,8/1,3		$1,80.10^{-5}$
	PM6 I6	0,9/1,4		$1,06.10^{-5}$
	PM7 I7	1,0/1,5		$1,35.10^{-5}$

Tableau 7 : Perméabilités des sols superficiels

4.3. Résultats des mesures physico-chimiques

Les résultats des analyses effectuées sur les échantillons de sol et d'eau seront indiqués dans l'**Annexe 7** dans une version V02 du présent rapport.

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

4.4. Contexte sismique

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

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 vraisemblablement classé en catégorie sismique II (logements), les règles de conception parasismique ne seront pas à appliquer (**à confirmer au stade G2**).

5. CONCLUSIONS – Etude géotechnique G1 PGC

5.1. Synthèse géomécanique

Nos investigations réalisées en novembre et décembre 2025 ont mis en évidence, sous une couche de terre végétale et d'horizons remaniés de surface de 20 cm d'épaisseur,

- Des limons sableux à sablonneux localement et jusqu'à 0,5 à 1,0 m de profondeur ;

Les valeurs de résistances en pointe q_c enregistrées dans ces horizons sont comprises entre 0,5 et 1,5 MPa, ce qui traduit des limons très mous à mous.

- Des sables limoneux jusqu'à 3,5 à 4,0 m de profondeur au maximum ;

Ces horizons sablo-limoneux sont caractérisés par des valeurs de résistances en pointe q_c enregistrées comprises entre 0,3 et 12,0 MPa traduisant la présence d'horizons vasards aux caractéristiques mécaniques très faibles localement entre 2,0 m et 3,0 m de profondeur.

- Des sables jusqu'à la base des essais soit 16,9 m au plus profond.

Les résistances en pointe q_c enregistrées dans ces horizons varient de 2,0 à 26,0 MPa, ce qui traduit des sables lâches à denses.

Des niveaux d'eau stabilisés ont été relevés entre 1,5 et 1,8 m de profondeur en décembre 2025 après la pose des piézomètres.

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 des dispositions particulières à mettre en place lors de la construction des bâtiments sur le site.

Dans ce contexte et dans l'attente des résultats des essais en laboratoire (en cours de réalisation), nous recommandons donc 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) ;
- Prévoir une rigidification structurelle des ouvrages par chainages horizontaux et verticaux ;
- Proscrire toute infiltration des eaux de pluie au droit des fondations des ouvrages ;
- Réaliser un revêtement étanche au pourtour de la construction (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 de l'habitation en cas de présence de talus) ;
- En l'absence de sous-sol général, un plancher porté par les fondations doit être réalisé.

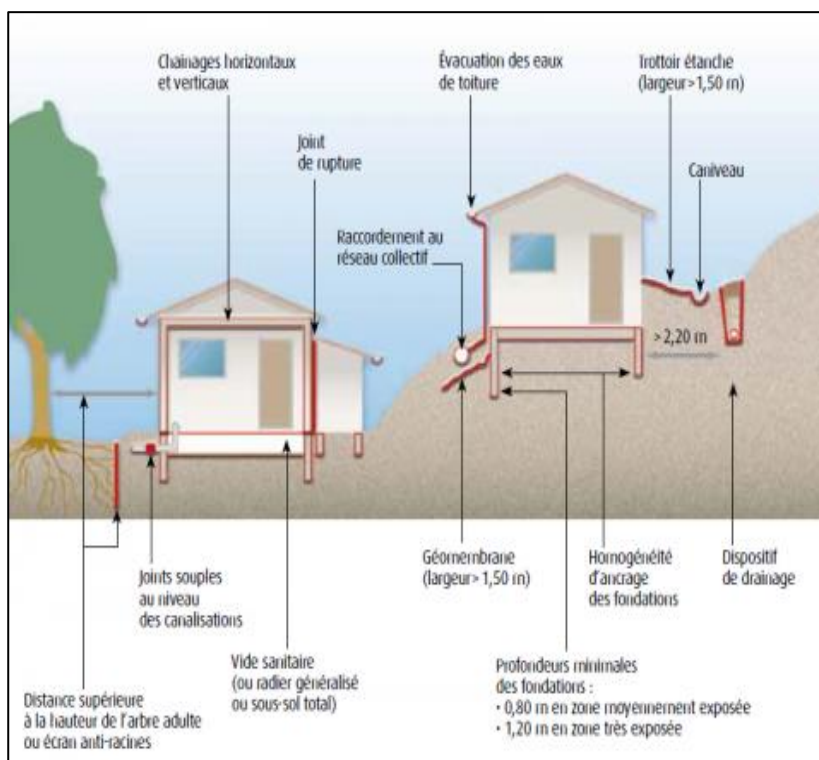


Figure 7 : Schéma des préconisations constructives vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles

5.3. Orientation des fondations

- **Fondations pour des charges faibles à modérées (logements individuels et bâtiments commerciaux)**

Vis-à-vis de la présence d'horizons potentiellement vasards aux caractéristiques mécaniques très faibles et propices au développement de tassements absolus et différentiels importants, à faible profondeur, il faudra s'orienter vers une solution de fondations superficielles associées à un renforcement de sols par inclusions rigides.

Les inclusions rigides seront ancrées dans les horizons sableux denses rencontrés à partir de 3,0/4,0 m de profondeur.

Les fondations superficielles (semelles filantes ou massifs isolés) seront quant à elles ancrées avec une profondeur de 0,80 m au minimum sous le niveau du terrain actuel et/ou fini du projet (mise hors gel et contexte argileux).

- **Fondations pour des charges importantes (logements collectifs)**

Dans le cas de charges importantes, on pourra s'orienter vers une solution de fondations profondes par pieux ancrés dans les horizons sableux denses ou il conviendra alors nécessairement d'associer les fondations superficielles (massifs/semelles) à un renforcement de sols préalable de type inclusions rigides fichées dans les sables suffisamment denses en fonction des charges à reprendre.

5.4. Niveaux bas

La conception à retenir dans le cas présent pour le projet est la réalisation de planchers portés par les fondations, soit coulés sur une forme de travail (constituée de matériaux non évolutifs) ne servant que comme fond de coffrage, soit réalisés sur vide sanitaire (de préférence selon la loi ELAN).

5.5. Suites à donner

Il conviendra de réaliser à minima les études géotechniques G2AVP et G2 PRO avec des investigations spécifiques qui seront définies sur la base d'un plan de masse projet mis à jour.

Cette campagne pourra comporter notamment des reconnaissances lithologiques complémentaires jusqu'à 5,0 m de profondeur au minimum afin de vérifier le caractère organique des horizons superficiels.

Les sondages et essais seront poussés, a minima, au moins 5 m sous la base prévisible des fondations ouvrages projetés (soit 20/25 m au minimum pour des ouvrages aux charges importantes).

On mènera des analyses complémentaires en laboratoire afin de confirmer la classification GTR des sols et statuer sur la profondeur minimale d'éventuelles fondations superficielles vis-à-vis du contexte argileux (cf. paragraphe 5.2).

Pour rappel, un suivi piézométrique sur une durée de 12 mois est en cours par notre service Hydrogéologie.

Dans le cas d'ouvrages enterrés projetés, on mènera une étude hydrogéologique pour la définition des niveaux caractéristiques de la nappe.

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

Ce rapport devra être complété par les missions géotechniques de conception – Phase « Avant-Projet » puis « PROjet » (missions G2 – AVP puis PRO).

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 géotechniques
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

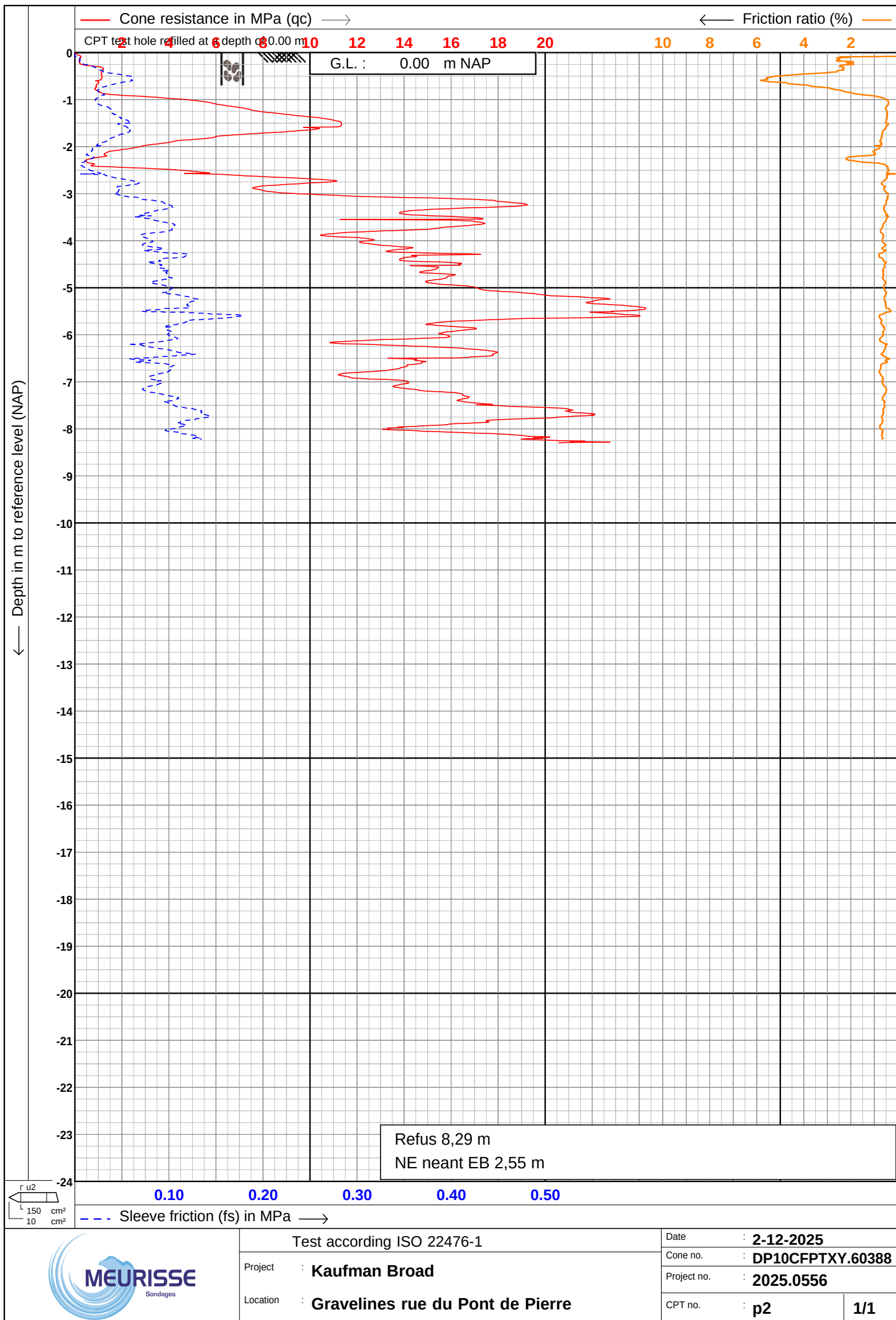
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

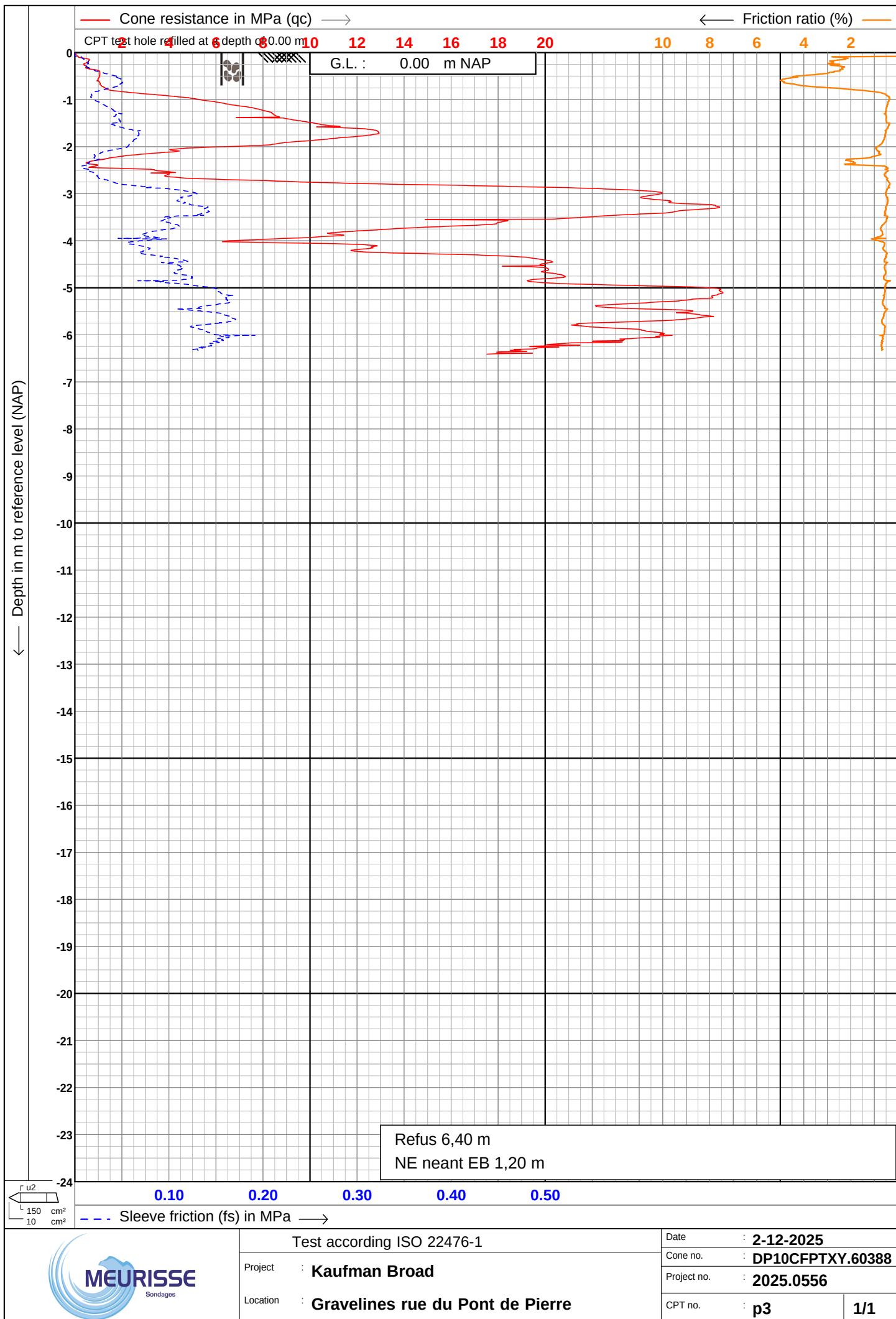
DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

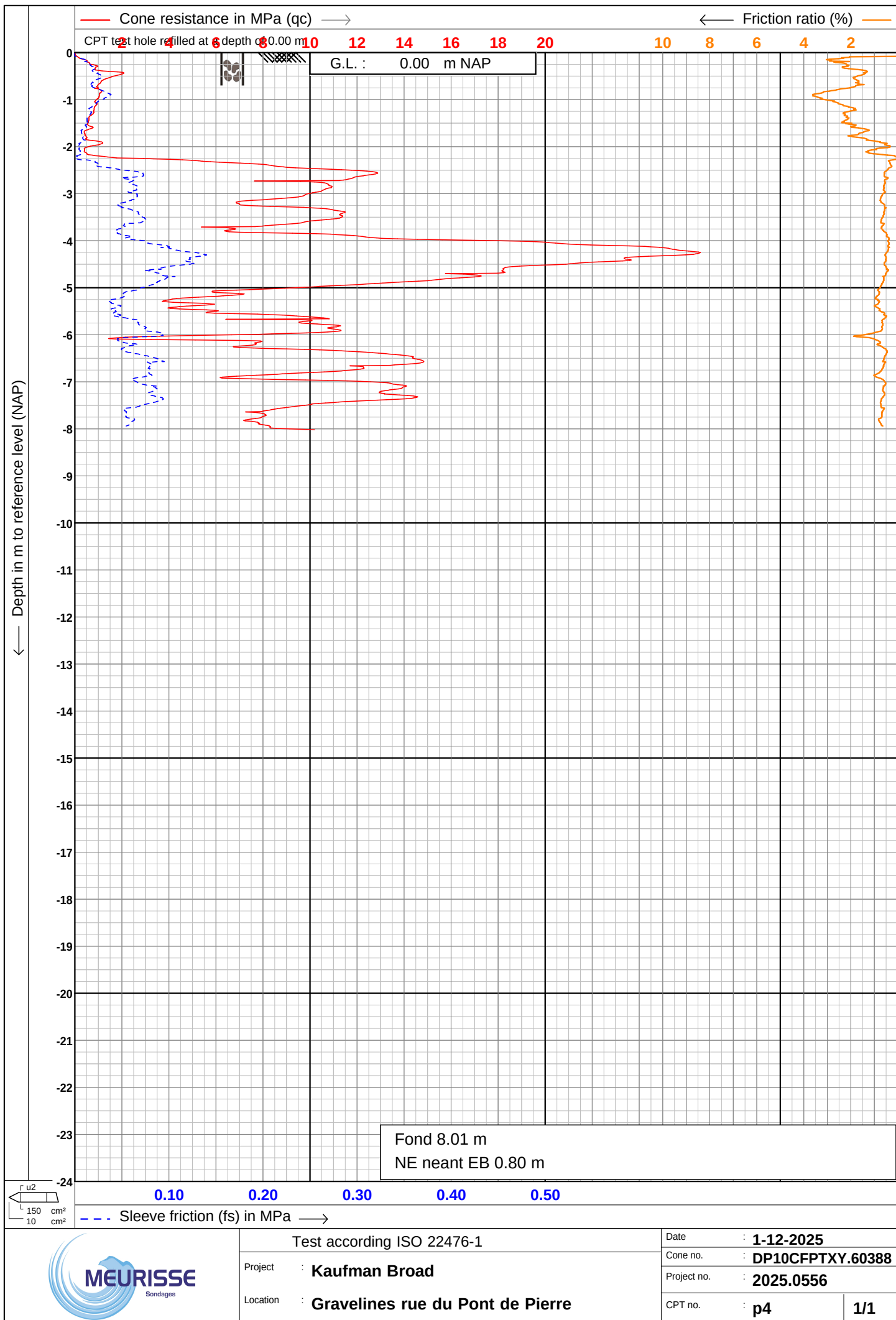
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou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

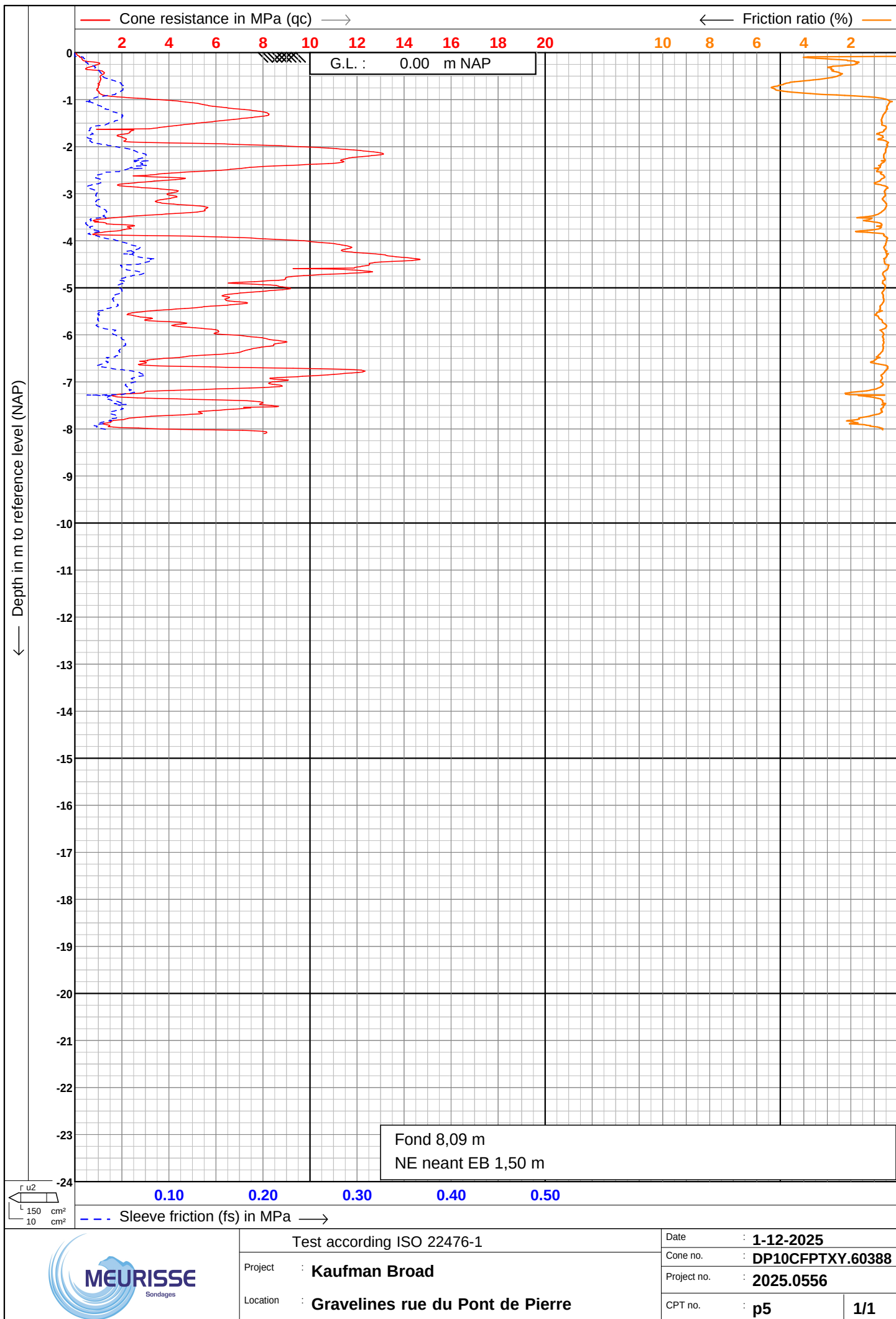
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre 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).

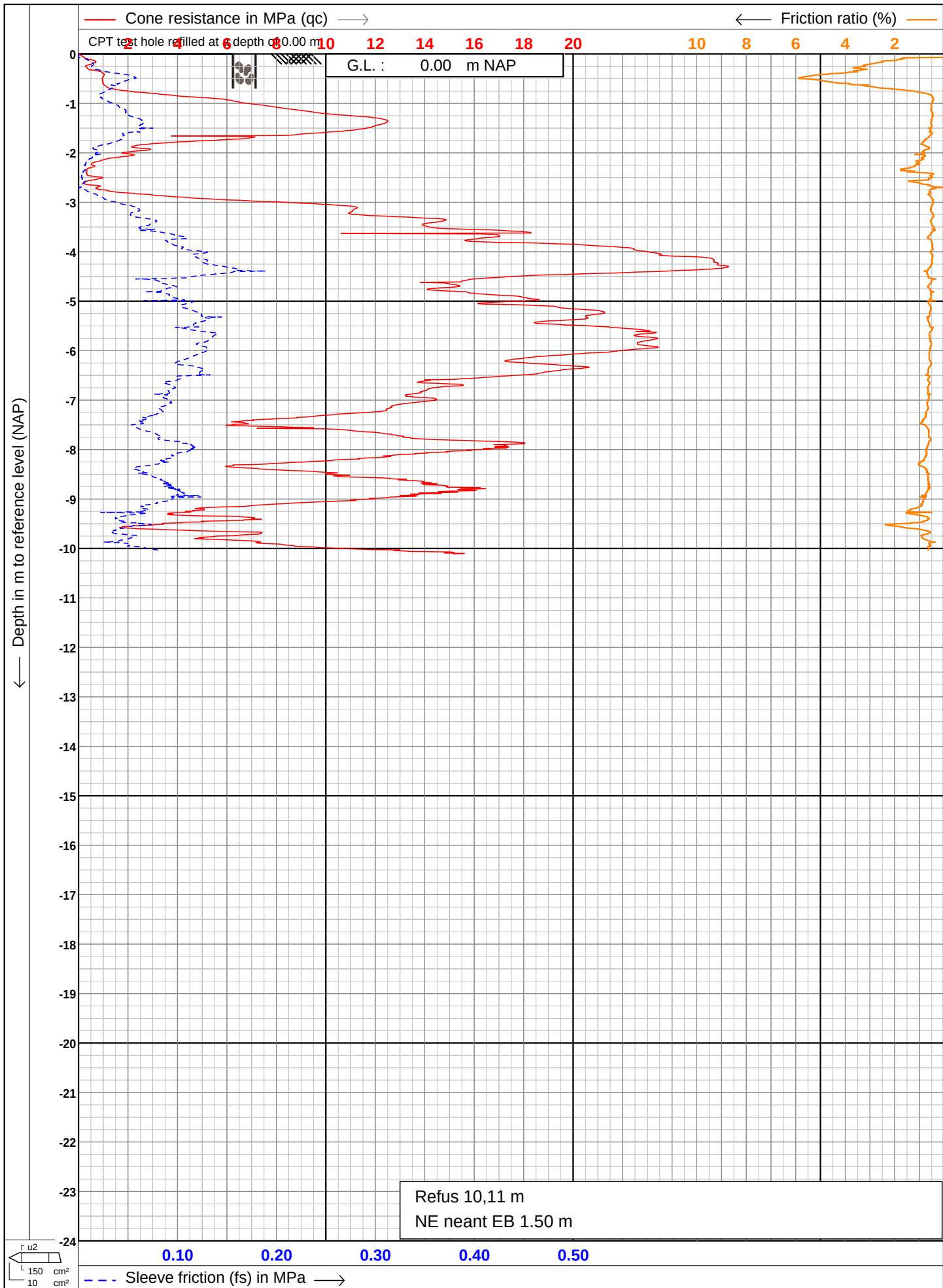
**ANNEXE n°2 :
Diagrammes des essais au
pénétromètre statique**







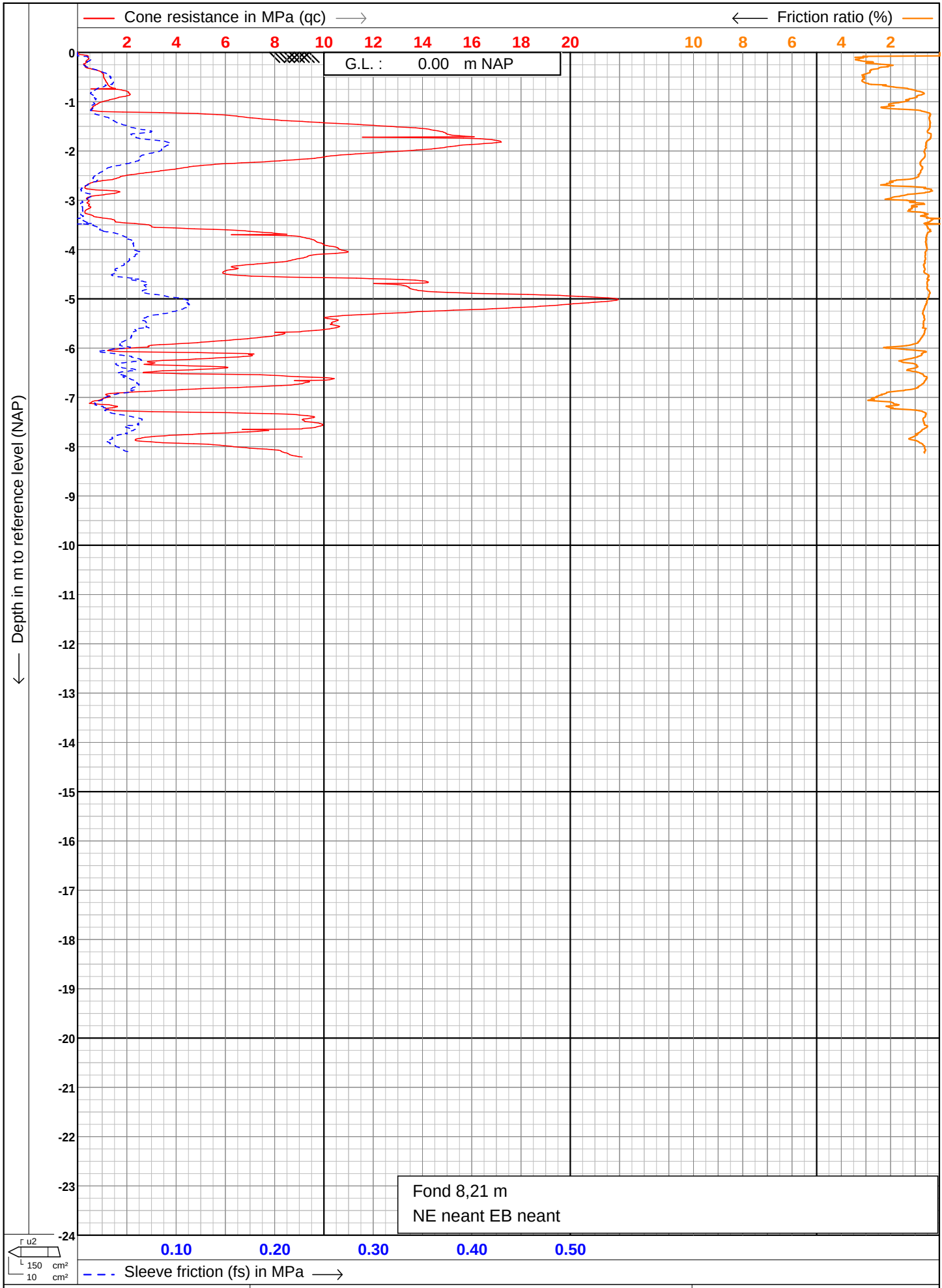


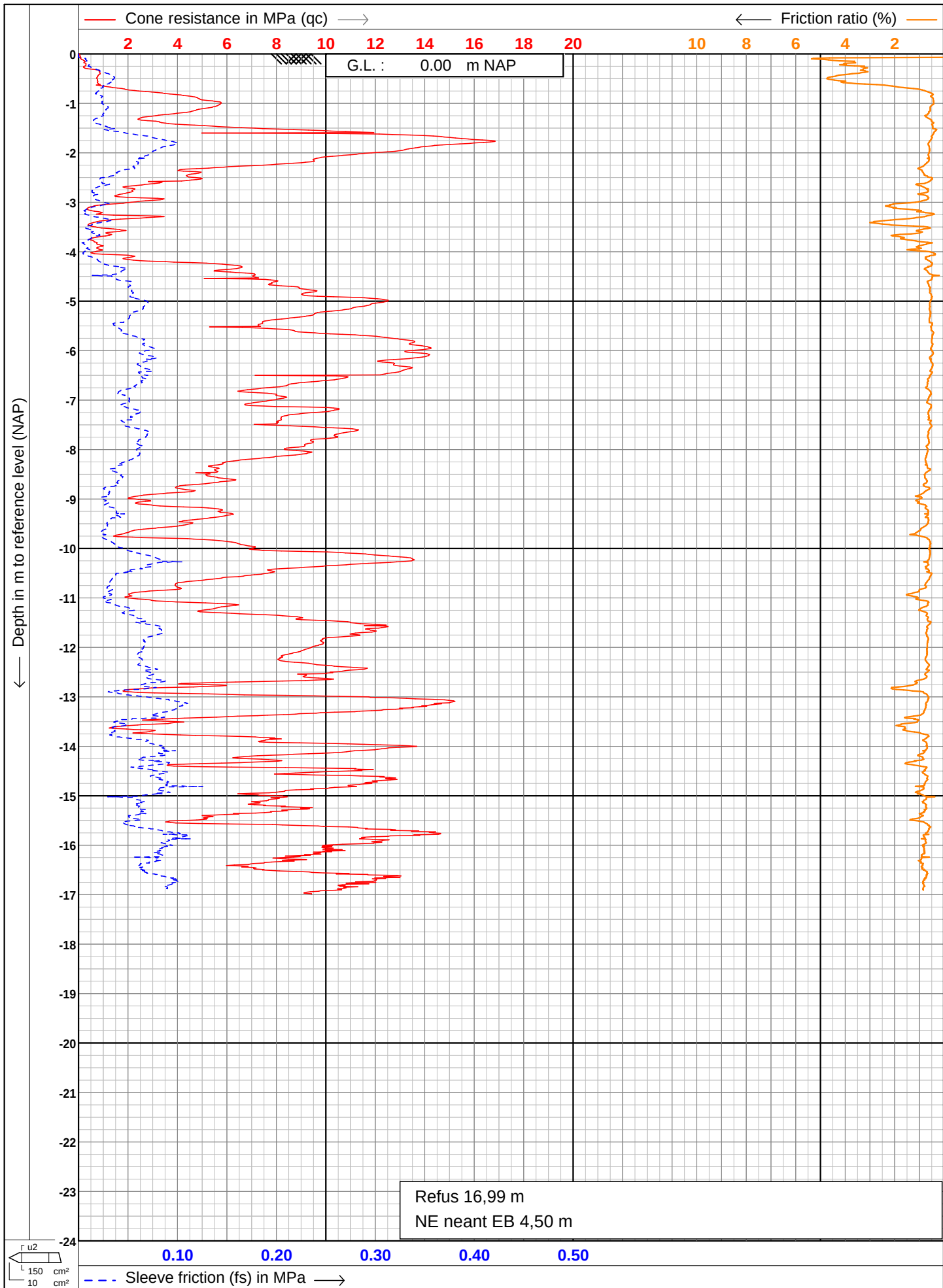


Test according ISO 22476-1

Project : **Kaufman Broad**
Location : **Gravelines rue du Pont de Pierre**

Date : **2-12-2025**
Cone no. : **DP10CFPTXY.60388**
Project no. : **2025.0556**
CPT no. : **p6** **1/1**





Test according ISO 22476-1

Project : **Kaufman Broad**

Location : **Gravelines rue du Pont de Pierre**

Date : **1-12-2025**

Cone no. : **DP10CFPTY.60388**

Project no. : **2025.0556**

CPT no. : **p8**

1/1

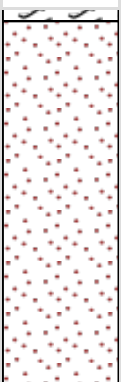
**ANNEXE n°3 :
Coupes des sondages
lithologiques**



SONDAGE GEOLOGIQUE

Forage
R2
Date de début
01/12/2025
Altitude undefined
2.85 m

Dossier
GRAVELINES..2025.0556
Chantier
Description du dossier
Projet d'aménagement
Client
KAUFMAN & BROAD

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage
	0.15		Terre végétale		
2				01/12/2025  1.6	
1			Sables		
0					
-1	4				
-2					
-3					
-4					
-5					
-6					
-7					
-8					
-9					
-10					
-11					
-12					
-13					
-14					



SONDAGE GEOLOGIQUE

Forage

R3

Date de début

01/12/2025

Altitude undefined

2.7 m

Dossier

GRAVELINES..2025.0556

Chantier

Description du dossier

Projet d'aménagement

Client

KAUFMAN & BROAD

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage
2	0.3 0.5		Terre végétale Limons sableux		
1				01/12/2025 1.8	
0			Sables		
-1	4				
-2					
-3					
-4					
-5					
-6					
-7					
-8					
-9					
-10					
-11					
-12					
-13					
-14					



SONDAGE GEOLOGIQUE

Forage

R4

Date de début

01/12/2025

Altitude undefined

2.53 m

Dossier

GRAVELINES..2025.0556

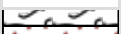
Chantier

Description du dossier

Projet d'aménagement

Client

KAUFMAN & BROAD

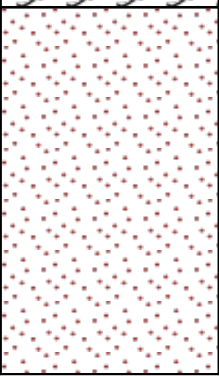
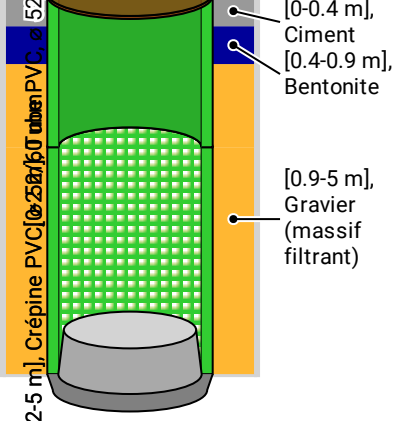
Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage
2	0.2		Terre végétale		
1				01/12/2025 1.7	
0			Sables		
-1					
-2	4				
-3					
-4					
-5					
-6					
-7					
-8					
-9					
-10					
-11					
-12					
-13					
-14					

**ANNEXE n°4 :
Coupes des piézomètres**

PIEZOMETRE

Forage
PZ1
Date de début
02/12/2025
Altitude undefined
3.03 m

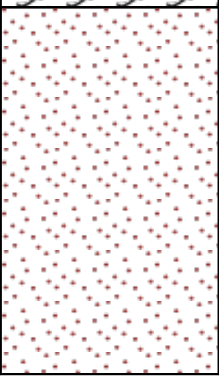
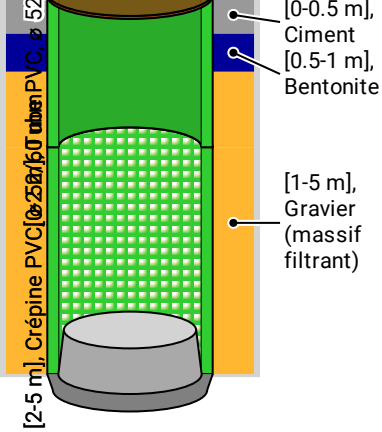
Dossier
GRAVELINES..2025.0556
Chantier
Description du dossier
Projet d'aménagement
Client
KAUFMAN & BROAD

Prof. (m)	Figuré	Description	Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)
0		Terre végétale	0.15		02/12/2025 1.8
1					
2					
3		Sables			
4					
5			5		
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

PIEZOMETRE

Forage
PZ2
Date de début
02/12/2025
Altitude undefined
3.11 m

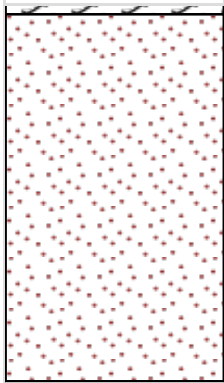
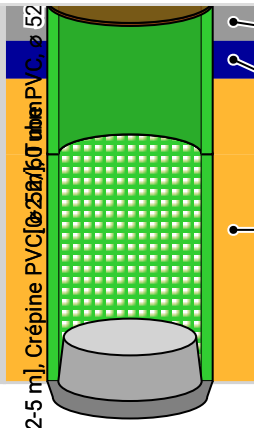
Dossier
GRAVELINES..2025.0556
Chantier
Description du dossier
Projet d'aménagement
Client
KAUFMAN & BROAD

Prof. (m)	Figuré	Description	Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)
0		Terre végétale	0.15		03/12/2025 1.7
1					
2					
3		Sables			
4					
5			5		
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

PIEZOMETRE

Forage
PZ3
Date de début
03/12/2025
Altitude undefined
2.84 m

Dossier
GRAVELINES..2025.0556
Chantier
Description du dossier
Projet d'aménagement
Client
KAUFMAN & BROAD

Prof. (m)	Figuré	Description	Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)
0		Terre végétale	0.15	 [0-0.5 m], Ciment [0.5-1 m], Bentonite [1-5 m], Gravier (massif filtrant) [2-5 m], Crépine PVC (ø 52/50)	03/12/2025 1.65
1					
2					
3		Sables			
4					
5			5		
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					



PIEZOMETRE

Forage
PZ4
Date de début
12/12/2025
Altitude undefined
2.58 m

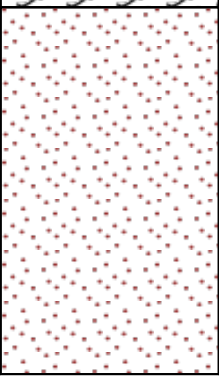
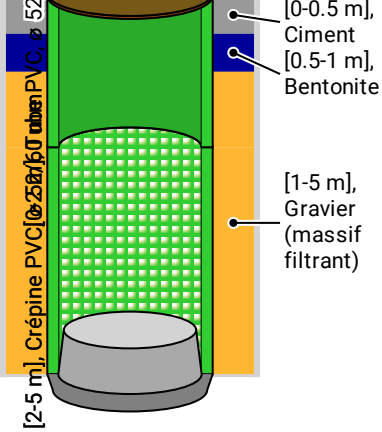
Dossier
GRAVELINES..2025.0556
Chantier
Description du dossier
Projet d'aménagement
Client
KAUFMAN & BROAD

Prof. (m)	Figuré	Description	Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)
0		Terre végétale	0.15		12/12/2025 1.5
1					
2		Sables			
3					
4					
5			5		
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

PIEZOMETRE

Forage
PZ5
Date de début
02/12/2025
Altitude undefined
2.67 m

Dossier
GRAVELINES..2025.0556
Chantier
Description du dossier
Projet d'aménagement
Client
KAUFMAN & BROAD

Prof. (m)	Figuré	Description	Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)
0		Terre végétale	0.15		02/12/2025 1.8
1					
2					
3		Sables			
4					
5			5		
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					



PIEZOMETRE

Forage
PZ6
Date de début
03/12/2025
Altitude undefined
2.89 m

Dossier
GRAVELINES..2025.0556
Chantier
Description du dossier
Projet d'aménagement
Client
KAUFMAN & BROAD

Prof. (m)	Figuré	Description	Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)
0		Terre végétale	0.15		03/12/2025 1.45
1					
2					
3		Sables			
4					
5			5		
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

**ANNEXE n°5 :
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 :

PM2 + I2

Référence dossier

N° dossier :	2025.0556	Opérateur(s) :	Jno
Client :	Kaufman	Adresse du site :	Rue du Pont de Pierre à GRAVELINES (59)
Date de l'essai :	04/12/2025		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	X (m) :	Y (m) :	Z (m) :
Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,40
Largeur (m):	0,50	Coefficient géométrique de forme :	0,19

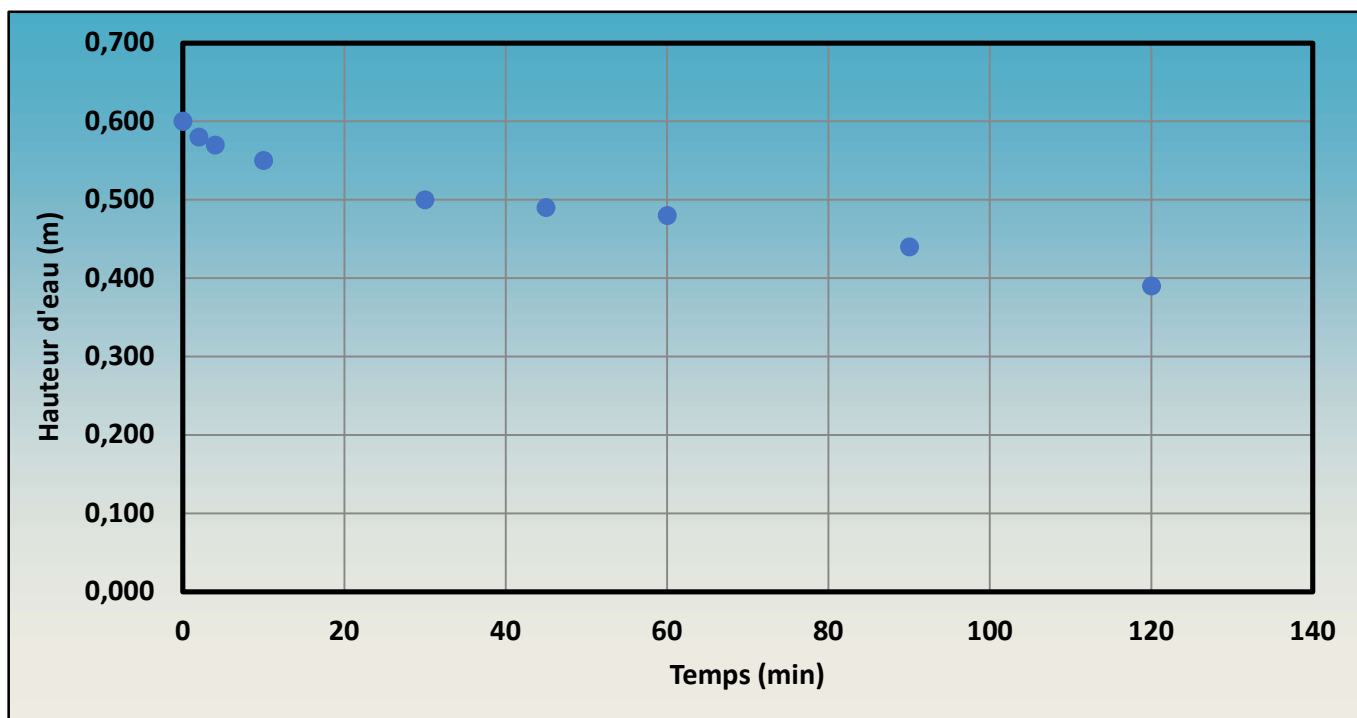
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00 à 0,35	Terre végétale
0,35 à 1,00	Limon sableux
1,00 à 1,40	Sable limoneux

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	60,0	0,600
2	58,0	0,580
4	57,0	0,570
10	55,0	0,550
30	50,0	0,500
45	49,0	0,490
60	48,0	0,480
90	44,0	0,440
120	39,0	0,390

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 6,95E-06



Référence dossier

N° dossier :	2025.0556	Opérateur(s) :	Jno
Client :	Kaufman	Adresse du site :	Rue du Pont de Pierre à GRAVELINES (59)
Date de l'essai :	04/12/2025		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	X (m) :	Y (m) :	Z (m) :
Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,30
Largeur (m):	0,50	Coefficient géométrique de forme :	0,19

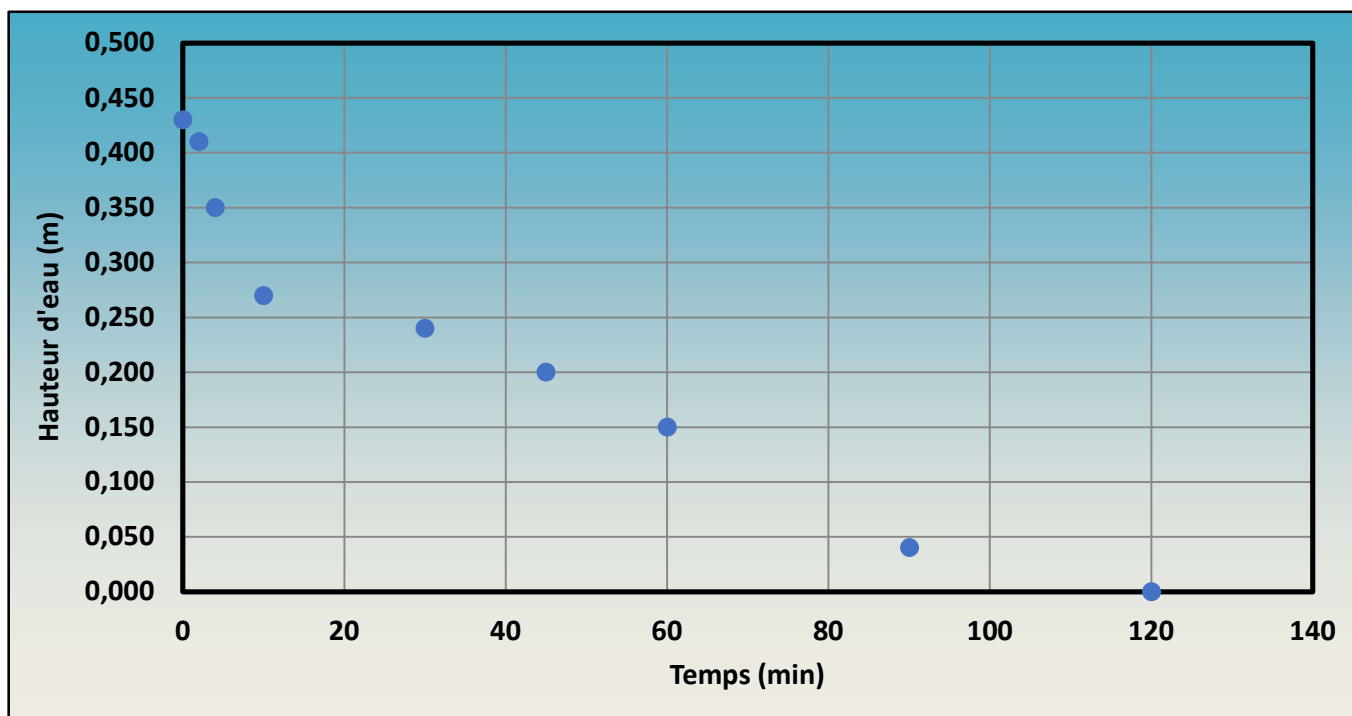
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00 à 0,40	Terre végétale
0,40 à 0,90	Limon sableux
0,90 à 1,30	Sable limoneux

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	43,0	0,430
2	41,0	0,410
4	35,0	0,350
10	27,0	0,270
30	24,0	0,240
45	20,0	0,200
60	15,0	0,150
90	4,0	0,040
120	0,0	0,000

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 2,53E-05



Référence dossier

N° dossier :	2025.0556	Opérateur(s) :	JNO
Client :	Kaufman	Adresse du site :	Rue du Pont de Pierre à GRAVELINES (59)
Date de l'essai :	04/12/2025		

Conditions d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	X (m) :	Y (m) :	Z (m) :
Longueur (m) :	1,50	Profondeur (m) :	1,35
Largeur (m) :	0,50	Coefficient géométrique de forme :	0,19

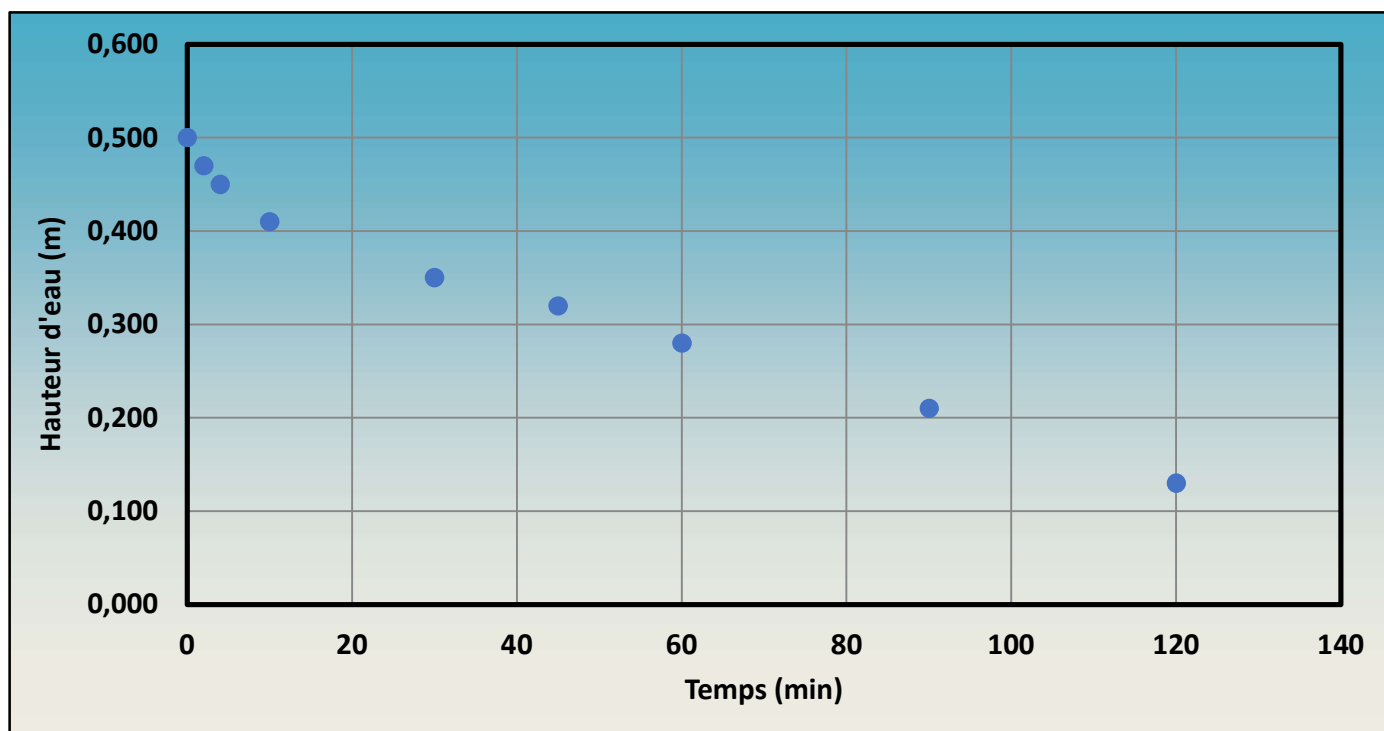
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00 à 0,30	Terre végétale
0,30 à 1,10	Limon sableux
1,10 à 1,35	Sable limoneux

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
2	47,0	0,470
4	45,0	0,450
10	41,0	0,410
30	35,0	0,350
45	32,0	0,320
60	28,0	0,280
90	21,0	0,210
120	13,0	0,130

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 1,80E-05



Référence dossier

N° dossier :	2025.0556	Opérateur(s) :	Jno
Client :	Kaufman	Adresse du site :	Rue du Pont de Pierre à GRAVELINES (59)
Date de l'essai :	04/12/2025		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	X (m) :	Y (m) :	Z (m) :
Longueur (m) :	1,35	Profondeur (m) :	1,35
Largeur (m):	0,50	Coefficient géométrique de forme :	0,18

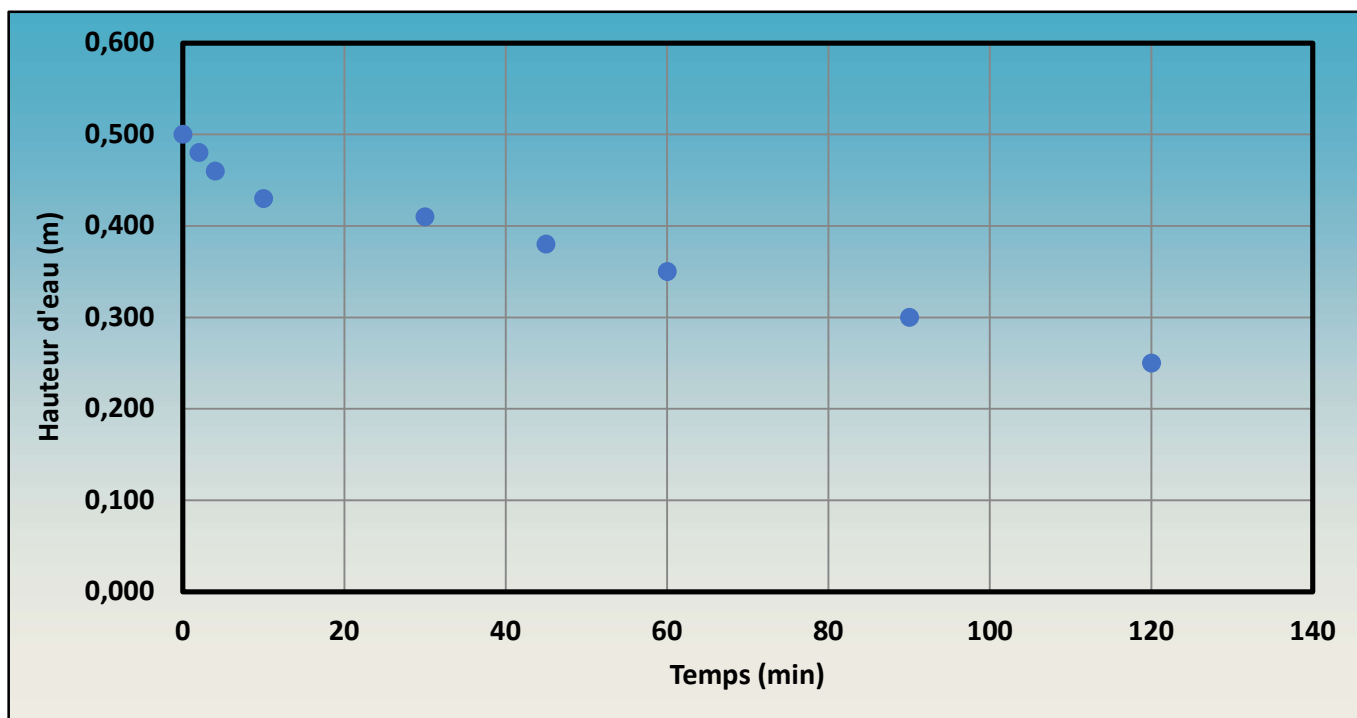
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00 à 0,30	Terre végétale
0,30 à 1,00	Limon sableux
1,00 à 1,35	Sable limoneux

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
2	48,0	0,480
4	46,0	0,460
10	43,0	0,430
30	41,0	0,410
45	38,0	0,380
60	35,0	0,350
90	30,0	0,300
120	25,0	0,250

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 1,06E-05



**ANNEXE n°6 :
Feuille d'identification
géotechnique des sols**

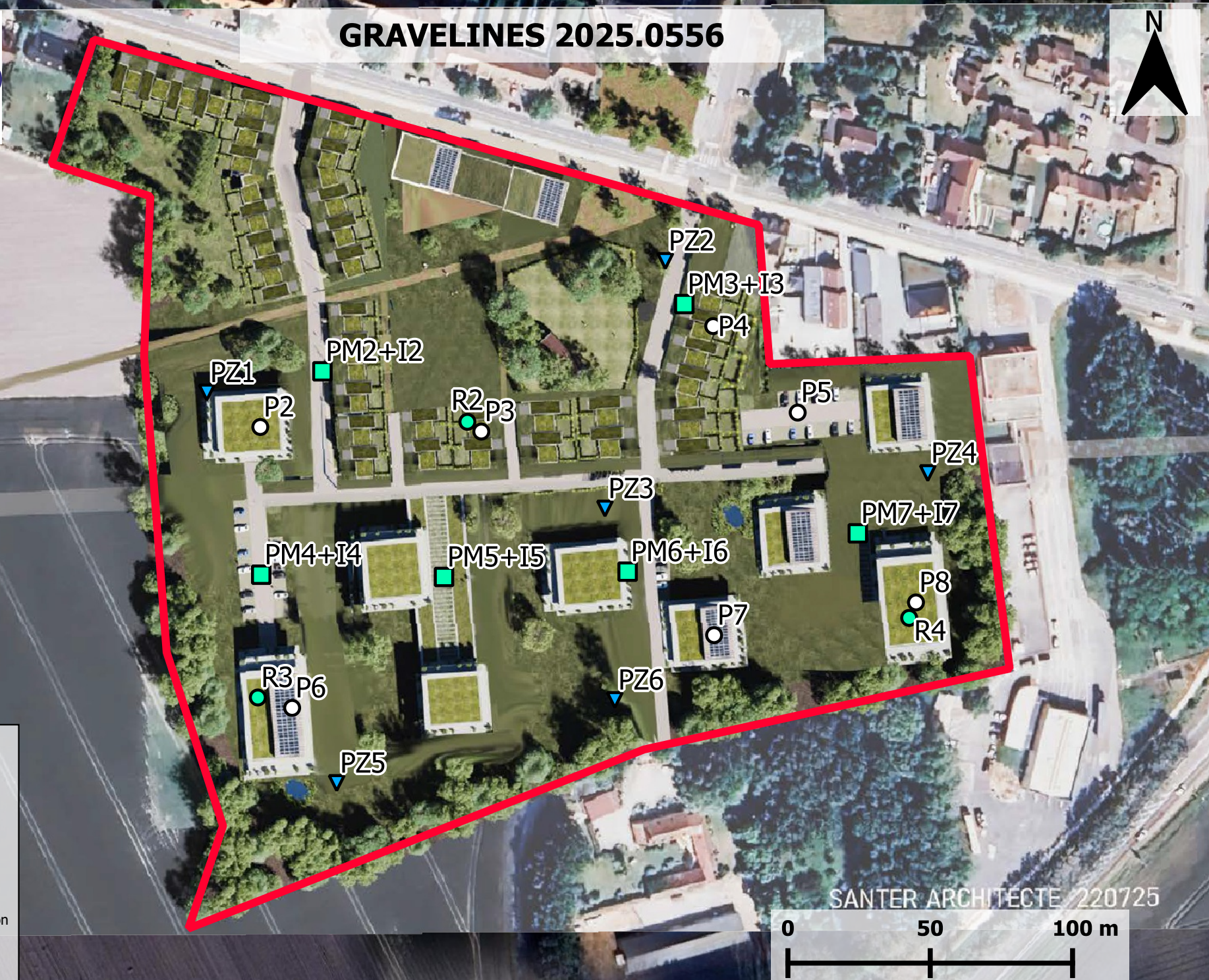
**ANNEXE n°7 :
Analyses physico-chimiques
(EUROFINS)**

**ANNEXE n°8 :
Plans d'implantation des
reconnaisances**



LEGENDE :

-  Site d'étude
- Investigations
 -  Sondage lithologique
 -  Essai pénétrométrique
 -  Fouille + Essai d'infiltration
 -  Piézomètre





LEGENDE :

-  Site d'étude
- Investigations
 -  Sondage lithologique
 -  Essai pénétrométrique
 -  Fouille + Essai d'infiltration
 -  Piézomètre

