TISSERIN PROMOTION
3F NOTRE LOGIS

HAUBOURDIN (59)
22 RUE DU GENERAL DAME

CONSTRUCTION DE 120 LOGEMENTS

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

APOGEO
Environnement & Géotechnique

RAPPORT

RFE2024.0420.G2AVP.V00

Juin 2026

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

TISSERIN PROMOTION
3F NOTRE LOGIS

HAUBOURDIN (59)
22 RUE DU GENERAL DAME

CONSTRUCTION DE 120 LOGEMENTS

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

Nature document	RAPPORT		
Référence document	RFE2024.0420.G2AVP.V01	**Date**	02/06/2026
Version	V01	**Modifications**	-
Etude géotechnique			
Rédacteur	Pierre HENICHART	**Fonction**	Chargé d'études Géotechnique
Relecteur	Yann GRIOCHE	**Fonction**	Responsable d'activité Géotechnique
Codification selon la norme NF P 94 500	G2 AVP		
Destinataire			
Société	TISSERIN PROMOTION 3F NOTRE LOGIS	**Interlocuteur @**	Charline DONZE charline.donze@tisserin-promotion.com Pierre JOVET pierre.jovet@tisserin-promotion.com Raphaël JUIN raphael.juin@groupe3f.fr
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. Description du site 6
   1.5. Données du projet 7
2. ENQUETE DOCUMENTAIRE 9
   2.1. Consultation des photographies aériennes 9
   2.2. Contexte géologique 10
   2.3. Aléas (site www.georisques.gouv.fr) 11
3. INVESTIGATIONS 12
   3.1. Reconnaissance sur le site 12
   3.2. Essais en laboratoire 14
4. ANALYSE DES RESULTATS 15
   4.1. Géologie et géotechnique 15
   4.2. Données hydrogéologiques 17
   4.3. Contexte sismique 17
5. CONCLUSIONS – Etude géotechnique G2-AVP 17
   5.1. Préconisations préalables 17
   5.2. Etat et démolition des existants 18
   5.3. Fondations superficielles en béton armé sur renforcement de sol 18
      5.3.1. Préconisations générales 18
      5.3.2. Portance des inclusions 18
      5.3.3. Conditions d'exécution du renforcement 20
      5.3.4. Contrôles 20
      5.3.5. Dimensionnement des massifs isolés et semelles filantes 20
      5.3.6. Conditions d'exécution fondations 20
   5.4. Fondations profondes par pieux forés tarière creuse « FTC » 21
      5.4.1. Données générales 21
      5.4.2. Paramètres de portance (Procédure du « modèle de terrain ») 21
      5.4.3. Prédimensionnement des pieux 23

5.5. Conception des niveaux bas 25

5.6. Conception de la voirie et des parkings 25

5.6.1. Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.) 25

5.6.2. Prédimensionnement de la couche de forme 26

6. REMARQUES GENERALES 27

FIGURES

Figure 1 : Photographies du site d'étude (février 2026) 7

Figure 2 : Localisation du site d'étude 8

Figure 3 : Plan de masse du projet 8

Figure 4 : Extrait de la carte géologique de LILLE au 1/50 000 10

Figure 5 : Carte de l'aléa remontée de nappe 11

Figure 6 : Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles 11

Figure 7 : Carte de l'aléa sismique 12

TABLEAUX

Tableau 1 : Eléments transmis 6

Tableau 2 : Caractéristiques du site d'étude 6

Tableau 3 : Synthèse des photographies historiques 10

Tableaux 4 : Nivellement des investigations 14

Tableau 5 : Perméabilités des sols superficiels (m/s) 17

Tableau 6 : Dimensionnement des inclusions de diamètre 25 cm 19

Tableau 7 : Dimensionnement des inclusions de diamètre 25 cm 19

Tableau 8. Modèle pour l'évaluation de l'effort limite par frottement axial (R_S) – Pieu « FTC ». 21

Tableau 9. Effort limite à la base de la fondation (R_b) – Pieu « FTC » 22

Tableaux 10. Prédimensionnement de pieux « FTC » de diamètre 42 cm et 52 cm 23

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 : Coupes des sondages lithologiques

ANNEXE n° 5 : Coupes des piézomètres

ANNEXE n°6 : Coupes des fouilles à la pelle et des essais d'infiltration à la fosse

ANNEXE n°7 : Feuille d'identification géotechnique des sols

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 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 étude sera complétée ultérieurement par une étude géotechnique de conception – Phase « Projet » (mission G2 PRO) à l'avancement du projet.

En complément, un diagnostic de pollution des sols a été réalisé par notre service SSP référencé « RFE2024.0420.DIAG.V01» en date du 29/05/2026.

Un suivi des niveaux d'eau piézométriques est prévu sur une durée d'un an.

1.2. Intervenants

Maître d'ouvrage :	3F NOTRE LOGIS – TISSERIN PROMOTION
Commande :	TISSERIN PROMOTION, du 22 aout 2024
Proposition :	APOGEO du 22 aout 2024 (référencée « ODS2024.0420.G.V03»)

1.3. Documents de travail

Dans le cadre de cette étude, les éléments suivants nous ont été transmis :

Document	Date	Expéditeur
Dossier de consultation – Plan de masse et plan de situation	27/06/2024	TISSERIN PROMOTION
Plan d'archive des bâtiments existant	07/08/2024	TISSERIN PROMOTION
Etude de faisabilité – Plan de masse	18/05/2026	TISSERIN PROMOTION

Tableau 1 : Eléments transmis

1.4. Description du site

Le site d'étude est actuellement occupé par des bâtiments industriels ayant abritant d'anciennes activités de textiles, de papeterie et de construction d'éléments métalliques, des dépendances et une friche arborée.

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

Altitude IGN (m NGF)	Superficie (m^2)	Environnement
+27,0 au Nord et +22,0 au Sud	≈ 16 000	Urbain

Tableau 2 : Caractéristiques du site d'étude

Le site d'étude correspond aux parcelles cadastrales n°578, 824 et 825 de la section AK d'une contenance totale de 16 020 m^2.

La campagne d'investigation, réalisée pour la présente étude, a été effectuée en deux temps (septembre 2024 puis mars/avril 2026), en raison d'une occupation illégale du terrain. Certains points de sondage n'ont également pas pu être menés à bien (voir chapitre 3).

Les points d'investigation ont été implantés tels que précisés sur les plans joints en **annexe 8.**



Figure 1 : Photographies du site d'étude (février 2026)

1.5. Données du projet

D'après le plan masse transmis, le projet consiste en la construction de 120 logements répartis en 5 bâtiments en R+3+attique.

Le projet prévoit également la construction d'un local vélo, d'un local poubelle, d'un local d'activités, de voiries et de parkings VL.

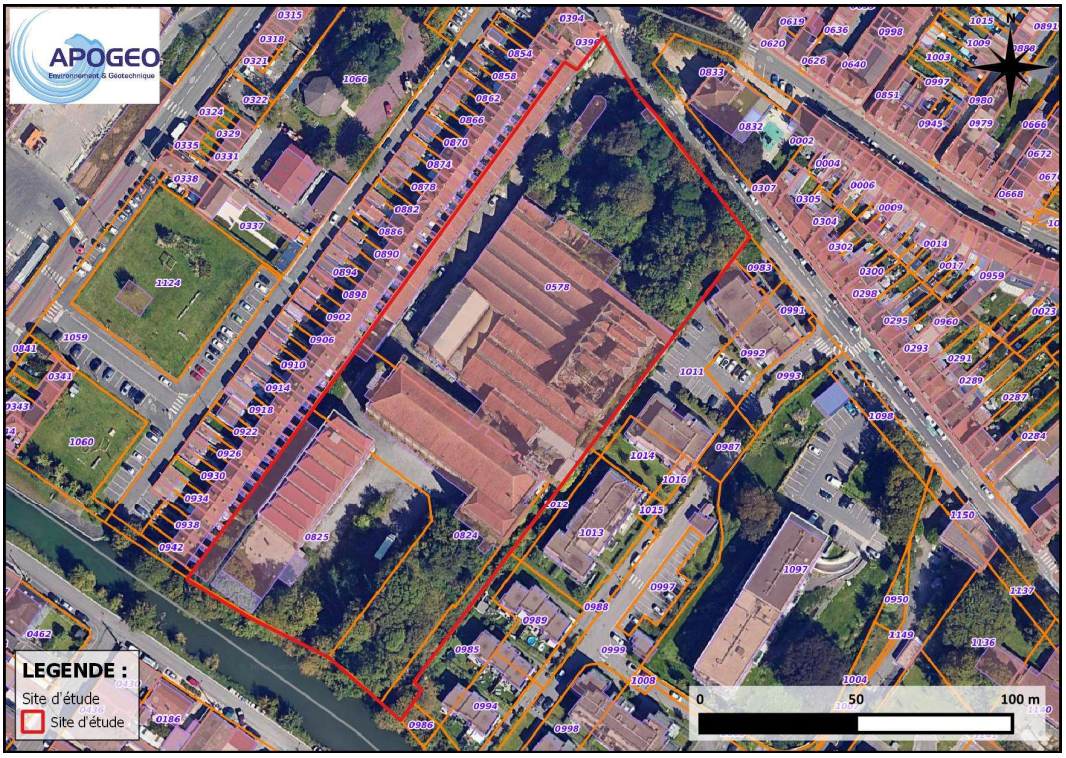


Figure 2 : Localisation du site d'étude

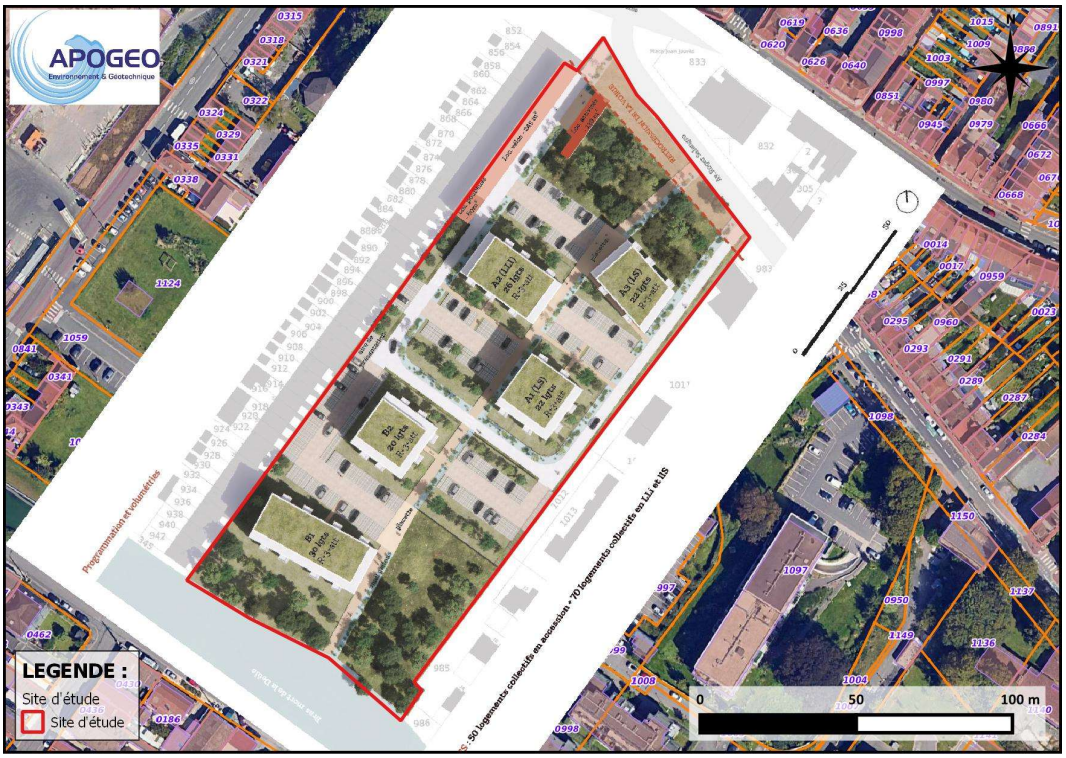


Figure 3 : Plan de masse du projet

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). Les clichés ont été consultés afin de rendre compte de l'historique d'occupation du site.

Le tableau suivant synthétise les principales observations issues des prises de vues aériennes exploitées.

Date	Descriptions	Photographies
1931	Le site est déjà occupé par les bâtiments industriels présents aujourd'hui.	
1976	Déconstruction des bâtiments et de la cheminée au Sud-Est du site. Présence d'une cuve aérienne au droit de l'ancien bâtiment déconstruit	

2015	Le site semble encore en activité en 2015 (véhicules garés sur le parking). Aucune modification majeure ne semble avoir eu lieu depuis les premières photographies aériennes anciennes disponibles.	

Tableau 3 : Synthèse des photographies historiques

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.

D'après celle-ci, les terrains sont constitués par :

- Les limons de plateaux (Quaternaire) ;
- La craie du Sénonien (Secondaire).



Figure 4 : Extrait de la carte géologique de LILLE au 1/50 000

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

- **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.

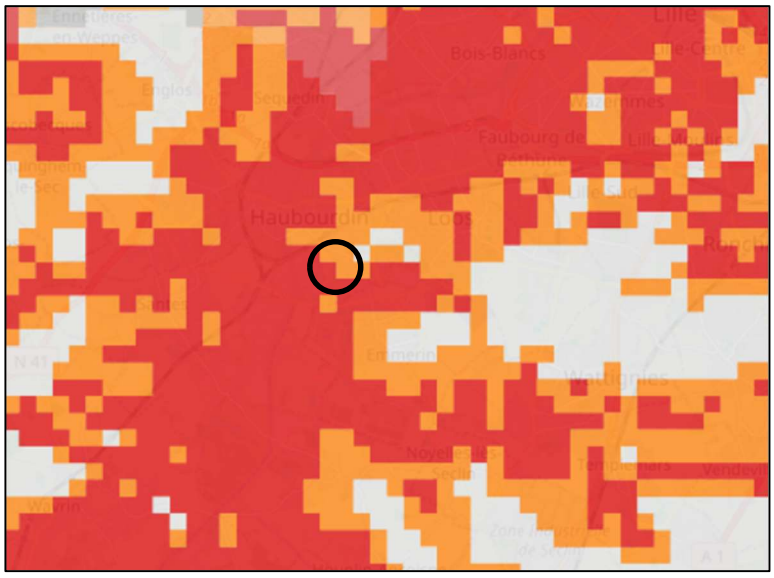


Figure 5 : Carte de l'aléa remontée de nappe

La commune fait partie d'un Territoire à Risques importants d'Inondation (TRI).

- **Aléa « retrait-gonflement des sols argileux »**

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

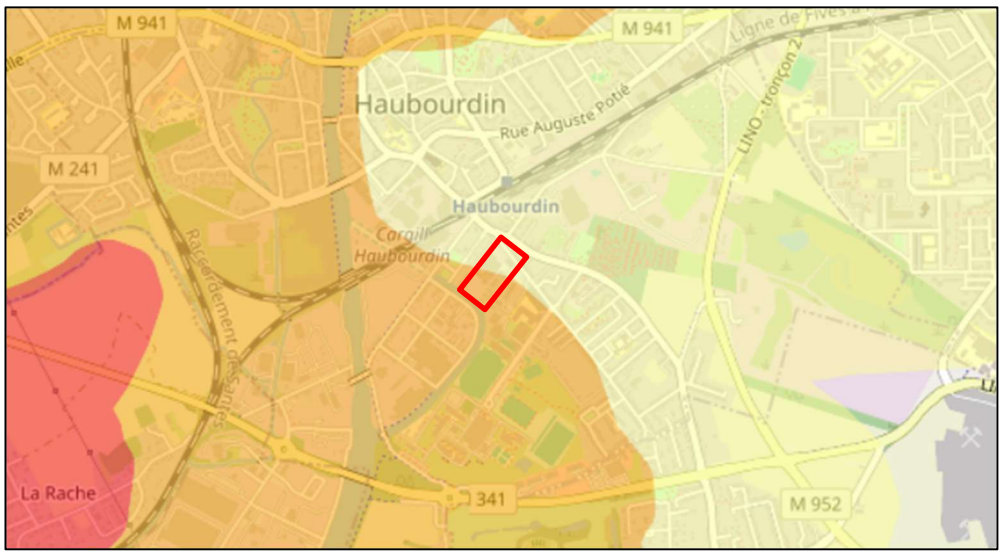


Figure 6 : Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles

- **Aléa « cavités souterraines »**

D'après les bases de données du site Géorisques, aucune cavité souterraine n'a été recensée à moins de 500 m de la zone du projet.

- **Aléa « sismique »**

Le site se trouve en zone sismique 2, alea « faible ».

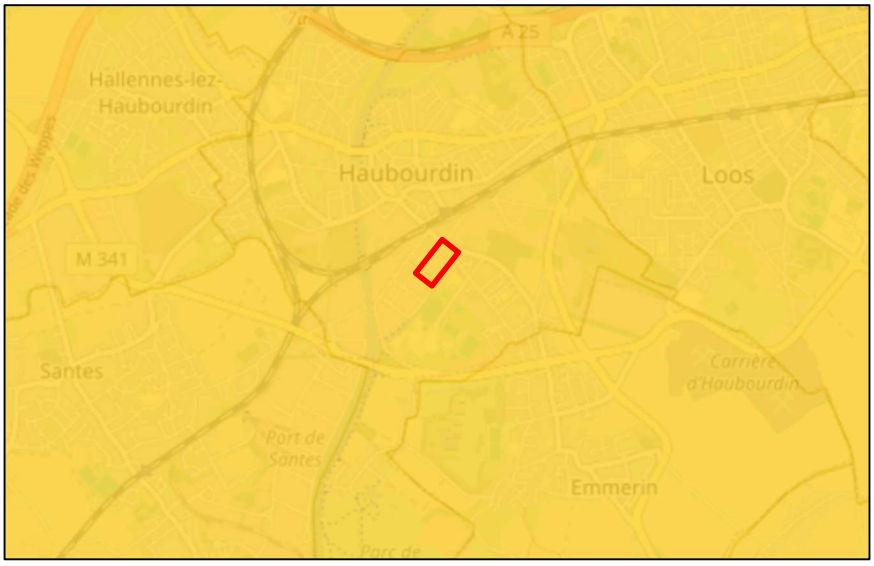


Figure 7 : Carte de l'aléa sismique

3. INVESTIGATIONS

3.1. Reconnaissance sur le site

L'implantation finale des points d'investigation est repérée sur les plans joints en **annexe 8**.

Remarque : En raison d'une impraticabilité du terrain, il n'a pas été possible de réaliser les sondages PR1 et R1.

- **Sondages pressiométriques**

5 sondages pressiométriques ont été réalisés en septembre 2024 et avril 2026.

Ils sont désignés par PR2 à PR6 et ont atteint des profondeurs de 8,0 m (PR3 et PR5) et 16,0 m (PR2, PR4 et PR6).

La foration des sondages a été effectuée par méthode semi-destructive au moyen d'une tarière de diamètre 63 mm (foration à sec) jusqu'à 5,0/6,0 m puis, par méthode destructive au moyen d'un tricône de diamètre 64 mm (injection d'un fluide de forage) jusqu'à leur base.

Les essais pressiométriques ont été réalisés avec une sonde standard, au pas de 1,5 m, avec un total de 40 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

  pl* = pression limite nette

  pf* = pression de fluage nette ;
- Le niveau d'eau éventuellement repéré en cours de foration.

- **Essais au pénétromètre statique**

6 essais pénétrométriques ont été réalisés le 2 avril 2026 au moyen d'un appareillage statique type GOUDA monté sur porteur à chenilles.

Ils sont désignés par P1 à P6 et ont atteint 5,0 à 9,0 m de profondeur.

Le sondage P4 a connu un arrêt prématuré à 2,0 m de profondeur suite à un refus sur des horizons indurés (remblais supposés).

Des avant-trous de 1 m de profondeur ont été réalisés sur l'ensemble des points de sondage.

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

- **Sondages lithologiques**

5 sondages lithologiques, désignés par R2 à R6, ont été réalisés en septembre 2024 et avril 2026 et ont atteint 4,00 m de profondeur chacun.

Ils ont permis le prélèvement ponctuel d'échantillons de sol intacts au moyen d'un carottier poinçonneur à paroi mince et à gaine inférieure, d'une part, et d'échantillons de sol remaniés conditionnés en sachets étanches pour examen visuel et essais en laboratoire, d'autre part.

Les coupes lithologiques établies à partir des échantillons prélevés sont jointes en **annexe 4**.

- **Piézomètre**

2 piézomètres, désignés par PZ1 et PZ2, ont été installés en avril 2026. Ils sont tous deux crépinés de 4,0 à 9,0 m de profondeur.

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

- **Fouilles à la pelle mécanique**

8 fouilles à la pelle mécanique notées de PM1 à PM8 ont été réalisées jusque 1,3/1,5 m de profondeur en mars 2026.

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 6.**

- **Essais de perméabilité**

Au sein des fouilles PM2 et PM8, deux essais d'infiltration « à la fosse » ont été effectués. Ils sont désignés par I1 et I2 (cf. **Annexe 6**).

Dans chaque fouille, une lame d'eau de l'ordre de 50 cm ou plus a été déversée. Son abaissement a été suivi pendant 2 à 3 heures afin de définir le volume infiltré.

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

- **Nivellement**

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

Du fait de l'occupation illégale du site, des ingérences ont eu lieu durant notre intervention. Cela a eu pour conséquence l'impossibilité de retourner sur le site afin de terminer le nivellement des points de sondage.

Les résultats obtenus sont indiqués dans les tableaux suivants :

Investigations	PZ1	PZ2	R1	R5	R6	PM1	PM3
Cote (m NGF)	+26,62	+21,28	+26,47	+22,91	+21,68	+26,69	+24,85

Investigations	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PR4	P2
Cote (m NGF)	+23,77	+23,55	+22,90	+23,23	+22,0	+23,16	+24,54

Investigations	P4	P5	P6
Cote (m NGF)	+23,0	+22,84	+21,67

Tableaux 4 : Nivellement des investigations

3.2. Essais en laboratoire

Les échantillons extraits au droit des sondages et les fouilles ont fait l'objet d'essais d'identifications de sol, d'analyses physico-chimiques et d'essais d'aptitude au traitement en laboratoire.

- **Essais d'identifications**

Ils ont comporté pour l'ensemble de la campagne :

- 1 mesure de densité (humide et sèche) ;
- 15 mesures de la teneur en eau naturelle ;
- 2 classifications GTR des sols (granulométrie + VBS) ;
- 2 mesures de la valeur au bleu de méthylène ;

Les résultats figurent dans un tableau récapitulatif joint en **annexe 7**.

4. ANALYSE DES RESULTATS

4.1. Géologie et géotechnique

L'examen des coupes de sondages 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 :

- Remblais et horizons remaniés de surface ;
- Formation limoneuse (Quaternaire) ;
- Formation crayeuse (Secondaire).

- **Remblais et horizons remaniés de surface**

Au droit de l'ensemble des investigations, il s'agit de remblais à matrice limoneuse, contenant des débris de briques et de béton, d'une épaisseur de 0,1 m à 3,5 m environ.

Rappel : **L'épaisseur et la nature de terres végétales, remblais et horizons remaniés de surface peuvent fortement varier latéralement et être très différentes de celles reconnues en fonction de l'historique du site. Il en est de même pour les caractéristiques mécaniques et les paramètres d'identification de ces matériaux.**

- **Formation limoneuse (Quaternaire)**

Il s'agit d'un limon à un limon crayeux de couleur marron à marron beige présentant localement des nodules de craie identifié jusqu'à des profondeurs comprises entre 2,3 et 7,5 m au droit des sondages PR2 à PR6, R2 à R6 et PZ1 et PZ2.

Les caractéristiques mécaniques mesurées dans cet horizon sont :

Pression limite nette :	0,19 MPa <	Pl*	< 1,07 MPa
Module pressiométrique :	1,2 MPa <	E_M	< 18,1 MPa
Résistance de pointe :	2,0 MPa <	q_c	< 7,5 MPa

Cet horizon correspond à un limon mou à ferme.

Cet horizon est également caractérisé par :

Teneurs en eau :	17,6 % <	W_n	< 24,7 %
VBS :	2,08 <	VBS	< 2,36
Passant 80 µm :	68,7 % <	Passant 80 µm	< 89,0 %

Ainsi, il s'agit de sols de classe **GTR A1**, avec une portance très faible à nulle dans son état hydrique naturel.

- **Formation crayeuse (Secondaire)**

Il s'agit d'une craie de couleur beige-blanche identifiée jusqu'à la base des sondages PR2 à PR6 (8,0 à 16,0 m).

Il semble s'agir d'une craie jusqu'à la base des essais P1 à P6 soit jusqu'à 9,00 m au maximum (refus).

Les caractéristiques mécaniques mesurées dans cet horizon sont :

Pression limite nette :	0,78 MPa <	Pl*	< 4,99 MPa
Module pressiométrique :	10,6 MPa <	E_M	< 220,0 MPa
Résistance de pointe :	8,0 MPa <	q_c	< 30,0 MPa

Cet horizon correspond à une craie altérée à saine.

4.2. Données hydrogéologiques

- **Niveau d'eau**

Des niveaux d'eau ont été relevés au droit des piézomètres PZ1 et PZ2, à des profondeurs respectives de 2,7 m et 3,6 m (soit des cotes de +18,58 m NGF et +23,02 m NGF), ainsi qu'au droit des sondages PR4 et PR5, à des profondeurs respectives de 3,8 m et 5,3 m (soit des cotes de +19,36 m NGF et +17,86 m NGF).

Un suivi des niveaux d'eau est prévu au droit des piézomètres PZ1 et PZ2 sur une durée de 12 mois.

La connaissance des fluctuations annuelles, notamment futures, est du ressort d'un bureau spécialisé en hydrogéologie via une étude hydrogéologique spécifique au projet et que nous pouvons vous proposer.

- **Perméabilité**

Les abaissements du niveau d'eau observés en PM2 et PM8 via les essais I1 et I2 de type « à la fosse » ont permis de mettre en évidence les perméabilités suivantes :

Horizon	Fouille	Essai	Profondeur	Perméabilité (m/s)
Limons argileux marron	PM2	I1	0,8/1,3 m	**$1{,}52.10^{-6}$**
	PM8	I2	1,0/1,5 m	**$8{,}79.\ 10^{-6}$**

Tableau 5 : Perméabilités des sols superficiels (m/s)

4.3. 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.

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

Le projet est à priori classé en catégorie d'importance II, de ce fait les règles de conception parasismique ne seront pas applicables.

5. CONCLUSIONS – Etude géotechnique G2-AVP

5.1. Préconisations préalables

Nous rappelons que le projet prévoir la création d'un ensemble de logements collectifs de type R+3.

Compte-tenu du profil géomécanique du sous-sol exposé ci-avant (présence de remblais jusqu'à 3,0 m de profondeur localement) et au regard des caractéristiques du projet (bâtiments de type R+3 amenant à priori des charges relativement élevées), on pourra s'orienter vers :

- Soit une solution de fondation superficielles associés à un renforcement de sol de types inclusions rigides ancrées dans les horizons crayeux.
- Soit un mode de fondation profonde de type pieux ancrées dans les horizons crayeux.

Nous développons dans la suite du présent rapport les paramètres de prédimensionnement et les conditions générales de mise en œuvre de ces solutions de fondations au stade de la mission G2-AVP.

5.2. Etat et démolition des existants

Le site d'étude est actuellement occupé par des existants voués à démolition.

Il conviendra, dans la mesure du possible, de purger l'entièreté des fondations existantes pour éviter les refus des outils de forage.

Selon la qualité des démolitions de ces derniers, les vestiges éventuels des ouvrages nécessiteront des dispositions particulières (pelle mécanique équipée d'un BRH, blindage des fouilles…) pour l'exécution des fondations.

En cas de présence avérée d'ouvrages enterrés, il faudra alors :

- Purger l'ensemble des points durs jusqu'à au moins 1,0 m de profondeur ;
- Prendre en compte la présence des fondations existantes éventuelles (pieux, massifs,…) dans le maillage des fondations à réaliser ;
- Décaler éventuellement les porteurs afin d'être hors emprise.

5.3. Fondations superficielles en béton armé sur renforcement de sol

5.3.1. Préconisations générales

Pour les différents bâtiments du projet, un renforcement de sol est nécessaire. Ce 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 de 1,0 m dans les horizons crayeux, ce qui correspond à des profondeurs d'ancrage, par rapport au niveau fini du bâtiment projeté, de l'ordre de 7,0 m minimum.

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).

5.3.2. Portance des inclusions

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).

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 fc28 = 30 MPa.

A titre indicatif, on trouvera dans les tableaux 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		7,0 m	10,0 m
Cote NGF de la base des inclusions		+16,0 m NGF	+13,0 m NGF
ELU ($R_{c;d}$) (kN)	Situations durables et transitoires	456	493(*)
	Situations accidentelles	502	617(*)
ELS ($R_{c;cr;d}$) (kN)	Combinaisons caractéristiques	277(*)	277(*)
	Combinaisons quasi-permanentes	277(*)	277(*)

(*) Contrainte du béton atteint

Tableau 6 : Dimensionnement des inclusions de diamètre 25 cm

Diamètre des inclusions		0,30 m	
Profondeur des inclusions		7,0 m	10,0 m
Cote NGF de la base des inclusions		+16,0 m NGF	+13,0 m NGF
ELU ($R_{c;d}$) (kN)	Situations durables et transitoires	585	710(*)
	Situations accidentelles	643	888(*)
ELS ($R_{c;cr;d}$) (kN)	Combinaisons caractéristiques	400(*)	400(*)
	Combinaisons quasi-permanentes	400(*)	400(*)

(*) Contrainte du béton atteint

Tableau 7 : Dimensionnement des inclusions de diamètre 25 cm

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 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).

5.3.3. 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.

Des refus de foration sont possibles sur des remblais grossiers ou des éventuels vestiges enterrés (du fait d'existant au droit du site d'étude), 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 inclusions concernées par des surconsommations de plus de 30 % devront faire l'objet d'un contrôle spécifique par impédance mécanique.

5.3.4. 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.

5.3.5. Dimensionnement des massifs isolés et semelles filantes

En tête des points de renforcement arasés à 0,8 m de profondeur (mise hors gel) par rapport aux plates-formes finies extérieures, les massifs isolés pourront être dimensionnés sur la base d'un taux de sollicitation de service (ELS caractéristique) égal à 0,20 MPa.

5.3.6. Conditions d'exécution fondations

Les terrassements dans les horizons superficiels seront possiblement 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 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, …).

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

5.4.1. 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 de 1,5 m dans les horizons crayeux suffisamment raides à partir de la profondeur minimale 7,5 m par rapport au terrain actuel soit la cote +15,5 m NGF.

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.

5.4.2. 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 pressiométriques :

Tranche de terrain (m)	0,0/3,0	3,0/6,5	6,5/8,5	8,5/12,0	12,0/16,0
Cote de base (m NGF)	+20,0	+16,5	+14,5	+11,0	+7,0
Nature	Remblais	Limons		Craie	
Pl* (MPa)	(0,4)	0,8	2,6	3,9	4,9
Courbe type	/	Q1	Q3	Q3	Q3
f sol (kPa)	/	33	83	97	104
α pieu-sol	/	1,8	2,1	2,1	2,1
Frottement axial limite q_s (kPa)	/	60	179	200(*)	200(*)

(*) Valeurs maximales de q_s atteintes

Tableau 8. Modèle pour l'évaluation de l'effort limite par frottement axial (R_S) – Pieu « FTC ».

Le « 0 » correspond à la cote moyenne +23,0 m NGF.

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

- **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) Cote de la base (m NGF)	7,5/8,5 +15,5/+14,5	8,5/12,0 +14,5/+11,0	12,0/14,0 +11,0/+9,0
Pl* (MPa)	2,6	3,9	4,9
K_p	1,6	1,6	1,6
Taux de portance limite (MPa)	4,16	6,24	7,84

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

Tableau 9. 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 :

$\gamma_{R;d1} = 1,18$

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

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

Rappel :

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

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

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

5.4.3. 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		7,5 m	11,5 m
Cote de la base des pieux		+15,5 m NGF	+11,5 m NGF
ELU ($R_{c;d}$) (kN)	Situations durables et transitoires	698	1392(*)
	Situations accidentelles	768	1673
ELS ($R_{c;cr;d}$) (kN)	**Combinaisons caractéristiques**	**510**	**783(*)**
	Combinaisons quasi-permanentes	417	783(*)

Diamètre des pieux		52 cm	
Profondeur de la base des pieux		7,5 m	11,5 m
Cote de la base des pieux		+15,5 m NGF	+11,5 m NGF
ELU ($R_{c;d}$) (kN)	Situations durables et transitoires	942	2052
	Situations accidentelles	1035	2258
ELS ($R_{c;cr;d}$) (kN)	**Combinaisons caractéristiques**	**678**	**1200(*)**
	Combinaisons quasi-permanentes	555	1200(*)

(*) Contrainte du béton atteint

Tableaux 10. Prédimensionnement de pieux « FTC » de diamètre 42 cm et 52 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 : γ_t = 1,1 en situations durables et transitoires

γ_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 : γ_{CR} = 0,9 en combinaisons caractéristiques

γ_{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 bâtiment 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 ou des éventuels vestiges enterrés (après démolition de l'existant), 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 « francs » 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)

5.5. Conception des niveaux bas

Les niveaux bas devront être conçus en 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.

5.6. Conception de la voirie et des parkings

5.6.1. Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.)

- **Préconisations générales**

La Partie Supérieure des Terrassements, d'une épaisseur de 1,0 m environ, est située sous la couche de forme.

Dans le cas présent, la PST sera constituée par des remblais ou des limons +/- crayeux de classe GTR A_1.

Le choix de la technique de la réalisation des terrassements devra tenir compte des sols en place et devra être adapté aux matériaux présents.

Dans tous les cas, le fond de forme devra impérativement être exempt de matériaux évolutifs (type bois, plastique, plâtre, résidus de hauts fourneaux, …), qui devront être purgés au besoin.

Les éventuelles purges peuvent être substituées en granulats de classe D_{31} suivant la norme NF P 11-300 ($D_{max} \geq 50$ mm, type calcaire de granulométrie 0/80 ou 0/120 mm par exemple).

- **Phase travaux**

Le matériau doit être mis en œuvre suivant les prescriptions du guide technique SETRA / LCPC de juillet 2000 « Réalisation des remblais et des couches de forme ».

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

La mise en œuvre du matériau de substitution doit être effectuée immédiatement après réalisation des terrassements afin d'éviter la décompression des fonds de fouille et leur exposition aux intempéries.

La réalisation d'un cylindrage préalable des fonds de fouille est recommandée afin de favoriser l'action du compactage, en particulier sur l'arase en remblais.

Compte tenu des sols encaissants peu perméables, il conviendra de réaliser des formes de pentes afin d'éviter toutes stagnations d'eaux reliées à un exutoire.

Remarques :

Dans le cas où des remontées d'eau seraient observables en fond de fouille, il faudra en assurer l'épuisement.

5.6.2. Prédimensionnement de la couche de forme

- **Préconisations générales**

La couche de forme de la voirie peut être réalisée en granulats de classe D_{31} suivant la norme NF P 11-300 (D_{max} ≥ 50 mm, type calcaire 0/120 mm par exemple).

Dans ce cas, nous recommandons la mise en œuvre des matériaux sur une épaisseur minimale de **60 à 65 cm** avec géotextile préalable.

NB : L'épaisseur de la couche de forme devra être adaptée afin d'assurer la protection au gel du sol support (en fonction de la structure retenue et de l'indice de gel visé) et en fonction de l'objectif de portance requis (PF2 au minimum), tout en conservant une épaisseur minimale de **60 à 65 cm** en matériau granulaire.

Au droit des parking VL, cette épaisseur pourra être réduite à **50/55 cm** en matériau granulaire avec géotextile préalable sous réserve d'atteindre un objectif de portance minimal EV2 ≥ 40 MPa nécessaire à la bonne mise en œuvre des couches de structure (portance à vérifier à la plaque au démarrage).

- **Phase travaux**

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 voirie est de classe PF2 minimum (EV2 ≥ 50 MPa et EV2/EV1 ≤ 2).

Nous recommandons la réalisation d'une planche d'essai au démarrage des travaux afin d'optimiser les épaisseurs de couche de forme vis-à-vis des critères de réception.

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

La partie supérieure de la couche de forme (environ 20 cm) peut être réalisée en Calcaire 0/31,5 mm (classe D_{21}) de manière à faciliter les opérations de réglage avant application des couches de 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).

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 D_{31}, dosage des sulfates, absence de potentiel gonflant, …).

Il est, à notre avis également, préférable de s'orienter vers une structure de voirie de type « souple » à base de matériaux hydrocarbonés (type grave bitume par exemple). L'épaisseur des couches de structure doit être définie en fonction du trafic retenu.

- **Contrôle de mise en œuvre**

La couche de forme devra faire l'objet d'un contrôle de portance par essais à la plaque, et le critère de réception pour la voirie est l'obtention d'un module de déformation EV2 ≥ 50 MPa au minimum (avec un rapport EV2/EV1 ≤ 2).

La couche de forme en sol traité devra également faire l'objet d'une protection superficielle (émulsion de bitume par exemple), d'une part, afin de maintenir un état hydrique du matériau traité durant la période de prise et d'autre part de favoriser l'accrochage entre la couche de forme et la couche de fondation.

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.

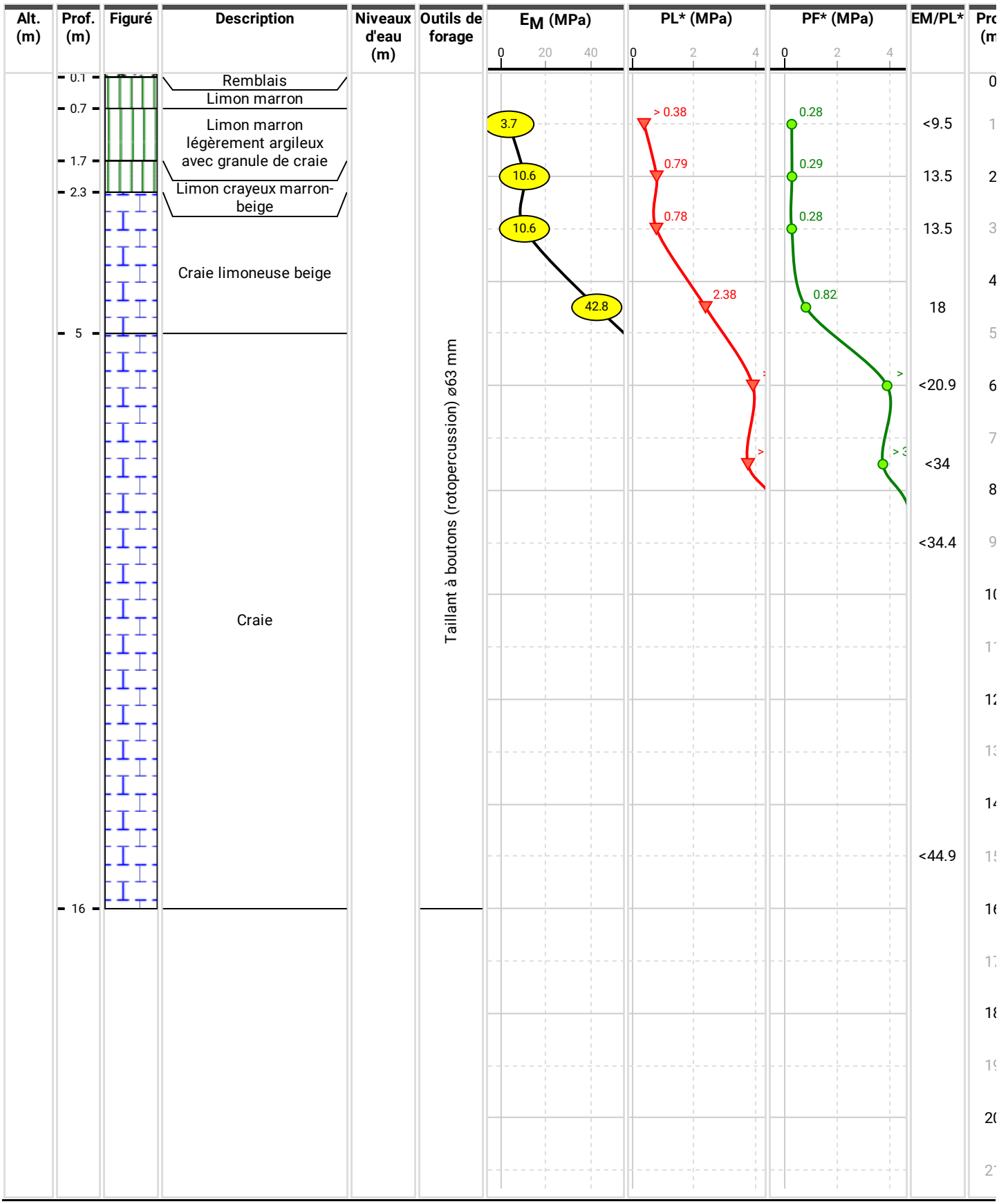
— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie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

ANNEXE n°2 :
Coupes des sondages pressiométriques

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

APOGEO
Environnement & Géotechnique

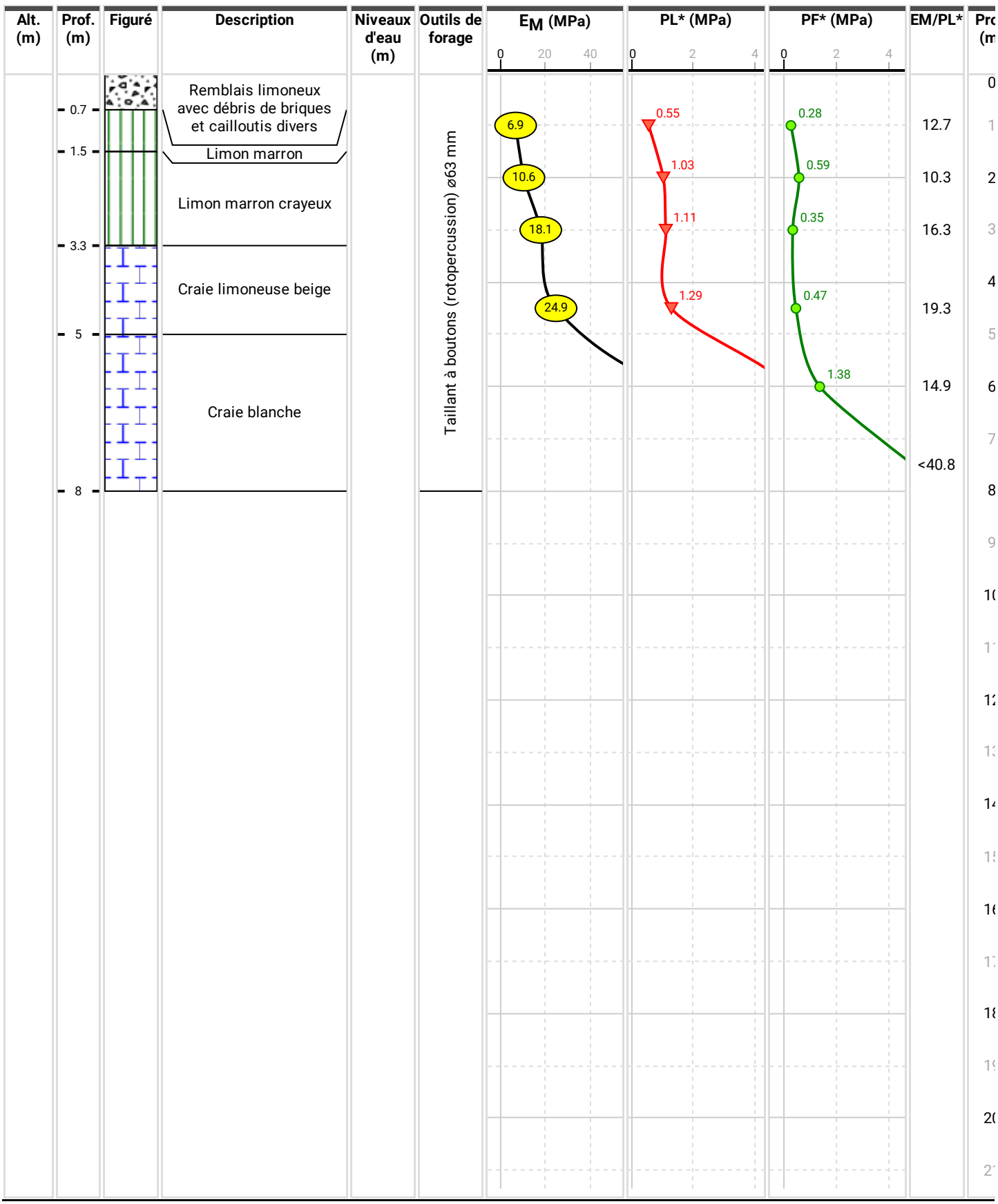
Forage	Dossier
PR2	2024.0420.
Date de début	Chantier
09/09/2024	HAUBOURDIN
Altitude undefined	Description du dossier
	CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS
	Client
	TISSERIN PROMOTION



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

APOGEO
Environnement & Géotechnique

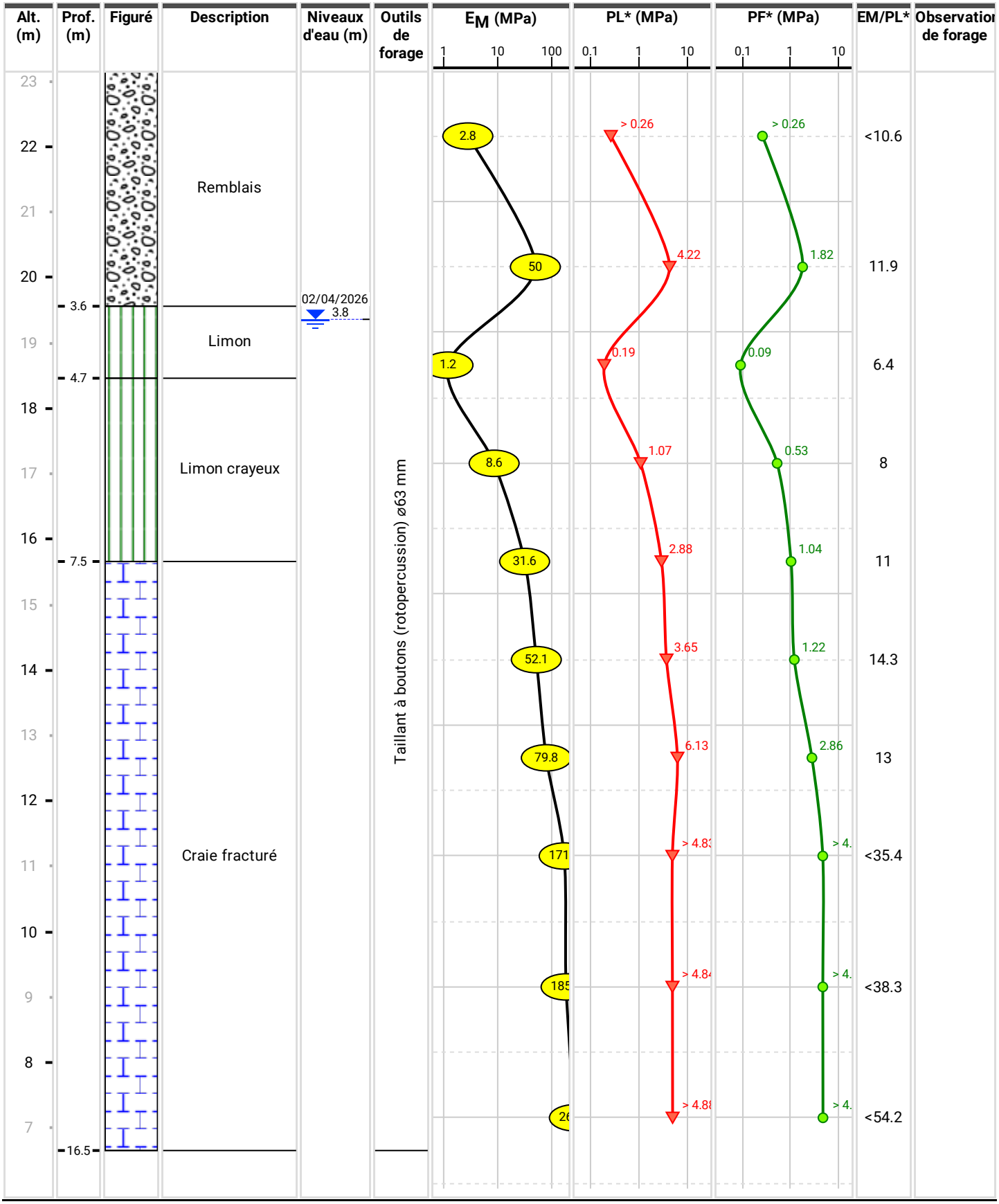
Forage	Dossier
PR3	2024.0420, 2024.0420.
Date de début	Chantier
10/09/2024	HAUBOURDIN
Altitude undefined	Description du dossier
	CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS
	Client
	TISSERIN PROMOTION



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

APOGEO
Environnement & Géotechnique

Forage	Dossier
PR4	2024.0420
Date de début	Chantier
01/04/2026	HAUBOURDIN
Altitude undefined	Description du dossier
23.16 m	CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS
	Client
	TISSERIN PROMOTION



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

APOGEO
Environnement & Géotechnique

Forage
PR5

Date de début
11/09/2024

Altitude undefined

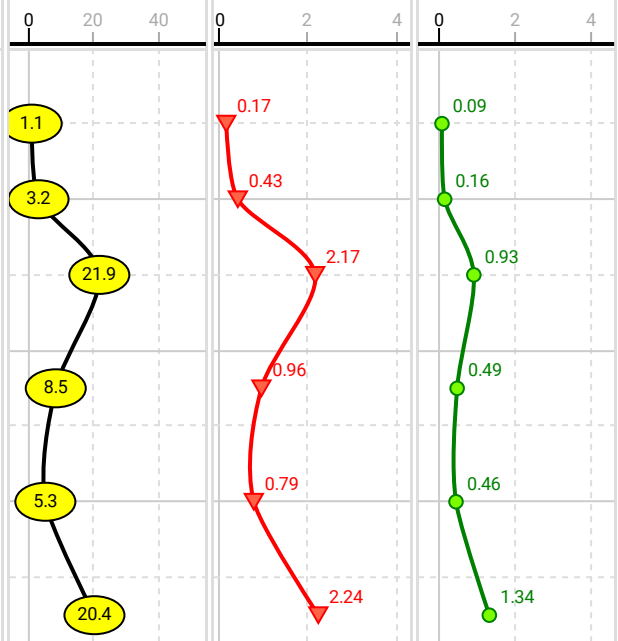
Dossier
2024.0420, 2024.0420.

Chantier
HAUBOURDIN

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Client
TISSERIN PROMOTION

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage
	0		Remblais graveleux avec débris de briques et de béton		Taillant à boutons (rotopercussion) ø63 mm
	3.5		Limon marron		
	4		Limon marron crayeux	11/09/2024 5.3	
	5.3		Craie fracturé marron beige		
	8				



EM/PL*	Pro (m
6.3	0
7.4	1
10.1	2
8.8	3
6.8	4
9.1	5
	6
	7
	8

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Forage
PR6

Date de début
11/09/2024

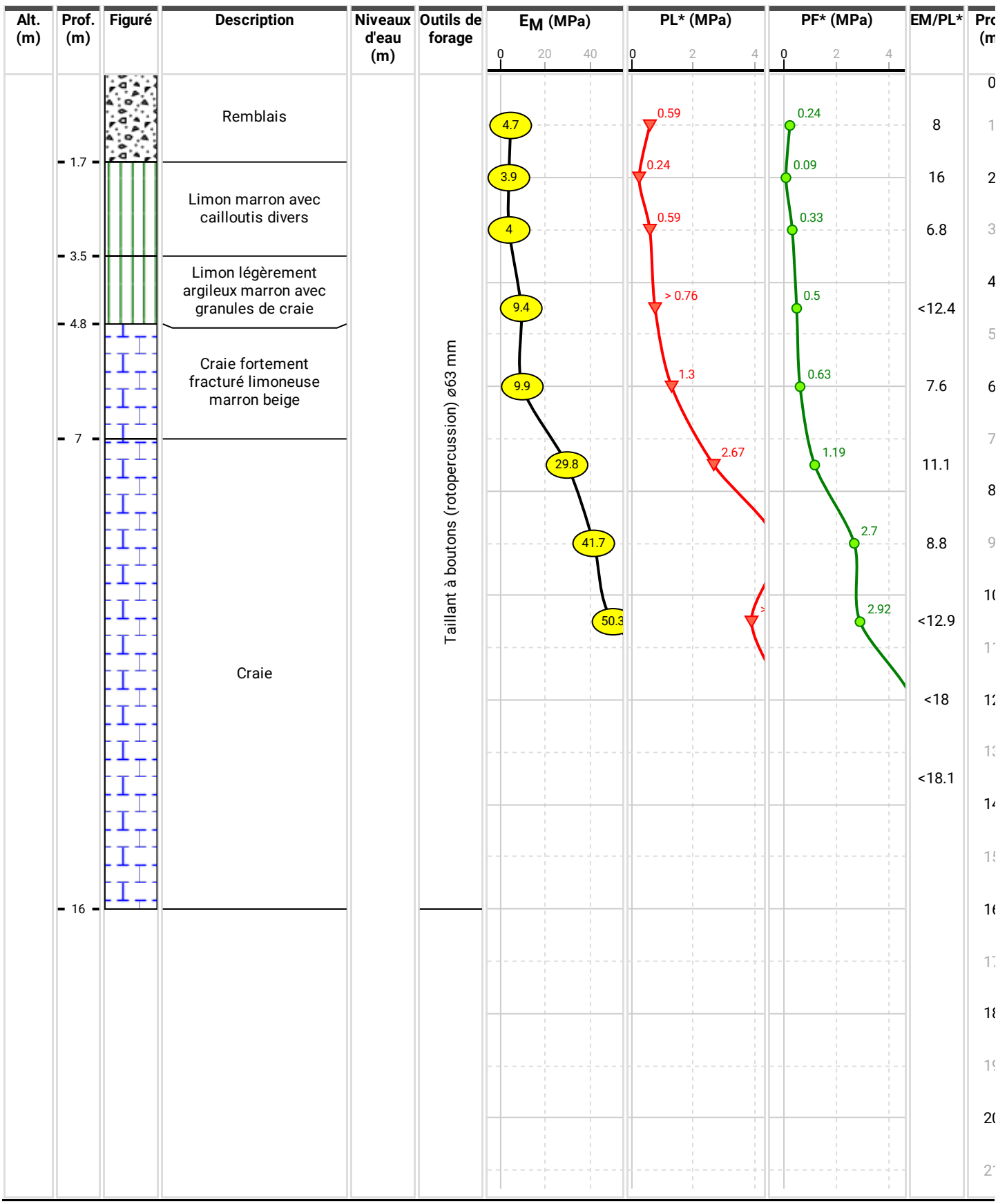
Altitude undefined

Dossier
2024.0420., 2024.0420

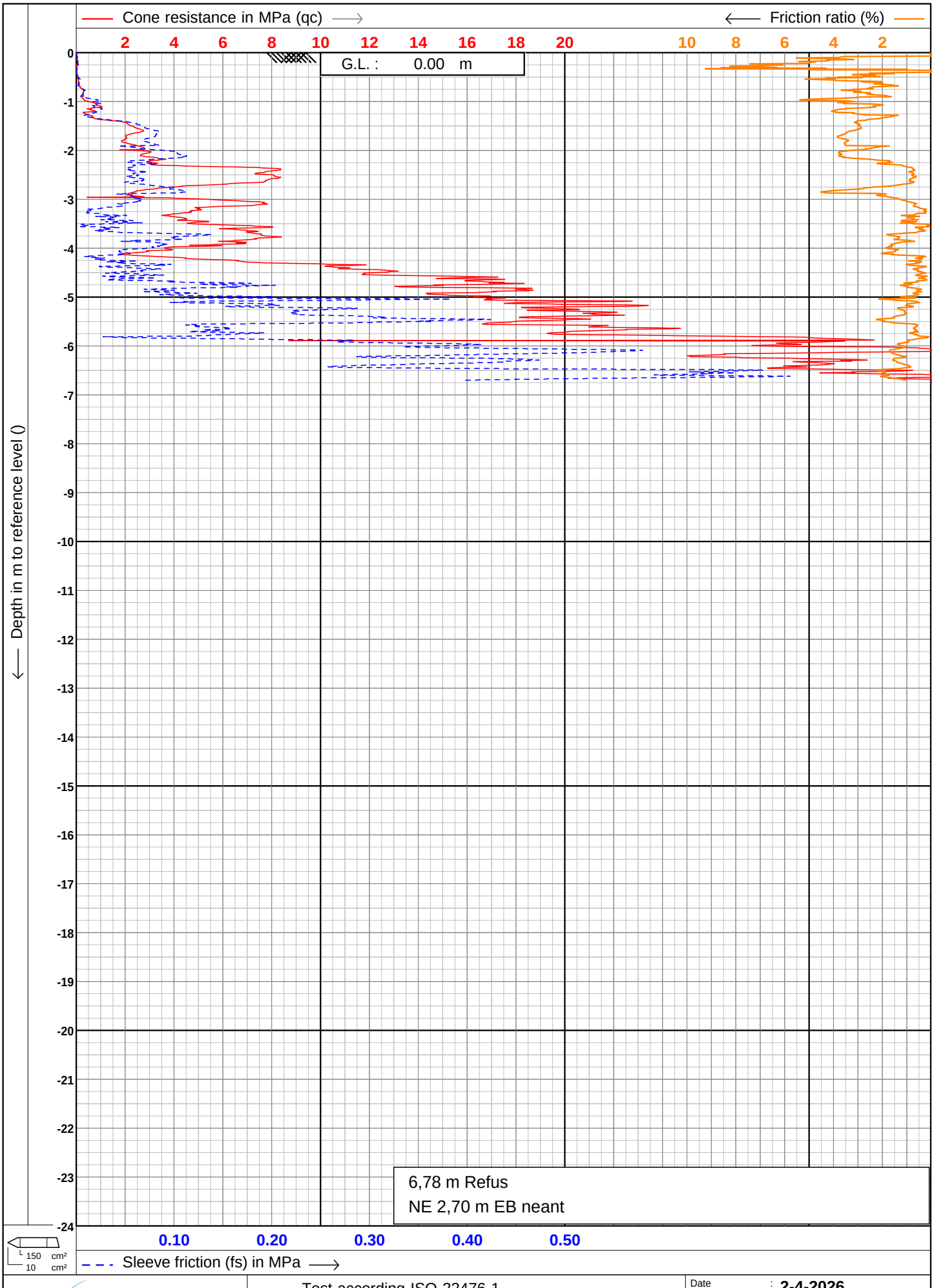
Chantier
HAUBOURDIN

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Client
TISSERIN PROMOTION



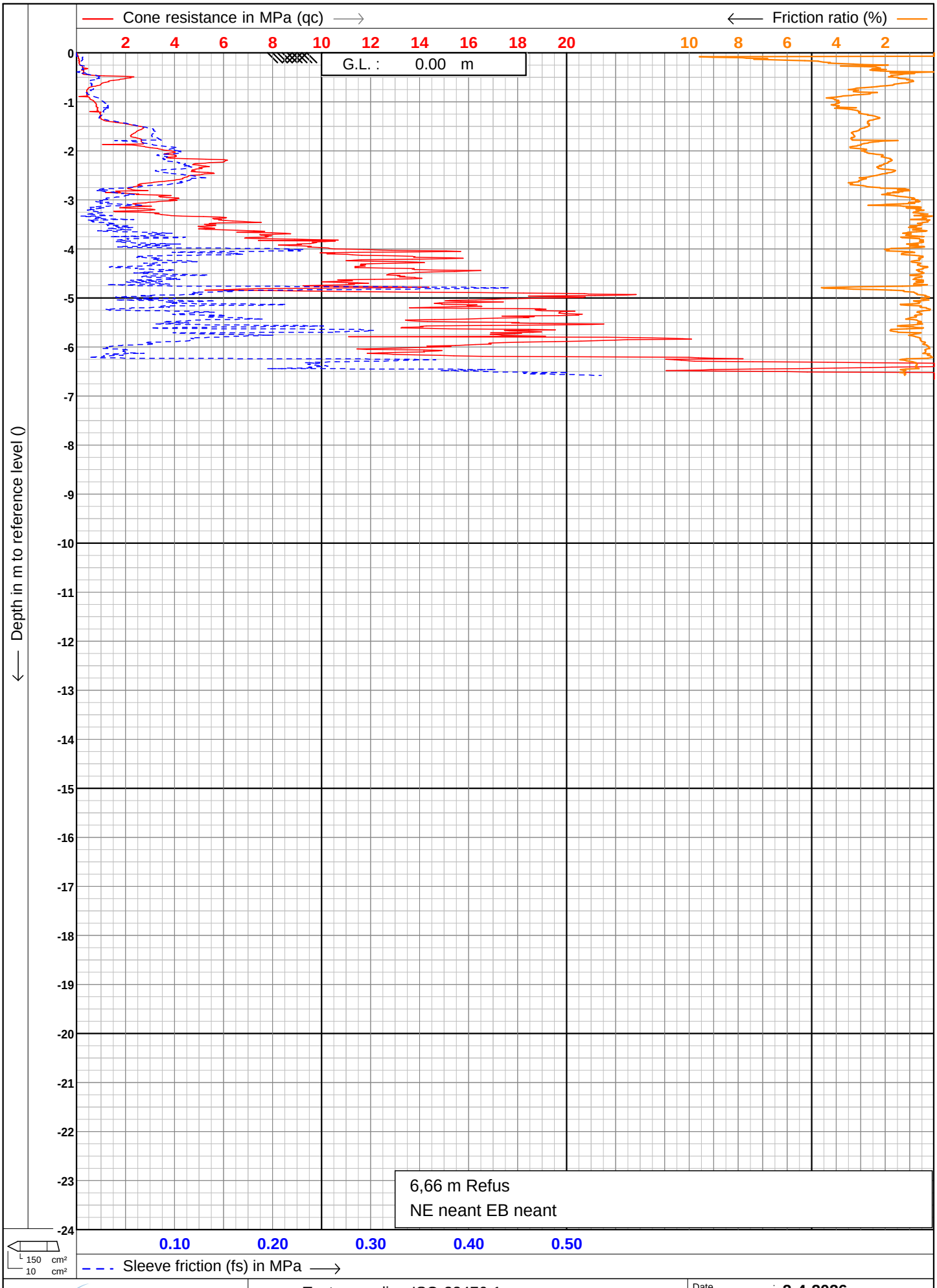
ANNEXE n°3 :
Diagrammes des essais au pénétromètre statique



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Tisserin promotion**
Location	:	**Haubourdin rue du General notre Dame**

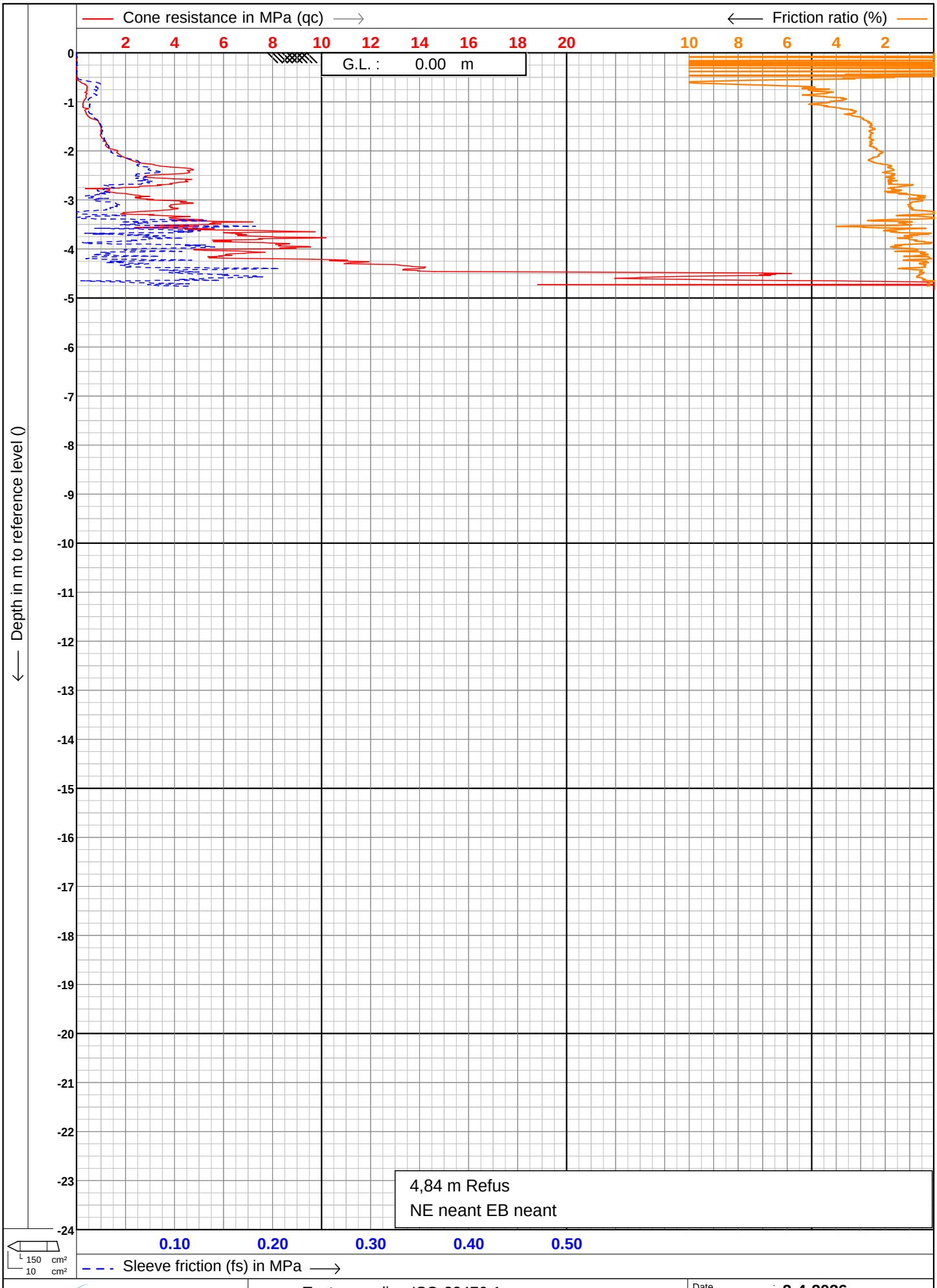
Date	:	**2-4-2026**
Cone no.	:	**DP10-CFPTXY.61019**
Project no.	:	**2024.0420**
CPT no.	:	**p1bis2** 1/1



Test according ISO 22476-1

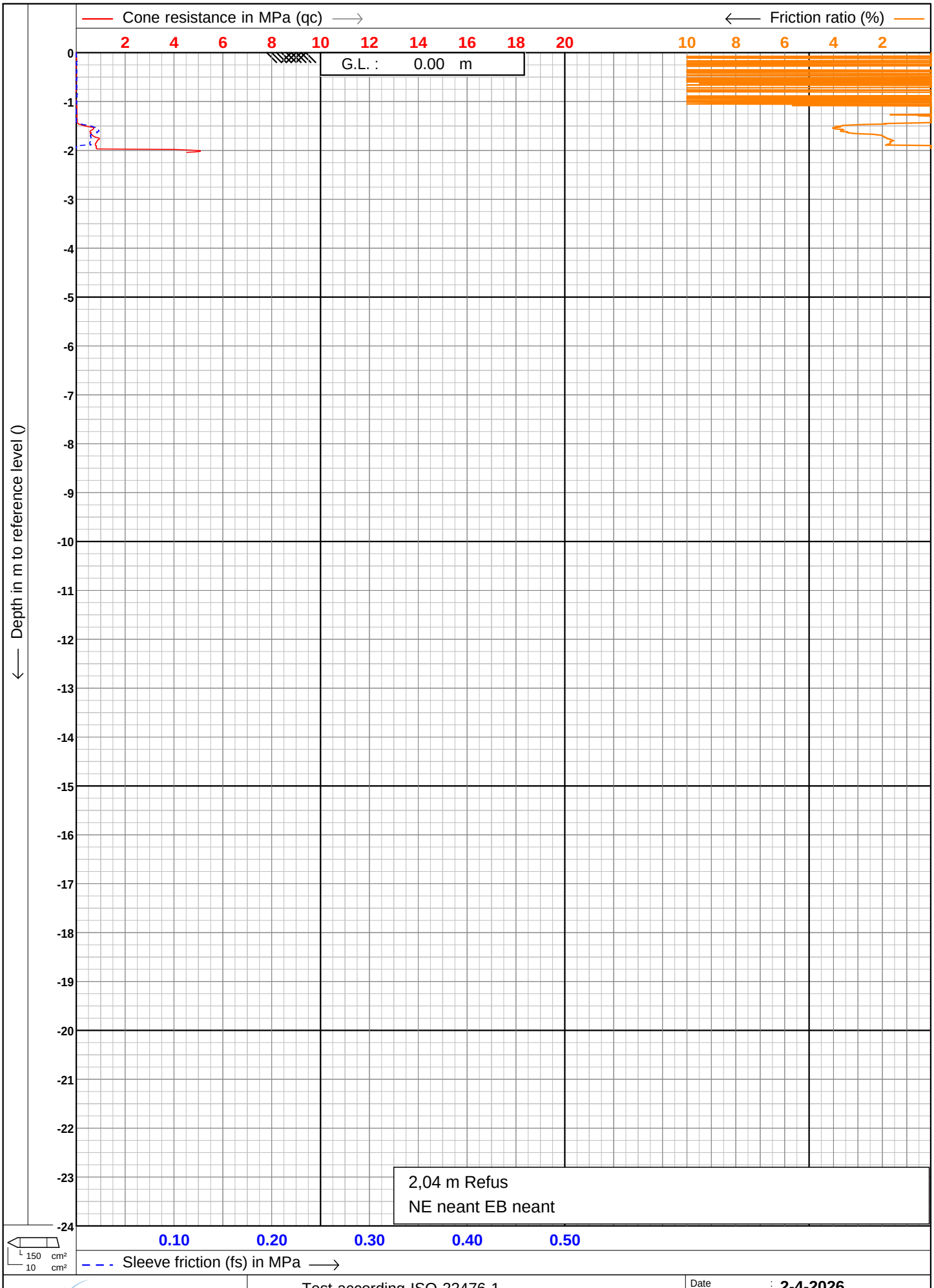
Project	:	**Tisserin promotion**
Location	:	**Haubourdin rue du General notre Dame**

Date	:	**2-4-2026**
Cone no.	:	**DP10-CFPTXY.61019**
Project no.	:	**2024.0420**
CPT no.	:	**p2bis2** **1/1**



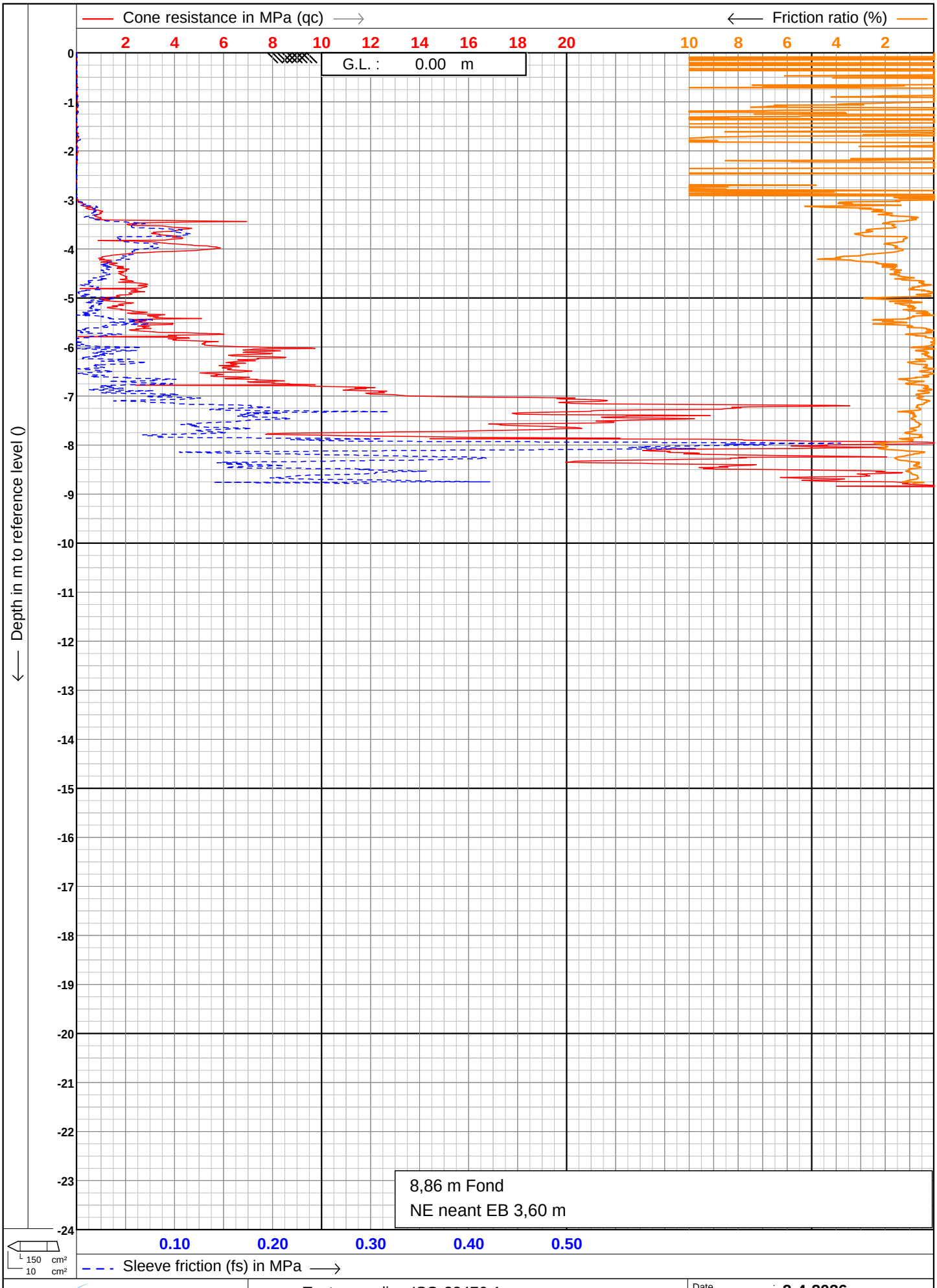
Test according ISO 22476-1

Project	:	**Tisserin promotion**
Location	:	**Haubourdin rue du General notre Dame**
Date	:	**2-4-2026**
Cone no.	:	**DP10-CFPTXY.61019**
Project no.	:	**2024.0420**
CPT no.	:	**p3** 1/1



Test according ISO 22476-1

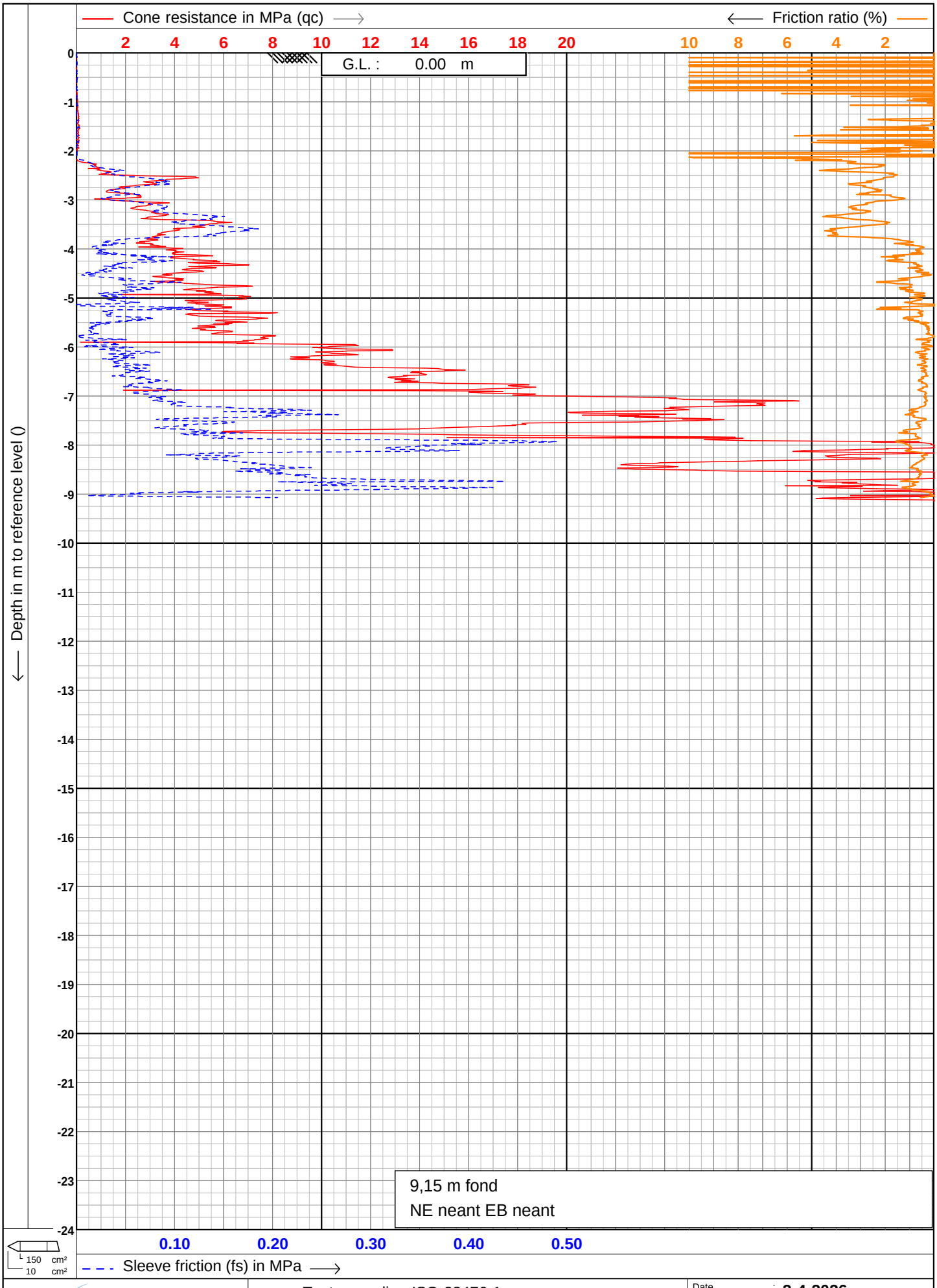
Project	:	**Tisserin promotion**
Location	:	**Haubourdin rue du General notre Dame**
Date	:	**2-4-2026**
Cone no.	:	**DP10-CFPTXY.61019**
Project no.	:	**2024.0420**
CPT no.	:	**p4** 1/1



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Tisserin promotion**
Location	:	**Haubourdin rue du General notre Dame**

Date	:	**2-4-2026**
Cone no.	:	**DP10-CFPTXY.61019**
Project no.	:	**2024.0420**
CPT no.	:	**p5** 1/1



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Tisserin promotion**
Location	:	**Haubourdin rue du General notre Dame**

Date	:	**2-4-2026**
Cone no.	:	**DP10-CFPTXY.61019**
Project no.	:	**2024.0420**
CPT no.	:	**p6** 1/1

ANNEXE n°4 :
Coupes des sondages lithologiques

SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier
HAUBOURDIN

Forage
R2

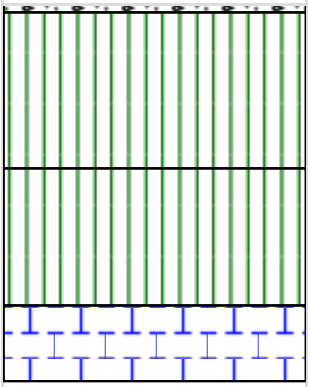
Dossier
2024.0420

Client
TISSERIN PROMOTION

Date de début
09/09/2024

Altitude undefined

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Alt. (m)
0.1		Dalle béton			
		Limon			
1.75		Limon crayeux		Tarière ø63 mm	
3.2		Craie			
4					

SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier
HAUBOURDIN

Forage
R3

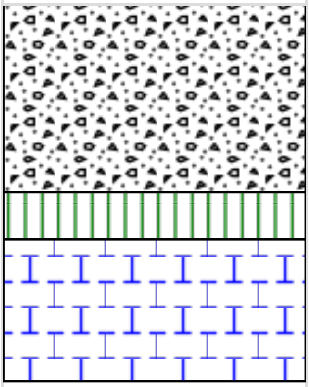
Dossier
2024.0420

Client
TISSERION PROMOTION

Date de début
27/03/2026

Altitude undefined

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Alt. (m)
2		Remblais graveleux		Tarière ø63 mm	
2.5		Limon crayeux			
4		Craie limoneuse			

SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier
HAUBOURDIN

Forage
R4

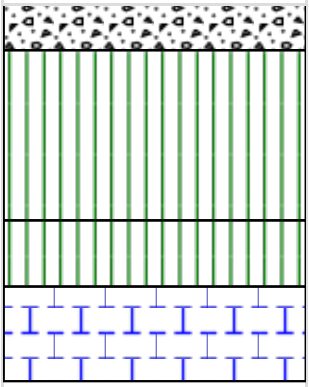
Dossier
2024.0420

Client
TISSERIN PROMOTION

Date de début
31/03/2026

Altitude undefined

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Alt. (m)
0.5		Remblais		Tarière ø63 mm	
2.3		Limon			
3		Limon crayeux			
4		Craie			

SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier
HAUBOURDIN

Forage
R5

Dossier
2024.0420

Client
TISSERIN PROMOTION

Date de début
27/03/2026

Altitude undefined

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Alt. (m)
1.5		Remblais		Tarière ø63 mm	
4		Limon crayeux			

SONDAGE GEOLOGIQUE

Chantier
HAUBOURDIN

Forage
R6

Dossier
2024.0420

Client
TISSERIN PROMOTION

Date de début
27/03/2026

Altitude undefined

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Prof. (m)	Figuré	Description	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage	Alt. (m)
		Remblais limoneux		Tarière ø63 mm	
1.6		Limon crayeux			
3.6		Craie			
4					

ANNEXE n° 5 :
Coupes des piézomètres

PIEZOMETRE

Forage
PZ1

Dossier
2024.0420

Date de début
01/04/2026

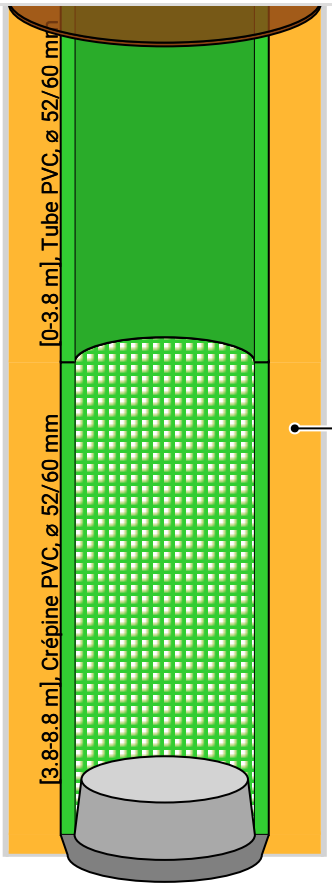
Chantier
HAUBOURDIN

Altitude undefined

Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS

Client
TISSERIN PROMOTION

Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)	Figuré	Description
0				Remblais
1				
2				
3				Limon
4				Limon crayeux
5				
6				Craie
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				



01/04/2026
3.6

PIEZOMETRE

Forage
PZ2
Date de début
31/03/2026
Altitude undefined

Dossier
2024.0420
Chantier
HAUBOURDIN
Description du dossier
CONSTRUCTION DE 130 LOGEMENTS
Client
TISSERIN PROMOTION

Prof. (m)	Équipement de forage	Niveaux d'eau (m)	Figuré	Description
0				
1				Remblais
2	[0-3.8 m], Tube PVC, ø 52/60 mm	22/05/2026 2.7		
3				Limon
4	[0-9 m], Gravier (massif filtrant)			Limon crayeux
5				
6	[3.8-8.8 m], Crépine PVC, ø 52/60 mm			Craie
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

ANNEXE n°6 :
Coupes des fouilles à la pelle et des essais d'infiltration à la fosse

APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle mécanique**	**Identification de la fouille :**	PM1

Référence dossier

N° dossier :	2024.0420	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	RIN PROMOTION - 3F NOTRE I	**Adresse du site :**	22 RUE DU GENERAL DAME
Date de la fouille :	25/03/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	**X (m) :**	699250,11	**Y (m) :**	7056454,20
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	1,5
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00/0,40	Terre végétale : sable limoneux brun et remblais (briques pluri-décimétriques)
0,40/1,50	limon marron

Cartographie / Photographie de la fouille









APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse**	**Identification de la fouille :**	PM2+I1

Référence dossier

N° dossier :	2024.0240	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	TISSERIN PROMOTION - 3F NOTRE LOGIS	**Adresse du site :**	22 rue du Général Dame - Haubourdin
Date de l'essai :	25/05/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	**X (m) :**	699235,386	**Y (m) :**	7056433,085
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	1,3
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

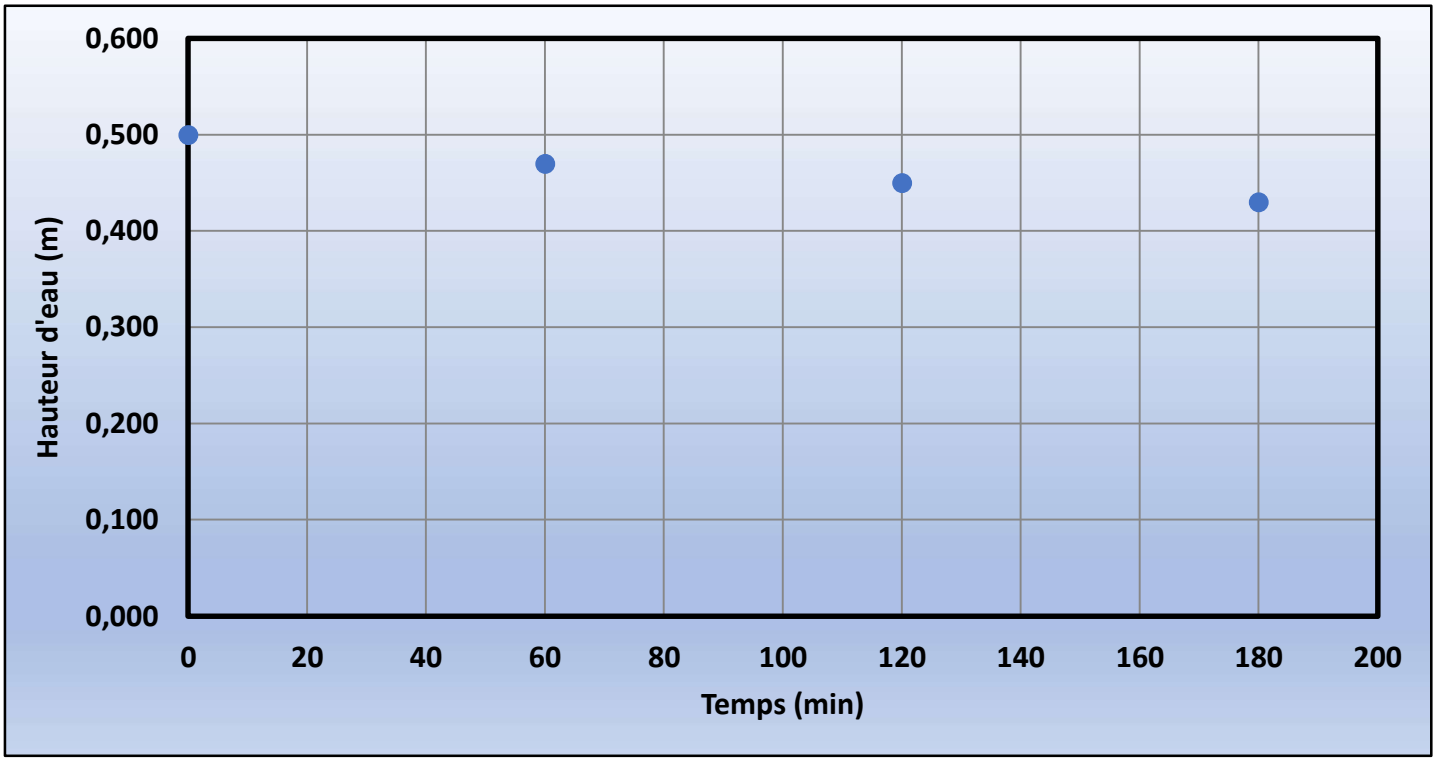
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00 - 0,20	Remblais d'enrobé et couche de forme
0,20 - 0,30	Remblais avec des briques rouges
0,30 - 0,50	Limon argileux marron
0,50 - 1,30	Limon argileux marron-beige

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
60	47,0	0,470
120	45,0	0,450
180	43,0	0,430

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 1,52E-06



APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle mécanique**	**Identification de la fouille :**	PM3

Référence dossier

N° dossier :	2024.0420	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	RIN PROMOTION - 3F NOTRE I	**Adresse du site :**	22 RUE DU GENERAL DAME
Date de la fouille :	25/03/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	**X (m) :**	699221,21	**Y (m) :**	7056420,29
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	1,5
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00/0,30	pavés et gravillons de couche de forme
0,30/0,35	briques rouges
0,35/1,50	limon marron

Cartographie / Photographie de la fouille









APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle mécanique**	**Identification de la fouille :**	PM4

Référence dossier			
N° dossier :	2024.0420	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	RIN PROMOTION - 3F NOTRE I	**Adresse du site :**	22 RUE DU GENERAL DAME
Date de la fouille :	25/03/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille				
Coordonnées :	**X (m) :**	699201,14	**Y (m) :**	7056393,04
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	1,5
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00/0,40	pavés et gravillons de couche de forme
0,40/0,50	briques rouges
0,50/1,50	limon marron

Cartographie / Photographie de la fouille













APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle mécanique**	**Identification de la fouille :**	PM5

Référence dossier

N° dossier :	2024.0420	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	RIN PROMOTION - 3F NOTRE L	**Adresse du site :**	22 RUE DU GENERAL DAME
Date de la fouille :	25/03/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	**X (m) :**	699212,31	**Y (m) :**	7056364,64
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	1,5
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00/0,20	pavés
0,20/0,60	gravillons d'enrobé
0,60/0,80	briques
0,80/1,00	*limon grisâtre*
1,00/1,50	limon marron

Cartographie / Photographie de la fouille













APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle mécanique**	**Identification de la fouille :**	PM6

Référence dossier

N° dossier :	2024.0420	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	RIN PROMOTION - 3F NOTRE I	**Adresse du site :**	22 RUE DU GENERAL DAME
Date de la fouille :	25/03/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	**X (m) :**	699177,28	**Y (m) :**	7056363,99
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	0,5
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00/0,50	REFUS - TERRAIN DUR AVEC PRESENCE DE BRIQUES

Cartographie / Photographie de la fouille











APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle mécanique**	**Identification de la fouille :**	PM7

Référence dossier

N° dossier :	2024.0420	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	RIN PROMOTION - 3F NOTRE I	**Adresse du site :**	22 RUE DU GENERAL DAME
Date de la fouille :	25/03/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	**X (m) :**	699206,86	**Y (m) :**	7056334,95
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	1,5
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,1	Dalle béton

Cartographie / Photographie de la fouille













APOGEO Environnement & Géotechnique	**Fouille à la pelle & Fiche d'essai d'infiltration à la fosse**	**Identification de la fouille :**	PM8+I2

Référence dossier

N° dossier :	2024.0240	**Opérateur(s) :**	CBA
Client :	TISSERIN PROMOTION - 3F NOTRE LOGIS	**Adresse du site :**	22 rue du Général Dame - Haubourdin
Date de l'essai :	25/05/2026		

Conditons d'accès / Caractéristiques de la fouille

Coordonnées :	**X (m) :**	699172,814	**Y (m) :**	7056316,992
Longueur (m) :	1,00		**Profondeur (m) :**	1,5
Largeur (m):	0,40		**Coefficient géométrique de forme :**	0,14

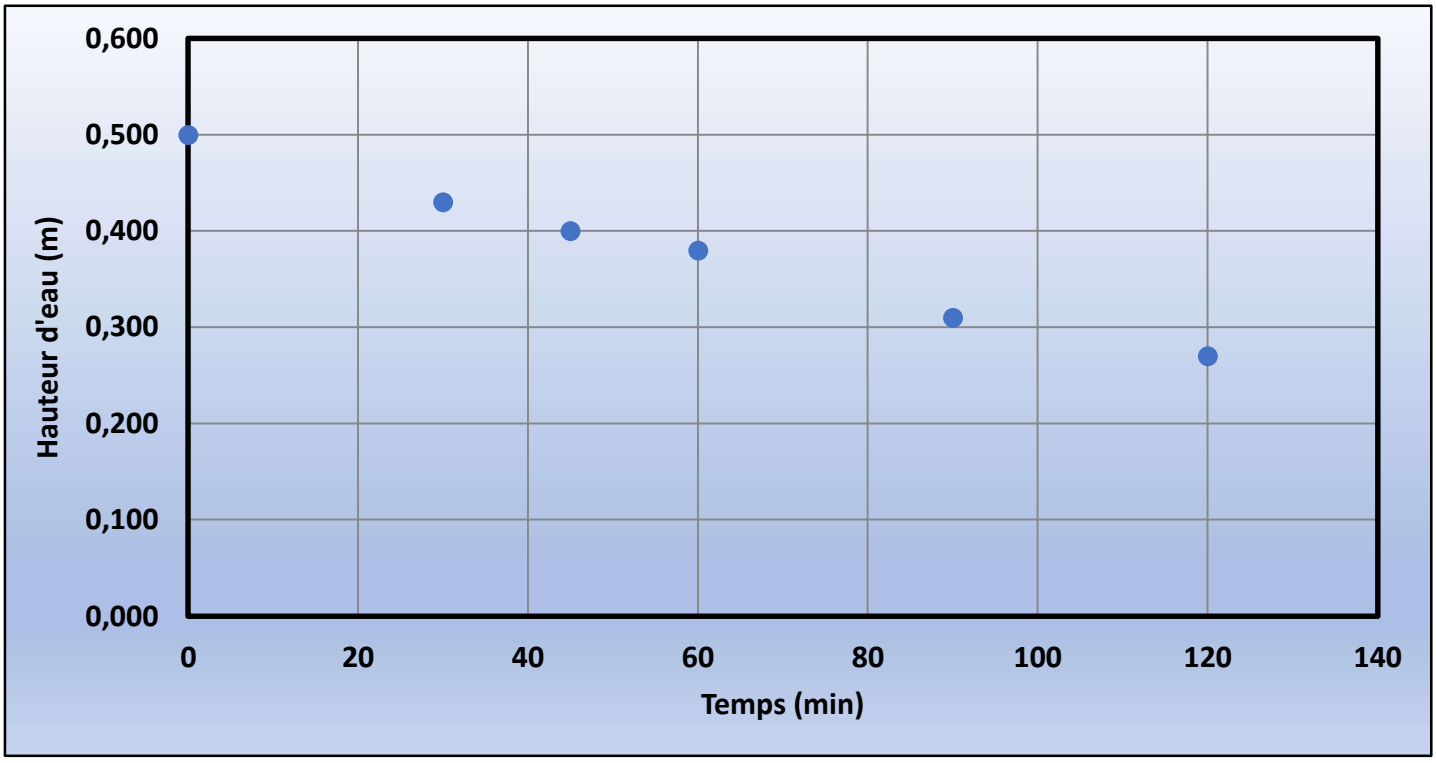
Coupe descriptive

Profondeur (m)	Description
0,00 - 0,50	Remblais d'enrobé, graviers et gravillons de couche de forme
0,50 - 0,70	Remblais avec des pavés pluri-décimétriques
0,70 - 0,80	Briques rouges
0,80 - 1,50	Limon marron

Suivi de la descente

t (min)	Hauteur d'eau Hi (cm)	Hauteur d'eau Hi (m)
0	50,0	0,500
30	43,0	0,430
45	40,0	0,400
60	38,0	0,380
90	31,0	0,310
120	27,0	0,270

Coefficient de perméabilité K (m/s) : 8,79E-06



ANNEXE n°7 :
Feuille d'identification géotechnique des sols

SYNTHESE DES ESSAIS EN LABORATOIRE

SE.V01

Client : TISSERIN PROMOTION

Lieu : HAUBOURDIN

Date : 17/09/2024

N°Affaire : 2024.0420

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		
									% de passant												
Forage	**Prof** (m)	**Nature**	**Wn** (%)	**d_s** (-)	**d_h** (-)	**W_L** (%)	**W_P** (%)	**I_P** (%)	**50mm**	**2mm**	**80µm**	**VBS** (-)	**GTR** (-)	**W_R** (%)	**MO** (%)	**e0** (-)	**Cc** (-)	**IPI** (-)	**ρ_s** (Mg/m^3)	**C_i** (kPa)	**ϕ_i** (°)
R3	1,00 - 2,00	Remblai de brique	20,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,00 - 2,50	Limon crayeux	19,0	1,65	1,97	-	-	-	-	92,4	68,7	2,08	**A1**	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,00 - 4,00	Craie limoneuse	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
PR2	0,05 - 0,70	Limon	19,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,70 - 1,00	Limon + granules de craie	18,0	-	-	-	-	-	-	96,2	89,0	2,36	**A1**	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,70 - 2,30	Limon crayeux	17,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
PR3	0,20 - 0,70	Limon	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,70 - 1,50	Limon	18,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,50 - 1,80	Limon	18,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,30 - 5,00	Craie limoneuse	24,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
PR5	3,50 - 4,00	Limon	20,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	4,00 - 5,30	Limon crayeux	24,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
PR6	1,70 - 2,30	Limon	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,50 - 4,80	Limon légèrement argileux	21,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-	-
	4,80 - 5,50	Remblai limono-crayeux	22,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	-				

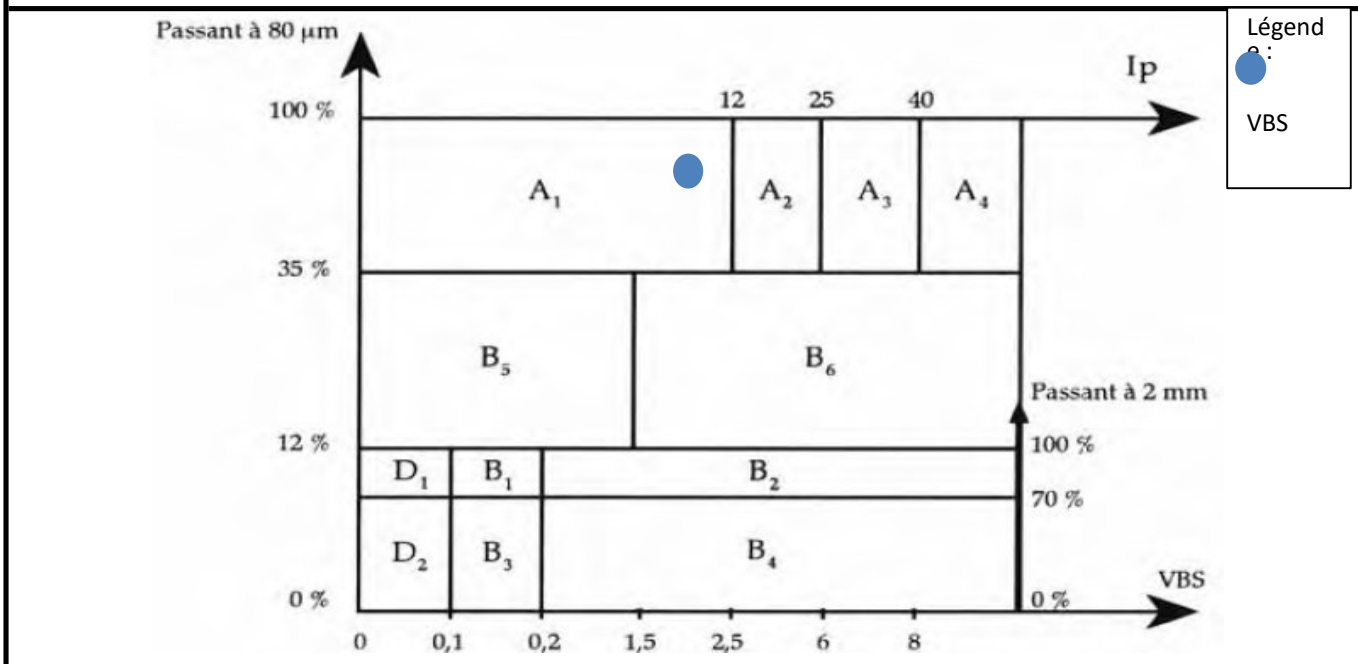
SYNTHESE DES ESSAIS D'IDENTIFICATION

Client : TISSERIN PROMOTION
Lieu : HAUBOURDIN

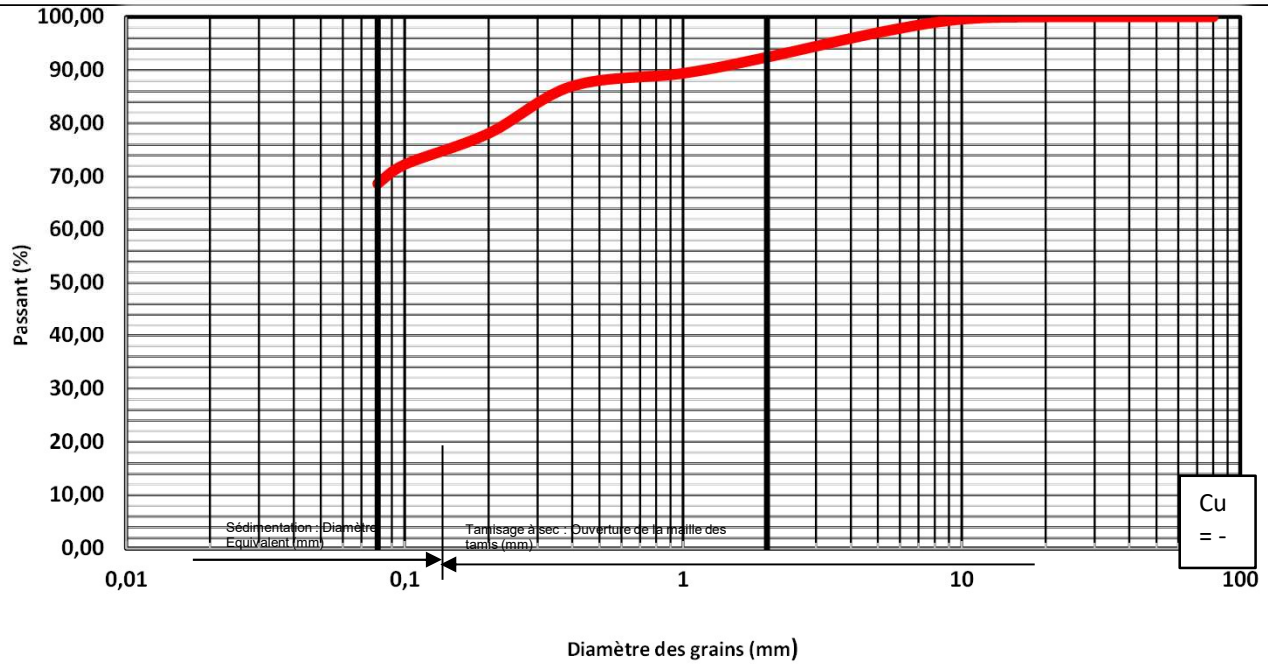
Date : 17/09/2024
N° Affaire : 2024.0420

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 **50mm**	**2mm**	**80µm**	**VBS** (-)	**GTR** (-)
R3	2,00 - 2,50	Limon crayeux	19,18	-	-	-	-	92,4	68,7	2,08	A1

Diagramme de classification GTR



Courbe granulométrique



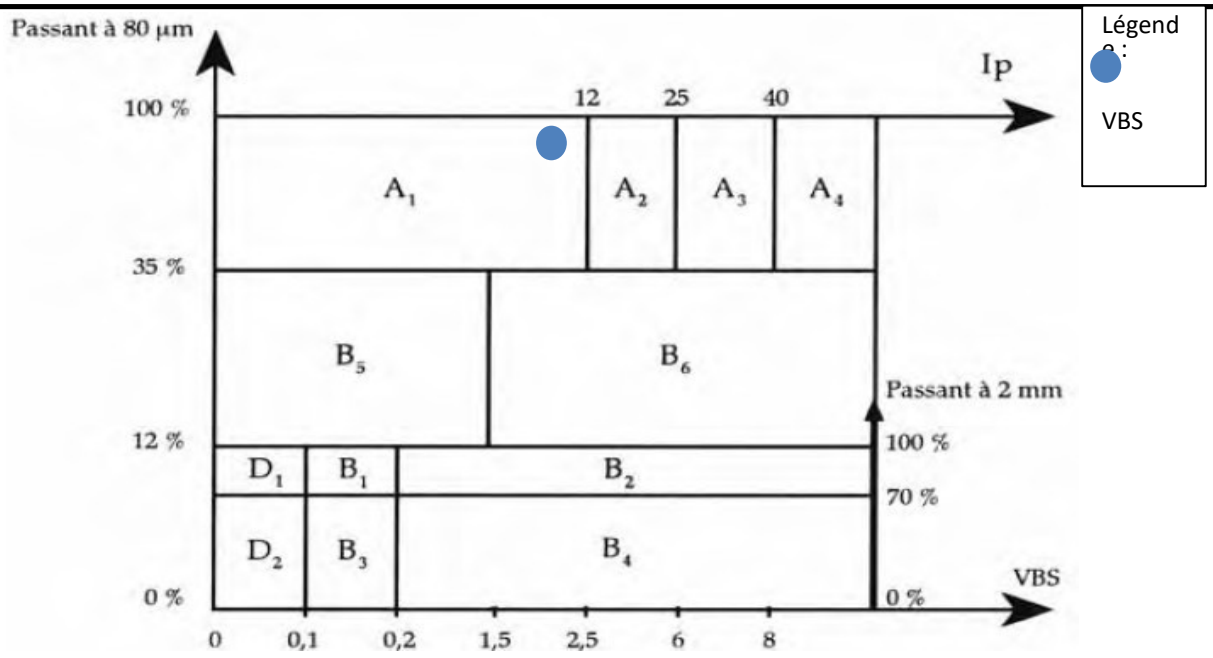
SYNTHESE DES ESSAIS D'IDENTIFICATION

Client : TISSERIN PROMOTION
Lieu : HAUBOURDIN

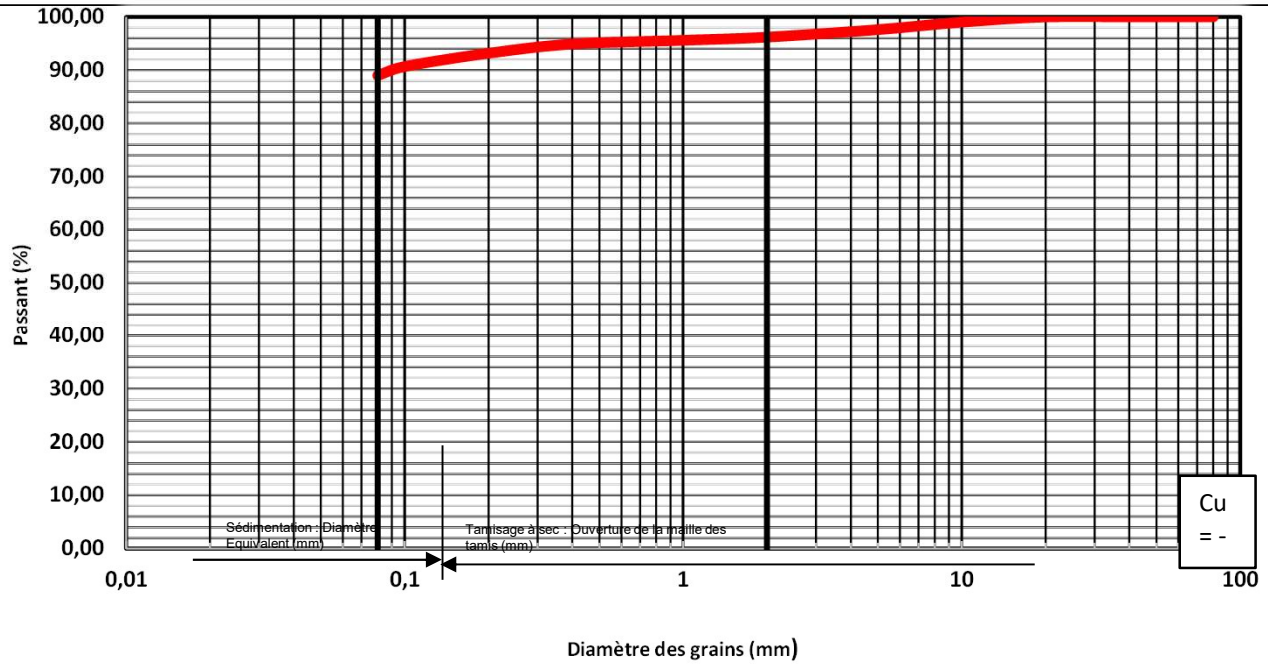
Date : 17/09/2024
N° Affaire : 2024.0420

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 **50mm**	**2mm**	**80µm**	**VBS** (-)	**GTR** (-)
PR2	0,70 - 1,00	Limon + granules de craie	17,96	-	-	-	-	96,2	89,0	2,36	A1

Diagramme de classification GTR



Courbe granulométrique



ANNEXE n°8 :
Plans d'implantation des reconnaissances


APOGEO
Environnement & Géotechnique
N
PZ1
PM1
P1
PM2+I1
PM3
P2
R2
PM4
PR3
PR2
P3
R3
PM6
PM5
R4
P4
PR5
PR4
PR6
R5
PM7
P5
PM8+I2
R6
P6
PZ2
LEGENDE :
Site d'étude
Site d'étude
Investigations réalisés
Sondage lithologique
Sondage pressiométrique
Essai pénétrométrique
Fouille
Fouille + Essai d'infiltration
Piézomètre
0
50
100 m