

GROUPE ADP

ISSY-LES-MOULINEAUX (92) HELIPORT

DOSSIER N°G230980-001

Etude pour la restructuration de l'héliport Mission géotechnique G2-AVP



CLIENT	
Coordonnées :	Groupe ADP - ECP – Département Projets Infrastructure et Energie
Contact et fonction :	M. CRAYSSAC

ZONE D'ETUDE	
Adresse :	Aérodrome d'Issy les Moulineaux
Activité :	-/-
Contact et fonction :	-/-

AFFAIRE	
Prestation :	Mission géotechnique G2-AVP
Référence devis :	D231715A du 17/10/2023
Référence rapport :	G230980-001
Nombre de pages de rapport :	32
Nombre de pages d'annexe :	24

EQUIPE PROJET GEOLIA	
Chef de projet :	Franck BERTHOU franck.berthou@geolia-conseil.com – 01 69 34 73 04
Approbateur :	Claude MARCIE claudemarcie@geolia-conseil.com

REVISION DU DOCUMENT		
Version n°	Date	Détail des révisions
A	14/02/2024	Première diffusion

SOMMAIRE

Page

1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION	5
2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL.....	7
2.1. Textes règlementaires.....	7
2.2. Documents à disposition	8
3. RAPPEL DES CONTEXTES DE SITE ET GEOTECHNIQUE.....	8
3.1. Contexte de site	8
3.2. Contexte géologique et lithologique	10
3.3. Contexte hydrologique et hydrogéologique	11
3.4. Phénomène de retrait-gonflement des argiles	12
3.5. Autres aléas géotechniques	13
4. PRESENTATION DU PROJET	14
4.1. Généralités.....	14
4.2. Exigences	16
4.3. Synthèse des risques géotechniques.....	17
5. RESULTATS OBTENUS.....	18
5.1. Nature des sols reconnus	18
5.2. Observations concernant l'eau	19
5.3. Perméabilité.....	20
5.4. Caractéristiques pressiométriques	21
5.5. Essai au pénétromètre dynamique.....	23
5.6. Essais en laboratoire.....	24
6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS	25
6.1. Contexte géotechnique	25
6.2. Etude géotechnique de conception phase avant-projet	25
6.2.1. Présentation.....	25
6.2.2. Principe de fondations des bâtiments.....	27
6.2.3. Sol du projet.....	29
6.2.4. Terrassements et soutènements	29
6.2.5. Terrassements pour la réalisation des voiries	30
6.3. Mitoyens et avoisinants.....	31

6.4. Sujétions générales.....	31
6.5. Remarques sur les missions géotechniques.....	32

FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	9
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (vue Earth).....	9
Figure 3 : Hélicoptère – Plan masse préférentiel (source ADP).....	10
Figure 4 : Extrait de la carte géologique du BRGM.....	11
Figure 5 : Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis des remontées de nappes	11
Figure 6 : Extrait de la carte de l'aléa inondation à Issy les Moulineaux	12
Figure 7 : Extrait de la carte aléa retrait gonflement des sols argileux.....	13
Figure 8 : Localisation de la galerie RTE (sans échelle)	26

ANNEXES

Annexe 1 : Classification des missions géotechniques et Schéma d'enchaînement des missions géotechniques selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013
Annexe 2 : Plan d'implantation des sondages
Annexe 3 : Coupes et résultats des sondages

1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION

Dans le cadre du marché M-IN 19003 passé entre GEOLIA et GROUPE ADP, concernant des prestations de sondages et essais en place et en laboratoire et d'études géotechniques, nous avons procédé, à la demande du Département Projets infrastructure et Energie D'AEROPORTS DE PARIS, à une étude géotechnique en vue du projet de restructuration de l'héliport d'Issy-Les-Moulineaux.

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre d'une étude géotechnique de conception en phase avant-projet (mission géotechnique type G₂-AVP de la norme NF P 94 500 de novembre 2013).

Dans le cadre de cette mission, et conformément à votre demande, nous avons procédé aux investigations suivantes :

- 6 sondages pressiométriques descendus entre 12 et 30 m de profondeur, avec tubage à l'avancement et utilisation éventuelle de boue de forage,
- 83 essais pressiométriques répartis tous les 1 à 1,5 mètres dans les sondages précédents,
- 1 sondage carotté à 10 m de profondeur,
- 3 sondages à la tarière à 2 m de profondeur, doublés par 3 sondages au pénétromètre dynamique,
- 4 essais d'eau de type Porchet.

Notre intervention sur le site s'est déroulée du 28 novembre au 12 décembre 2023.

Il s'agit de sondages géotechniques dont l'objectif n'est ni de détecter ni de quantifier une éventuelle pollution des sols.

Dans la suite, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages réalisés depuis la plateforme actuelle. Les coordonnées des essais ont été relevées à l'aide d'un GPS (précision de 0,5 m en X et en Y [système Lambert 1 Nord] et [système CC49] et précision de 0,1 m en Z [système NGF69]).

- Lambert Nord 1 :

Sondage	X	Y	Z (NGF)
SP1	595222,8	125911,3	30,8
SP2	595270,8	125946,2	31,1
SP3	595253,0	125898,2	30,7
SP4	595460,1	125955,1	31,7
SP5	595197,2	125795,8	30,0
SP6	595159,3	125778,7	30,1
SC7	595198,9	125796,8	30,0
T8	595317,1	125971,7	31,0
T9	595406,2	125925,0	31,3
T10	595356,7	125934,4	31,0
PD11	595318,2	125972,4	31,0
PD12	595405,7	125926,8	31,3
PD13	595358,5	125933,6	31,0

- Lambert CC zone 49 :

Sondage	X	Y	Z (NGF)
SP1	646520,7	6859536,4	30,8
SP2	646569,0	6859570,9	31,1
SP3	646550,8	6859523,1	30,7
SP4	646758,4	6859578,2	31,7
SP5	646494,2	6859421,1	30,0
SP6	646456,1	6859404,4	30,1
SC7	646495,9	6859422,1	30,0
T8	646615,5	6859596,0	31,0
T9	646704,2	6859548,6	31,3
T10	646654,8	6859558,4	31,0
PD11	646616,6	6859596,7	31,0
PD12	646703,8	6859550,4	31,3
PD13	646656,6	6859557,6	31,0

2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL

2.1. Textes règlementaires

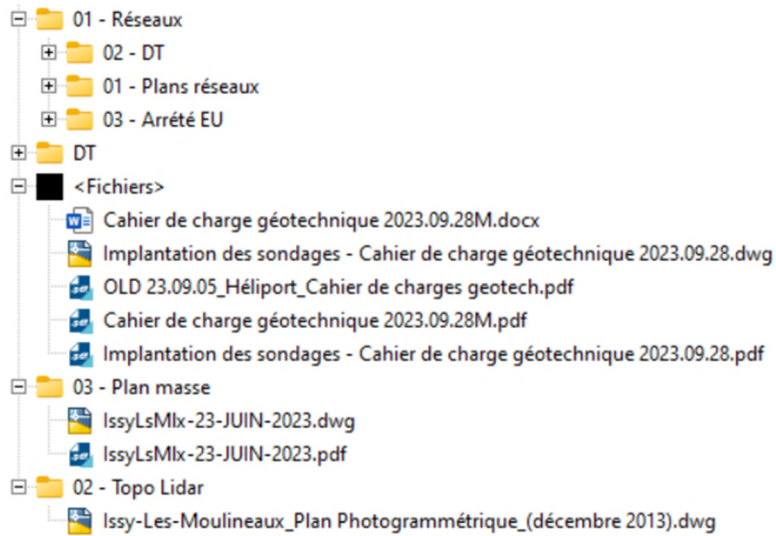
Cette étude est réalisée sur la base des réglementations définies ci-après :

- NF P 94-500, 30 novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications,
- NF EN 1990, mars 2003 – Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures, et son annexe nationale NF EN 1990/NA de décembre 2011
- NF EN 1997 - 1, juin 2005 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 – 1/NA : septembre 2018 – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 – 2, septembre 2007 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais,
- NF P 94-261, juin 2013 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles, et son amendement NF P 94-261/A1 du 12 Octobre 2016,
- NF P 94-262, juillet 2012 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes, et son amendement NF P 94-262/A1 de juillet 2018,
- NF EN 1536-A1 de novembre 2015. Exécution de Travaux géotechniques spéciaux - pieux forés
- NF P 94-282, Mars 2009 - Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Écrans, et son amendement NF P 94-282/A1 de 2015,
- NF DTU 13.1 - Septembre 2019 - Travaux de bâtiment - Fondations superficielles
- NF DTU 13.2 - mai 2020 - Travaux de bâtiment — Fondations Profondes
- NF P 11-213-1, mars 2005 – DTU 13.3 – Dallage – Conception, calcul et exécution,
- NF EN 14199, septembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Micropieux
- NF EN 1536+A1, novembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux forés
- Note CNJOG du 24 février 2014 – Prise en compte des niveaux d'eaux selon l'Eurocode 7,
- NF EN 206+A1, novembre 2016 et NF EN 206 /CN de décembre 2014– Béton - Spécification, performance, production et conformité
- NF P 11-300, Septembre 1992 – Exécution des terrassements – Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières.

2.2. Documents à disposition

Les documents à disposition pour la réalisation de notre mission sont les suivants :

- le devis GEOLIA D231715A du 17 octobre 2023 ;
- Bon de commande ADP 4600473806 du 02/11/2023 ;
- Les documents transmis par ADP :



3. RAPPEL DES CONTEXTES DE SITE ET GEOTECHNIQUE

3.1. Contexte de site

L'héliport de Paris – Issy les Moulineaux (LFPI) est implanté sur une emprise foncière de 7,5 hectares et dispose des infrastructures suivantes :

- piste enherbée de dimensions 350 m x 50 m (à laquelle il faut ajouter des aires de sécurité de 5m de part et d'autre) ;
- 1 aire de stationnement de 2 000 m² ;
- 7 hangars pour aéronefs.

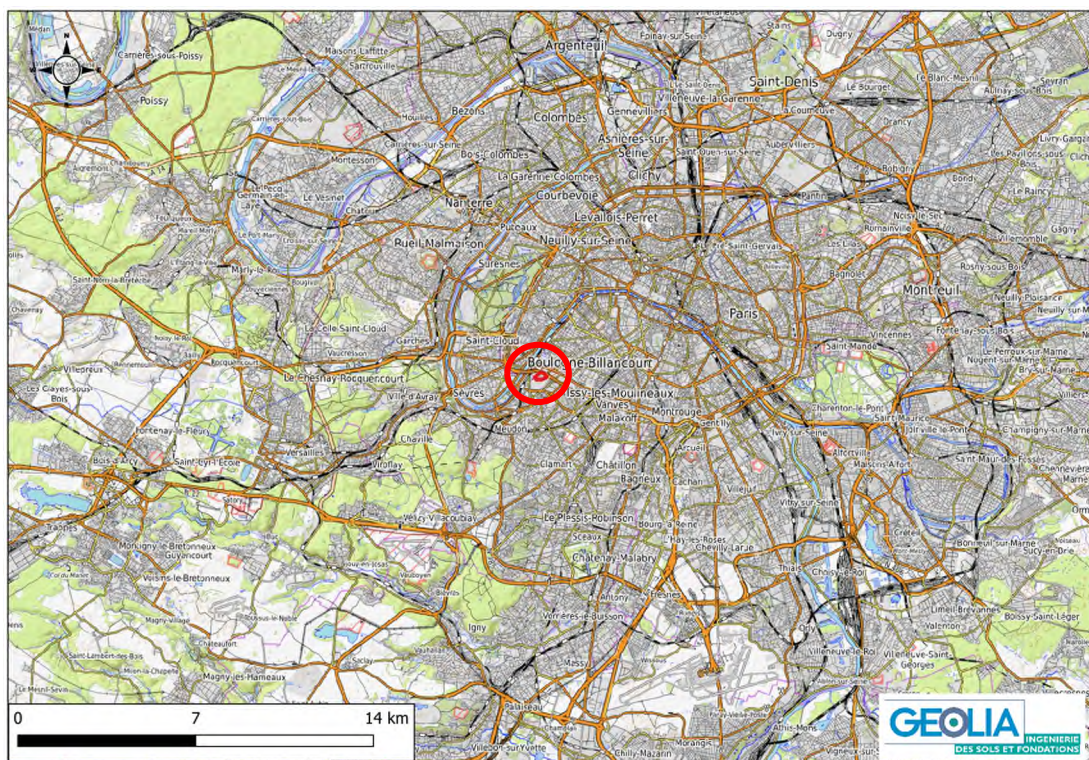


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (vue Earth)

L'héliport prend actuellement en charge l'évacuation sanitaire, le travail aérien, le trafic militaire, le trafic privé, le transport d'Etat et le transport public. De plus, 7 opérateurs affrètent des vols et hébergent des hélicoptères privés.

La Ville de Paris est propriétaire des terrains qui constituent l'emprise actuelle de l'héliport de Paris-Issy. L'exploitation de l'héliport par ADP est encadrée par une convention conclue entre la Ville de Paris et ADP le 30 décembre 1994, pour une durée de 30 ans, soit jusqu'au 30 décembre 2024. A cette date, la Ville de Paris souhaite récupérer une partie des terrains de l'héliport et une reconfiguration est nécessaire.

Dans le cadre du renouvellement de sa concession pour l'exploitation de l'héliport d'ISSY les Moulineaux, dans un premier temps, le Groupe ADP souhaite vérifier la faisabilité du plan masse relatif aux études d'esquisse pour la reconfiguration du site qui intègre la mutation d'emprises et la restitution de certaines d'entre elles à la Ville de Paris et dans un deuxième temps préparer la phase suivante, les études d'AVP.



Figure 3 : Héliport – Plan masse préférentiel (source ADP)

3.2. Contexte géologique et lithologique

D'après les renseignements en notre possession (carte géologique et études déjà réalisées dans ce secteur), la succession géologique présumée à cet emplacement est la suivante :

- *Remblais anthropiques ;*
- *Alluvions récentes puis anciennes de la Seine ;*
- *Craie.*

A titre indicatif, nous avons reproduit ci-dessous la carte géologique :

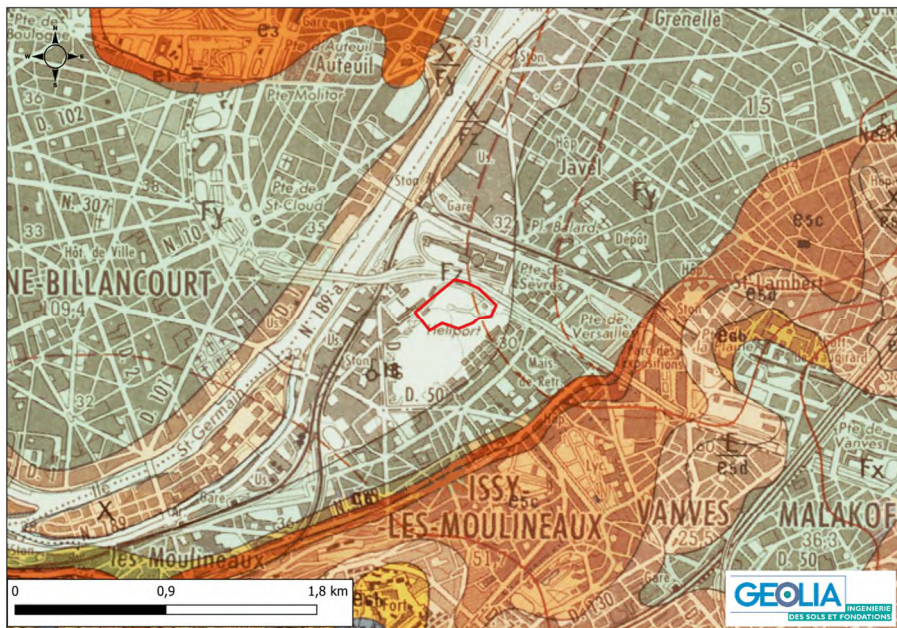


Figure 4 : Extrait de la carte géologique du BRGM

3.3. Contexte hydrologique et hydrogéologique

D'après les données du BRGM sur les remontées de nappes, le site est localisé dans une zone de nappe sub-affleurante vis-à-vis du risque d'inondation par remontée de nappe.

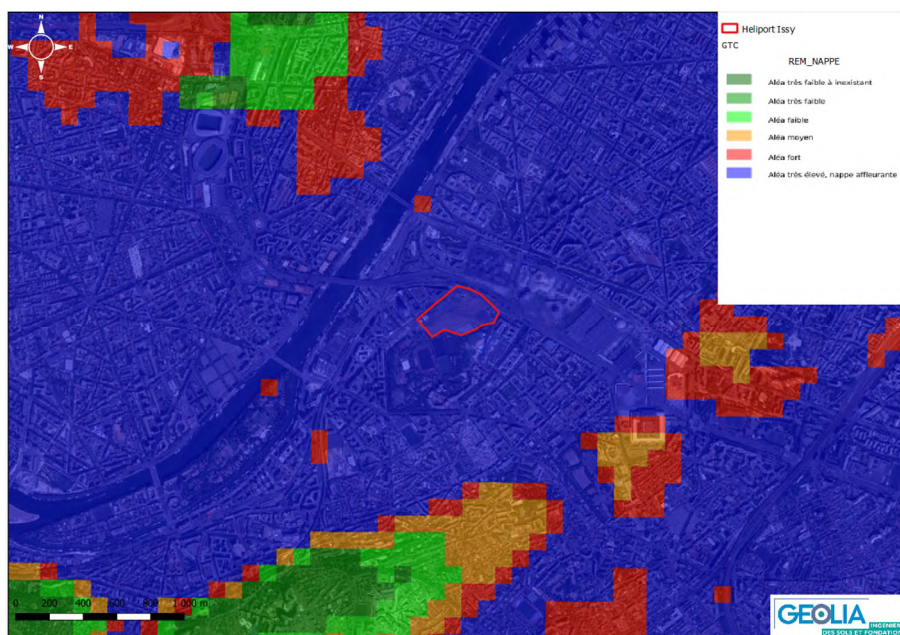


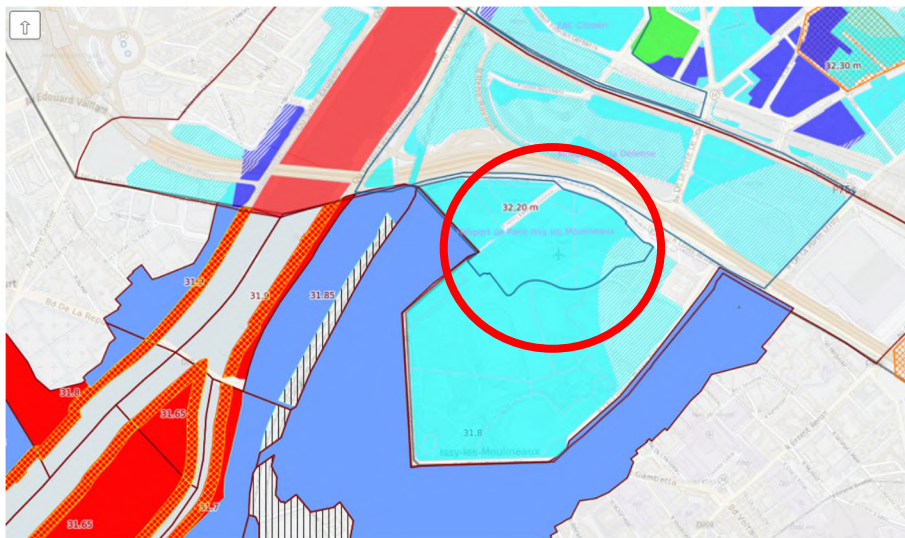
Figure 5 : Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis des remontées de nappes

Il est important de noter que des circulations et accumulations d'eau peuvent également se produire au sein des remblais, des limons superficiels ou aux interfaces lithologiques, à la faveur des passages les plus perméables.

D'après les études réalisées dans la zone, la nappe se situe en période normale vers 4 à 5 m de profondeur soit vers 26 NGF.

Nous noterons par ailleurs, que le site se situe en zone inondable par crue de la Seine. Le niveau de PHEC dans la zone est de 32,2 NGF.

A titre indicatif, nous avons reproduit ci-dessous la carte de l'aléa inondation dans notre zone d'étude :



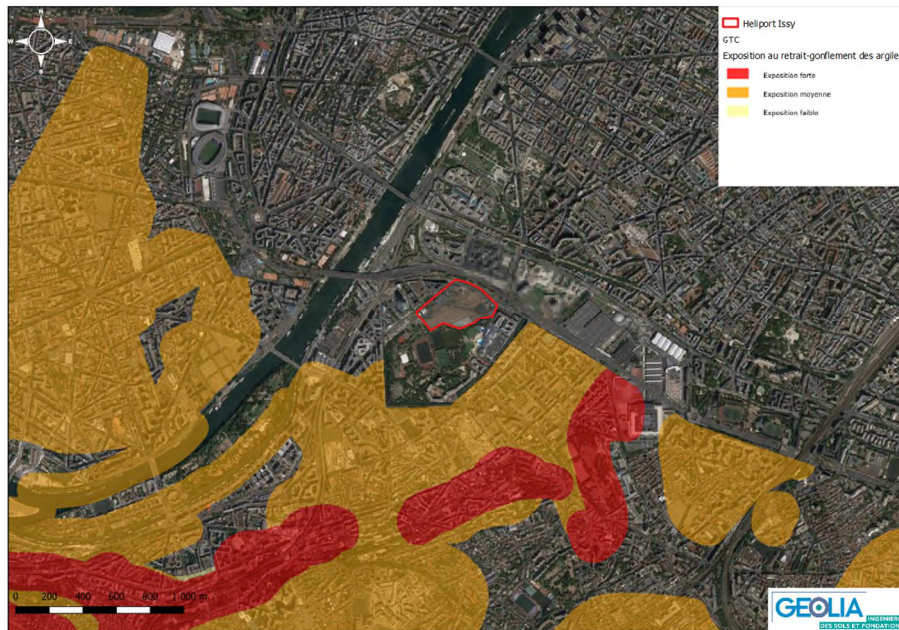


Figure 7 : Extrait de la carte aléa retrait gonflement des sols argileux

3.5. Autres aléas géotechniques

On note que la parcelle étudiée :

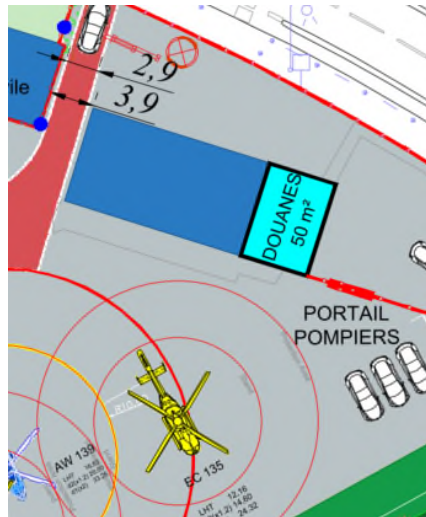
- se situe en dehors des zones d'anciennes exploitations souterraines ou à ciel ouvert recensées dans le département du Val d'Oise,
- est en dehors de la zone à risque de dissolution du gypse antéludien définie par arrêté inter-préfectoral car non présentée dans le PPRN de Pontoise,
- se situe en zone 1 (*sismicité très faible*) selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et le décret de mise à jour n°2015-5 du 6 janvier 2015, relatifs à la prévention des risques sismiques entrés en vigueur le 1er mai 2011 (*art. D. 563-8-1 du code de l'environnement*).

4. PRESENTATION DU PROJET

4.1. Généralités

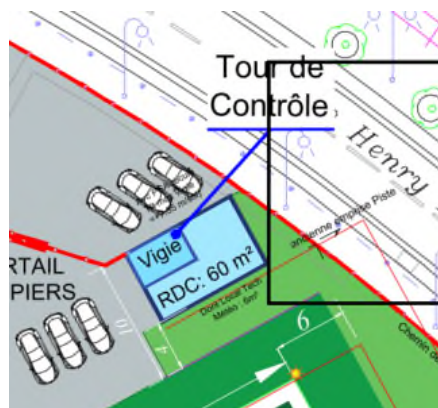
Le projet au stade de l'esquisse prévoit plusieurs bâtiments et ouvrages :

Local douanes : Bâtiment en extension d'un bâtiment existant, de plain-pied, d'une surface de 50 m² environ,



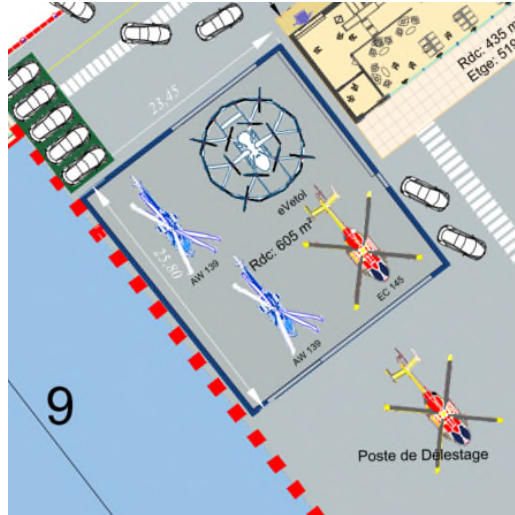
Hélicopt-Local douanes

Bâtiment VIGIE : Bâtiment de plain-pied avec la partie « Vigie » surélevée RDC+1, d'une surface de 60 m²,



Hélicopt- Bâtiment VIGIE

Hangar : Construction légère (ossature mixte, acier-béton) d'une surface de plus de 600 m². Cette surface pourra être augmentée en phase d'études de faisabilité. Hauteur approximative : 6 m.



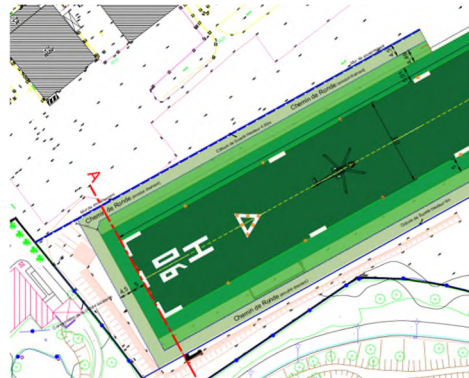
Hélicoptère-Hangar

Bâtiment administratif : Construction en béton ou maçonnerie de deux étages. Surface au sol de 450 m² environ. Cette surface pourra être augmentée en phase d'études de faisabilité. Hauteur approximative : 7, 8 m.



Hélicoptère- Bâtiment administratif

Mur de soutènement : Mur de soutènement dont les caractéristiques sont à définir en étude de faisabilité. Une hauteur variable hors sol de 3 m environ.



Héliport- Murs de soutènement

Par ailleurs, il est également prévu la création de voiries et il est étudié les possibilités d'infiltration des eaux pluviales.

4.2. Exigences

A titre indicatif, conformément aux normes NF EN 1990 et NF EN 1997-1/NA, les exigences suivantes, relatives à la structure, ont été retenues :

- Durée d'utilisation : 50 ans (à confirmer par le Maitre d'ouvrage),
- Classe de conséquence : CC2 (à confirmer par le Maitre d'ouvrage),
- Catégorie géotechnique : 2 (à confirmer par le Maitre d'ouvrage, en fonction de la complexité géotechnique du site).

4.3. Synthèse des risques géotechniques

La synthèse des différents risques géotechniques à prendre en compte pour le projet est présentée dans le tableau suivant :

Type d'aléa	Fort	Moyen	Faible	Très Faible
Risque carrières			✓	
Risque dissolution du Gypse			✓	
Risque lié au retrait-gonflement des sols argileux			✓	
Risque mouvement de terrain			✓	
Risque inondation par submersion	✓			
Risque inondation par remontée de nappe	✓			
Risque sismique				✓

5. RESULTATS OBTENUS

5.1. Nature des sols reconnus

Les coupes ont été établies à l'aide des *cuttings* extraits au droit des sondages réalisés à la tarière et au tricône. Ces méthodes permettent d'obtenir des matériaux semi-déstructurés qui ne donnent qu'une indication sur la nature des terrains traversés.

Par ailleurs, un carottage a été réalisé à proximité de la piste afin de caler cette lithologie.

Remblais

Directement ou sous de l'enrobé ou du béton, il a été observé des matériaux sablo-graveleux plus ou moins marneux ou argileux avec quelques éléments anthropiques. Au droit du sondage carotté, l'épaisseur atteint 1,2 m. Cette épaisseur peut atteindre 2 m d'après les sondages destructifs et les informations issues des études antérieures. Néanmoins, la distinction avec les matériaux sous-jacents apparaît délicate en forage.

Il s'agit de remblais (au sens strict). Notons que ces matériaux sont susceptibles de présenter localement des surépaisseurs variables selon les aménagements passés du site. De plus, ces matériaux peuvent renfermer des niveaux indurés ou complètement décomprimés.

Sables, marnes et limons

Au-delà des remblais (au sens strict), nos sondages ont mis en évidence jusqu'à 3,4 à environ 7 m des limons, marnes et sables pouvant renfermant des graviers.

Ces matériaux sont à rattacher soit à des remblais (en tête comme en SP4), soit aux Alluvions modernes. Ces matériaux sont susceptibles de renfermer des matériaux évolutifs.

Sables graveleux

Au-delà des remblais et alluvions modernes, nos sondages ont recoupé des sables beiges à bruns renfermant des graviers jusqu'à environ 11 à 13 m de profondeur. Ces matériaux sont à rattacher aux Alluvions anciennes de la Seine.

Ils peuvent renfermer de manière aléatoire aussi bien des passages indurés de poudingue que des passages plus lâches.

Craie

Au-delà des alluvions, nos sondages profonds ont recoupé la craie qui est globalement très altérée en tête puis compacte en profondeur.

5.2. Observations concernant l'eau

Aucun piézomètre n'a été posé dans le cadre de cette intervention. Néanmoins, un diagnostic de l'état des milieux a été réalisé par le passé sur ce site avec la mise en place de 8 piézomètres.

La carte piézométrique suivante a pu être établie à partir des mesures réalisées en mai et juin 2022 :



Cela permet d'établir la nappe entre 3 et 4 m de profondeur au droit du site ce qui a été confirmé lors de la réalisation de nos forages.

Néanmoins, en période climatique humide, des accumulations et circulations d'eau sont également susceptibles de se produire au sein des terrains de couverture à la faveur des passages les plus perméables ou au niveau des interfaces et ce, à toute profondeur.

5.3. Perméabilité

Quatre essais d'infiltration de type Porchet ont été réalisés dans la zone de voirie envisagée.

Nom	Profondeur testée (m/sol)	Lithologies (m/sol)	Perméabilité
T8	0,4/1	0-1 m : Sous une dalle béton (0,25 m), sable (0,15 m), mélange sablo argilo limoneux	$2,5.10^{-6}$ m/s
T8	0,8/2	0-1,3 m : Sous une dalle béton (0,25 m), sable (0,15 m), mélange sablo argilo limoneux 1,3-2 m : Limons	$4,4.10^{-7}$ m/s
T9	0,3/1	0-1 m : mélange sablo argilo limoneux	$2,1.10^{-6}$ m/s
T9	0,7/1,7	0-1 m : mélange sablo argilo limoneux 1-1,7 m : Argile limoneuse	$5,1.10^{-7}$ m/s

Tableau 1 : Résultats des essais d'infiltration de type « Lefranc »

L'interprétation de l'ensemble des essais Porchet a permis de retrouver une gamme de perméabilité de l'ordre de 2.10^{-6} m/s dans les remblais superficiels puis de l'ordre de 4 à 5.10^{-7} m/s dans les remblais ou alluvions sous-jacents.

Au regard des résultats obtenus sur les ensembles superficiels, l'aptitude des sols à l'infiltration des eaux de pluie peut être considérée comme médiocre.

A titre informatif, nous retranscrivons ici le tableau de Musy et Soutter de 1991¹ :

Ordres de grandeur de la conductivité hydraulique dans différents sols (d'après Musy et Soutter (1991), cité dans Barraud (2006)).											
K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux		Argile limoneuse à argile homogène				
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles		Faibles à nulles				

¹ D'après Musy et Soutter [1991], cité dans Barraud et Collab. [2006] in Guide technique : recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain, Lyon, 2006.

5.4. Caractéristiques pressiométriques

Les valeurs des caractéristiques pressiométriques (E_M : module pressiométrique, Pl^* : pression limite nette) ont été déterminées par des essais effectués au droit des sondages SP1 à SP6.

Remblais

⇒ *Cote des terrains* : de 0 à 1/2 m de profondeur

⇒ Nombre d'essais : 8 essais

⇒ *Analyse des 8 essais pris en compte* :

E_M mini	E_M max	E_M moyen (a)	E_M moyen (h)	écart type	dispersion
2,9 MPa	66,2 MPa	21,0 MPa	9,6 MPa	20,2 MPa	2,11

Pl^* mini	Pl^* max	Pl^* moyen (a)	Pl^* moyen (h)	écart type	dispersion
0,36 MPa	3,30 MPa	1,36 MPa	0,88 MPa	0,97 MPa	1,10

(a) : moyenne arithmétique

(h) : moyenne harmonique

Les essais réalisés dans les remblais superficiels sablo-argileux sont globalement denses à proximité des bâtiments et plutôt lâches à proximité de la piste.

Sables, marnes et limons (Remblais/Alluvions modernes)

⇒ *Cote des terrains* : de 1/2 à 3,4/7 m de profondeur

⇒ Nombre d'essais : 27 essais

⇒ *Analyse des 27 essais pris en compte* :

E_M mini	E_M max	E_M moyen (a)	E_M moyen (h)	écart type	dispersion
1,4 MPa	13,4 MPa	4,9 MPa	3,4 MPa	3,2 MPa	0,96

Pl^* mini	Pl^* max	Pl^* moyen (a)	Pl^* moyen (h)	écart type	dispersion
0,21 MPa	0,86 MPa	0,45 MPa	0,40 MPa	0,17 MPa	0,44

(a) : moyenne arithmétique

(h) : moyenne harmonique

Au-delà des remblais superficiels (au sens strict), les matériaux divers appartenant aux alluvions modernes et en partie à des remblais sont apparus mous ou lâches.

Sables graveleux (Alluvions anciennes)

⇒ Cote des terrains : de 3,4/7 m à 11/13 de profondeur

⇒ Nombre d'essais : 29 essais

⇒ Analyse des 29 essais pris en compte :

E _M mini	E _M max	E _M moyen (a)	E _M moyen (h)	écart type	dispersion
10,5 MPa	>100 MPa	37,9 MPa	27,1 MPa	23,1 MPa	0,85

PI* mini	PI* max	PI* moyen (a)	PI* moyen (h)	écart type	dispersion
1,74 MPa	>5,00 MPa	>3,36 MPa	>3,08 MPa	0,97 MPa	0,32

(a) : moyenne arithmétique

(h) : moyenne harmonique

Les sables graveleux sont apparus globalement denses à très denses.

Craie

Nous avons distingué deux niveaux dans la craie.

Partie Supérieure

⇒ Cote des terrains : de 11/13 m à 17 m de profondeur

⇒ Nombre d'essais : 11 essais

⇒ Analyse des 11 essais pris en compte :

E _M mini	E _M max	E _M moyen (a)	E _M moyen (h)	écart type	dispersion
2,2 MPa	12,6 MPa	5,7 MPa	4,1 MPa	3,8 MPa	0,93

PI* mini	PI* max	PI* moyen (a)	PI* moyen (h)	écart type	dispersion
0,31 MPa	1,63 MPa	0,86 MPa	0,63 MPa	0,49 MPa	0,79

(a) : moyenne arithmétique

(h) : moyenne harmonique

En partie supérieure, la craie apparaît molle à altérée.

Partie inférieure

⇒ *Cote des terrains* : de 17 m à 30 m de profondeur

⇒ Nombre d'essais : 9 essais

⇒ *Analyse des 9 essais pris en compte* :

E_M mini	E_M max	E_M moyen (a)	E_M moyen (h)	écart type	dispersion
20,1 MPa	147,3 MPa	71,3 MPa	47,6 MPa	41,9 MPa	0,88

PI^* mini	PI^* max	PI^* moyen (a)	PI^* moyen (h)	écart type	dispersion
1,34 MPa	>5,00 MPa	>3,21 MPa	>2,64 MPa	1,32 MPa	0,50

(a) : moyenne arithmétique

(h) : moyenne harmonique

En partie inférieure au-delà de 17 m de profondeur, la craie apparaît globalement saine avec localement, en tête, des zones altérées.

5.5. Essai au pénétromètre dynamique

Des essais au pénétromètre dynamique ont été réalisés en 3 points. Ils sont notés PD11 à PD13. Ils ont été répartis sur l'emprise d'une future voirie à créer.

Les diagrammes de pénétration dynamique donnent les valeurs de la résistance dynamique de pointe (R_d) en fonction de la profondeur.

A partir des courbes pénétrométriques, la compacité relative des terrains a été déterminée.

Les valeurs de résistance dynamique (R_d) mesurées peuvent être interprétées de la façon suivante :

- 0 à 2 MPa : résistance très faible à faible (TF),
- 2 à 4 MPa : résistance médiocre (F),
- 4 à 8 MPa : résistance moyenne (M),
- > 8 MPa : résistance élevée (E).

Les moyennes de résistance (en MPa) sont indiquées par couche homogène dans le tableau suivant.

Profondeur/TN	PD11	PD12	PD13
0,0-0,1	AV TROU	TF	TF
0,1-0,2		TF	TF
0,2-0,3		E	M
0,3-0,4		M	M
0,4-0,5		M	M
0,5-0,6	E	M	F
0,6-0,7	E	M	TF
0,7-0,8	E	M	TF
0,8-0,9	M	M	TF
0,9-1,0	E	F	TF
1,0-1,1	F	TF	F
1,1-1,2	TF	TF	F
1,2-1,3	F	F	E
1,3-1,4	F	F	E
1,4-1,5	F	F	E
1,5-1,6	F	E	F
1,6-1,7	F	E	F
1,7-1,8	F	E	TF
1,8-1,9	F	M	TF
1,9-2,0	F	M	F

L'analyse des résultats des essais indique la présence de matériaux dont les résistances dynamiques sont globalement faibles à moyennes jusqu'à 2 m de profondeur. Des niveaux apparaissent localement plus faibles ou plus élevés sans que le profil général ne soit remis en cause.

Cela caractérise les remblais décrits précédemment à proximité des bâtiments.

5.6. Essais en laboratoire

Les matériaux rencontrés au droit des tarières apparaissent très hétérogènes. Ils sont composés de matériaux sableux, limoneux voire marneux avec des éléments grossiers. Ils sont caractéristiques de remblais.

Dans ces conditions, aucune caractérisation GTR n'a été effectuée.

6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS

6.1. Contexte géotechnique

Les sondages et les essais réalisés sur le site en décembre 2024 ont mis en évidence la succession géologique suivante :

- des remblais hétérogènes sableux plus ou moins marneux ou argileux renfermant des graviers et des cailloutis divers jusqu'à environ 1 à 2 m de profondeur. Leur densité apparaît bonne à proximité des bâtiments et lâches à côté de la piste ;
- des limons, marnes et sables mous ou lâches entre 1/2 m et 3,4/7 m de profondeur, correspondant aux alluvions modernes avec vraisemblablement une partie de remblais en tête ;
- des sables graveleux denses entre 3,4/7 m et 11/13 m de profondeur,
- la craie présente à partir de 11/13 m de profondeur, plutôt molle et altérée jusqu'à environ 17 m de profondeur puis globalement saine ensuite ;
- la nappe alluviale de la Seine mise en évidence vers 3 et 4 m de profondeur, soit entre 26 et 27 NGF. Par ailleurs, la perméabilité des sols superficiels est apparue médiocre dans la zone testée.

6.2. Etude géotechnique de conception phase avant-projet

6.2.1. Présentation

Pour rappel, le projet, qui est au stade de l'esquisse, prévoit la création de :

- Local douanes : Bâtiment en extension d'un bâtiment existant, de plain-pied, d'une surface de 50 m² environ,
- Bâtiment VIGIE : Bâtiment de plain-pied avec la partie « Vigie » surélevée RDC+1, d'une surface de 60 m²,
- Hangar : Construction légère (ossature mixte, acier-béton) d'une surface de plus de 600 m². Cette surface pourra être augmentée en phase d'études de faisabilité. Hauteur approximative : 6 m.
- Bâtiment administratif : Construction en béton ou maçonnerie de deux étages. Surface au sol de 450 m² environ. Cette surface pourra être augmentée en phase d'études de faisabilité. Hauteur approximative : 7, 8 m.
- Mur de soutènement : Mur de soutènement dont les caractéristiques sont à définir en étude de faisabilité. Une hauteur variable hors sol de 3 m environ.

Au regard des sondages réalisés, les principales sujétions du site sont les suivantes :

- la présence d'un remblai et/ ou d'alluvions lâches entre 2 et 7 m de profondeur en général, épaisseur qui diminue au nord-est à environ 3,5 m,
- la présence de craie à partir de 11-13 m de profondeur molle à altérée jusqu'à 17 m de profondeur environ,
- la présence d'une galerie RTE traversant le site, a priori à faible profondeur.



Figure 8 : Localisation de la galerie RTE (sans échelle)

Dans ces conditions, les bâtiments seront fondés préférentiellement sur fondations profondes de type micropieux ancrés dans les sables graveleux rencontrés entre 4 et 7 m de profondeur. Alternativement, la réalisation de pieux nécessitera de descendre les fondations dans la craie compacte au-delà de 17 m de profondeur.

A ce stade préliminaire, des fondations superficielles sont délicates à envisager en l'absence de données sur les charges des ouvrages. Le cas échéant, après définition du projet, ce point pourra être étudié.

Concernant le mur envisagé, des remblaiements pouvant atteindre 3 m sont prévus. Dans ces conditions, des tassements de 5 à 10 cm sont possibles. On s'orientera donc vers une solution d'inclusions rigides permettant de reporter les charges sur les sables et graviers. Alternativement, on pourra également envisager une solution de type fondations profondes de type micropieux pour le mur avec un remblai allégé.

6.2.2. Principe de fondations des bâtiments

En tenant compte du contexte géotechnique présenté ci-avant, les bâtiments pourront être fondés sur micropieux ancrés dans les sables graveleux d'au moins 3 m.

Hypothèses retenues

❖ *Modèles géotechniques*

Dans le cas de la réalisation de micropieux de type II (classe 1 – catégorie 18), nous retiendrons les hypothèses géotechniques de calcul suivantes, pour le « modèle de terrain » :

Profondeurs	Formations	Kp max	E _M (MPa)	ple* (MPa)	q _s (kPa) Pieux forés simple	Courbe EC7
Jusqu'à 27/24 NGF (jusqu'à environ 4/7 m)	Argile, limons et sables	-	4	0,4	34(*)	Q1
A partir de 27/24 NGF (à partir de 4/7 m) [Epaisseur de 4 à 6 m]	Sables graveleux	-	25	3	88	Q2

* : frottements neutralisés pour les calculs de portance sur 2 m

❖ *Justification de la capacité portante*

La justification des fondations profondes repose sur la vérification des inégalités suivantes, qui doivent être satisfaites pour tous les cas de charge et de combinaisons de charge à l'état limite ultime (ELU) et à l'état limite de service (ELS) :

$$F_{c,d} = F_z(ELU) \leq R_{c,d}$$

$$F_d = F_z(ELS) \leq R_{c,cr,d}$$

En ce qui concerne la détermination de la valeur de calcul de la portance du terrain, celle-ci est menée conformément aux règles pressiométriques, constituant l'annexe normative F de la norme NF P 94-262 et son amendement A1 de juillet 2018.

La valeur de calcul de la portance à l'ELU, suivant la méthode de « modèle de terrain », pour une approche à partir de résultats pressiométriques, $R_{c,d}$, est estimée comme suit :

$$R_{c,d} = \frac{1}{\gamma_b} A_b \frac{k_p \cdot Pl_e^*}{\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}} + \frac{1}{\gamma_s} \sum A_{si} \cdot \frac{q_{si}}{\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}}$$

La valeur de calcul de la portance à l'ELS, $R_{c,cr,d}$, est estimée comme suit :

$$R_{c,cr,d} = \frac{R_{c,cr,k}}{\gamma_{c,r}}$$

Avec :

$$R_{c,cr,k} = 0,5 R_{b,k} + 0,7 R_{s,k} \quad (\text{pour des pieux réalisés sans refoulement de sol})$$

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} \quad \text{avec} \quad q_{b,k} = \frac{k_p \cdot Pl^*}{\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}}$$

$$R_{s,k} = P_s \cdot \int_0^D q_{s,k}(z) dz \quad \text{avec} \quad q_{s,k} = \frac{\alpha_{\text{pieu-sol}} \cdot f[pl^*(z)]}{\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}}$$

où :

$R_{c,cr,d}$ = la valeur de calcul de la charge de fluage de compression (anciennement Q_{ELS})

$R_{c,cr,k}$ = la valeur caractéristique de la charge de fluage de compression

$R_{b,k}$ = la valeur caractéristique de la résistance à la compression du terrain sous la base du pieu

$R_{s,k}$ = la valeur caractéristique de la résistance par frottement sur le fût d'un pieu

$\gamma_{c,r}$ = le facteur partiel sur la charge de fluage en compression pour des combinaisons quasi-permanentes

A_b = section de la fondation profonde

P_s = périmètre de la fondation profonde

$q_{b,k}$ = la valeur caractéristique de calcul de la résistance limite à la base d'une fondation profonde

$q_{s,k}$ = la valeur caractéristique de calcul du frottement latéral unitaire limite de la fondation profonde pour la couche de terrain concerné

$\alpha_{\text{pieu-sol}}$ = un paramètre adimensionnel qui dépend à la fois du type de pieu et du type de sol

$f[]$ = une fonction qui ne dépend que du type de sol et des valeurs de pl^*

$\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}$ = coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique, respectivement égaux à 1,15 et 1,1 pour des pieux forés en compression et respectivement égaux à 1,4 et 1,1 pour des pieux forés en traction

❖ *Exemple de prédimensionnement*

A titre d'exemple, le calcul, selon une approche de calcul 2 de l'Eurocode 7, des capacités portantes aux Etats Limites pour des micropieux de diamètre 250 mm, avec une charge centrée, conduit aux charges admissibles suivantes :

Type de pieu	Micropieu de type II
Longueur	10 m (base à 20/21 NGF environ)
Diamètre	0,250 m
$R_{c,d}$ ELU accidentel*	195 kN
$R_{c,d}$ ELU fondamental*	177 kN
$R_{c,cr,d}$ ELS Caractéristique*	152 kN
$R_{c,cr,d}$ ELS QP*	124 kN

(*) 1 kN = 0,1 t

La longueur des micropieux pourra être optimisée en fonction des ouvrages projetés et des zones considérées. Pour des charges plus importantes, il conviendra de réaliser des pieux ancrés à plus de 18 m de profondeur.

Pour les ouvrages légers, afin d'évaluer une alternative par fondations superficielles, une caractérisation approfondie des sols sera nécessaire.

6.2.3. Sol du projet

Compte de la présence de remblais, nous recommandons de traiter le sol des bâtiments par le biais d'un plancher porté par les fondations pour les ouvrages nobles. Une alternative de dallage sur terre-plein pourra être envisagée pour les hangars par exemple.

6.2.4. Terrassements et soutènements

Il est prévu la réalisation d'un mur de soutènement et des remblaiements pouvant atteindre 3 m. Compte tenu des tassements attendus, un renforcement de sol par inclusion rigide pourra être réalisé.

On pourra retenir le modèle géotechnique suivant :

Profondeurs	Formations	E_M (MPa)	p_{le}^* (MPa)
Jusqu'à 23,5 NGF (jusqu'à environ 7,5 m)	Argile, limons et sables	4	0,4
de 23,5 NGF jusqu'à 19 NGF (à partir de 7,5 jusqu'à 11 m)	Sables graveleux	25	3
de 19 NGF jusqu'à 14 NGF (à partir de 11 jusqu'à 16 m)	Craie molle	3	0,3

Le cas échéant une solution de mur sur micropieux pourra être envisagée. Néanmoins, la mise en place de remblais entraînera des tassements et donc des frottements négatifs. Une solution de remblai allégé pourra être étudiée.

6.2.5. Terrassements pour la réalisation des voiries

Réutilisation des matériaux

Les sols concernés par le projet correspondent à remblais très hétérogènes. Leur réutilisation n'est pas envisagée.

Définition de la Partie Supérieure des Terrassements

Phase chantier : portance à court terme

Compte-tenu de la sensibilité à l'eau des terrains superficiels, des problèmes de traficabilité en phase chantier sont à craindre en période humide, nécessitant de prévoir une piste ou une plateforme provisoire en matériaux d'apport.

Phase définitive : portance à long terme

Dans l'optique de l'exécution des terrassements (traficabilité, compactage) et du comportement des plateformes, les sols fins superficiels peu portants sont sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques de portance chuter en conditions climatiques défavorables (en particulier pluie forte à moyenne).

Ainsi, selon le guide technique du ministère de l'équipement, du logement et des transports « réalisation des remblais et des couches de forme » GTR de mai 2023 et sur la base des hypothèses de dimensionnement fournies, l'ensemble des éléments conduit à classer la partie supérieure de terrassement en PST n°2, avec une classe d'arase AR1 (hors période de pluie rendant les matériaux très humides et peu portants).

Dans tous les cas, la mise en œuvre d'une couche de forme sera nécessaire. Elle devra être réalisée par apport de matériaux. La couche de forme en matériaux non traité devra présenter une épaisseur minimale de 0,5 m pour un objectif de compactage PF2.

6.3. Mitoyens et avoisinants

Le projet étant au stade de faisabilité, des reconnaissances de fondations seront nécessaires au droit des avoisinants. En tout état de cause, il est exclu de réaliser un terrassement ou des fondations sans assurer la stabilité des ouvrages mitoyens par un dispositif adapté pour interdire tout mouvement, quelle que soit la phase de mise en œuvre du projet.

6.4. Sujétions générales

On respectera, de plus, les sujétions suivantes :

- l'entreprise mettra en œuvre un matériel adapté lui permettant d'atteindre les profondeurs minimales requises. Des niveaux indurés ou des blocs pourront être rencontrés lors de la traversée des formations,
- les enregistrements des paramètres de forage et les procédures de validation/adaptation des profondeurs des micropieux en phase d'exécution sont à prévoir. En particulier, le type de forage et fluide de forage devront être clairement définis ; les paramètres de forage seront enregistrés automatiquement, y compris la pression d'injection du fluide de forage, qui permet, en corrélation avec les vitesses d'avancement, de mieux évaluer la coupe des sols traversés. De la même manière, tous les paramètres d'injection seront renseignés et enregistrés automatiquement,
- des surconsommations de béton sont à prévoir dans la traversée des terrains,
- les structures enterrées seront réalisées à l'aide d'un béton confectionné en conformité avec les normes en vigueur,
- la rencontre de blocs, ou niveaux résistants, au sein des formations remaniées, en remblais ou en place pourra gêner les terrassements et nécessiter l'utilisation de matériel spécifique,

- les eaux de surface, ou celles circulant à faible profondeur, devront être soigneusement collectées et évacuées de manière efficace,
- les essais préalables sont fortement recommandés pour le dimensionnement et l'exécution des pieux.

6.5. Remarques sur les missions géotechniques

1. Conformément à la norme NF P 94-500, nous recommandons au Maître d'Ouvrage de procéder à la réalisation d'une mission géotechnique G2PRO après avoir complété la présente mission G2AVP en fonction de l'avancement du projet (cf. Enchaînement des missions en annexe),
2. Une mission G2 DCE/ACT sera nécessaire en phase de consultation. En cas de variante proposée par l'Entreprise, et en l'absence d'une mission géotechnique G2 DCE/ACT, les conclusions et préconisations du rapport G2 PRO pourraient ne pas être adaptées,
3. Nous rappelons que la mission G2PRO n'est pas une étude géotechnique d'exécution et que le respect de la norme NF P 94 500 impose à l'entreprise de réaliser une mission G3d'étude et de suivi d'exécution permettant d'élaborer le dossier géotechnique d'exécution et d'en suivre sa mise en œuvre,
4. Cette mission G3 sera supervisée par une mission géotechnique G4 qui sera à la charge de la Maîtrise d'Ouvrage.

Nous restons à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions, ainsi que pour l'étude géotechnique de conception phase Projet (mission de type G₂₋₂ PRO) et pour suivre et contrôler éventuellement l'exécution des fondations qui peuvent toujours présenter localement des anomalies nécessitant des adaptations, dans le cadre d'une mission spécifique de suivi géotechnique d'exécution (missions de type G₄ à G₅ de la norme française NF P 94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons par ailleurs que le respect de la norme NF P 94 500 impose à l'entreprise de réaliser une mission G₃ d'étude et de suivi d'exécution permettant d'élaborer le dossier géotechnique d'exécution et d'en suivre sa mise en œuvre.

La description des missions normées ainsi que leur enchaînement sont présentés à la fin de ce rapport.

ANNEXE 1 :

CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET

SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

SELON LA NORME NF P 94-500 DE NOVEMBRE 2013

Cette annexe contient 4 pages (y compris page de garde)

ANNEXE 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

ANNEXE 2 – 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.

ANNEXE 2 (suite) – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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.

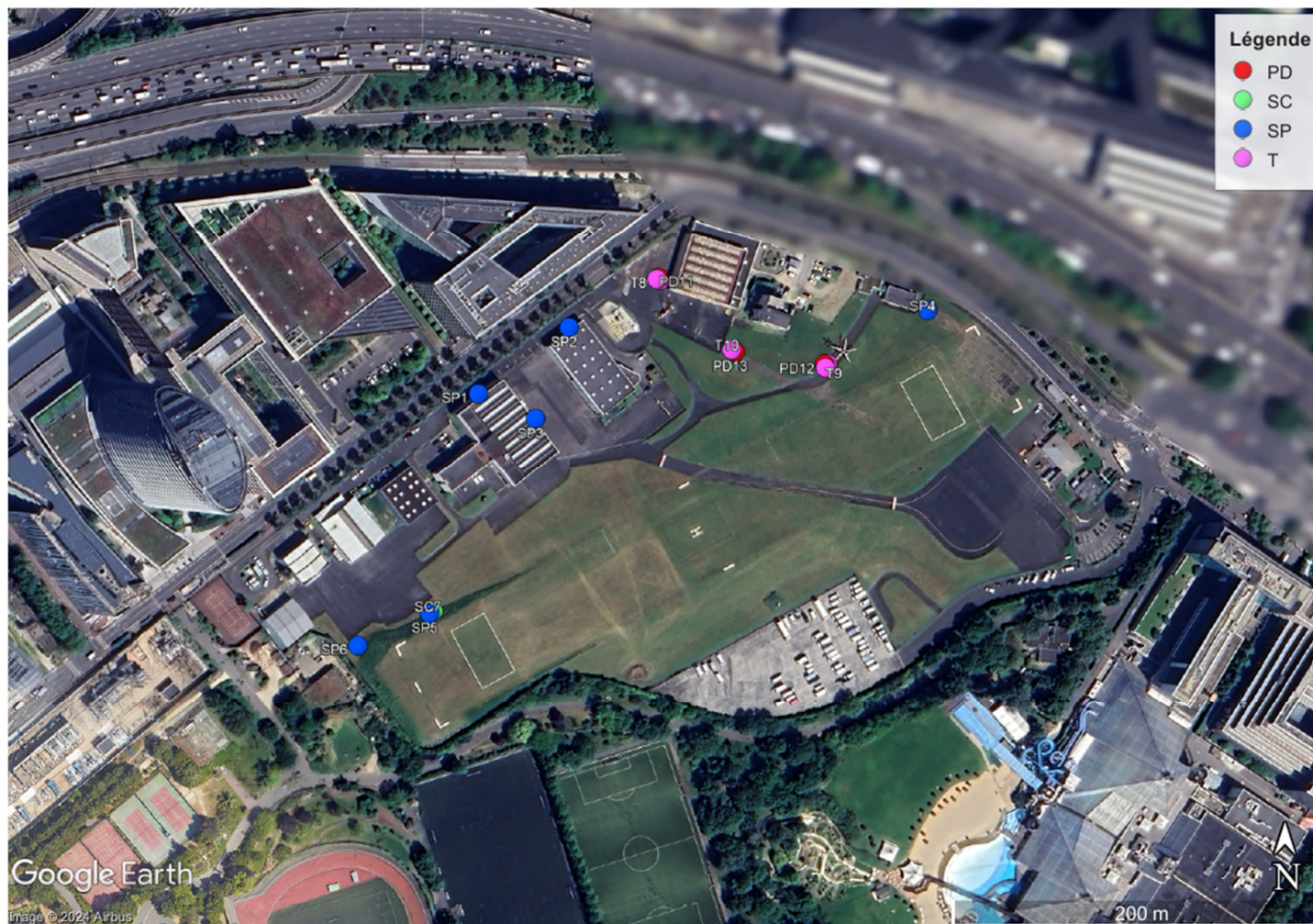
DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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'état 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 2 :
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Cette annexe contient 2 pages (y compris page de garde)



Schémas d'implantation des sondages

G230980-001A	GROUPE ADP Héliport d'Issy-les-Moulineaux – Restructuration	Annexe
G2-AVP		

ANNEXE 3 :
COUPES ET RESULTATS DES SONDAGES

Cette annexe contient 18 pages (y compris page de garde)

Date début: 07/12/2023
Date fin : 07/12/2023
Profondeur: 0,00 - 12,29 m

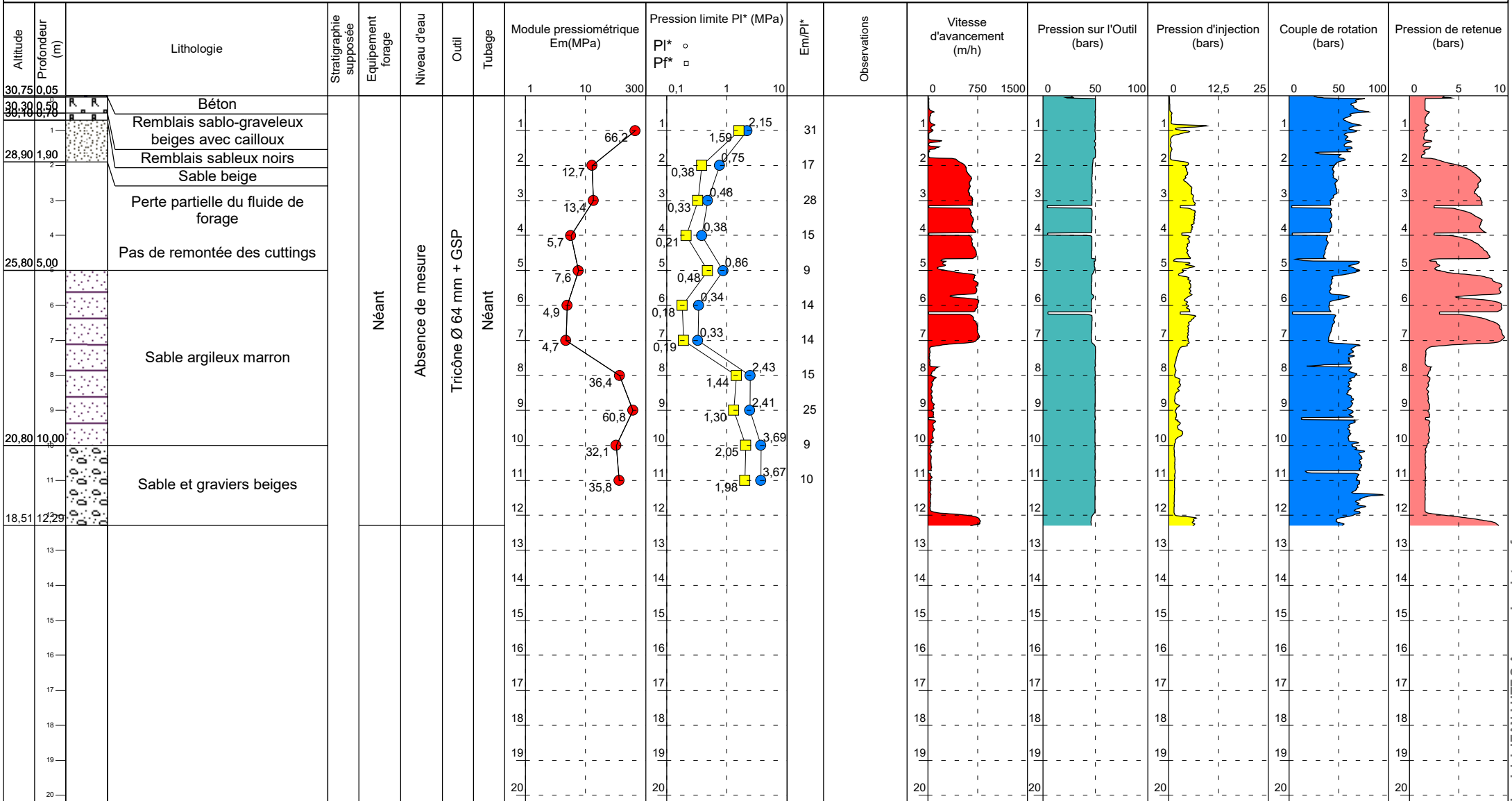
SP1

Cote NGF: 30,8
X : 646520,7
Y : 6859536,4
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : AEROPORTS DE PARIS

1/150
1/1



Date début: 11/12/2023
Date fin : 11/12/2023
Profondeur: 0,00 - 12,55 m

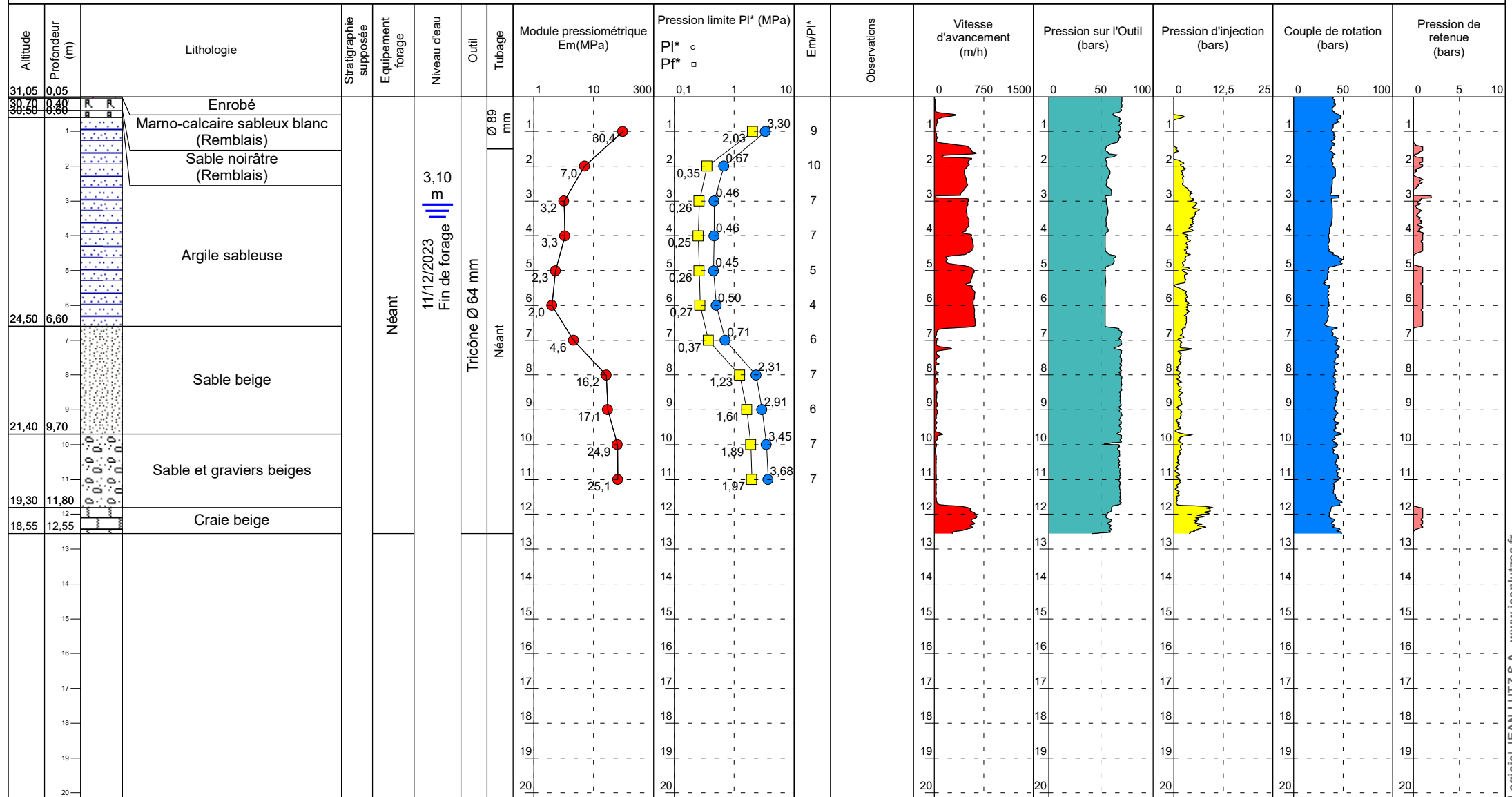
SP2

Cote NGF: 31,1
X : 646569,0
Y : 6859570,9
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : AEROPORTS DE PARIS

1/150
1/1



Observations:

EXGTE 3.23

Date début: 30/11/2023
Date fin : 05/12/2023
Profondeur: 0,00 - 31,19 m

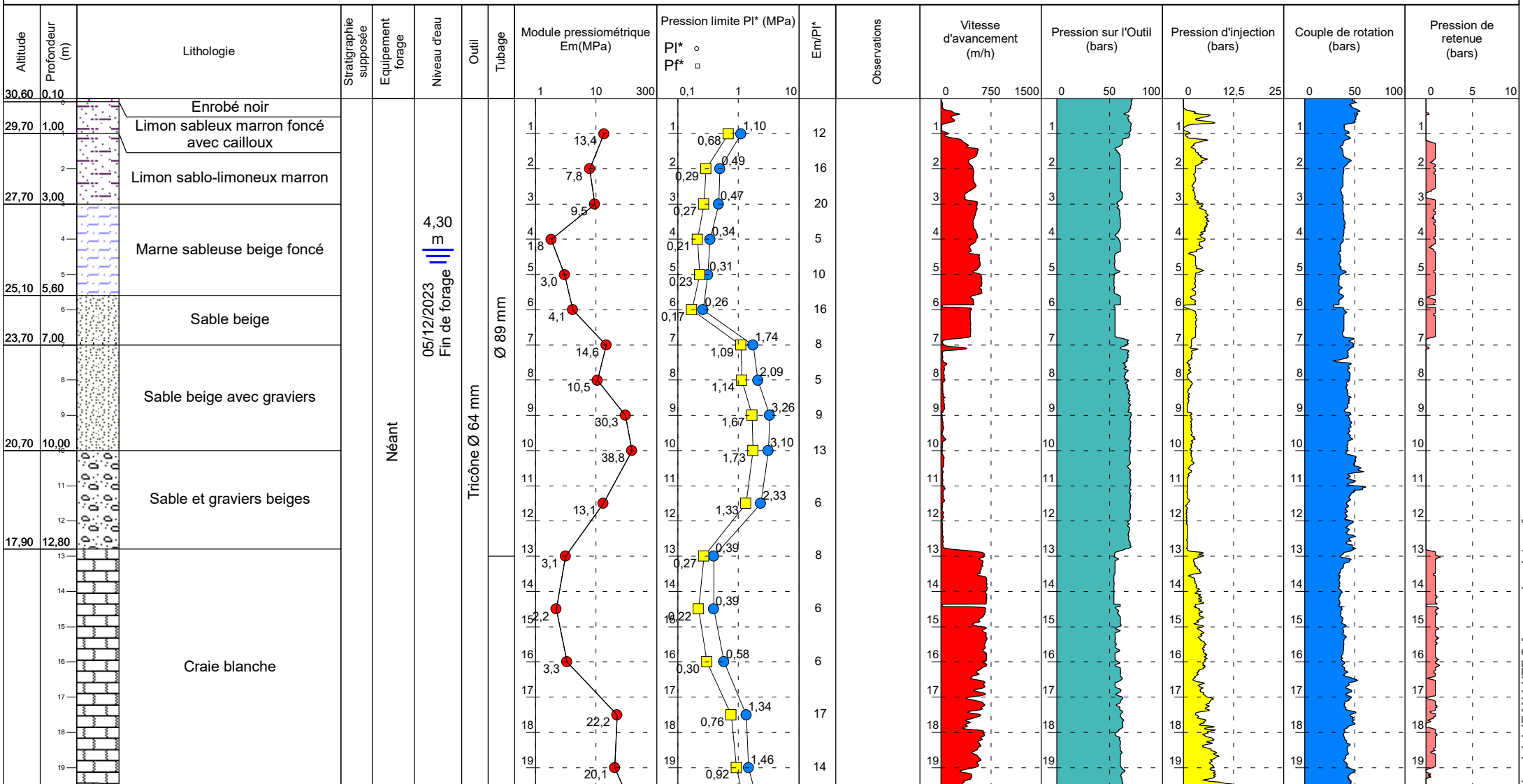
SP3

Cote NGF: 30,7
X : 646550,8
Y : 6859523,1
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : AEROPORTS DE PARIS

1/150
1/2



EXGTE 3.23

Observations:

Date début: 30/11/2023
Date fin : 05/12/2023
Profondeur: 0,00 - 31,19 m

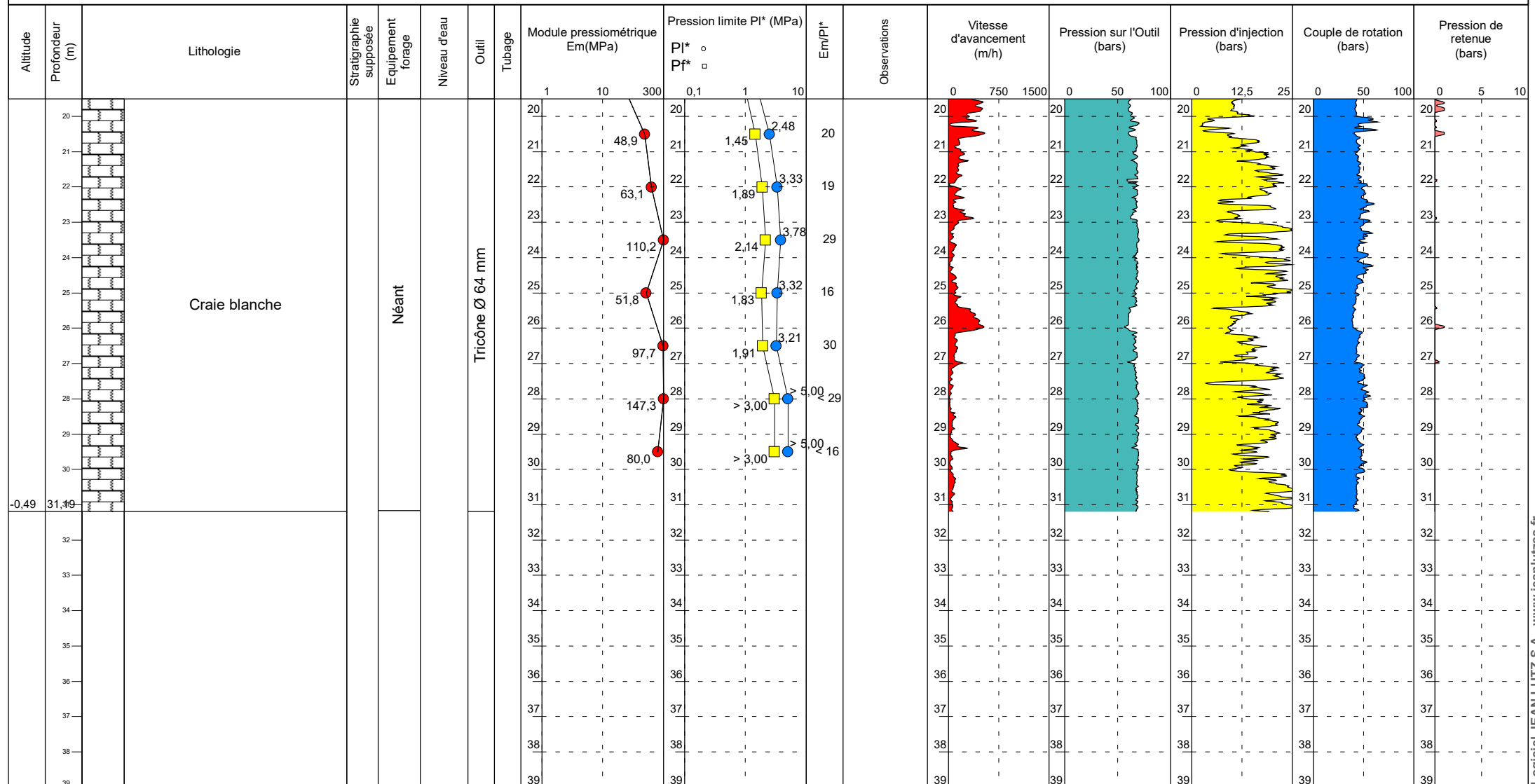
SP3

Cote NGF: 30,7
X : 646550,8
Y : 6859523,1
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : AEROPORTS DE PARIS

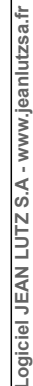
1/150
2/2



EXGTE 3.23

Observations:

1/150
1/1



EXGTE 3.23

Date début: 06/12/2023
Date fin : 07/12/2023
Profondeur: 0,00 - 15,53 m

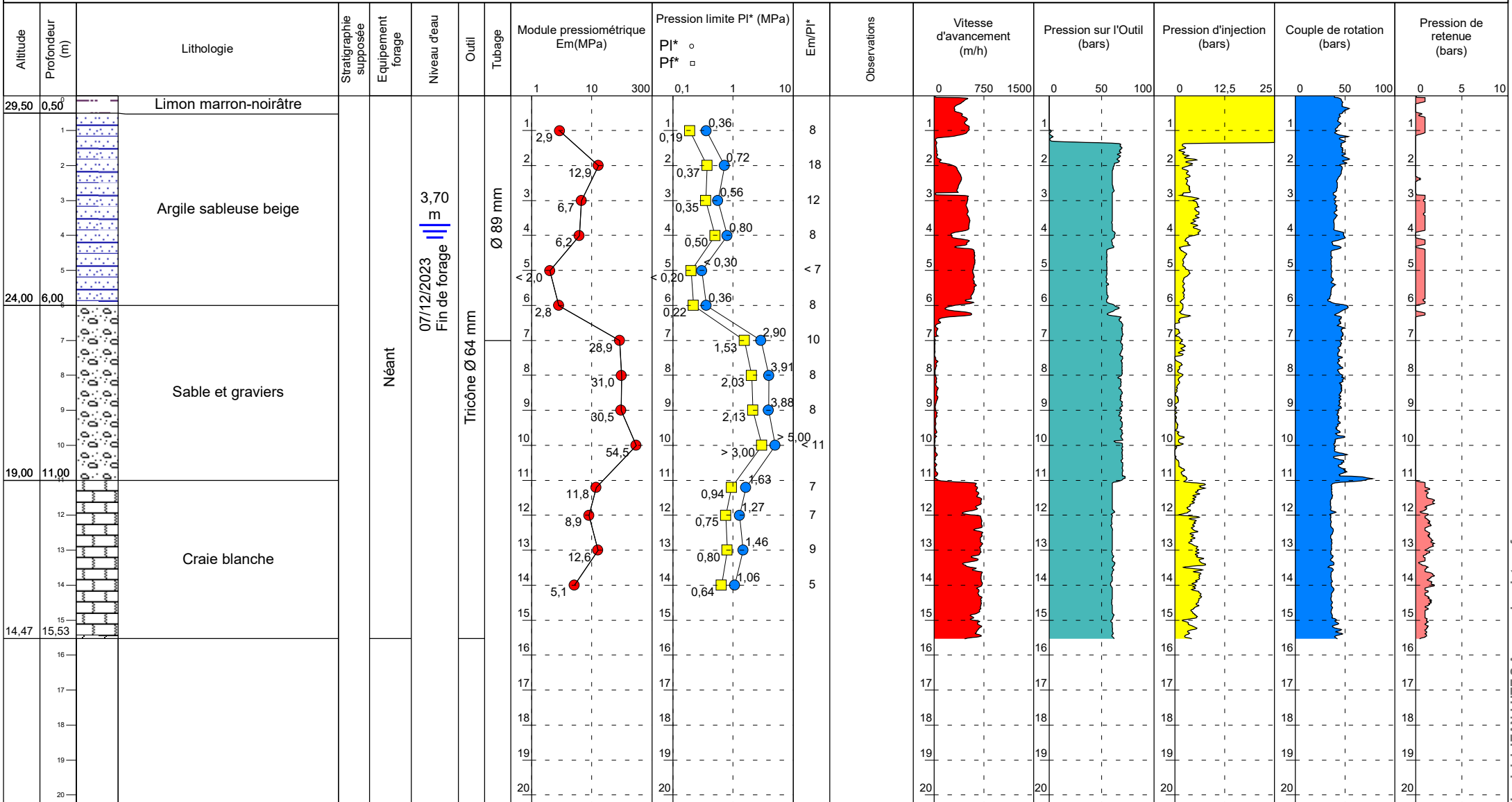
SP5

Cote NGF: 30,0
X : 646494,2
Y : 6859421,1
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : AEROPORTS DE PARIS

1/150
1/1



Observations:

Date début: 05/12/2023
Date fin : 06/12/2023
Profondeur: 0,00 - 15,53 m

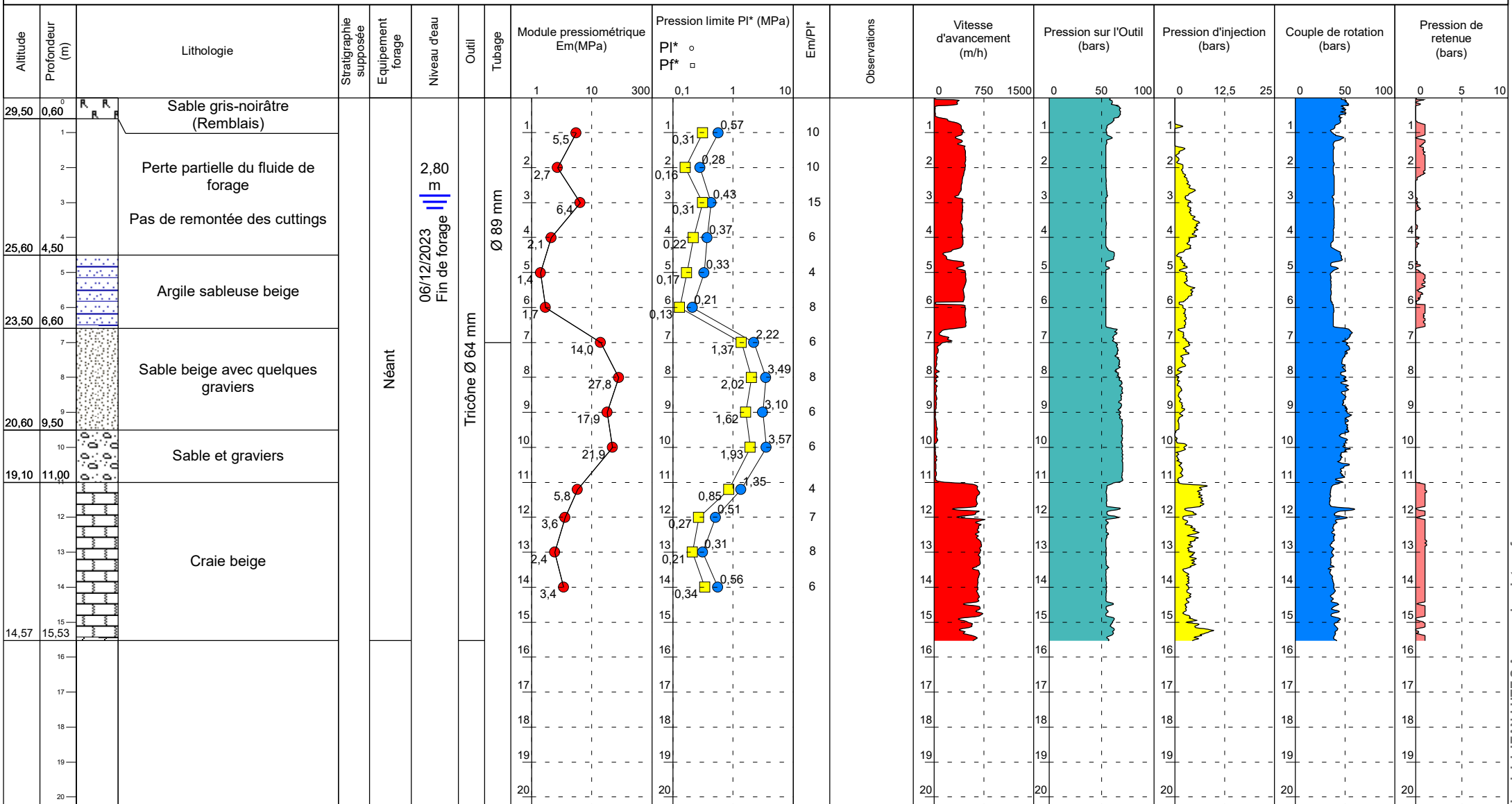
SP6

Cote NGF: 30,1
X : 646456,1
Y : 6859404,4
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : AEROPORTS DE PARIS

1/150
1/1



Observations:

EXGTE 3.23

Date début: 08/12/2023
Date fin : 08/12/2023
Profondeur: 0,00 - 10,00 m

SC7

Cote NGF: 30,0
X : 595198,9
Y : 125796,8
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : AEROPORTS DE PARIS

1/100

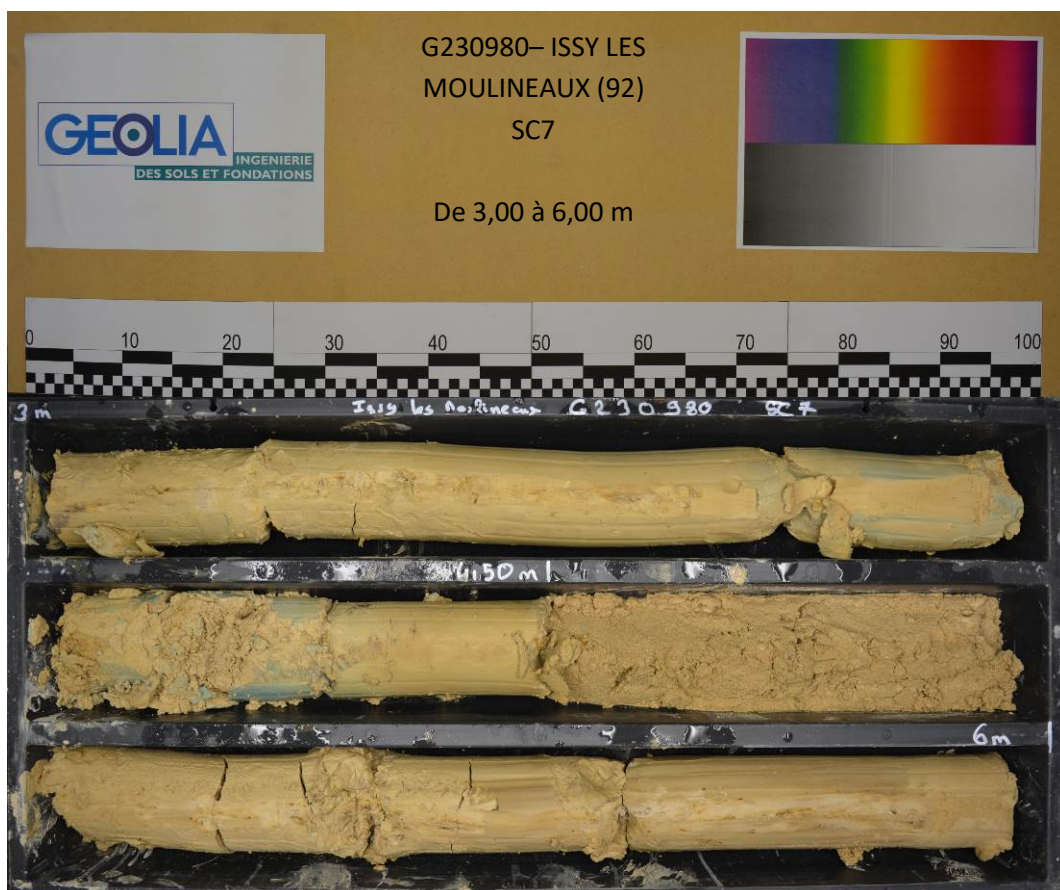
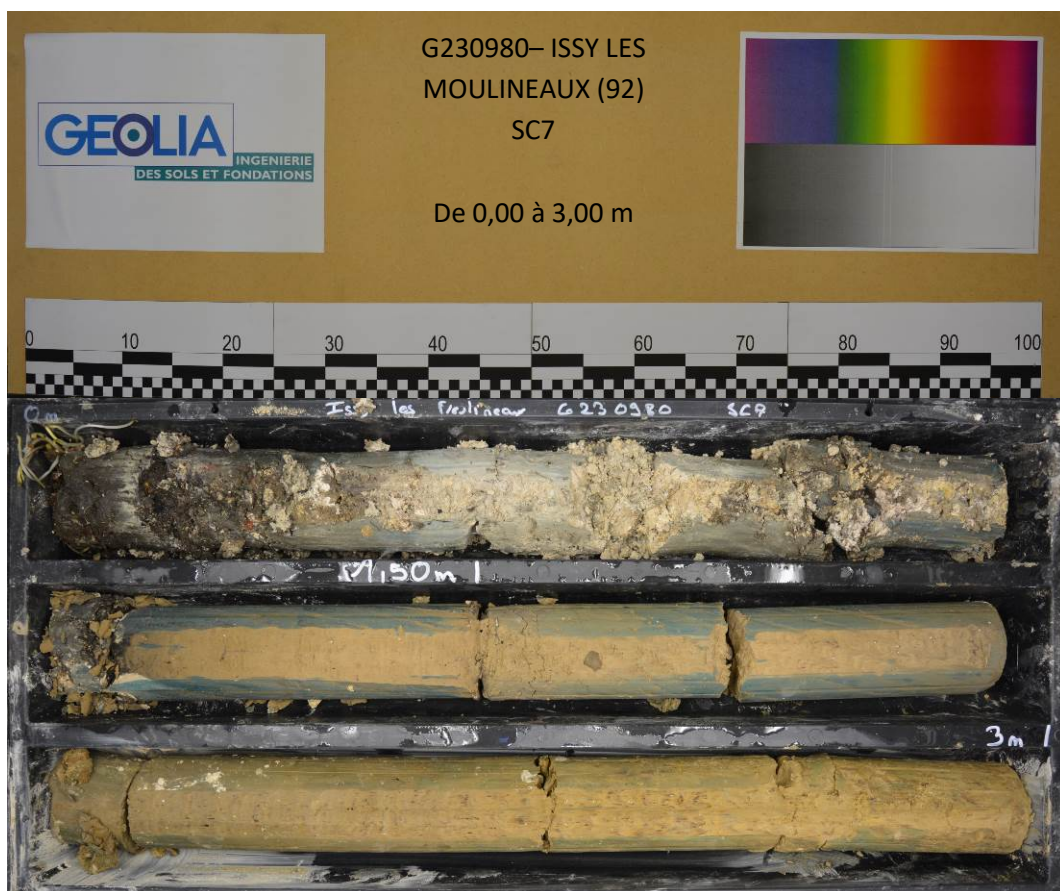
1/1

Altitude	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Piezomètre	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Remarque	Carottage (%)			RQD (%)		
									0	50	100	0	50	100
30,00	0,00													
29,65	0,35	Remblais sablo-graveleux brun-gris avec fragments de terre cuite, grains, graviers et cailloux de calcaire (Remblais)							97			0		
28,90	1,10	Marne beige avec grains, graviers et cailloux de calcaire et avec veines sableuses brun-gris (Remblais)												
28,00	2,00	Sable légèrement argileux brun-gris avec quelques silex, grains, graviers et cailloux de calcaire (Remblais)							103			0		
27,00	3,00	Limon brun							100			0		
26,20	3,80	Argile brune marneuse marron à brun clair							100			0		
26,00	4,00	Marne brun clair							100			0		
25,65	4,35	Marne légèrement sableuse brun clair							100			0		
25,50	4,50	Sable marneux brun clair							100			0		
24,00	6,00	Marne légèrement sableuse brun clair							100			0		
23,43	6,57	Sable marneux brun clair							100			0		
		Marne argileuse brun clair							100			0		
22,10	7,90	Sable marneux brun clair avec quelques silex							100			0		
21,80	8,20	Sable brun clair à silex							100			0		
		Sable brun clair							100			0		
20,00	10,00	Sable brun clair à silex							100			0		

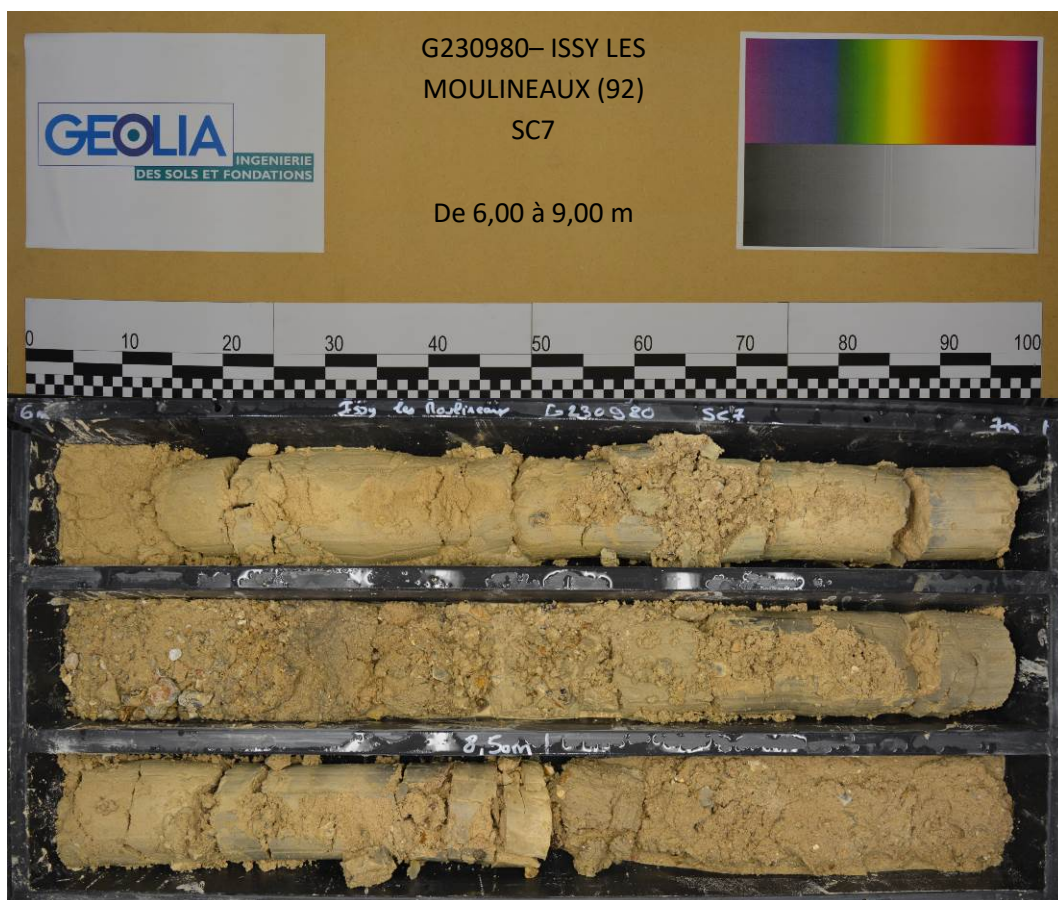
Observations:

EXGTE 3.23

PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



Localisation :

Ville : Héliport Paris

Adresse :

Description d

N° forage : **T8 (1)**

Profondeur : 1,00 m

Diamètre : 100 mm

Hauteur d'eau sous l'appareil (mm): 600

Outils utilisé pour le forage : Tarière Ø 100 mm

Coupe :

0/0,25

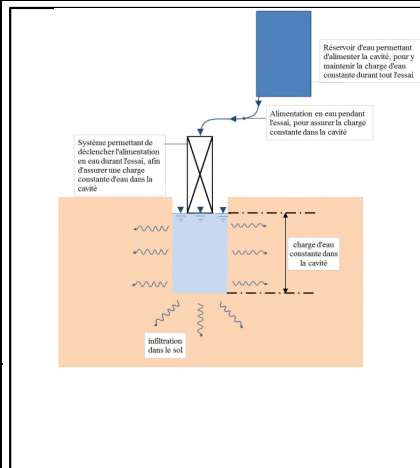
Dalle béton

0,25/0,4

Sable beige jaune avec silex

0,4/1

Mélange sablo argilo limoneux brun foncé à gris avec passées noirâtres, débris de terre cuite rouge, cailloutis calcaires



Météorologie durant la saturation et l'essai :

Heure	9h00	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
Pluie	non	non	non	non	non	non
Température	3,9	5	7,3	7,5	8,9	9

Saturation :

Début : 9h40

Fin : 11h40

Durée : 120min

Ajout de gravier avant saturation : Oui ☐ Non ☒

Remarques :

Essai(s) d'infiltration après saturation :

Essai n° 1 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,60 m	
	Durée d'infiltration (min) :	14 min	
	Volume percolé (litres) :	0,45 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,32 litres	
Essai n° 2 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,60 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,30 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,30 litres	
Essai n° 3 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,60 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,28 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,28 litres	
Essai n° 4 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,60 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,30 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,30 litres	
Essai n° 5 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,60 m	
	Durée d'infiltration (min) :	16 min	
	Volume percolé (litres) :	0,43 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,27 litres	
Volume percolé en 10 min (l) Moyenne : 0,29 litres Minimum : 0,27 litres Maximum : 0,32 litres			

Calcul de la perméabilité MOYENNE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 196350 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 8,935 mm/h

2,48E-06 m/s

Calcul de la perméabilité MINIMALE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 196350 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 8,117 mm/h


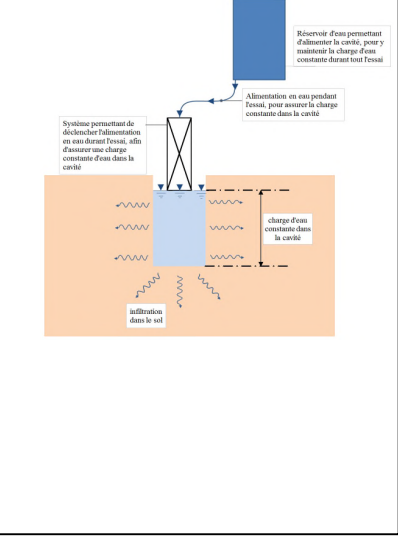
2,25E-06 m/s

Calcul de la perméabilité MAXIMALE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 196350 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 9,822 mm/h

2,73E-06 m/s

	<h1 style="margin: 0;">ESSAI D'INFILTRATION</h1> <p style="margin: 0;">Infiltromètre à charge constante</p>	Date : 29/11/2023 Dossier : G230980 Technicien : JB																																																												
<p>Localisation :</p> <p>Ville : Héliport Paris</p> <p>Adresse :</p>																																																														
<p>Description d</p> <p>N° forage : T8 (2)</p> <p>Profondeur : 2,00 m</p> <p>Diamètre : 100 mm</p> <p>Hauteur d'eau sous l'appareil (mm): 1200</p> <p>Outils utilisé pour le forage : Tarière Ø 100 mm</p> <p>Coupe :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">0/0,25</td> <td style="text-align: center;">Dalle béton</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,25/0,4</td> <td style="text-align: center;">Sable beige jaune avec silex</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,4/1,3</td> <td style="text-align: center;">Mélange sablo argilo limoneux brun foncé à gris avec passées noirâtres, débris de terre cuite rouge, cailloutis calcaires</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,3/2</td> <td style="text-align: center;">Limon marron</td> </tr> </table>			0/0,25	Dalle béton	0,25/0,4	Sable beige jaune avec silex	0,4/1,3	Mélange sablo argilo limoneux brun foncé à gris avec passées noirâtres, débris de terre cuite rouge, cailloutis calcaires	1,3/2	Limon marron																																																				
0/0,25	Dalle béton																																																													
0,25/0,4	Sable beige jaune avec silex																																																													
0,4/1,3	Mélange sablo argilo limoneux brun foncé à gris avec passées noirâtres, débris de terre cuite rouge, cailloutis calcaires																																																													
1,3/2	Limon marron																																																													
<p>Météorologie durant la saturation et l'essai :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Heure</th> <th style="width: 12%;">9h00</th> <th style="width: 12%;">10h00</th> <th style="width: 12%;">11h00</th> <th style="width: 12%;">12h00</th> <th style="width: 12%;">13h00</th> <th style="width: 12%;">14h00</th> </tr> <tr> <td>Pluie</td> <td style="text-align: center;">non</td> <td style="text-align: center;">non</td> <td style="text-align: center;">non</td> <td style="text-align: center;">non</td> <td style="text-align: center;">non</td> <td style="text-align: center;">non</td> </tr> <tr> <td>Température</td> <td style="text-align: center;">3,9</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">7,3</td> <td style="text-align: center;">7,5</td> <td style="text-align: center;">8,9</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> </table>		Heure	9h00	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00	Pluie	non	non	non	non	non	non	Température	3,9	5	7,3	7,5	8,9	9																																								
Heure	9h00	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00																																																								
Pluie	non	non	non	non	non	non																																																								
Température	3,9	5	7,3	7,5	8,9	9																																																								
<p>Saturation :</p> <p>Début : 9h45</p> <p>Fin : 11h45</p> <p>Ajust de gravier avant saturation : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Remarques :</p>																																																														
<p>Essai(s) d'infiltration après saturation :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="4" style="width: 15%; text-align: center;">Essai n° 1 :</td> <td style="width: 30%;">Hauteur d'eau sous l'appareil :</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">1,20 m</td> <td rowspan="4" style="width: 15%;"></td> <td rowspan="4" style="width: 15%;"></td> <td rowspan="4" style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>Durée d'infiltration (min) :</td> <td style="text-align: center;">10 min</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé (litres) :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé en 10 minutes :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Essai n° 2 :</td> <td>Hauteur d'eau sous l'appareil :</td> <td style="text-align: center;">1,20 m</td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Durée d'infiltration (min) :</td> <td style="text-align: center;">10 min</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé (litres) :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé en 10 minutes :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Essai n° 3 :</td> <td>Hauteur d'eau sous l'appareil :</td> <td style="text-align: center;">1,20 m</td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Moyenne : 0,10 litres Minimum : 0,10 litres Maximum : 0,11 litres </td> </tr> <tr> <td>Durée d'infiltration (min) :</td> <td style="text-align: center;">10 min</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé (litres) :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé en 10 minutes :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Essai n° 4 :</td> <td>Hauteur d'eau sous l'appareil :</td> <td style="text-align: center;">1,20 m</td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Durée d'infiltration (min) :</td> <td style="text-align: center;">10 min</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé (litres) :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé en 10 minutes :</td> <td style="text-align: center;">0,10 litres</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Essai n° 5 :</td> <td>Hauteur d'eau sous l'appareil :</td> <td style="text-align: center;">1,20 m</td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Durée d'infiltration (min) :</td> <td style="text-align: center;">16 min</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé (litres) :</td> <td style="text-align: center;">0,18 litres</td> </tr> <tr> <td>Volume percolé en 10 minutes :</td> <td style="text-align: center;">0,11 litres</td> </tr> </table>			Essai n° 1 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m				Durée d'infiltration (min) :	10 min	Volume percolé (litres) :	0,10 litres	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres	Essai n° 2 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m				Durée d'infiltration (min) :	10 min	Volume percolé (litres) :	0,10 litres	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres	Essai n° 3 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m			Moyenne : 0,10 litres Minimum : 0,10 litres Maximum : 0,11 litres	Durée d'infiltration (min) :	10 min	Volume percolé (litres) :	0,10 litres	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres	Essai n° 4 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m				Durée d'infiltration (min) :	10 min	Volume percolé (litres) :	0,10 litres	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres	Essai n° 5 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m				Durée d'infiltration (min) :	16 min	Volume percolé (litres) :	0,18 litres	Volume percolé en 10 minutes :	0,11 litres
Essai n° 1 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m																																																												
	Durée d'infiltration (min) :	10 min																																																												
	Volume percolé (litres) :	0,10 litres																																																												
	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres																																																												
Essai n° 2 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m																																																												
	Durée d'infiltration (min) :	10 min																																																												
	Volume percolé (litres) :	0,10 litres																																																												
	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres																																																												
Essai n° 3 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m			Moyenne : 0,10 litres Minimum : 0,10 litres Maximum : 0,11 litres																																																									
	Durée d'infiltration (min) :	10 min																																																												
	Volume percolé (litres) :	0,10 litres																																																												
	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres																																																												
Essai n° 4 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m																																																												
	Durée d'infiltration (min) :	10 min																																																												
	Volume percolé (litres) :	0,10 litres																																																												
	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres																																																												
Essai n° 5 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,20 m																																																												
	Durée d'infiltration (min) :	16 min																																																												
	Volume percolé (litres) :	0,18 litres																																																												
	Volume percolé en 10 minutes :	0,11 litres																																																												
<p>Calcul de la perméabilité MOYENNE : (toutes les mesures en mm)</p> <p>Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 384846 mm²</p> <p>K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 1,588 mm/h</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">4,412E-07 m/s</div>																																																														
<p>Calcul de la perméabilité MINIMALE : (toutes les mesures en mm)</p> <p>Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 384846 mm²</p> <p>K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 1,559 mm/h</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">4,331E-07 m/s</div>																																																														
<p>Calcul de la perméabilité MAXIMALE : (toutes les mesures en mm)</p> <p>Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 384846 mm²</p> <p>K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 1,705 mm/h</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">4,737E-07 m/s</div>																																																														

Localisation :

Ville : Héliport Paris

Adresse :

Description d

N° forage : T9(1)

Profondeur : 1,00 m

Diamètre : 100 mm

Hauteur d'eau sous l'appareil (mm): 700

Outils utilisé pour le forage : Tarière Ø 100 mm

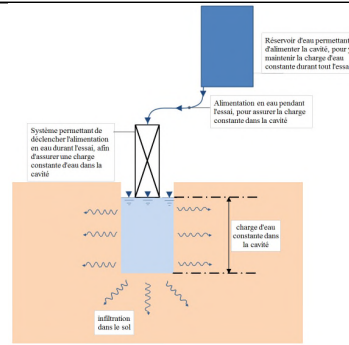
Coupe :

0/0,1

Limon marron foncé

0,1/1

Mélange sablo argilo limonzux brun à brun foncé avec silex, gros cailloux calcaires, rares débris de terre cuite rouge, cailloutis calcaires



Météorologie durant la saturation et l'essai :

Heure	9h00	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
Pluie	non	non	non	non	non	non
Température	3,9	5	7,3	7,5	8,9	9

Saturation :

Début : 9h15

Fin : 11h15

Durée : 120min

Ajout de gravier avant saturation : Oui ☐ Non ☒

Remarques :

Essai(s) d'infiltration après saturation :

Essai n° 1 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,70 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,30 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,30 litres	
Essai n° 2 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,70 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,30 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,30 litres	
Essai n° 3 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,70 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,30 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,30 litres	
Essai n° 4 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,70 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,25 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,25 litres	
Essai n° 5 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	0,70 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,33 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,33 litres	
		Volume percolé en 10 min (l)	
		Moyenne : 0,30 litres	
		Minimum : 0,25 litres	
		Maximum : 0,33 litres	

Calcul de la perméabilité MOYENNE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 227766 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 7,771 mm/h

2,159E-06 m/s

Calcul de la perméabilité MINIMALE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 227766 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 6,586 mm/h

1,829E-06 m/s

Calcul de la perméabilité MAXIMALE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 227766 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 8,561 mm/h

2,378E-06 m/s

Localisation :

Ville : Héliport Paris

Adresse :

Description d

N° forage : T9(2)

Profondeur : 1,7 (éboulement avant mesure)

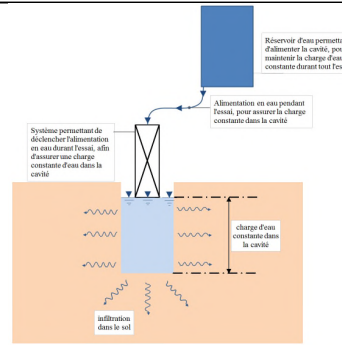
Diamètre : 100 mm

Hauteur d'eau sous l'appareil (mm): 1000

Outils utilisé pour le forage : Tarière Ø 100 mm

Coupe :

0/0,1	Limon marron foncé
0,1/1	Mélange sablo argilo limonzux brun à brun foncé avec silex, gros cailloux calcaires, rares débris de terre cuite rouge, cailloutis calcaires
1/1,7	Argile limoneuse brune avec cailloutis calcaires



Météorologie durant la saturation et l'essai :

Heure	9h00	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
Pluie	non	non	non	non	non	non
Température	3,9	5	7,3	7,5	8,9	9

Saturation :

Début : 9h20

Fin : 11h20

Durée : 120min

Ajout de gravier avant saturation : Oui ☐ Non ☒

Remarques :

Essai(s) d'infiltration après saturation :

Essai n° 1 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,00 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,10 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres	
Essai n° 2 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,00 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,10 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres	
Essai n° 3 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,00 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,08 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,08 litres	
Essai n° 4 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,00 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,10 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,10 litres	
Essai n° 5 :	Hauteur d'eau sous l'appareil :	1,00 m	
	Durée d'infiltration (min) :	10 min	
	Volume percolé (litres) :	0,13 litres	
	Volume percolé en 10 minutes :	0,13 litres	
Volume percolé en 10 min (l) Moyenne : 0,10 litres Minimum : 0,08 litres Maximum : 0,13 litres			

Calcul de la perméabilité MOYENNE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 322014 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 1,863 mm/h

5,176E-07 m/s

Calcul de la perméabilité MINIMALE : (toutes les mesures en mm)

Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 322014 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 1,397 mm/h

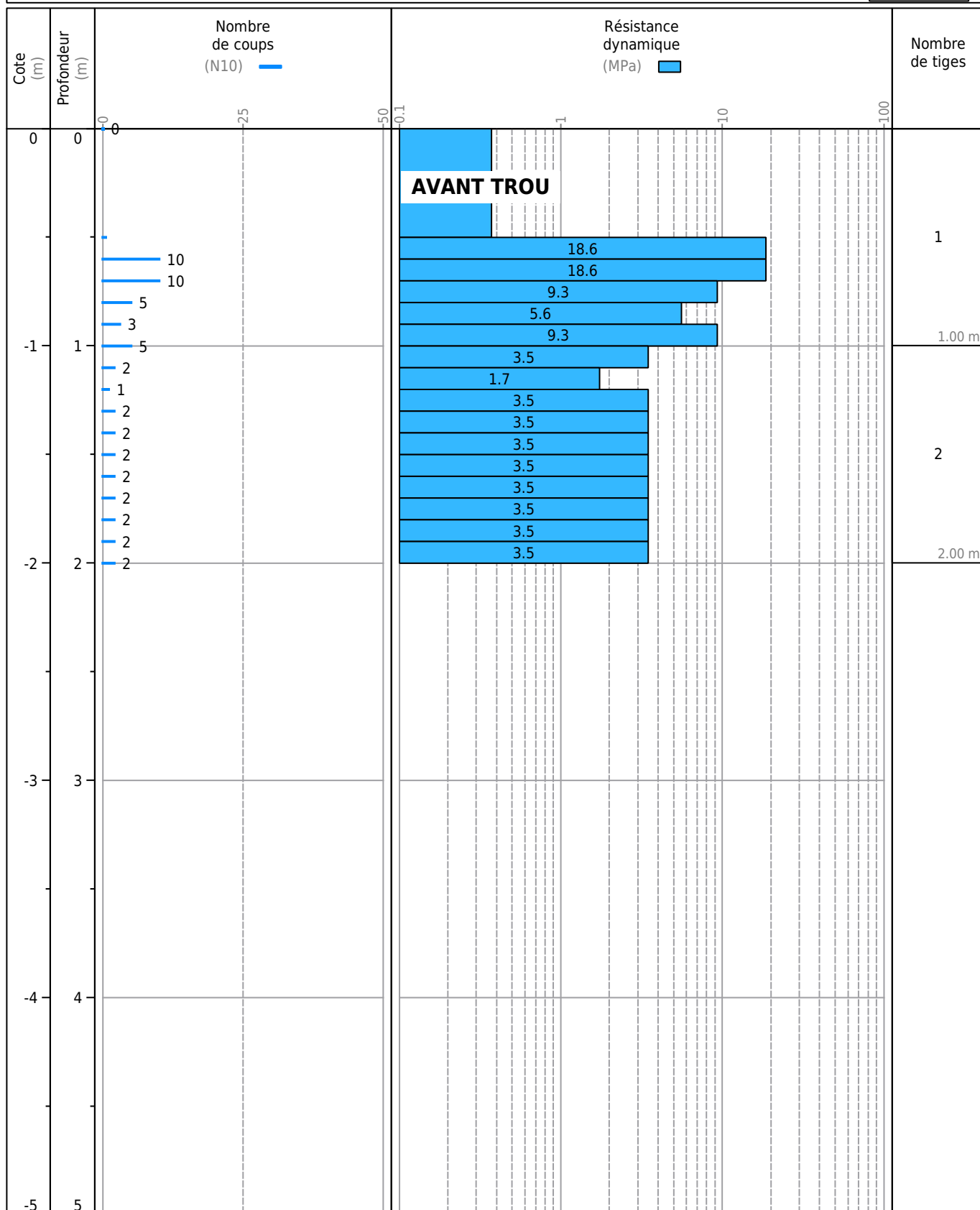
3,882E-07 m/s

Calcul de la perméabilité MAXIMALE : (toutes les mesures en mm)

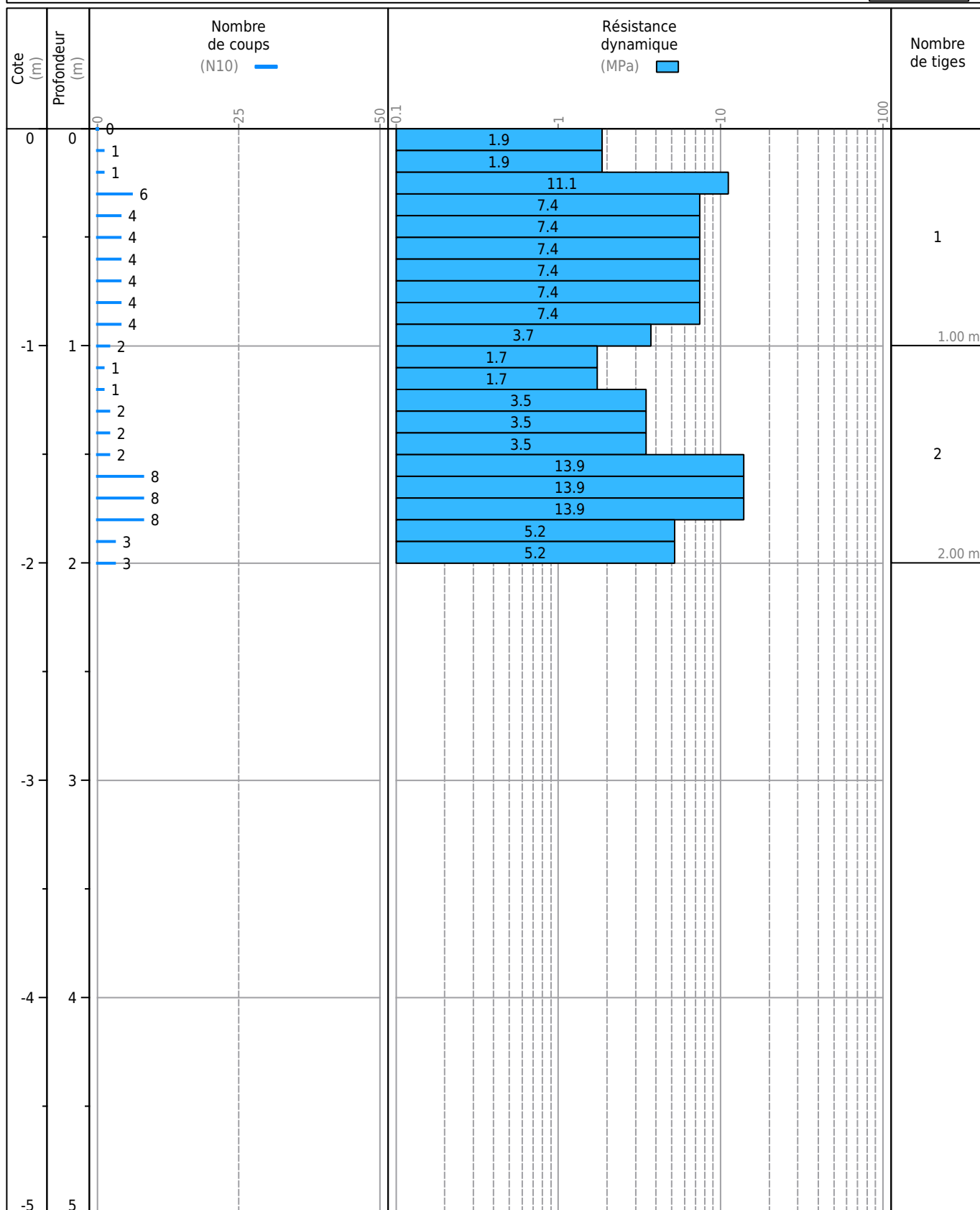
Surface latérale + surface du fond = $(\pi \times \varnothing \times \text{hauteur}) + (\pi \times (\varnothing^2) / 4) =$ 322014 mm²

K = Volume d'eau percolé en 10 minutes (mm³) x 6 / surface (mm²) = 2,329 mm/h

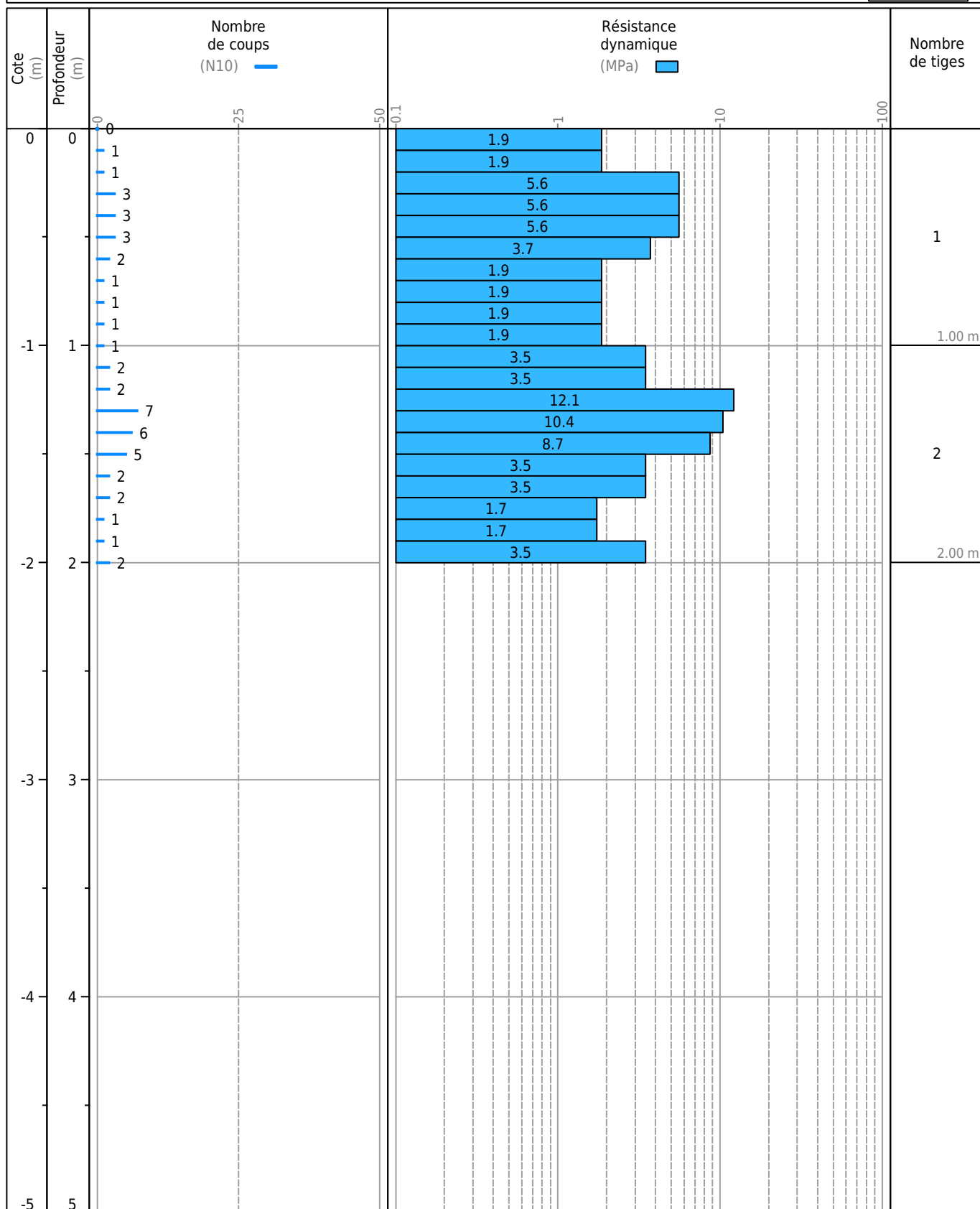
6,47E-07 m/s



Obs. :



Obs. :



Obs. :