AP-HP

Hôpital Saint-Antoine – Paris (75)

Construction d'un poste électrique

Mission géotechnique de conception phase avant-projet - G2 AVP



Rapport n° 135620 / version A – 14 mars 2025

Projet suivi par Michel BOISSEAU – 06 22 34 06 49 – michel.boisseau@anteagroup.fr

www.anteagroup.fr/fr

Fiche signalétique

Hôpital Saint-Antoine – Paris (75)
Construction d'un poste électrique
Mission géotechnique de conception phase avant-projet - G2 AVP

CLIENT	SITE
AP-HP	
Hôpital Saint-Antoine 184 Rue du Faubourg Saint-Antoine 75012 Paris	Hôpital Saint-Antoine 184 Rue du Faubourg Saint-Antoine 75012 Paris
Jean-Claude SINTES Ingénieur Coordonnateur Maintenance Chargé d'exploitation électrique 01 49 28 27 91	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Matthieu VRAZINIS
Interlocuteur commercial	Matthieu VRAZINIS
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation d'Antony 01.57.63.14.00 michel.boisseau@anteagroup.fr
Rapport n°	135620
Version n°	A
Votre commande et date	Bon de commande n°4511233767 du 25/11/2024
Projet n°	IDFP240801

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Khadidja SEYBOU GATI	Ingénieure d'études géotechniques	Mars 2024	
Approbation	Matthieu VRAZINIS	Chef de projets	Mars 2024	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	10/03/2025	40	3	Version Initiale

Sommaire

1. Introduction 7
1.1. Objectifs de la mission 7
1.2. Documents de référence 7
2. Le projet 9
2.1. Localisation et description du site 9
2.2. Description du projet 9
3. Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique 11
3.1. Contexte géologique 11
3.2. Contexte hydrogéologique 13
3.3. Aléas géotechniques recensés 14
3.3.1. Aléa Inondation 14
3.3.2. Aléa Retrait-gonflement des sols argileux 14
3.3.3. Aléa Cavités et carrières 14
3.3.4. Aléa sismique 15
4. Reconnaissances géotechniques 16
4.1. Campagne d'investigation Antea Group 16
4.2. Plan d'implantation global 16
4.3. Coordonnées des points de sondages 17
4.4. Déroulé des investigations 17
4.5. Limite de la méthode 17
5. Synthèse géotechnique 18
5.1. Lithologie 18
5.2. Caractéristiques mécaniques des formations 19
5.2.1. Remblais 20
5.2.2. Alluvions anciennes 22
5.3. Niveau d'eau relevé 24
5.4. Perméabilité des formations 24
5.5. Agressivité des sols vis-à-vis des bétons 24
6. Modèle géotechnique 26
7. Dimensionnement des fondations 28
7.1. Rappel des caractéristiques du projet 28
7.2. Mode de fondations 28
7.3. Prédimensionnement des micropieux 28

7.3.1. Hypothèses sur le sol 28
7.3.2. Caractéristiques des pieux 29
7.4. Résultats 29
8. Dispositions constructives et recommandations de mise en œuvre 30
8.1. Essais de contrôle 30
8.2. Frottement négatif 30
8.3. Terrassements 30
8.4. Gestion des eaux 30
8.5. Plancher porté 31
8.6. Classe d'agressivité des bétons 31
9. Risques géotechniques résiduels et recommandations d'études ultérieures 32
9.1. Risques géologiques et géotechniques résiduels 32
10. Enchaînement des missions géotechniques 33

Table des figures

Figure 1 : Localisation du projet 9
Figure 3 : Plan de masse du projet – Source : APHP 10
Figure 3 : Vue aérienne du site (source : geoportail.gouv.fr) 10
Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000ème de Paris 12
Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/5000ème du 12ème arrondissement de Paris 12
Figure 7 : Extrait de la carte piézométrique des Hautes-Eaux 13
Figure 8 : Extrait de la carte des aléas de remontées de nappe (Source : Mappea) 14
Figure 9 : Extrait de l'Atlas des carrières (Source : IGC) 15
Figure 10 : Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France 15
Figure 11 : Plan d'implantation des investigations réalisées 16
Figure 10 : Carottage SC2 entre 1 et 2 m – Remblais 18
Figure 11 : Carottage SC2 entre 7 et 8 m – Alluvions anciennes 18
Figure 10 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les Alluvions anciennes 22
Figure 13 : Extrait de la norme NF 206 25
Figure 14 : Coupe géologique de principe retenue 27

Table des tableaux

Tableau 2 : Coordonnées approximatives des points de sondages 17
Tableau 2 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude 19
Tableau 3 : Résultats de l'essai pressiométrique réalisé dans les Remblais 20
Tableau 4 : Résultats des essais d'identification – Remblais 20
Tableau 4 : Synthèse des essais pressiométriques réalisés dans les Alluvions anciennes 22
Tableau 6 : Résultats des essais d'identification – Alluvions anciennes 23

Tableau 10 : Résultats des essais de perméabilité 24
Tableau 7 : Résultats d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons 24
Tableau 8 : Modèle géotechnique retenu en phase avant-projet 26
Tableau 9 : Coefficients rhéologiques des sols, extrait de la norme NF P94-261 – Tableau H.2.1.1.1 . 26
Tableau 12 : Frottement latéraux unitaires, modèle de sol de prédimensionnement des pieux..... 28
Tableau 15 : Synthèse des capacités portantes des micropieux de 0,2 m de diamètre 29

Table des annexes

Annexe I : Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

Annexe II : Procès-verbaux des sondages pressiométriques

Annexe III : Bordereau Wessling – Essais d'agressivités des sols vis-à-vis des bétons

1. Introduction

Dans le cadre des travaux de construction d'un poste électrique au droit de l'hôpital Saint-Antoine (Paris 12ème), l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP) a missionné Antea Group pour la réalisation d'une étude de conception phase avant-projet (mission G2 AVP), permettant de définir et dimensionner le mode de fondation adapté à ces ouvrages.

La mission géotechnique a été réalisée conformément à la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. Annexe I – Classification des missions type d'ingénierie géotechnique)

Cette étude est basée sur la recherche documentaire effectuée par Antea Group et sur les investigations géotechniques menées au droit du site.

1.1. Objectifs de la mission

Les objectifs de la présente étude sont les suivants :

- Définir le contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique du site ;
- Fournir une synthèse des investigations réalisées aboutissant à un modèle géotechnique en phase avant-projet ;
- Etablir un modèle géotechnique préalable ;
- Etablir les aléas et risques géotechniques pour le projet ;
- Réaliser un prédimensionnement et les principes envisagés pour le système de fondation ;
- Fournir les préconisations générales pour la réalisation des ouvrages (terrassement, talutage, gestion des eaux, …) ainsi que les risques géotechniques résiduels.

1.2. Documents de référence

Les documents de référence d'Antea Group pour la réalisation de cette étude sont les suivants :

Documents mis à disposition par l'AP-HP :

- Plans de masse du projet – Mai 2024.

Documents techniques et normatifs :

- Missions d'ingénierie géotechnique – Classifications et Spécification, NF P 94-500, novembre 2013 ;
- Eurocode 7, calcul géotechnique, partie I – Règles générales – NF EN 1997-1, juin 2005 ;
- Norme NF P 94-261, juin 2013, Calcul géotechnique, Fondations superficielles ;

Documents consultés :

- Le site Géoportail (https://www.geoportail.gouv.fr/) pour :
  - Les cartes IGN ;
  - Les photos satellites ;
- La carte géologique au 1/25 000ème de Paris et de sa proche banlieue, et la notice qui l'accompagne ;
- La carte géologique au 1/5000ème du 14 arrondissement de Paris ;
- La Banque de Données du Sous-Sol (BSS) du BRGM ;
- Les sites du BRGM :
  - Le visualiseur Infoterre pour les cartes géologiques et les cartes d'aléa inondations par débordement de nappe (http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do) ;
  - L'espace cartographique du Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines en Seine-Normandie (SIGES Seine-Normandie) pour un extrait de la carte hydrogéologique de la France au 1/50 000ème (http://sigessn.brgm.fr/?page=carto).
- Le site Géorisques (https://www.georisques.gouv.fr/) pour les zonages cartographiques des aléas naturels ;
- Le zonage carrières et dissolution de gypse – Paris et petite couronne établi par l'Inspection Générale des Carrières.

2. Le projet

2.1. Localisation et description du site

La zone d'étude se situe avenue Crozatier au droit de l'hôpital Saint-Antoine situé dans le 12ème arrondissement de Paris (75).

La surface concernée par le projet est d'environ 150 m².

La topographie du site est relativement plane, avec une altimétrie moyenne de l'ordre de 35 m NGF.



Figure 1 : Localisation du projet

2.2. Description du projet

Le projet concerne la démolition des locaux du jardinier et la reconstruction d'un bâtiment recevant deux postes HT Enedis.
Le bâtiment prévu est de type plein pied et ne prévoit pas de niveau de sous-sol.

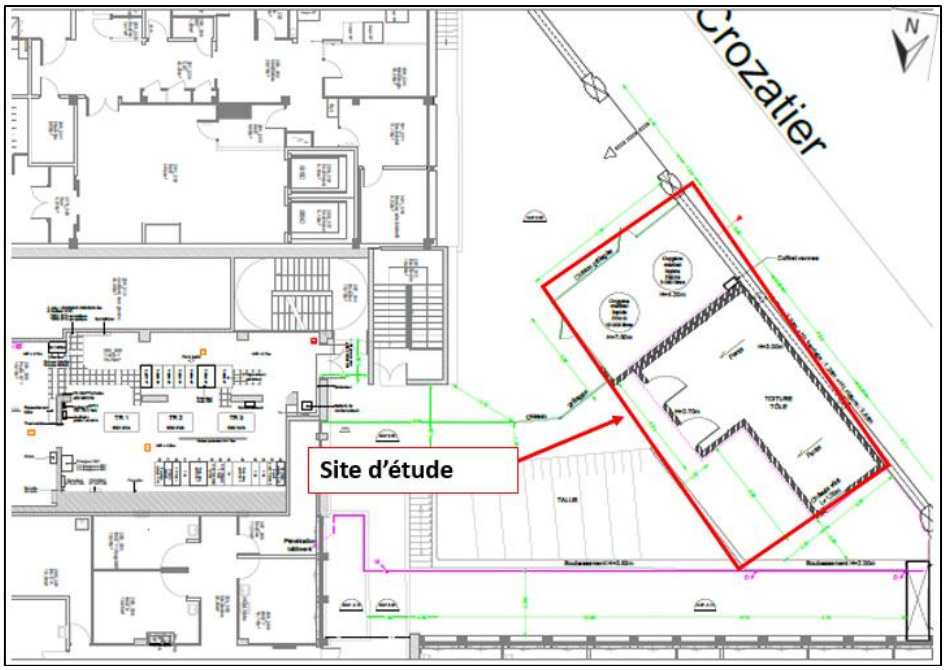


Figure 2 : Plan de masse du projet – Source : APHP

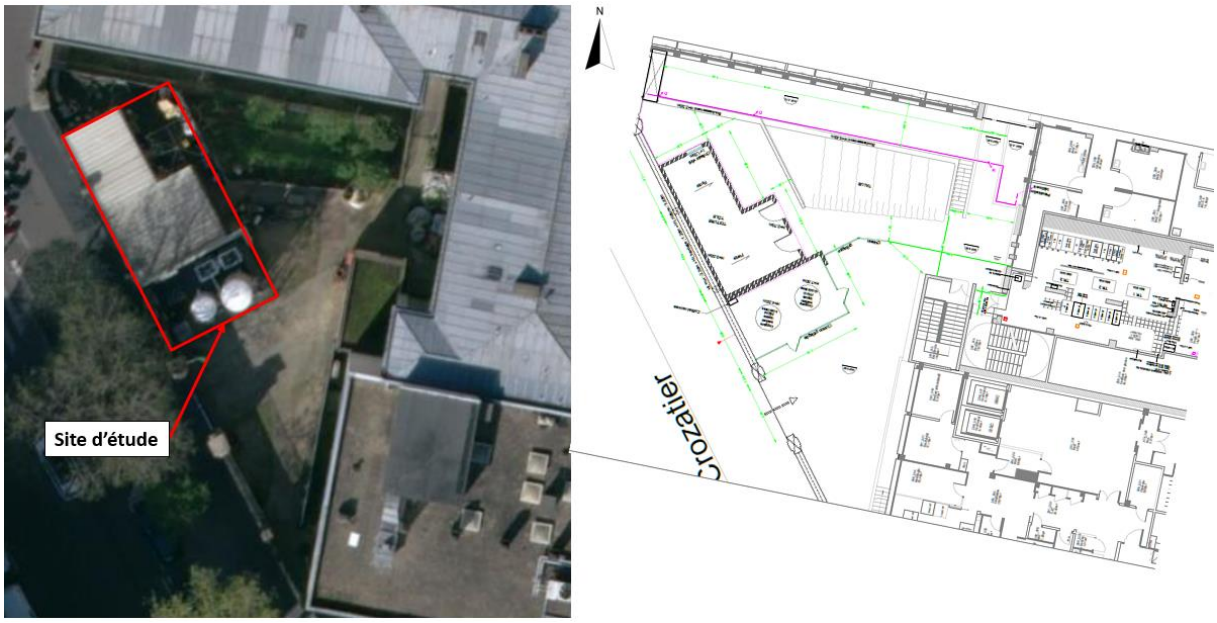


Figure 3 : Vue aérienne du site (source : geoportail.gouv.fr)

3. Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique

3.1. Contexte géologique

D'après la carte géologique au 1/50 000^{e} de Paris, la carte géologique au 1 :5000ème du 12ème arrondissement de Paris, les données de la BSS la stratigraphie attendue au droit du site est la suivante :

- **Remblais (X) :** Formation superficielle d'origine anthropique, d'épaisseur généralement variable qui serait liée à l'aménagement du site et constituée de limon sableux bruns. Etant donné le contexte de carrières souterraines et des différents projets d'aménagement de l'hôpital, leur épaisseur est susceptible de varier et d'atteindre jusqu'à 5,0 m d'épaisseur ;
- **Alluvions Modernes :** Les Alluvions Modernes correspondent à des sols fins, complexes, où se mêlent des éléments à squelette minéral (limons, sables fins) avec des éléments organiques (argile et vase). Elles peuvent présenter des lits de graviers et de galets calcaires ou être exclusivement végétales (tourbe) ;

- **Alluvions Anciennes :** Les Alluvions Anciennes ont été déposées par les cours d'eau dans les fonds de vallées au cours de leur évolution. Elles forment aujourd'hui les terrasses alluviales de la région parisienne. Dans le cas présent, les Alluvions Anciennes présentes au droit du site correspondent à la basse terrasse. Elle est composée de sables et graviers grossiers, dont les constituants proviennent des différents terrains tertiaires du bassin versant.
  Les Alluvions Anciennes ont été rencontrées au droit des sondages issus de la banque de données du sous-sol du B.R.G.M. sous la forme de sables avec des graviers et des galets jusqu'à environ 22 m NGF, soit jusqu'à environ 13 m/TN.

- **Marnes et Caillasses (e_{5c}) :** Horizon constitué d'une alternance de marnes blanches et de bancs de calcaire siliceux. Des feuillets argileux et du gypse saccharoïde sont également décrits usuellement au sein de cette formation. La puissance moyenne de cette formation oscille entre 10 et 15 m d'épaisseur.

- **Calcaire grossier (e_{5a-b}):** Le Calcaire grossier est constitué de trois étages (supérieur, moyen et inférieur) **:**

  - ***Le Calcaire grossier supérieur*** correspond à une série de bancs massifs, compacts et bien lités, séparés par de minces délits sableux ou marneux. Il s'agit de l'étage le plus exploité en carrières pour servir de pierres de construction. Très fossilifère, il peut atteindre 8,0 m d'épaisseur.

  - ***Le Calcaire grossier moyen*** est plutôt grisâtre, peu fossilifère et peut atteindre 4,0 m d'épaisseur.

  - ***Le Calcaire grossier inférieur***, fossilifère, se caractérise par un calcaire glauconieux pouvant être aussi bien induré que tendre et sableux. Le Calcaire grossier inférieur peut atteindre 6,0 m de hauteur.

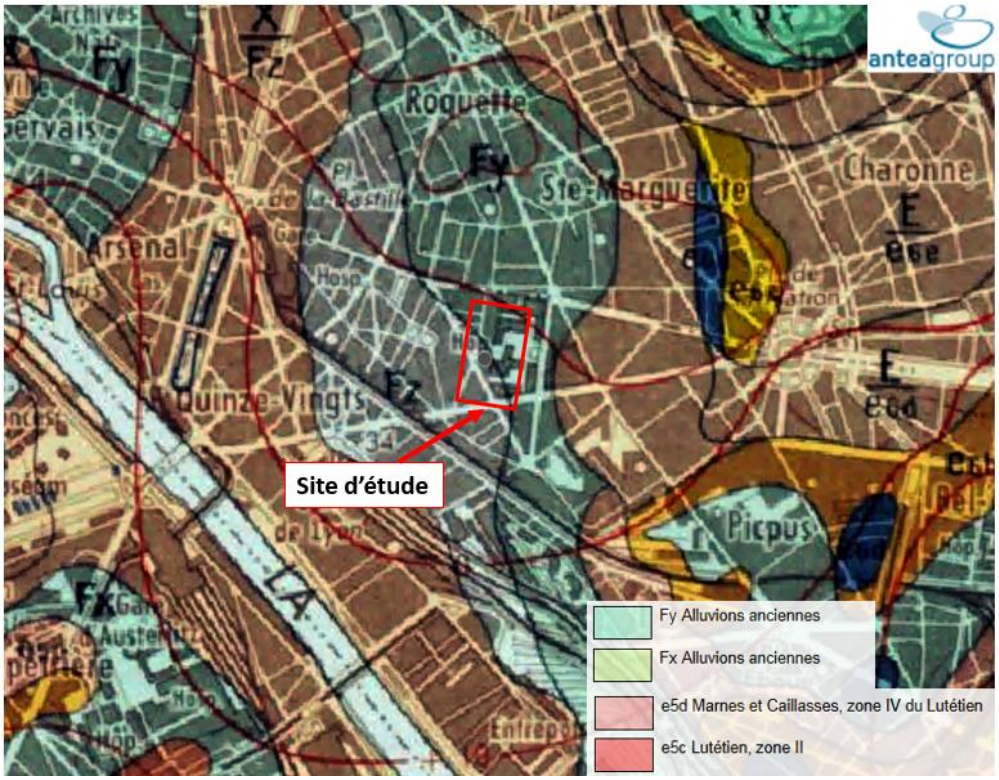


Figure 4 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000ème de Paris

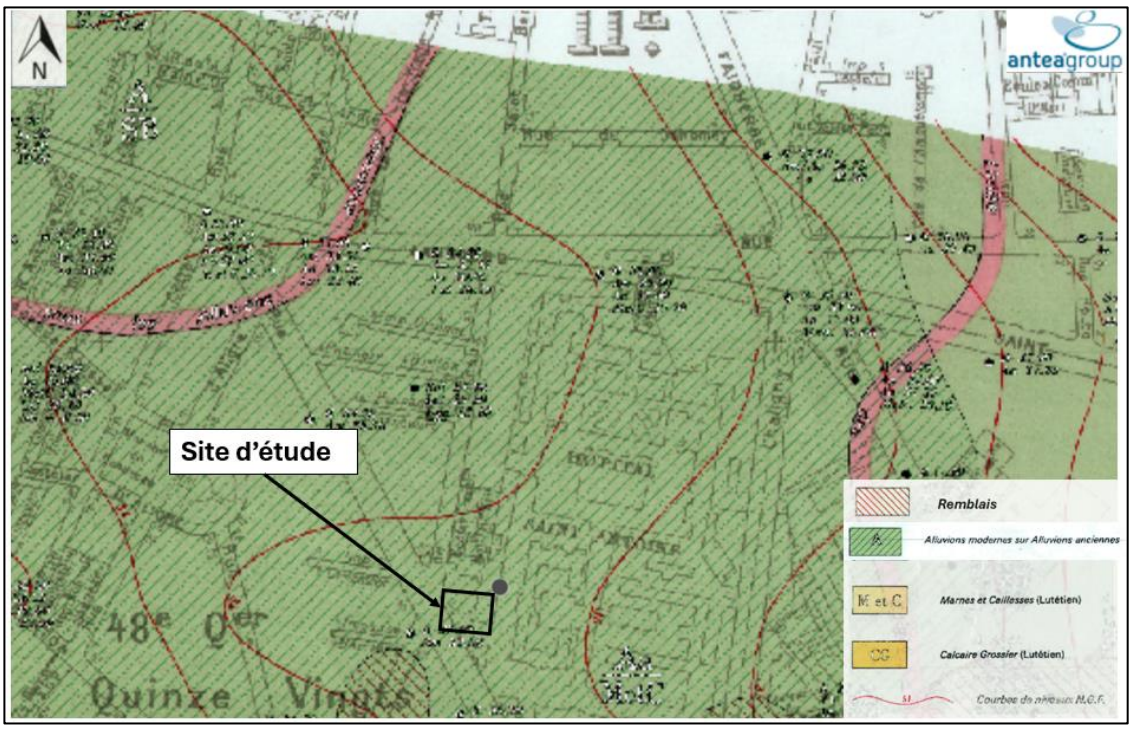


Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/5000ème du 12ème arrondissement de Paris

3.2. Contexte hydrogéologique

D'après le contexte géologique et les cartes piézométriques disponibles sur le site SIGES Seine-Normandie, plusieurs nappes aquifères sont susceptibles d'être présentes au droit du site :

- La nappe libre des alluvions qui concerne directement le projet, mais apparait comme dénoyée ;
- La nappe du Lutétien s'établissant dans la formation du Calcaire grossier (CG) ;
- La nappe captive de l'Yprésien contenue dans les sables du Soissonnais (SS). Cette nappe est très profonde et donc n'intéresse pas le projet.

Selon ces éléments, la nappe phréatique (= première nappe rencontrée) se développe dans la nappe des alluvions en continuité hydraulique avec celle du Lutétien. Toutefois, il existe potentiellement des nappes temporaires qui peuvent exister lors des périodes de recharge. Ces nappes perchées, a priori non continues, se développent à la faveur d'une argilosité plus faible au sein des remblais et/ou des alluvions modernes (si elles existent). Ces poches d'eau peuvent s'assécher en périodes de basses eaux.

Les cartes piézométriques présentes sur SIGES montrent que le niveau HE au droit du site se situe autour de 25 à 30 m NGF, soit à une profondeur de l'ordre de cinq à dix mètres.

Le site peut être également sujet à des circulations d'eaux superficielles.

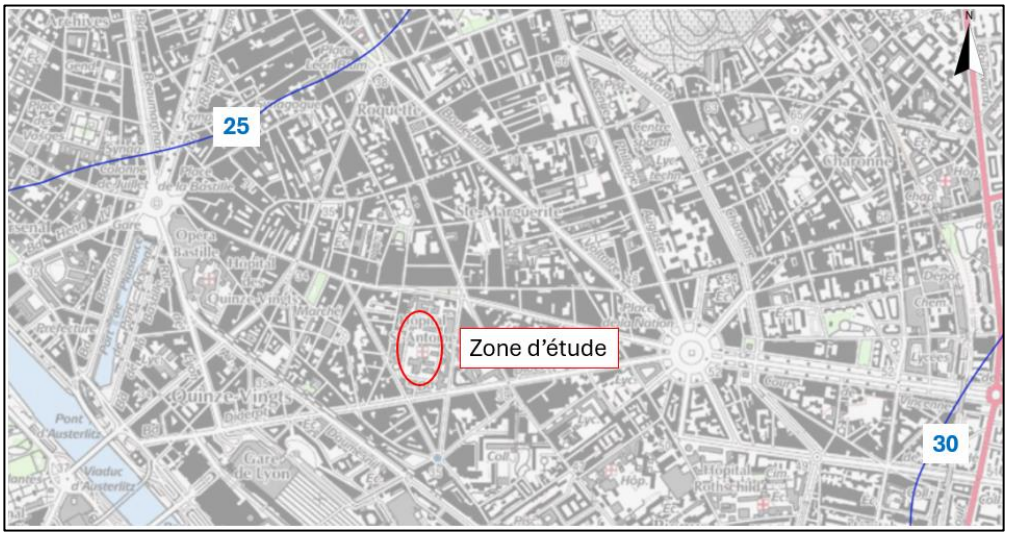


Figure 6 : Extrait de la carte piézométrique des Hautes-Eaux

3.3. Aléas géotechniques recensés

3.3.1. Aléa Inondation

D'après les données cartographiques issues de la banque de données Géorisques, la zone d'étude est dans une zone potentiellement sujettes aux débordements de nappe.

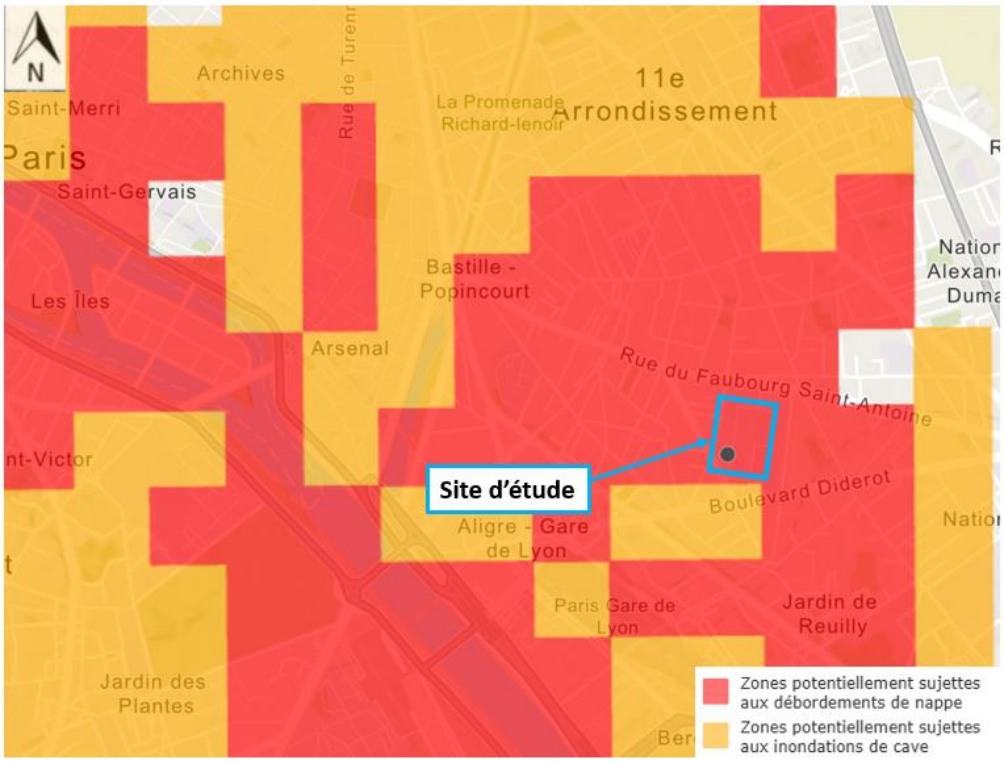


Figure 7 : Extrait de la carte des aléas de remontées de nappe (Source : Mappea)

3.3.2. Aléa Retrait-gonflement des sols argileux

La cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles n'a pas été réalisée pour Paris. Etant donné l'histoire de la construction de Paris, le sous-sol de la ville est en grande majorité constitué de matériaux remaniés et artificiels.

L'appréciation de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux est donc laissée à l'initiative des études géotechniques pour chaque projet. En l'occurrence, les formations géologiques concernées par le projet (Marnes et Caillasses et Calcaire grossier) ne présentent pas de risque de gonflement.

3.3.3. Aléa Cavités et carrières

D'après les données de l'Inspection Générale des Carrières (IGC), et en particulier celles de l'Atlas des carrières, il n'y aurait pas d'anciennes carrières souterraines ou à ciel ouvert se situant au droit même et à proximité immédiate du projet.



Figure 8 : Extrait de l'Atlas des carrières (Source : IGC)

3.3.4. Aléa sismique

La commune de Paris est située en zone de sismicité 1, très faible d'après le zonage de la France, applicable depuis le 1er mai 2011. Les sollicitations sismiques n'ont pas à être prises en compte dans le dimensionnement des ouvrages projetés.

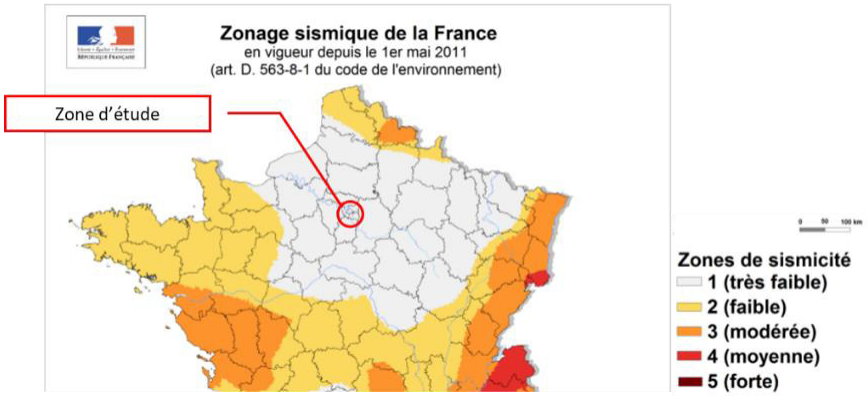


Figure 9 : Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France

4. Reconnaissances géotechniques

4.1. Campagne d'investigation Antea Group

Dans le cadre de la présente mission, une campagne d'investigations a été réalisée, ayant pour objet le programme suivant :

- **1 sondage pressiométrique,** noté SP1 descendu à 15 m de profondeur avec essais pressiométriques tous les mètres ;
- **1 sondage carotté** noté SC2 descendu à 10 m de profondeur pour prélèvements d'échantillon ;
- **2 sondages courts à la tarière mécanique** avec deux essais de perméabilité en forage afin de déterminer la capacité d'infiltration des sols superficiels.

Le programme d'essais en laboratoire, réalisé sur les échantillons prélevés dans les fouilles manuelles est le suivant :

- **3 packs d'essais d'identification des sols GTR ;**
- **3 essais d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons.**

4.2. Plan d'implantation global

Le plan d'implantation général des investigations réalisées est reporté dans la figure ci-dessous.

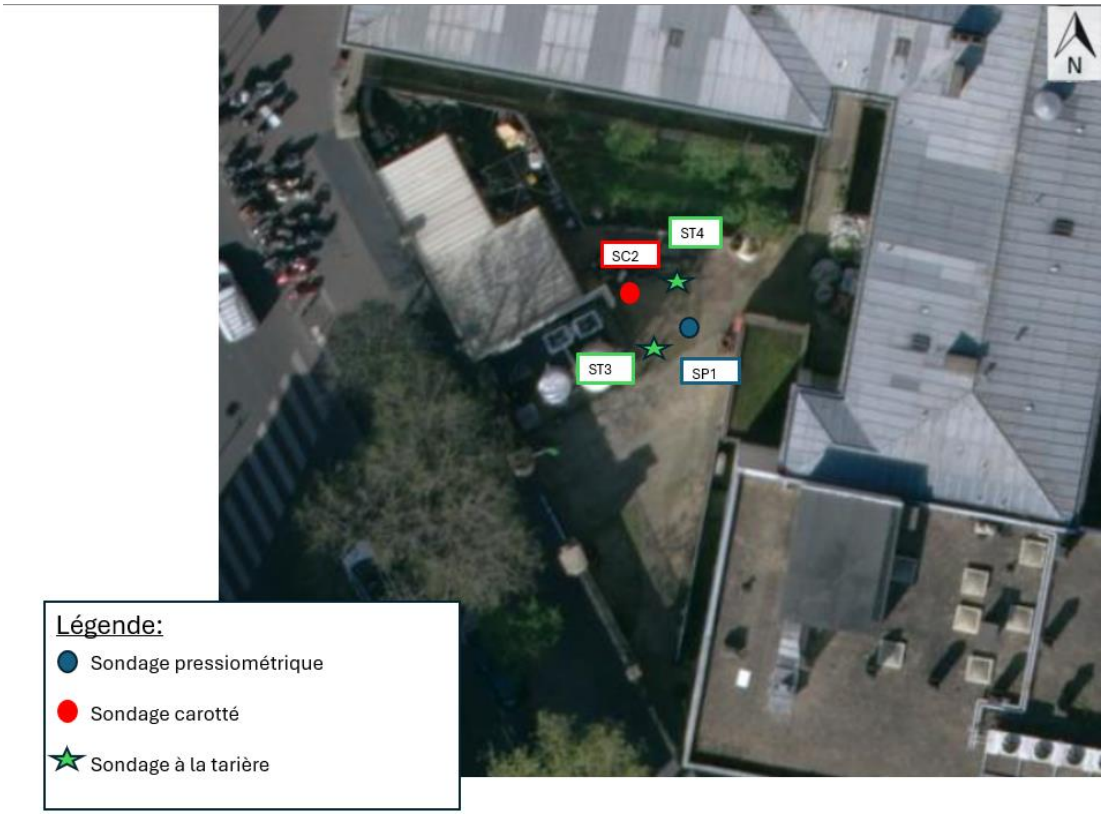


Figure 10 : Plan d'implantation des investigations réalisées

4.3. Coordonnées des points de sondages

Les coordonnées approximatives des points de sondage réalisés sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Coordonnées approximatives des points de sondages

Coordonnées Lambert 93			
Sondage	**X**	**Y**	**Z**
n°	m	m	m NGF
SP1	603272	2427741	35,4
SC2	603269	2427742	35,5
ST3	603271	2427740	35,4
ST4	603272	2427743	35,4

La cote moyenne du terrain, sur la base des sondages réalisés est estimée à 35,4 m NGF.

4.4. Déroulé des investigations

L'intervention s'est déroulée du 07/01/2025 au 08/01/2025.

4.5. Limite de la méthode

Les sondages sont des reconnaissances ponctuelles qui ne peuvent offrir une vision continue de l'état des terrains. Leur implantation et leur densité, guidées par la reconnaissance que nous avons du site et limitées par la présence de bâtis, permettent d'avoir une vision représentative de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure, entre deux sondages, l'existence d'une anomalie d'extension limitée qui aurait échappée aux mailles de nos investigations.

5. Synthèse géotechnique

5.1. Lithologie

Les sondages et fouilles réalisés permettent d'établir la coupe lithologique suivante, les terrains étant décrits du haut vers le bas :
La délimitation des différentes formations lithologiques a été réalisée à partir des cuttings du u sondage destructif, des sondages à la tarière et des caisses à carottes des sondages carottés . Néanmoins, il est rappelé que les remontées de forage sous forme de boues, dans le cas du sondage destructif, ne permettent pas d'identifier avec précision les interfaces entre les différentes couches géologiques.

- **Remblais :** Les remblais sont ici caractérisés par un sable argileux carbonaté gris foncé à marron foncé. Ils présentent des éléments siliceux centimétriques à millimétriques ainsi que des éléments anthropiques (béton, tuiles, brique, charbon de bois, etc).

  Cet horizon a été rencontré jusqu'à une profondeur de 4,8 m/TN au droit du sondage pressiométrique SP1 et jusqu'à 4,0 m/TN au droit du sondage carotté SC2.



Figure 11 : Carottage SC2 entre 1 et 2 m – Remblais

- **Alluvions anciennes :** Cet horizon est décrit comme étant un sable carbonaté lâche ocre jaunâtre mais marron jaunâtre en tête avec la présence d'éléments siliceux arrondis millimétriques à centimétriques.

  Cet horizon a été rencontré jusqu'à la fin des sondages SP1 et SC2 soit à 10 et 15 m/TN.



Figure 12 : Carottage SC2 entre 7 et 8 m – Alluvions anciennes

A partir de ces éléments, il est possible d'établir un modèle stratigraphique de terrain préliminaire. **La cote moyenne du terrain sur la base des sondages réalisés est estimée à 35,4 m NGF.**

Tableau 2 : Modèle stratigraphique au droit de la zone d'étude

Formation lithologique	Cote moyenne de la base	Epaisseur moyenne
	m NGF	m
Remblais	30,6	4,8
Alluvions anciennes	20,4	10,2

5.2. Caractéristiques mécaniques des formations

Les caractéristiques géomécaniques des sols sont données par les valeurs pressiométriques. Les sondages et essais pressiométriques sont réalisés selon la norme NF EN ISO 22476-4. Les résultats des essais pressiométriques sont caractérisés par :

- Le module pressiométrique Ménard E_M (MPa), défini le comportement pseudo-élastique du sol. Il entre dans les calculs de tassements des fondations ;
- La pression de fluage Pf (MPa), correspond à la fin de la phase pseudo élastique ;
- La pression limite nette Pl* (MPa), qui représente la résistance du sol à la rupture et entre dans le calcul des contraintes admissible.

Pour chaque formation géologique, les modules pressiométriques E_M et pressions limites nettes Pl* sont analysés de manière statistique. Sont ainsi donnés :

- Le nombre d'essais réalisés dans la formation (NB) ;
- La valeur moyenne (moyenne arithmétique en MPa) ;
- La moyenne harmonique pour les modules de déformation (MPa) ;
- La moyenne géométrique pour les pressions limites (MPa) ;
- L'écart type σ en MPa ;
- Les valeurs minimales et maximales mesurées pour les modules de déformation et les pressions limites ;
- Le rapport E_M/Pl*.

Pour l'établissement de cette synthèse, nous avons analysé les données des 2 sondages pressiométriques réalisés au droit du site étudié.

Au droit de ces sondages, la délimitation des différentes formations lithologiques a été réalisée à partir des cuttings. En effet, les remontées de forage sous forme de boues ne permettent pas d'identifier avec précision les interfaces entre les différentes couches géologiques.

5.2.1. Remblais

Quatre essais pressiométriques ont été rattachés à cette formation. Les valeurs de module pressiométrique et pression limite mesurées mettent en évidence des caractéristiques hétérogènes faibles à fort.
Les valeurs mesurées sont les suivantes :

Tableau 3 : Résultats de l'essai pressiométrique réalisé dans les Remblais

Sondage	Profondeur	E_M	Pl*
	m	MPa	MPa
SP1	1,0	6	0,7
	2,0	22	1,1
	3,0	9	0,5
	4,0	7	0,5

On retiendra comme valeurs caractéristiques, les paramètres pressiométriques suivants :

- **Pression limite Pl* = 0,7 MPa**
- **Module pressiométrique E_M = 9 MPa**

Essais au laboratoire

Les échantillons prélevés lors de la campagne de reconnaissance ont été transmis au laboratoire d'essais géomécaniques d'Antea Group pour des séries d'essais d'identification permettant de déterminer la classification des matériaux au sens du GTR (Guide des Terrassements Routiers) :

- Teneur en eau,
- Granulométrie,
- Qualification de l'argilosité des matériaux par essai au bleu de méthylène (VBS) ou détermination des limites d'Atterberg pour les matériaux très argileux.

Les bordereaux des essais sont fournis en annexe.
Une série d'essai d'identification ont été réalisées sur ces matériaux.

Tableau 4 : Résultats des essais d'identification – Remblais

Référence	W %	D_{max} mm	< 50mm %	< 2mm %	< 80µm %	VBS	GTR
	%	mm	%	%	%	-	-
SC1 de 2,15 à 2,3 m *Remblais gravelo-sableux carbonatés, mous gris foncé.* *Présence d'éléments siliceux arrondis millimétriques à centimétriques, d'un élément pluri-centimétrique et d'une inclusion pluricentimétrique de silt carbonaté jaunâtre*	17,6	43	100	50,8	20,9	0,2	I_1
SC1 de 2,7 à 2,9 m *Remblais graveleux, marno-silteux, fermes, devenant plastiques à partir de H + 0.77 m, blanchâtres et grisâtres.* *Présence d'éléments carbonatés blancs millimétriques à pluri-centimétriques, de veinules noirâtres de matériau silteux d'aspect luisant (goudron ?) présentant une odeur d'hydrocarbures.*	23,5	49	100	34	17,3	0,1	I_1

Notations :

***Wn** : Teneur en eau pondérale (NF P94-050)*
***Dmax :** Analyse granulométrique diamètre maximum*
***<2 mm :** Analyse granulométrique passant à 2 mm*
***<80µm :** Analyse granulométrique passant à 80 µm*
***VBS :** Essai au bleu de méthylène (NF P94-068)*
***GTR :** Classification selon le guide des terrassements routiers (NF P11-300)*

D'après les essais d'identification, les matériaux testés correspondent à des sols de type I_1 au sens de la classification GTR (Guide des Terrassements Routiers).

Classe I_1 : sols fins susceptibles de changer brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Le temps de réaction est relativement faible mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité, et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement.

5.2.2. Alluvions anciennes

10 essais ont été réalisés dans les Alluvions anciennes. Les histogrammes de répartition montrent une dispersion des valeurs pressiométriques. Les caractéristiques mécaniques de l'horizon sont plutôt bonnes.

Certaines valeurs sont élevées (pressions limites supérieures à 5 MPa), cela correspond à des passages indurés. Ces valeurs ont été volontairement bornées à 5 MPa pour l'établissement des valeurs caractéristiques.

Tableau 5 : Synthèse des essais pressiométriques réalisés dans les Alluvions anciennes

Alluvions anciennes	E_M	Pl*
	MPa	MPa
Nombre de Mesures	10	10
Moyenne Arithmétique	51	4,1
Valeur Min	22	2,1
Valeur Max	75	5,0
Ecart-Type	17,13	0,99
Moyenne Harmonique	**44**	-
Moyenne Géométrique	-	**3,9**
Rapport E_M/Pl*	**11**	

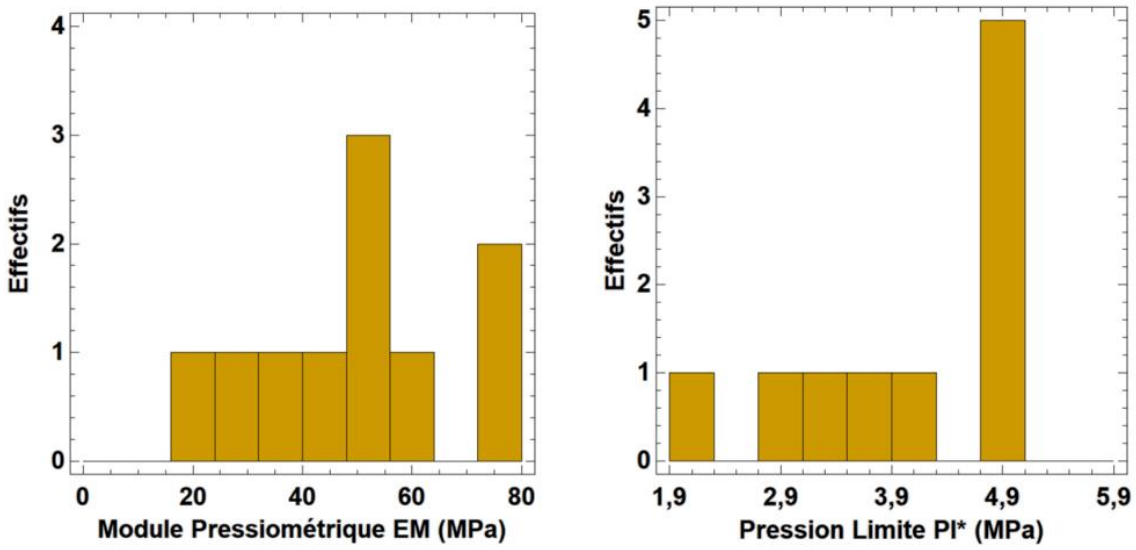


Figure 13 : Histogrammes de répartition des paramètres pressiométriques dans les Alluvions anciennes

Etant donné, l'hétérogénéité de cet horizon, les valeurs pressiométriques caractéristiques de cet horizon sont revues à la baisse, par mesure sécuritaire.

- Pression limite **Pl* = 3,9 MPa**
- Module pressiométrique **E_M = 44 MPa**

Essais au laboratoire

Les échantillons prélevés lors de la campagne de reconnaissance ont été transmis au laboratoire d'essais géomécaniques d'Antea Group pour des séries d'essais d'identification permettant de déterminer la classification des matériaux au sens du GTR (Guide des Terrassements Routiers) :

- Teneur en eau,
- Granulométrie,
- Qualification de l'argilosité des matériaux par essai au bleu de méthylène (VBS) ou détermination des limites d'Atterberg pour les matériaux très argileux.

Les bordereaux des essais sont fournis en annexe.

Une série d'essai d'identification ont été réalisées sur ces matériaux.

Tableau 6 : Résultats des essais d'identification – Alluvions anciennes

Référence	W *%*	D_{max} *mm*	< 50mm *%*	< 2mm *%*	< 80µm *%*	VBS	GTR
	%	*mm*	*%*	*%*	*%*	-	-
SC1 de 5,1 à 5,3 m *Sable graveleux carbonaté, ferme marron jaunâtre.* *Présence d'éléments siliceux arrondis plurimillimétriques à centimétriques et de débris de coquilles millimétriques.*	8,5	35	100	63,2	16	0,1	**I_1**

Notations :

***Wn** : Teneur en eau pondérale (NF P94-050)*
***Dmax :** Analyse granulométrique diamètre maximum*
***<2 mm :** Analyse granulométrique passant à 2 mm*
***<80µm :** Analyse granulométrique passant à 80 µm*
***VBS :** Essai au bleu de méthylène (NF P94-068)*
***GTR :** Classification selon le guide des terrassements routiers (NF P11-300)*

D'après les essais d'identification, les matériaux testés correspondent à des sols de type I_1 au sens de la classification GTR (Guide des Terrassements Routiers).

Classe I_1 : sols fins susceptibles de changer brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Le temps de réaction est relativement faible mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité, et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement.

5.3. Niveau d'eau relevé

Il n'a pas été relevé de niveau d'eau dans les forages.

A ce stade de l'étude, il est possible de conclure, qu'étant donné les données bibliographiques, que la nappe n'interagit pas avec le projet. **Néanmoins, il est possible que des circulations d'eau superficielles puissent se mettre en place.**

5.4. Perméabilité des formations

Deux essais de perméabilité de type porchet ont été réalisés dans le cadre de cette étude.

Les résultats des différents essais sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Résultats des essais de perméabilité

Sondage	Profondeur de l'essai	Nature du sol	Formation	Perméabilité
-	m	-	-	m/s
ST3	0 à 1	Remblais sablo-graveleux gris	remblais	$1,6 \times 10^{-5}$
ST4	0 à 1	Remblais sablo-graveleux gris	remblais	$1,8 \times 10^{-5}$

Les essais porchet fournissent une perméabilité à petite échelle. Par expérience, un facteur 10 à 50 est souvent nécessaire pour approcher la perméabilité horizontale en grand de l'horizon.

Dans le cadre de cette étude AVP, on retiendra une perméabilité de 10^{-5} pour les remblais.

5.5. Agressivité des sols vis-à-vis des bétons

Trois prélèvements de sol ont été effectués afin de caractériser l'agressivité du sol vis-à-vis des bétons. Les échantillons ont été prélevés dans le sondage carotté au sein des remblais et des alluvions anciennes.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Résultats d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons

Désignation d'échantillon	Unité	SC2 (2,1 à 2,3 m/TN)	SC2 (2,7 à 3,0 m/TN)	SC2 (5,01à 5,3 m/TN)
Matière sèche	% masse MB	86,8	87,8	
Degré d'acidité	ml/kg MS	<5	14	<5
Sulfates (SO4)	mg/kg MS	66 000	83 000	1800
Classe d'agressivité	-	>XA3	>XA3	<XA1

Le bordereau de ces résultats est présenté en **Annexe III** du présent rapport.

D'après la norme NF 206, les sols prélevés dans la formation des remblais peuvent être classifiés dans une classe >XA3 : Environnement à fort agressivité chimique.
Les sols prélevés dans la formation des alluvions anciennes peuvent être classifiés dans une classe <XA1 : Environnement à faible agressivité chimique.

Caractéristique chimique	Méthode d'essai de référence	XA1	XA2	XA3
Sol				
SO_4^{2-} mg/kg [a] total	EN 196-2 [b]	≥ 2 000 et ≤ 3 000 [c]	> 3 000 [c] et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Acidité ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

a) Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10^{-5} m/s peuvent être classés dans une classe inférieure.

b) La méthode d'essai prescrit l'extraction du SO_4^{2-} à l'acide chlorhydrique ; alternativement il est possible de procéder à cette extraction à l'eau si c'est l'usage sur le lieu d'utilisation du béton.

c) La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

Figure 14 : Extrait de la norme NF 206

6. Modèle géotechnique

A ce stade de l'étude, il est possible d'établir le modèle géotechnique suivant pour un terrain d'étude pris à une cote de 35,4 m NGF :

Tableau 9 : Modèle géotechnique retenu en phase avant-projet

Formation	Épaisseur	Cote base	γ	E_M	Pl*	E_M/Pl*	α
Unité	m	m NGF	kN/m3	MPa	MPa	-	-
Remblais	4,8	30,6	19	9	0,7	12	1/3
Alluvions anciennes	10,2	20,4	19	44	3,9	11	1/4

Avec
EM : module pressiométrique caractéristique
*Pl * : pression limite caractéristique*
*α : coefficient rhéologique de Ménard dépendant de la nature du sol et du rapport EM/PLM**

Le coefficient rhéologique, α, est déterminé à l'aide du tableau suivant :

Tableau 10 : Coefficients rhéologiques des sols, extrait de la norme NF P94-261 – Tableau H.2.1.1.1

Type	Tourbe	Argile		Limon		Sable		Sable et gravier		Roche	
	α	E/pl	α	E/pl	α	E/pl	α	E/pl	α	Type	α
Surconsolidé très serré	—	> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3	Très peu fracturé Normal	2/3 1/2
Normalement consolidé normalement serré	1	9-16	2/3	8-14	1/2	7-12	1/3	6-10	1/4	Très fracturé	1/3
Sous-consolidé, altéré	—	7-9	1/2	5-8	1/2	5-7	1/3		—	Très altéré	2/3

On retiendra la coupe géologique de principe, moyenne, reportée pour rappel dans la figure ci-après.

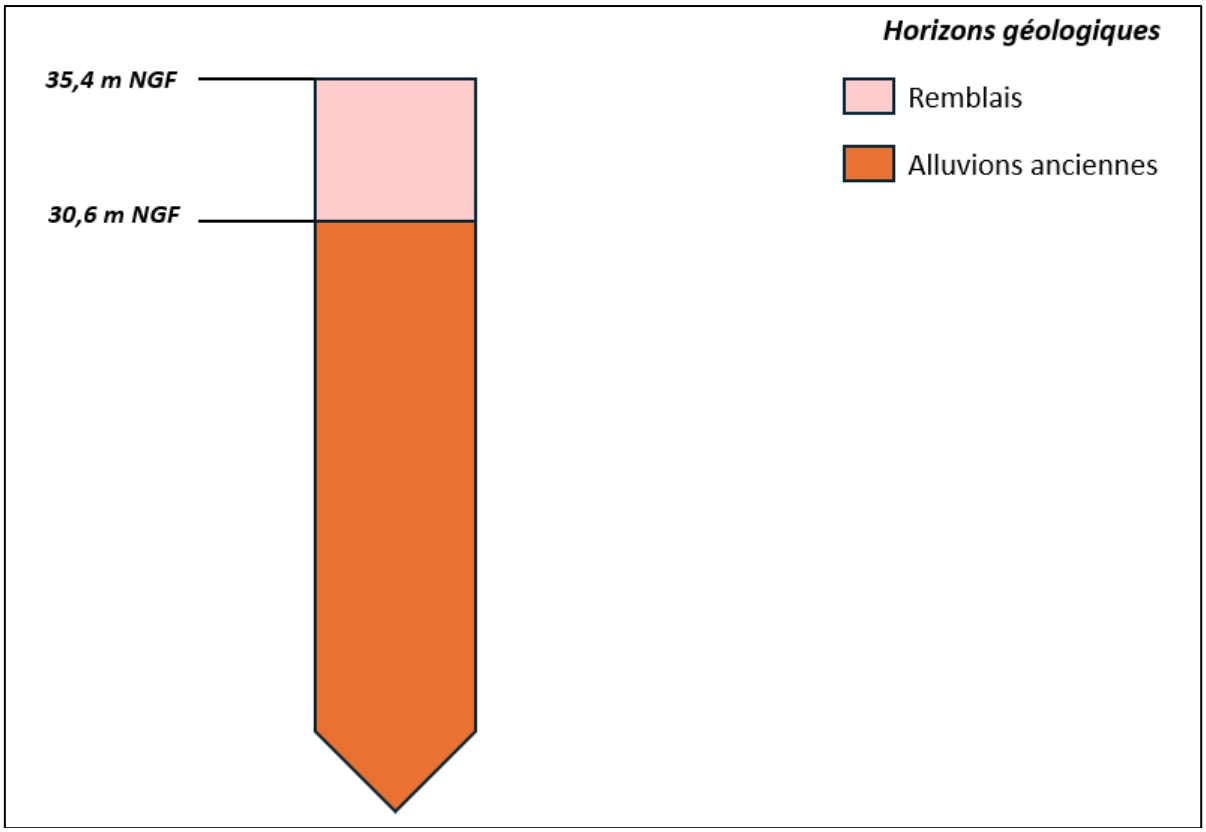


Figure 15 : Coupe géologique de principe retenue

7. Dimensionnement des fondations

7.1. Rappel des caractéristiques du projet

Le projet concerne la démolition des locaux du jardinier et la reconstruction d'un bâtiment recevant deux postes HT Enedis.
Le bâtiment prévu est de type plein pied et ne prévoit pas de niveau de sous-sol.

7.2. Mode de fondations

Considérant la présence de remblais sur une épaisseur pouvant aller jusqu'à 4,8 m de profondeur, il sera envisagé, des fondations profondes de type micropieux ancrés dans les alluvions anciennes.

7.3. Prédimensionnement des micropieux

En l'absence de descentes de charges, on propose au stade de cette étude d'estimer la capacité portante de micropieux de 0,2 m de diamètre ancrés dans les alluvions anciennes.

Ces vérifications seront conduites conformément à la norme NF P 94-262 relative aux fondations profondes, en application de la méthode dite du modèle de terrain, associée aux résultats des essais pressiométriques.

Ce calcul sera mené à l'aide du module FondProf du logiciel Foxta v4.

7.3.1. Hypothèses sur le sol

Le frottement latéral dans les remblais sera par ailleurs considéré nul.

Les frottements latéraux unitaires retenus pour ce prédimensionnement sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Frottement latéraux unitaires, modèle de sol de prédimensionnement des pieux

Formation	Épaisseur	Cote base	Pl*	Classe de sol	q_{sl}
Unité	m	m NGF	MPa	-	kPa
Remblais	4,8	30,6	0,7	Sols intermédiaires argileux	**0**
Alluvions anciennes	10,2	20,4	3,9	Sables, graves	**284**

Par ailleurs, la technique de micropieux suppose une absence de résistance de pointe

7.3.2. Caractéristiques des pieux

Type

Les micropieux seront considérés de type III, soit la classe 8 – catégorie 19 selon la norme NF P 94-262.

Diamètre et espacement

Le diamètre de forage des micropieux sera de 200 mm.

D'après la NF P 94-262, l'effet de groupe n'est pas considéré pour d ≥ 3B (avec d et B respectivement la distance entre les micropieux, et le diamètre du micropieux). Sans informations sur la distance entre les différents micropieux, on prend comme hypothèse une distance supérieure à 3 fois le diamètre d'un micropieu, soit une **distance minimale de 0,60 m. L'effet de groupe est donc négligé.**

Les micropieux seront armés à l'aide de tubes métalliques de **139 mm** de diamètre extérieur et de **27 mm** d'épaisseur.
Le module de Young à long terme de l'acier est de 210000 MPa, la nuance d'acier choisie est S355, soit une limite d'élasticité égale à f_y = 355 MPa.

Longueur des micropieux

Il sera considéré une longueur de micropieux variant entre 7 et 15 m/TN (de 28,4 à 20,4 m NGF), soit un ancrage minimum de 2,2 m dans les alluvions anciennes dont le toit est estimé à 30,6 m NGF.

L'ancrage dans les alluvions anciennes est indispensable pour tenir compte de la résistance de pointe dans le calcul de la capacité portante du pieu.

7.4. Résultats

Les résultats des calculs de capacités portantes sont reportés en **Annexe V** du présent rapport. Une synthèse des résultats figure dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12 : Synthèse des capacités portantes des micropieux de 0,2 m de diamètre

$Z_{ancrage}$	L	Φ	$R_{d;ELS-QP}$	$R_{d;ELS-CAR}$	$R_{d;ELU-FON}$	$R_{d;ELU-ACC}$
m NGF	m	mm	kN	kN	kN	kN
28,4	7	200	162,6	199,0	232,5	255,7
25,4	10		384,1	469,8	548,9	603,9
20,4	15		753,1	921,3	1076,4	1184,1

Nota 1 : Les capacités portantes aux ELS quasi-permanent et caractéristique sont limitées à une valeur seuil équivalente à la résistance structurale du béton.

Nota 2 : Ces capacités portantes sont valables dans l'hypothèse de charges purement verticales et centrées sur les massifs. Il appartiendra à l'entreprise en charge des travaux d'adapter la conception des pieux en fonction des descentes de charges réelles. En particulier, la justification du tube d'armature conformément à l'Eurocode 3 (NF EN 1993-5) relatif aux pieux et palplanches, l'estimation des tassements, et les déplacements horizontaux des pieux soumis à un torseur d'effort plus complexe.

8. Dispositions constructives et recommandations de mise en œuvre

8.1. Essais de contrôle

Des essais de contrôles seront également à prévoir par l'entreprise. A défaut, les descentes de charges devront être majorées de 50%.

8.2. Frottement négatif

Dans le cadre du projet, on recommandera de transférer l'intégralité des charges aux micropieux et de ne pas solliciter les couches de surfaces pour s'affranchir du risque de frottement négatif sur les micropieux dû au tassement des remblais ou alluvions anciennes.

Dans le cas contraire, l'entreprise en charge des travaux devra prendre en compte cet aléa dans ses vérifications de pieux.

8.3. Terrassements

Les opérations de terrassements concerneront principalement les Remblais.

D'après la campagne d'investigation réalisée, les remblais pourront être extrait avec des moyens classiques de terrassements. Par nature, la mise en œuvre des Remblais est anthropique. Ces matériaux peuvent contenir des vestiges ou éléments plus grossiers ponctuellement. Les reconnaissances réalisées n'ont pas permis de visualiser ce type d'éléments. Le risque ne peut cependant pas être totalement exclu.

Dans tous les cas, nous recommandons de réaliser tous les travaux de terrassement en saison sèche. Cela permettra de travailler dans les tranchées ou fonds de fouilles avec un niveau de nappe au plus bas et avec des teneurs en eau dans les matériaux les plus basses, facilitant tout mouvement de terre, réutilisation et compactage des matériaux.

8.4. Gestion des eaux

Les cartes piézométriques présentes sur SIGES montrent que le niveau HE au droit du site se situe autour de 25 à 30 m NGF, soit à une profondeur de l'ordre de cinq à dix mètres.

Le projet n'ayant pas de niveaux enterrés, il n'est pas concerné par le niveau de la nappe.

Lors des travaux de terrassement pour la mise en place des fondations, des circulations d'eau erratiques dans les terrains superficiels ne sont pas à exclure et devront être prévues par l'entreprise avec la mise en place d'une solution de pompage adaptée.

8.5. Plancher porté

Compte tenu des caractéristiques mécaniques hétérogènes des remblais rencontrés à partir du sondage sP1 et de l'épaisseur de ces matériaux allant jusqu'à 4,8 m de profondeur, il conviendra de s'orienter vers un plancher porté.

8.6. Classe d'agressivité des bétons

La classe d'agressivité des bétons retenue avec la présente étude est une classe >XA3 (cas le plus défavorable). Le béton constituant les futures fondations devra répondre à cette exigence.

Cette classe d'agressivité chimique devra être vérifiée dans les phases d'études ultérieures.

9. Risques géotechniques résiduels et recommandations d'études ultérieures

9.1. Risques géologiques et géotechniques résiduels

A ce stade, les aléas et incertitudes persistantes et dimensionnantes pour le projet concernent les points suivants :

- Succession Lithologique : La variation d'épaisseur des Remblais : L'épaisseur des Remblais, soit la profondeur du toit des alluvions anciennes – horizon géologique retenu pour l'ancrage des fondations du projet, est variable. Etant donné leur hétérogénéité et faibles caractéristiques mécaniques, il est proscrit d'ancrer les fondations du projet au sein de cette formation. **Il sera ainsi nécessaire de s'assurer de l'ancrage des fondations au sein de l'horizon des alluvions anciennes ;**
- Niveaux d'eau : Les cartes piézométriques présentes sur SIGES montrent que le niveau HE au droit du site se situe autour de 25 à 30 m NGF, soit à une profondeur de l'ordre de cinq à dix mètres. Le projet n'ayant pas de niveaux enterrés, il n'est pas concerné par le niveau de la nappe. En revanche, des écoulements erratiques sont susceptibles de survenir dans les remblais durant les phases de terrassement ;
- Pour mémoire, ce rapport est une étude géotechnique de conception phase projet qui ne prend pas en compte d'éventuelles problématiques liées à la pollution des sols.

10. Enchaînement des missions géotechniques

La présente mission géotechnique, dont ce rapport constitue sa conclusion, correspond à une étude géotechnique d'avant-projet de type G2 AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013. Elle a permis de donner les principes généraux d'adaptation du projet.

Une fois le plan masse défini et les descentes de charges connues, la nécessaire mise au point du projet sous l'angle géotechnique rend indispensable la mission G2 d'étude de projet géotechnique (G2 PRO), afin de réduire les incertitudes sur les données géotechniques et de compléter les indications générales données dans ce rapport.

Pour la phase de réalisation des travaux, une mission de supervision géotechnique (mission G4) devra être réalisée. Elle comportera, d'une part, la validation des documents géotechniques produits par l'entreprise, et d'autre part le suivi géotechnique du chantier, permettant de s'assurer que les terrains rencontrés présentent des caractéristiques géotechniques cohérentes avec les hypothèses faites dans le cadre des études, et le cas échéant définir en concertation avec l'entreprise les adaptations nécessaires.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : https://www.anteagroup.fr/fr/annexes



ANNEXES

Annexe I : Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

Annexe II : Procès-verbaux des sondages et essais in-situ

Annexe III : Résultats des essais en laboratoire

Annexe I : **Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013**

Schéma d'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchainement 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 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 d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 1/2)

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

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (page 2/2)

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

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

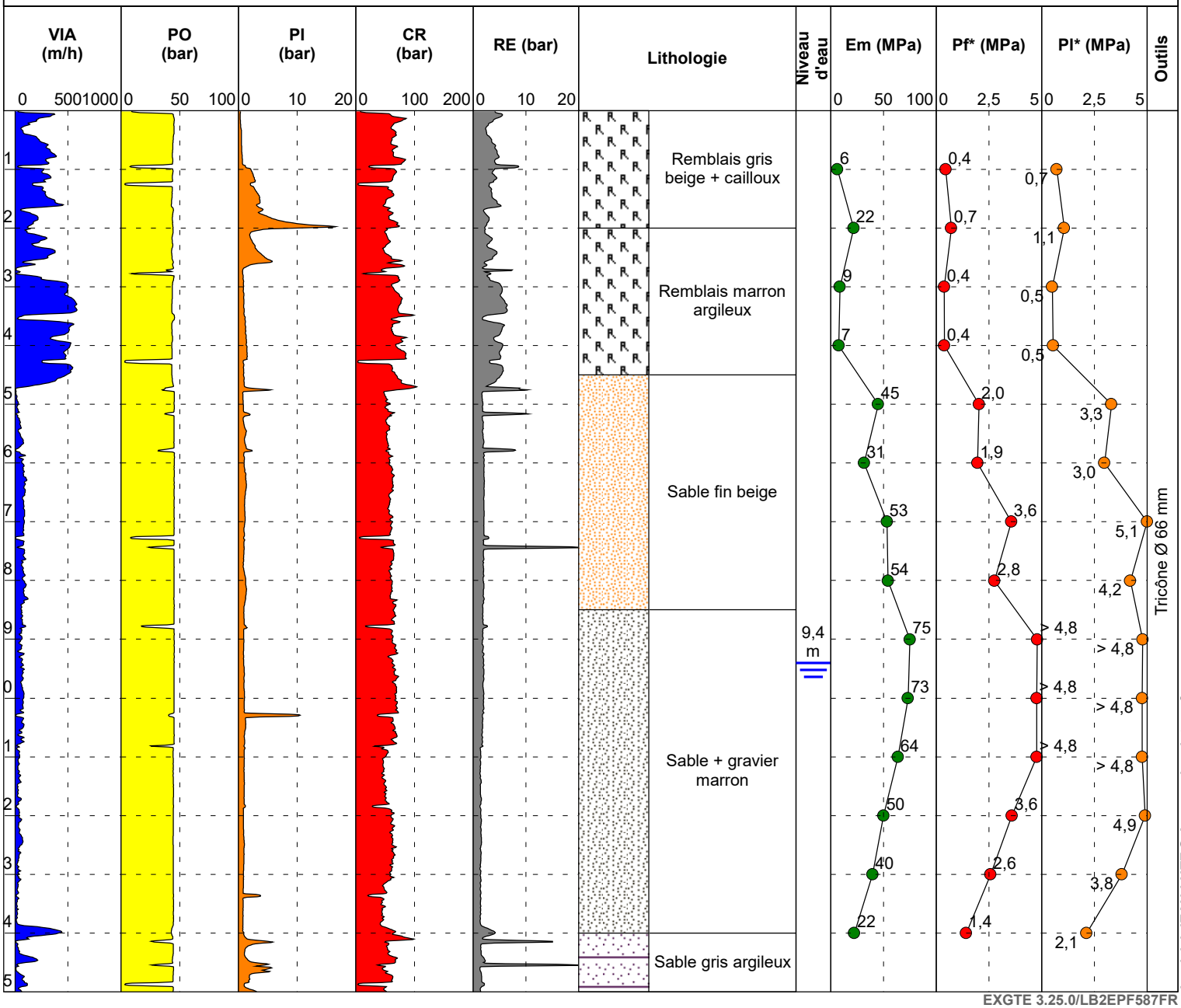
Annexe II : **Procès-verbaux des sondages et essais in-situ**

Forage: SP1

Ville : PARIS (75)
Client : ANTEAGROUP
Etude : APHP
Remarques : Pas de perte de fluide de forage

Type : Pressiomètre
Machine : EMCI 4.50
Outils : Tricône Ø 66 mm
X :
Y :
Z :

Dossier : G0043026
Date : 07/01/2025
Début : 0,00 m
Fin : 15,00 m
Echelle : 1/100



EXGTE 3.25.0/LB2EPF587FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Forage: SP1 Etal T

Dossier : G0043026

Type : Destructif

Machine : EMCI 4.50

Outils : Tricône Ø 66 mm

X :

Y :

Z :

Date : 08/01/2025

Début : 0,00 m

Fin : 2,50 m

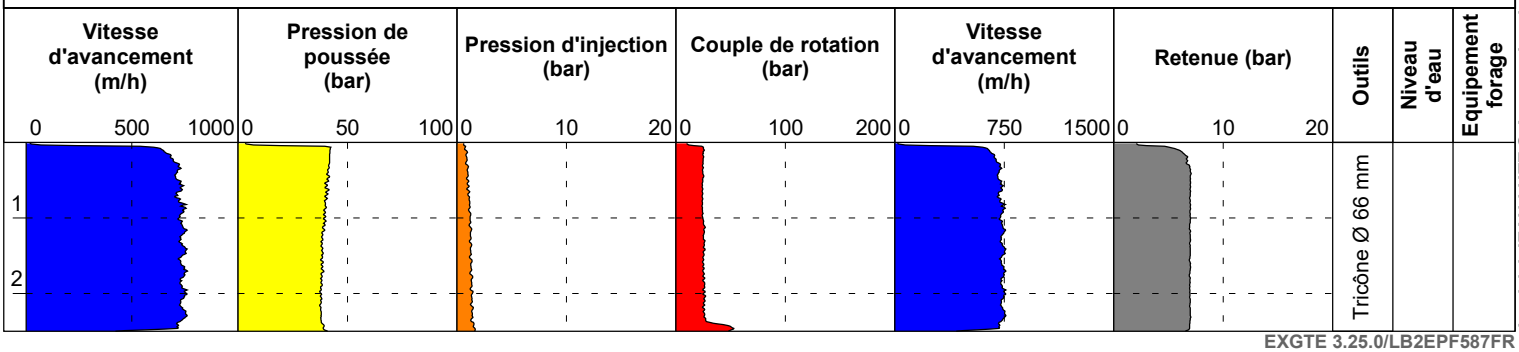
Echelle : 1/100

Ville : PARIS (75)

Client : ANTEAGROUP

Etude : Sondages

Remarques : Etalonnage



EXGTE 3.25.0/LB2EPF587FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Forage: SP1 Etal V

Dossier : G0043026

Type : Destructif

Machine : EMCI 4.50

Outils : Tricône Ø 66 mm

X :

Y :

Z :

Date : 07/01/2025

Début : 0,00 m

Fin : 2,49 m

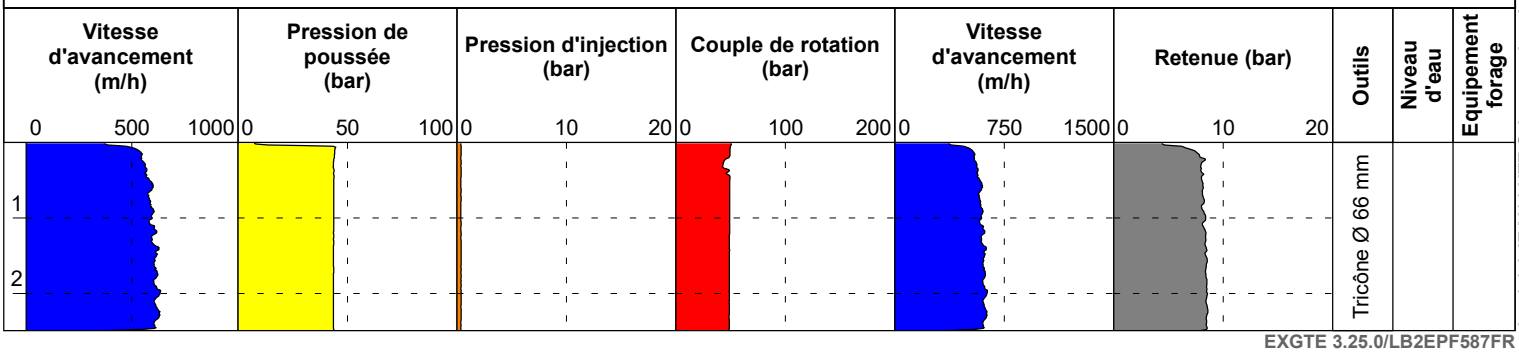
Echelle : 1/100

Ville : PARIS (75)

Client : ANTEAGROUP

Etude : Sondages

Remarques : Etalonnage



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Annexe III : **Résultats des essais en laboratoire**

antea group
Laboratoire d'essais géomécaniques

RAPPORT D'ESSAIS

Lab25019 - Version A

Date de création : 16/01/2025
Date de mise-à-jour : 26/02/2025

Nom et adresse du client

APHP

Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme

IDFP240801

Antea Group ANTONY - M. VRAZINIS
matthieu.vrazinis@anteagroup.fr

Date de réception	Echantillons réceptionnés
16/01/2025	2 échantillons intacts sous gaine PVC. 8 échantillons remaniés en caisse PVC.

Sommaire du rapport

1 tableau de résultats d'essais en laboratoire.
13 pages d'annexes dont :
- Bordereaux de description de sol (5 pages).
- Bordereau d'essais d'identification de sol (1 page).
- Bordereau d'essai au bleu de méthylène (1 page).
- Bordereaux de classification GTR (3 pages).
- Rapport d'essai d'Agressivité des sols vis-à-vis des bétons (3 pages).

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
Sauf accord écrit préalable, le présent rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité.
Sauf demande expresse du donneur d'ordre, les échantillons ne sont pas conservés au delà de deux mois après l'envoi du rapport.
L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec les échantillons définis ci-dessus, mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats font l'objet d'un document séparé ou n'ont pas été demandés par le donneur d'ordre.

Le responsable des essais	Le responsable technique
T. LANDO	E. ANTOINET

fichier : Lab25019 - BE_GES-03_Lab25019_IDFP240801.xls

Contact pour le suivi des essais : E. BOURGUIGNON

anteagroup
Laboratoire d'essais géomécaniques

Synthèse des Résultats d'Essais

N° Rapport : Lab25019

Date de Mise-à-jour : 25/02/2025

N°Projet : IDFP240801
Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Client : APHP

Unité : ANTONY
Chef de Projet : M. VRAZINIS

	nb essai	2	4	3	3				3	0				3			3
	Code	S 101b	S 101c	S 102	S 111				S 114	S 105				S 119e			
	Intitulé	Description visuelle d'échantillon inférieur ou égal à 1.00 ml **XP P94-010/XP P94-011**	Description visuelle d'échantillon supérieur à 1.00 ml **XP P94-010/XP P94-011**	Teneur en eau pondérale **NF P94-050**	Analyse granulométrique **NF EN ISO 17892-4**				Essai au bleu de méthylène **NF P94-068**	Limite d'Atterberg (liquidité et plasticité) **NF P94-052-1/NF P90-051**				Agressivité des sols vis-à-vis des bétons (acidité Baumann Gully + SO4) **FD P18-011 / NV EN 206-1**		Classe d'environnement (cf. tableau ci-dessous)	Classification GTR **NF EN 16907-2**
	Symbole	D&P	D&P	W_n	D_{max}	<63mm	<2mm	<63µm	VBS	W_L	W_P	IP	IC	° d'acidité	SO_4^{2-}	Classe	GTR
Référence de l'échantillon / description visuel	Unité	(-)	(-)	(%)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(-)	(%)	(%)	(%)	(%)	ml/kg MS	mg/kg MS	(-)	
SC1 Caisse n°1 de 0.00 à 1.00 m (cf. bodereau de description)			**1**														
SC1 Caisse n°1 de 1.00 à 2.00 m (cf. bodereau de description)																	
SC1 Caisse n°1 de 3.00 à 4.00 m (cf. bodereau de description)			**0.5**														
SC1 El n°1 de 2.00 à 3.00 m **[H+0.15 à 0.30 m]** Remblais gravelo-sableux carbonatés, mous gris foncé. Présence d'éléments siliceux arrondis millimétriques à centimétriques, d'un élément pluri-centimétrique et d'une inclusion pluri-centimétrique de silt carbonaté jaunâtre sans cohésion de H + 0.30 à 0.38 m.	**1**			**17.6**	**43**	**100**	**50.8**	**20.9**	**0.2**	*(1)*	*(1)*	*(1)*	*(1)*	**< 5**	**66000**	**>XA3**	**I1**
[H+0.70 à 0.90 m] Remblais graveleux, marno-silteux, fermes, devenant plastiques à partir de H + 0.77 m, blanchâtres et grisâtres. Présence d'éléments carbonatés blancs millimétriques à pluri-centimétriques, de veinules noirâtres de matériau silteux d'aspect luisant (goudron ?) présentant une odeur d'hydrocarbures.				**23.5**	**49**	**100**	**34**	**17.3**	**0.1**	*(1)*	*(1)*	*(1)*	*(1)*	**14**	**83000**	**>XA3**	**I1**
SC1 Caisse n°2 de 4.00 à 5.00 m (cf. bodereau de description)			**0.5**														
SC1 Caisse n°2 de 6.00 à 7.00 m (cf. bodereau de description)			**1**														
SC1 Caisse n°2 de 7.00 à 8.00 m (cf. bodereau de description)																	
SC1 El n°2 de 5.00 à 6.00 m **[H+0.10 à 0.30 m]** Sable graveleux carbonaté, ferme marron jaunâtre. Présence d'éléments siliceux arrondis pluri-millimétriques à centimétriques et de débris de coquilles millimétriques.	**1**			**8.5**	**35**	**100**	**63.2**	**16**	**0.1**	*(1)*	*(1)*	*(1)*	*(1)*	**< 5**	**1800**	**< XA1**	**I1**
SC1 Caisse n°3 de 8.00 à 9.00 m (cf. bodereau de description)			**1**														
SC1 Caisse n°3 de 9.00 à 10.00 m (cf. bodereau de description)																	

(1) : Essais non réalisables dû à la nature du matériau.

III- INTERPRETATION DES RESULATS ET CLASSIFICATION

Le tableau ci-dessous rappelle les différentes classes d'environnement des sols en fonction de leur concentration en sulfates (données par la norme NF EN 206-1) :
Cas des sols naturels :

Classes d'environnement	XA1	XA2	XA3
Agents agressifs			
SO_4^{2-} mg/kg	≥ 2000 et ≤ 3000*	> 3000* et ≤12000	> 12000 et ≤ 24000
Acidité Baumann Gully	> 200	N'est pas rencontré dans la pratique	

* la limite doit être ramenée de 3000 mg/kg à 2000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

Antea Group - Laboratoire d'essais géomécaniques - tél +33(0)2 38 23 23 41 - fax +33(0)2 38 23 23 78 - 3 Av. Claude Guillemin - 45100 ORLEANS - laboratoire.fr@anteagroup.fr

Descriptions d'échantillon avec photographie

XP P94-010 / XP P94-011

Laboratoire d'essais géomécaniques

Date : 06/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : cf. ci-dessous
Nature : cf. ci-dessous
Observation :

N° de projet : IDFP240801
Client : APHP
Date de prélèv. : Non communiquée
Date de réception : 16/01/2025
Etat : Echantillons remaniés

Tête de carotte(s) à gauche sur la/les photo(s), pied à droite. La notation [H+0.xx à 0.xx m] correspond à la profondeur de la tête de carotte à la cote H+x m.



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°1 de 0.00 à 1.00 m (éch n°25_0100)

H + 0.00 à 0.32 m : Remblais sableux carbonatés (effervescence vive et soutenue à l'HCl à N/10) mous marron foncé.
Présence d'éléments de silex anguleux centimétriques, de débris centimétriques de tuiles (ou de briques ?) et d'éléments centimétriques de béton gris. Un bloc décimétrique de béton gris (dalle ?) de H + 0.19 à 0.30 m.

H + 0.32 à 0.75 m : Sable grossier carbonaté (effervescence vive mais non soutenue à l'HCl à N/10), lâche jaunâtre (remblais ?).
Présence de quelques éléments siliceux arrondis centimétriques

H + 0.75 à 1.00 m : Remblais sablo-argileux carbonatés (effervescence vive mais non soutenue), plastiques gris foncé.
Présence d'éléments siliceux arrondis centimétriques, d'inclusions centimétriques de carbonates blancs et de quelques débris de tuiles (ou de brique ?) millimétriques.



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°1 de 1.00 à 2.00 m (éch n°25_0101)

H + 0.00 à 0.44 m : Remblais sablo-argileux carbonatés (effervescence vive mais non soutenue), plastiques gris foncé.
Présence d'éléments siliceux arrondis centimétriques, d'inclusions centimétriques de carbonates blancs parfois indurés, d'inclusions centimétriques de matériaux noirâtres à l'aspect luisant (goudron ?) et de quelques débris de tuiles (ou de brique ?) millimétriques rosâtres.
Un bloc de béton décimétrique de H + 0.40 à 0.44 m.

H + 0.44 à 1.00 m : Remblais sablo-argileux carbonatés (effervescence vive mais non soutenue), plastiques gris.
Présence de nombreux éléments carbonatés millimétriques à centimétriques et de débris de tuiles (ou de brique ?) millimétriques à centimétriques rosâtres.
Une passée de sable lâche, gris clair à éléments pseudo-grésifiés centimétriques et à éléments millimétriques à infra-centimétriques de scories industrielles noirâtres de H + 0.73 à 0.80 m.
Présence de nombreux éléments millimétriques de lignite (ou de charbon de bois ?) composé de "bâtonnets" millimétriques à l'aspect luisant.

Les fichiers photos de ces descriptions, au format JPEG, accompagnent le présent bordereau.

Opérateur	Contrôleur
P. BROUARD	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-01_DES_IDFP240801_SC1 de 0.00 à 2.00 m.xls

Descriptions d'échantillon avec photographie

XP P94-010 / XP P94-011

anteagroup
Laboratoire d'essais géomécaniques

Date : 06/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : cf. ci-dessous
Nature : cf. ci-dessous
Observation :

N° de projet : IDFP240801
Client : APHP
Date de prélèv. : Non communiquée
Date de réception : 16/01/2025
Etat : Echantillons intacts et remaniés

Tête de carotte(s) à gauche sur la/les photo(s), pied à droite. La notation [H+0.xx à 0.xx m] correspond à la profondeur de la tête de carotte à la cote H+x m.



Réf. Echantillon : SC1 - EI n°1 de 2.00 à 3.00 m (éch n°25_0103)

H + 0.00 à 0.43 m : Remblais sablo-graveleux carbonatés (effervescence vive et soutenue à l'HCl à N/10), mous gris foncé.
Présence d'éléments siliceux arrondis millimétriques à centimétriques, d'un élément pluri-centimétrique de béton de H + 0.00 à 0.10 m, d'inclusions centimétriques de silts carbonatés blancs, localement indurés et d'une inclusion pluri-centimétrique de silt carbonaté jaunâtre sans cohésion de H + 0.30 à 0.38 m.

H + 0.43 à 0.63 m : Remblais argilo-silteux carbonatés (effervescence vive et soutenue à l'HCl à N/10) plastiques marron.
Présence d'inclusions centimétriques plastiques de silts carbonatés (effervescence vive mais non soutenue à l'HCl à N/10) blanchâtres, d'un élément silteux tendre (pseudo-induré) beige de H + 0.57 à 0.61 m et d'éléments centimétriques de mortier gris à H + 0.63 m.

H + 0.63 à 0.90 m : Remblais (?) marno-gravelo-silteux (effervescence vive et soutenue) fermes, devenant plastiques à partir de H + 0.77 m, blanchâtres et grisâtres.
Présence d'éléments carbonatés blancs millimétriques à pluri-centimétriques, de veinules noirâtres de matériau silteux d'aspect luisant (goudron ?) présentant une odeur d'hydrocarbures.

Récupération = 90%



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°1 de 3.00 à 4.00 m (éch n°25_0102)

H + 0.00 à 0.13 m : Silt carbonaté (effervescence vive et soutenue à l'HCl à N/10), ferme blanchâtre.
Présence d'éléments carbonatés centimétriques blancs.

H + 0.13 à 1.00 m : Silt carbonaté, ferme marron.
Présence de quelques éléments arrondis siliceux marron beige et carbonatés blanchâtres millimétriques.

Les fichiers photos de ces descriptions, au format JPEG, accompagnent le présent bordereau.

Opérateur	Contrôleur
P. BROUARD	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-01_DES_IDFP240801_SC1 de 2.00 à 4.00 m.xls

Descriptions d'échantillon avec photographie

XP P94-010 / XP P94-011

Laboratoire d'essais géomécaniques

Date : 06/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : cf. ci-dessous
Nature : cf. ci-dessous
Observation :

N° de projet : IDFP240801
Client : APHP
Date de prélèv. : Non communiquée
Date de réception : 16/01/2025
Etat : Echantillons remaniés et intacts

Tête de carotte(s) à gauche sur la/les photo(s), pied à droite. La notation [H+0.xx à 0.xx m] correspond à la profondeur de la tête de carotte à la cote H+x m.



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°2 de 4.00 à 5.00 m (éch n°25_0104)

H + 0.00 à 1.00 m : Sable fin carbonaté (effervescence vive et soutenue à l'HCl à N/10), peu argileux mou (sédimentation dans la caisse) marron jaunâtre.
Présence d'éléments siliceux arrondis millimétriques à centimétriques et de débris de coquilles millimétriques.



Réf. Echantillon : SC1 - EI n°2 de 5.00 à 6.00 m (éch n°25_0107)

H + 0.00 à 0.39 m : Sable gravelo-silteux carbonaté (effervescence vive et non soutenue à l'HCl à N/10), ferme marron jaunâtre.
Présence d'éléments siliceux arrondis pluri-millimétriques à centimétriques et de débris de coquilles millimétriques.

H + 0.39 à 0.54 m : Sable fin carbonaté (effervescence vive et non soutenue à l'HCl à N/10), lâche beige jaunâtre.

H + 0.54 à 0.89 m : Sable fin carbonaté (effervescence vive et non soutenue à l'HCl à N/10), lâche marron jaunâtre.
Présence d'éléments siliceux arrondis millimétriques à centimétriques.

Récupération = 89%

Les fichiers photos de ces descriptions, au format JPEG, accompagnent le présent bordereau.

Opérateur	Contrôleur
P. BROUARD	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-01_DES_IDFP240801_SC1 de 4.00 à 6.00 m.xls

Descriptions d'échantillon avec photographie

XP P94-010 / XP P94-011

Laboratoire d'essais géomécaniques

Date : 06/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : cf. ci-dessous
Nature : cf. ci-dessous
Observation :

N° de projet : IDFP240801
Client : APHP
Date de prélèv. : Non communiquée
Date de réception : 16/01/2025
Etat : Echantillons remaniés

Tête de carotte(s) à gauche sur la/les photo(s), pied à droite. La notation [H+0.xx à 0.xx m] correspond à la profondeur de la tête de carotte à la cote H+x m.



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°2 de 6.00 à 7.00 m (éch n°25_0105)
H + 0.00 à 0.62 m : Sable fin carbonaté (effervescence vive mais non soutenue), ferme marron jaunâtre à interlits millimétriques de silt carbonaté (effervescence vive et soutenue) beige.
Présence de quelques éléments siliceux arrondis millimétriques.
H + 0.62 à 1.00 m : Sable carbonaté (effervescence vive mais non soutenue), lâche jaunâtre.



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°2 de 7.00 à 8.00 m (éch n°25_0106)
H + 0.00 à 1.00 m : Sable carbonaté (effervescence vive mais non soutenue), lâche jaunâtre.

Les fichiers photos de ces descriptions, au format JPEG, accompagnent le présent bordereau.

Opérateur	Contrôleur
P. BROUARD	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-01_DES_IDFP240801_SC1 de 6.00 à 8.00 m.xls

Descriptions d'échantillon avec photographie

XP P94-010 / XP P94-011

Laboratoire d'essais géomécaniques

Date : 06/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : cf. ci-dessous
Nature : cf. ci-dessous
Observation :

N° de projet : IDFP240801
Client : APHP
Date de prélèv. : Non communiquée
Date de réception : 16/01/2025
Etat : Echantillons remaniés

Tête de carotte(s) à gauche sur la/les photo(s), pied à droite. La notation [H+0.xx à 0.xx m] correspond à la profondeur de la tête de carotte à la cote H+x m.



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°3 de 8.00 à 9.00 m (éch n°25_0108)
H + 0.00 à 0.43 m : Sable carbonaté (effervescence vive mais non soutenue), lâche jaunâtre.
H + 0.43 à 1.00 m : Sable grossier carbonaté (effervescence vive mais non soutenue) lâche, ocre jaunâtre.
Présence de silex arrondis millimétriques à rarement pluri-centimétriques.



Réf. Echantillon : SC1 - Caisse n°3 de 9.00 à 10.00 m (éch n°25_0109)
H + 0.00 à 1.00 m : Sable grossier carbonaté (effervescence vive mais non soutenue) lâche, ocre jaunâtre.
Présence de silex arrondis millimétriques à rarement pluri-centimétriques.

Les fichiers photos de ces descriptions, au format JPEG, accompagnent le présent bordereau.

Opérateur	Contrôleur
P. BROUARD	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-01_DES_IDFP240801_SC1 de 8.00 à 10.00 m.xls

antea group
Laboratoire d'essais géomécaniques

Essais d'Identification des Sols

NF P94-050
NF P94-53
NF P94-54
NF P94-410-3

Date : 12/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : 25_0103 et 25_0107
Nature : cf. tableau de synthèse des essais
Observation :

N° de projet : IDFP240801
Client : APHP
Date de prélèv. : Non communiquée
Date de réception : 16/01/2025
Etat : Intact

Mesure de la teneur en eau W (%) - NF P94-050 (sol) ou NF P94-410-1 (roche)

Référence de l'échantillon	Etuvage 50/105 (°C)	ρ_s (Mg/m^3)	$M_{humide + tare}$ (g)	$M_{sèche + tare}$ (g)	M_{tare} (g)	W (%)
SC1 Ei n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+0.15 à 0.35 m]	50	2.65	1959.20	1735.47	464.54	**17.6**
SC1 Ei n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+0.70 à 0.90 m]	50	2.65	1873.60	1610.25	489.91	**23.5**
SC1 Ei n°2 de 5.00 à 6.00 m [H+0.10 à 0.30 m]	50	2.65	2705.00	2522.80	379.86	**8.5**

(en rouge) : valeur fixée à 2.65 par défaut si non mesurée par l'essai défini par la NF P94-054

Mesure des masses volumiques (Mg/m^3) - NF P94-053 (*à la trousse coupante* §6.1 *et au moule* §6.2 - sol) ou NF P94-410-2 *(roche)*

Référence de l'échantillon	M_{humide} (g)	$M_{trousse}$ (g)	D (cm)	H (cm)	V_v/V_{grains} e (1)	$W/(1/\rho_d-1/\rho_s)$ Sr (%)	ρ_h (Mg/m^3)	ρ_d (Mg/m^3)	e/(1+e) n_t (porosité) (1)

Mesure des masses volumiques (Mg/m3) - NF P94-053 (*par immersion dans l'eau* §6.3 - sol) ou P94-512-2 (*méthode par déplacement d'un fluide* §5.3) ou NF P94-410-2 *(roche)*

Référence de l'échantillon	$M_{épr. sèche}$ (g)	$M_{epr + para}$ ou M_{tare} (g)	$M_{immergée}$ ou $M_{tare + eau}$ (g)	$V_{échantilon}$ (cm^3)	Temp. (°C)	$W/(1/\rho_d-1/\rho_s)$ Sr (%)	ρ_h (Mg/m^3)	W (%)	ρ_d (Mg/m^3)

Mesure de la masse volumique absolue (Mg/m^3) - NF P94-054 *(au pycnomètre)*

Référence de l'échantillon	$M_{pycnomètre}$ (g)	$M_{pycno+eau}$ (g)	T1 (°C)	$V_{pycnomètre}$ (cm^3)	$M_{pycno+echan}$ (g)	$M_{pycn+ech+eau}$ (g)	T2 (°C)	$V_{échantillon}$ (cm^3)	ρ_S (Mg/m^3)

Mesure de la porosité connectée - NF P94-410-3 (§7.2)

Référence de l'échantillon	Etuvage 50/105 (°C)	$M_{sèche}$ (g)	$M_{saturée}$ (g)	$M_{immergée}$ (g)	W_{Sat} (%)	ρ_d (Mg/m^3)	ρ_S (Mg/m^3)	ρ_{Sat} (Mg/m^3)	n_c (porosité) (1)

	Opérateur	Contrôleur
	E. BOURGUIGNON	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-02_IDE_IDFP240801.xls

anteagroup
Laboratoire d'essais géomécaniques

Valeur au Bleu de Méthylène

Essai à la tache

NF P94-068

Date : 25/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
Sondage : cf. ci-dessous
N° d'échantillon : cf. ci-dessous
Profondeur : cf. ci-dessous
N° d'archivage : 25_0103 et 25_0107
Nature : cf. ci-dessous
Observation :

N° de projet : IDFP240801
Client : APHP
Date de prélèv. : Non communiquée
Date de réception : 16/01/2025
Etat : Intact

Mesure de la teneur en eau W (%) - NF94-050

Référence de l'échantillon	Etuvage 50/105 (°C)	$M_{humide+tare}$ (g)	$M_{totale\ sèche}$ (g)	M_{tare} (g)	W (%)
SC1 Ei n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+0.15 à 0.35 m]	50	1959.20	1735.47	464.54	**17.6**
SC1 Ei n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+0.70 à 0.90 m]	50	1873.60	1610.25	489.91	**23.5**
SC1 Ei n°2 de 5.00 à 6.00 m [H+0.10 à 0.30 m]	50	2705.00	2522.80	379.86	**8.5**

Valeur au Bleu de Méthylène (Essai à la tache) - NF P94-068

Référence de l'échantillon	M_{humide} (g)	$V_{bleu\ introduit}$ Solution à 10 g/L (cc)	Tamisat à 5 mm (%)	Description	VBS (gramme de bleu pour 100 g de matériaux sec)
SC1 Ei n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+0.15 à 0.35 m]	43.89	10	60.2	Remblais gravelo-sableux carbonatés, mous gris foncé, à éléments siliceux arrondis et de silt carbonaté jaunâtre.	**0.2**
SC1 Ei n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+0.70 à 0.90 m]	44.06	10	41.7	Remblais graveleux, marno-silteux, fermes à plastiques, blanchâtres et grisâtres à éléments carbonatés blancs.	**0.1**
SC1 Ei n°2 de 5.00 à 6.00 m [H+0.10 à 0.30 m]	103.74	15	75.2	Sable graveleux carbonaté, ferme marron jaunâtre, à éléments siliceux et de débris de coquilles.	**0.1**

Opérateur	Contrôleur
P. CHOPART	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-05_VBS_IDFP240801.xls

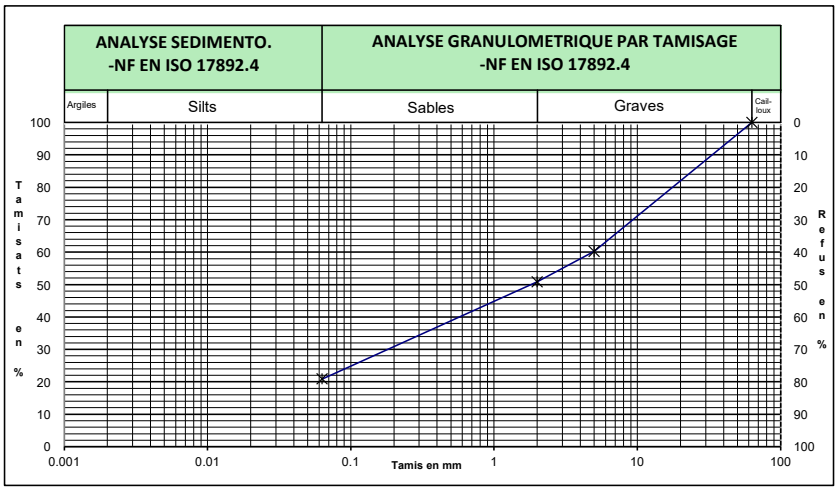
Classification GTR

NF EN 16907-2

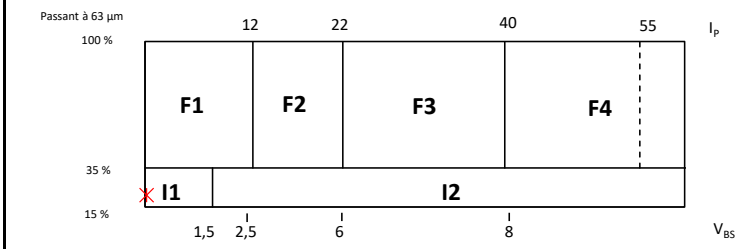
Laboratoire d'essais géomécaniques

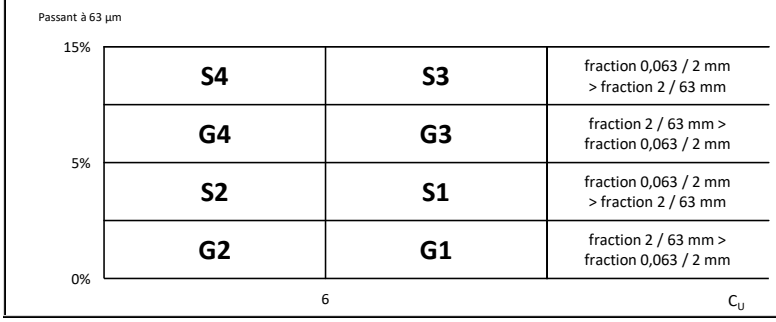
Date : 25/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
N° de projet : IDFP240801
Sondage : SC1
Client : APHP
N° d'échantillon : EI n°1 de 2.00 à 3.00 m
Date de prélèv. : Non communiquée
Profondeur : [H+0.15 à 0.35 m]
Date de réception : 16/01/2025
N° d'archivage : 25_0103
Etat : Intact
Nature : Remblais gravelo-sableux carbonatés, mous gris foncé, à éléments siliceux arrondis et de silt carbonaté jaunâtre.
Observations :



SOLS (Dmax < 63 mm)





Paramètres de Nature

Granularité			
NF EN ISO 17892-4	L_{max} (mm)		76
	D_{max} (mm)		43
	Fraction 0/63 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/63 (%)	63	100.0
		5	60.2
		2	50.8
		0.063	20.9
		0.002	
	Coefficient d'uniformité	C_u (-)	-

Argilosité			
NF P94-068	Valeur au bleu de méthylène	VBS (g/100g)	0.2
NF EN ISO 17892-12	Indice de plasticité	IP (%)	

Sol organique			
XP P94-047	Teneur en matière organique	C_{MOC} (%)	

Paramètres d'Etat

NF EN ISO 17892-1	Teneur en eau	W (%)	17.6
NF EN ISO 17892-2/-3	Masse Volumique	ρ_d (Mg/m^3)	
NF EN ISO 17892-12	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W_{OPN} (%)	
NF P94-078	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

Essais sur sol et roche			
NF EN 1097-2	Los Angeles	L_A (%)	-
NF EN1097-1	Micro Deval	M_{DE} (%)	-
P18-576	Friabilité des sables	F_S (%)	-
NF EN933-8+A1	Equivalent de sable	ESV (-)	-
		ESP (-)	-
Essais sur roche			
NF P94-066	Coefficient de Fragmentabilité	FR (-)	-
NF P94-067	Coefficient de Dégradabilité	DG (-)	-

CLASSE DU SOL

NF EN 16907-2	**Classification**	**GTR 2023**	Sables et graves très silteux	**I1**

Opérateur	Contrôleur
E. BOURGUIGNON	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-08_IDFP240801_25_0103_SC1_EI n°1_de 2.00 à 3.00 m_H+0.15 à 0.35 m.xls

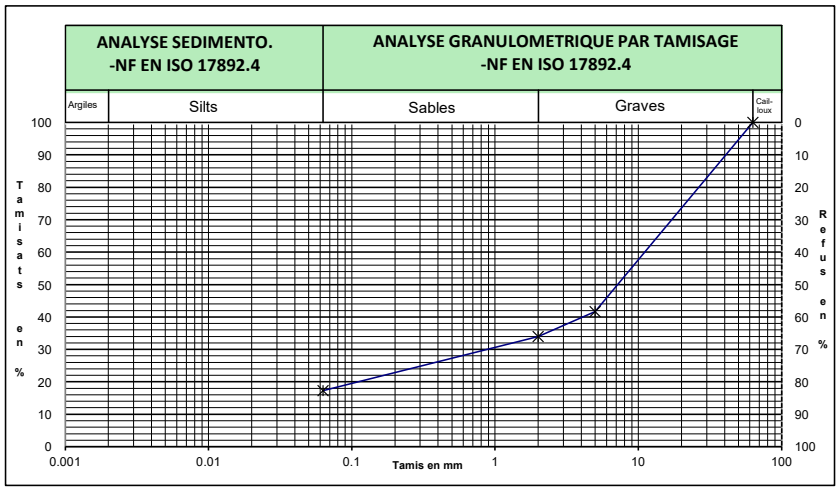
Classification GTR

NF EN 16907-2

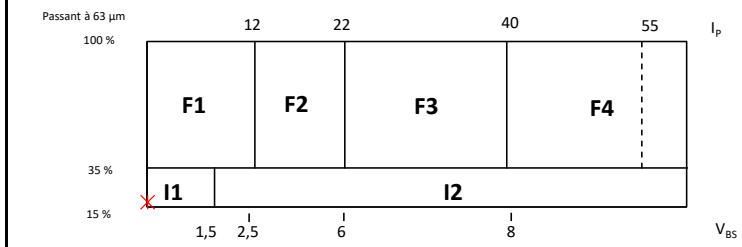
antea group
Laboratoire d'essais géomécaniques

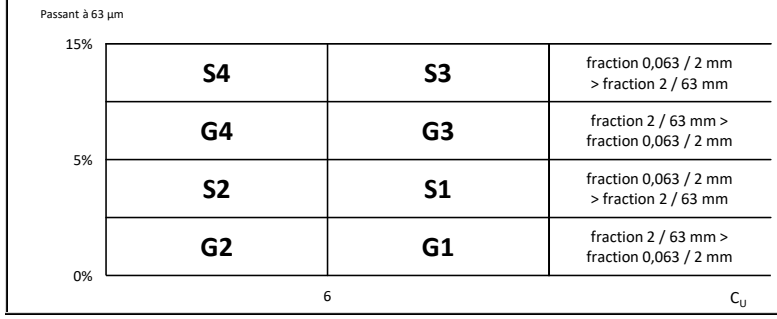
Date : 25/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
N° de projet : IDFP240801
Sondage : SC1
Client : APHP
N° d'échantillon : EI n°1 de 2.00 à 3.00 m
Date de prélèv. : Non communiquée
Profondeur : [H+0.70 à 0.90 m]
Date de réception : 16/01/2025
N° d'archivage : 25_0103
Etat : Intact
Nature : Remblais graveleux, marno-silteux, fermes à plastiques, blanchâtres et grisâtres à éléments carbonatés blancs.
Observations :



SOLS (Dmax < 63 mm)





Paramètres de Nature

Granularité			
NF EN ISO 17892-4	L_{max} (mm)		70
	D_{max} (mm)		49
	Fraction 0/63 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/63 (%)	63	100.0
		5	41.7
		2	34.0
		0.063	17.3
		0.002	
	Coefficient d'uniformité	C_u (-)	-

Argilosité			
NF P94-068	Valeur au bleu de méthylène	VBS (g/100g)	0.1
NF EN ISO 17892-12	Indice de plasticité	IP (%)	

Sol organique			
XP P94-047	Teneur en matière organique	C_{MOC} (%)	

Paramètres d'Etat

NF EN ISO 17892-1	Teneur en eau	W (%)	23.5
NF EN ISO 17892-2/-3	Masse Volumique	ρ_d (Mg/m^3)	
NF EN ISO 17892-12	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W_{OPN} (%)	
NF P94-078	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

Essais sur sol et roche			
NF EN 1097-2	Los Angeles	L_A (%)	-
NF EN1097-1	Micro Deval	M_{DE} (%)	-
P18-576	Friabilité des sables	F_S (%)	-
NF EN933-8+A1	Equivalent de sable	ESV (-)	-
		ESP (-)	-
Essais sur roche			
NF P94-066	Coefficient de Fragmentabilité	FR (-)	-
NF P94-067	Coefficient de Dégradabilité	DG (-)	-

CLASSE DU SOL

NF EN 16907-2	**Classification**	**GTR 2023**	Sables et graves très silteux	**I1**

Opérateur	Contrôleur
E. BOURGUIGNON	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-08_IDFP240801_25_0103_SC1_EI n°1_de 2.00 à 3.00 m_H+0.70 à 0.90 m.xls

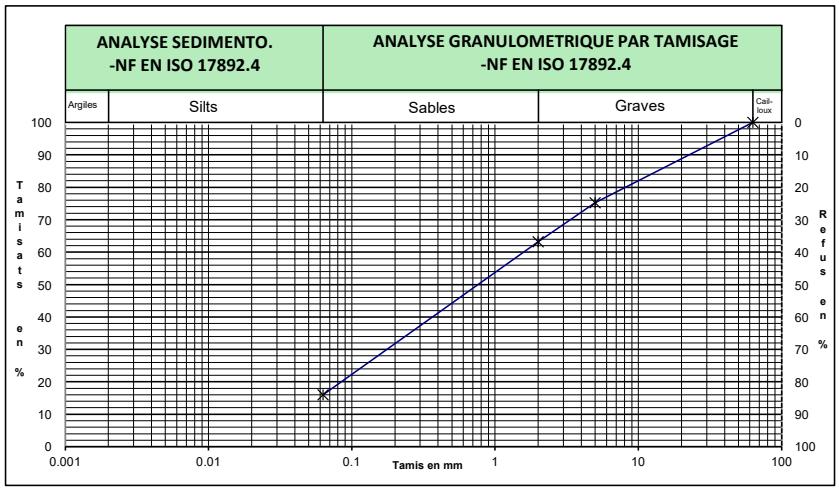
Classification GTR

NF EN 16907-2

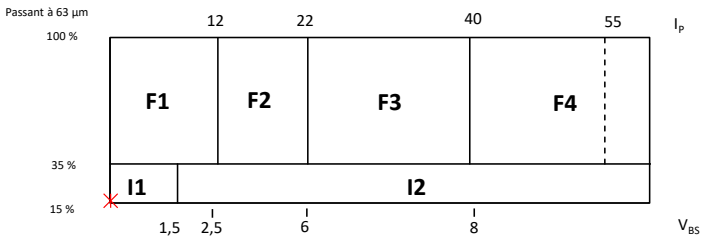
antea group
Laboratoire d'essais géomécaniques

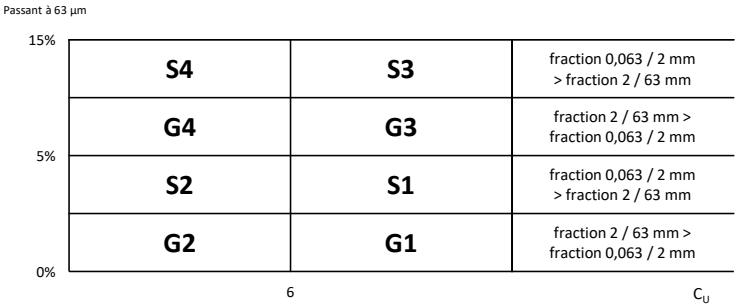
Date : 25/02/2025

Projet : Hôpital Saint Antoine - Paris 12éme
N° de projet : IDFP240801
Sondage : SC1
Client : APHP
N° d'échantillon : EI n°2 de 5.00 à 6.00 m
Date de prélèv. : Non communiquée
Profondeur : [H+0.10 à 0.30 m]
Date de réception : 16/01/2025
N° d'archivage : 25_0107
Etat : Intact
Nature : Sable graveleux carbonaté, ferme marron jaunâtre, à éléments siliceux et de débris de coquilles.
Observations :



SOLS (Dmax < 63 mm)





Paramètres de Nature

Granularité			
NF EN ISO 17892-4	L_{max} (mm)		69
	D_{max} (mm)		35
	Fraction 0/63 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/63 (%)	63	100.0
		5	75.2
		2	63.2
		0.063	16.0
		0.002	
	Coefficient d'uniformité	C_u (-)	-

Argilosité			
NF P94-068	Valeur au bleu de méthylène	VBS (g/100g)	0.1
NF EN ISO 17892-12	Indice de plasticité	IP (%)	

Sol organique			
XP P94-047	Teneur en matière organique	C_{MOC} (%)	

Paramètres d'Etat

NF EN ISO 17892-1	Teneur en eau	W (%)	8.5
NF EN ISO 17892-2/-3	Masse Volumique	ρ_d (Mg/m^3)	
NF EN ISO 17892-12	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W_{OPN} (%)	
NF P94-078	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

Essais sur sol et roche			
NF EN 1097-2	Los Angeles	L_A (%)	-
NF EN1097-1	Micro Deval	M_{DE} (%)	-
P18-576	Friabilité des sables	F_S (%)	-
NF EN933-8+A1	Equivalent de sable	ESV (-)	-
		ESP (-)	-
Essais sur roche			
NF P94-066	Coefficient de Fragmentabilité	FR (-)	-
NF P94-067	Coefficient de Dégradabilité	DG (-)	-

CLASSE DU SOL

NF EN 16907-2	**Classification**	**GTR 2023**	Sables et graves très silteux	**I1**

Opérateur	Contrôleur
E. BOURGUIGNON	T. LANDO

fichier : Lab25019 - BE_IDE-08_IDFP240801_25_0107_SC1_EI n°2_de 5.00 à 6.00 m.xls

Accréditation n°1-1364
Portée disponible
sur www.cofrac.fr

WESSLING
part of ALS Limited
WESSLING France
ZI de Chesnes Tharabie
40 rue du Ruisseau • BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr • www.wessling.fr

WESSLING France, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

ANTEA GROUP - Direction administrative et financiere
Madame Jessy Garel
ZAC du Moulin
803 boulevard Duhamel du Monceau - CS30602
45166 OLIVET Cedex 2

N° rapport d'essai	ULY25-005379-1
N° commande	ULY-04934-25
Interlocuteur (interne)	Y. Lafond
Téléphone	+33 474 990 554
Courrier électronique	y.lafond@wessling.fr
Date	19.02.2025

Rapport d'essai

Lab25019 - 78233 - CENP250030



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus (dans le cas où le laboratoire n'a pas prélevé les échantillons).
Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).
La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par ce laboratoire.
Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'EA pour les activités d'essai.
Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.
Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.
Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.
Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

WESSLING
part of ALS Limited
WESSLING France
ZI de Chesnes Tharabie
40 rue du Ruisseau • BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr • www.wessling.fr

Le 19.02.2025

N° d'échantillon		**25-020195-01**	**25-020195-02**	**25-020195-03**	
Désignation d'échantillon	**Unité**	***SC1 EI n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+ 0.15 à 0.30 m]***	***SC1 EI n°1 de 2.00 à 3.00 m [H+ 0.70 à 0.90 m]***	***SC1 EI n°2 de 5.00 à 6.00 m [H+ 0.10 à 0.30 m]***	
Analyse physique					
Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)					
Matière sèche	% masse MB	81,5 (A)	73,1 (A)	91,6 (A)	
Paramètres globaux / Indices					
Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)					
Degré d'acidité	ml/kg MS	<5 (A)	14 (A)	<5 (A)	
Préparation d'échantillon					
Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)					
Minéralisé à l'acide chlorhydrique		18/02/2025 (A)	18/02/2025 (A)	18/02/2025 (A)	
Cations, anions et éléments non métalliques					
Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)					
Sulfates (SO4)	mg/kg MS	66000 (A)	83000 (A)	1800 (A)	
Classe d'exposition du béton vis-à-vis du sol - NF EN 206 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)					
Classe d'exposition		Hors classe (A)	Hors classe (A)	Hors classe (A)	

MS : Matières sèches
MB : Matières brutes
< : résultat inférieur à la limite de quantification

Informations sur les échantillons

Date de réception :	13.02.2025	13.02.2025	13.02.2025
Type d'échantillon :	*Sol*	*Sol*	*Sol*
Date de prélèvement :	*07.02.2025*	*07.02.2025*	*07.02.2025*
Heure de prélèvement :	*00:00*	*00:00*	*00:00*
Récipient :	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002
Température à réception (C°) :	7.8	7.8	7.8
Début des analyses :	13.02.2025	13.02.2025	13.02.2025
Fin des analyses :	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025

WESSLING
part of ALS Limited
WESSLING France
ZI de Chesnes Tharabie
40 rue du Ruisseau • BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr • www.wessling.fr

Le 19.02.2025

Informations sur vos résultats d'analyses :

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.
Seuls les résultats quantifiés (résultats égaux ou supérieurs à la LQ) sont pris en compte dans le calcul des sommes. Dans le cas contraire la somme est rendue "-/-".

Les résultats obtenus ne permettent pas de déterminer une classe d'exposition selon la NF EN 206 :
-Classe d'exposition du béton vis-à-vis du sol : Valable pour tous les échantillons.

Approuvé par :
Jean-Francois CAMPENS
Président





Références :

Portées communiquées sur demande