



**AP-HP**

ASSISTANCE  
PUBLIQUE  HÔPITAUX  
DE PARIS

# **Immeuble Sébastopol – Paris 4ème**

Diagnostic géotechnique G5

Etude géotechnique de conception G2 AVP

Réhabilitation d'un immeuble haussmannien



**Rapport n°A121748 / Version B – 03 Avril 2023**

Projet suivi par Matthieu VRAZINIS – 06 74 35 66 97 – [matthieu.vrazinis@anteagroup.fr](mailto:matthieu.vrazinis@anteagroup.fr)

## Fiche signalétique

### Immeuble Sébastopol – Paris 4<sup>ème</sup>

Diagnostic géotechnique G5



Etude géotechnique de conception G2 AVP

Réhabilitation d'un immeuble haussmannien

CLIENT	SITE
AP-HP	
Hôpital Avicenne 125 rue de Stalingrad 93009 Bobigny CEDEX	38 boulevard Sébastopol, Paris 4 <sup>ème</sup> 75004 Paris
Amélie SIMONIN Conductrice d'opérations Service de la Maîtrise d'Ouvrage Département Immobilier & Investissement Tel : 01 40 27 32 93	

### RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Matthieu VRAZINIS
Interlocuteur commercial	Michel BOISSEAU
	Implantation d'Antony
Implantation chargée du suivi du projet	01.57.63.14.00 secretariat.paris-fr@anteagroup.com
Rapport n°	A121748
Version n°	B
Votre commande et date	Bon de commande n° 4509672199 du 14/11/2022
Projet n°	IDFP220861

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	El Mehdi SANAD	Ingénieure d'études géotechniques	Avril 2023	
Approbation	Matthieu VRAZINIS	Ingénieur de projet géotechnique	Avril 2023	

## Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
<b>A</b>	13/02/2023	36	4	<b>Version initiale</b> <b>Sans</b> les résultats des essais en laboratoire (essais d'identification des sols + agressivité des sols) <b>Sans</b> les niveaux caractéristiques de la nappe.
<b>B</b>	03/04/2023	61	5	Mise à jour avec les résultats des essais en laboratoire, ajout des chapitres relatifs à la mission G2 AVP, ajout de l'étude NPHE.

# Sommaire

1. Contexte et objectifs .....	8
1.1. Le projet de réhabilitation.....	8
1.2. Objectifs de la mission.....	8
1.3. Documents de référence.....	9
2. Contexte du site.....	10
2.1. Localisation géographique .....	10
2.2. Avoisinants .....	11
3. Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique .....	12
3.1. Contexte géologique .....	12
3.2. Contexte hydrogéologique.....	14
3.3. Aléas géotechniques recensés .....	14
3.3.1. Aléa débordement de cours d'eau.....	14
3.3.2. Aléa Inondation.....	14
3.3.3. Aléa Retrait-gonflement des sols argileux .....	15
3.3.4. Aléa Cavités et carrières.....	15
3.3.5. Aléa sismique .....	16
4. Reconnaissances géotechniques .....	17
4.1. Campagne d'investigations .....	17
4.2. Déroulé de la campagne.....	18
4.3. Limite de la méthode .....	19
5. Synthèse géotechnique .....	20
5.1. Lithologie.....	20
5.2. Résultats des essais d'identification des sols .....	21
5.3. Agressivité du sol vis-à-vis du béton .....	21
5.4. Résultats des essais au pénétromètre dynamique léger .....	22
5.5. Reconnaissances de fondations .....	23
5.5.1. Fouille F1 .....	24
5.5.2. Fouille F2 .....	25
5.5.3. Fouille F3.....	26
5.5.4. Fouille F4 .....	27
5.5.5. Fouille F5.....	28
5.5.6. Fouille F6.....	29
6. Estimation de la capacité portante de l'horizon d'ancrage.....	30
6.1.1. Références normatives .....	30
6.1.2. Résistance nette du terrain et contraintes de calcul .....	30



7.	Contexte hydrologique et hydrogéologique .....	33
7.1.	Cadre hydrographique.....	33
7.1.1.	Cadre général.....	33
7.1.2.	Le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) de la Seine .....	33
7.2.	Les nappes en présence .....	34
7.3.	Paramètres hydrodynamiques .....	35
7.4.	Piézométrie et sens d'écoulement.....	35
7.4.1.	L'esquisse piézométrique de Delesse de 1862.....	35
7.4.2.	L'esquisse piézométrique Diffre de 1965.....	36
7.4.3.	Carte piézométrique de 1982 .....	38
7.4.4.	Carte piézométrique de 1989 .....	38
7.4.5.	Cartes piézométriques de Lamé de 2010.....	40
7.4.6.	Conclusion.....	41
7.4.7.	Mesures au niveau du site .....	42
7.4.8.	Rabattement de nappe lié à la prolongation du RER E vers l'ouest.....	42
8.	Etude des niveaux caractéristiques de la nappe .....	44
8.1.	Définition des niveaux caractéristiques .....	44
8.2.	Hypothèse concernant le niveau d'étiage de la nappe, EB.....	44
8.3.	Battement saisonnier, VS .....	45
8.4.	Amortissement de l'impact des ondes de crue, A.....	45
8.4.1.	Justification .....	45
8.4.2.	Méthodologie.....	46
8.4.3.	Evaluation de l'amortissement de la crue.....	47
8.5.	Arrêt des pompages, R .....	48
8.5.1.	Justification .....	48
8.5.2.	Approche des arrêts de pompage.....	48
8.6.	Effet Barrage, B.....	48
8.7.	Synthèse des niveaux caractéristiques de la nappe retenus .....	49
9.	Conclusion et recommandations.....	50
9.1.	Risques géologiques et géotechniques résiduels.....	50
9.2.	Réemploi des matériaux.....	50
9.3.	Mode de fondation général du bâtiment.....	50
9.4.	Capacité portante des sols et justification des nouveaux massifs de fondation .....	51
10.	Enchaînement des missions géotechniques.....	52

## Table des figures

Figure 1 : Plan de situation général, source : Géoportail .....	8
Figure 2 : Plan des intérieurs du 2 <sup>ème</sup> sous-sol du bâtiment Sébastopol.....	10
Figure 3 : Profil altimétrique Ouest-Est au droit du site, source : Géoportail.....	10
Figure 4 : Photographie de l'immeuble Sébastopol du côté nord-ouest (Côté Bd Sébastopol) .....	11
Figure 5 : Photographie de l'immeuble Sébastopol du côté sud-est (Côté Rue Quincampoix) .....	11
Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/25 000e de Paris et de sa proche banlieue (Source : MAPPEA Antea Group) .....	12
Figure 7 : Extrait du plan de localisation des sondages BSS utilisés dans l'analyse, source : Infoterre	13
Figure 10 : Extrait du zonage de l'aléa Débordement de cours d'eau (Source : MAPPEA Antea Group) .....	14
Figure 11 : Extrait du zonage de l'aléa Inondation par remontée de nappe (Source : MAPPEA Antea Group) .....	15
Figure 12 : Extrait du zonage de l'aléa de Cavités et Carrières établi par l'IGC (Source : MAPPEA Antea Group) .....	15
Figure 13 : Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France (Source : Géorisques) .....	16
Figure 14 : Plan d'implantation des investigations réalisées .....	17
Figure 15 : Coupe lithologique interprétative retenue .....	20
Figure 16 : Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels – Source : NF EN 206 .....	22
Figure 17 : Rappel de localisation de la fouille F1 .....	24
Figure 18 : Coupe schématique de la fouille 1 .....	24
Figure 19 : Rappel de localisation de la fouille F2 .....	25
Figure 20 : Coupe schématique de la fouille 2 .....	25
Figure 21 : Rappel de localisation de la fouille F3 .....	26
Figure 22 : Coupe schématique de la fouille 3 .....	26
Figure 23 : Rappel de localisation de la fouille F4 .....	27
Figure 24 : Coupe schématique de la fouille 4 .....	27
Figure 25 : Rappel de localisation de la fouille F5 .....	28
Figure 26 : Coupe schématique de la fouille 5 .....	28
Figure 27 : Rappel de localisation de la fouille F6 .....	29
Figure 28 : Coupe schématique de la fouille 6 .....	29
Figure 27 : Extrait de la carte des servitudes du PLU de la ville de Paris .....	34
Figure 28 : Extrait de la carte piézométrique de Delesse (1862) .....	36
Figure 29 : Extrait de la carte hydrogéologique de Paris au 1/50 000 <sup>e</sup> (source : BRGM).....	37
Figure 30 : Carte piézométrique en 1982 associée aux pompages (source : Colin, A. Lamé).....	38
Figure 31 : Carte piézométrique de Paris en 1989 (source : Prunier-Leparmentier, A. Lamé) .....	39
Figure 32 : Piézométrie du Lutétien (Source : A. Lamé) .....	41
Figure 33 : Réseau de surveillance étudié dans le cadre de la prolongation du RER E vers l'Ouest.....	43
Figure 34 : Suivi du piézomètre IGC 191 de 2015 à 2023.....	43
Figure 35 : Carte de la limite d'influence de la Seine sur la piézométrie des nappes (Lamé, 2013).....	45
Figure 36 : Illustration des durées des crues historiques (source : DRIEAT) .....	47

## Table des photographies

Photo 1 : Fouille 1 - Vue du dessus .....	24
Photo 2 : Fouille 2 - Vue du dessus .....	25
Photo 3 : Fouille 3 - Vue du dessus .....	26

Photo 4 : Fouille 4 - Vue du dessus .....	27
Photo 5 : Fouille 5 - Vue du dessus .....	28
Photo 6 : Fouille 6 - Vue du dessus .....	29

## Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse lithologique des sondages de la BSS .....	13
Tableau 2 : Résultats des essais d'identification et classification GTR.....	21
Tableau 3 : Résultats des essais d'agressivité des sols.....	22
Tableau 4 : Résistance dynamique apparente $Q_d$ dans les Alluvions indifférenciées .....	23
Tableau 5 : Résistance statique $q_c$ dans les Alluvions indifférenciées .....	30
Tableau 6 : Facteur de portance pénétrométrique $k_c$ .....	31
Tableau 4 : Crues significatives de la Seine au niveau du Pont de la Tournelle .....	33
Tableau 5 : Perméabilité des divers horizons en présence (source : A. Lamé).....	35
Tableau 6 : Comparaison des niveaux caractéristiques de la nappe avec le DTU14.1 et l'Eurocode 7 .....	44
Tableau 7 : Approche de la diffusivité de la nappe .....	46
Tableau 8 : Amplitudes de crues de Seine considérées pour le calcul de l'amortissement .....	46
Tableau 9 : Evaluation de l'amortissement des crues de Seine, A.....	47
Tableau 10 : Synthèse des niveaux caractéristiques de la nappe au niveau du projet.....	49

## Table des annexes

Annexe I :	Synoptique des missions d'ingénierie géotechnique – Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013
Annexe II :	Coupes des sondages de la Banque du Sous-Sol
Annexe III :	Coupes des sondages au pénétromètre dynamique léger
Annexe IV :	Procès-verbaux des reconnaissances de fondations
Annexe V :	Procès-verbaux des essais en laboratoire

# 1. Contexte et objectifs

## 1.1. Le projet de réhabilitation

L'Assistance-Publique-Hôpitaux de Paris est propriétaire d'un immeuble d'habitation de type haussmannien traversant, entre le 38 boulevard Sébastopol et le 59 rue Quincampoix (Paris 4<sup>ème</sup>). Cet immeuble, de 5 étages avec 2 niveaux de caves, a été sinistré par un incendie survenu le 20 décembre 2013, détruisant en grande partie la superstructure côté Sébastopol.

Un projet de réhabilitation complète de l'immeuble est prévu avec l'installation de logements de type T1 et T2 et des commerces au rez-de-chaussée.

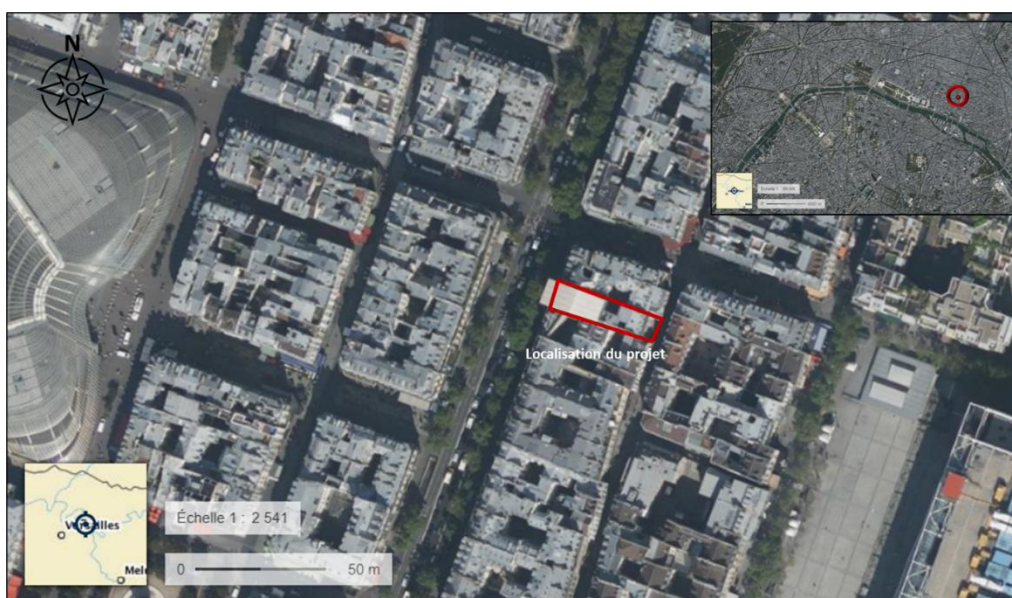


Figure 1 : Plan de situation général, source : Géoportail

## 1.2. Objectifs de la mission

Dans le cadre du projet de réhabilitation de l'immeuble, l'AP-HP a missionné Antea Group pour la réalisation d'un diagnostic géotechnique (G5) et d'une étude de conception en phase avant-projet (G2 AVP), au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013, définissant les missions géotechniques.

Un tableau synoptique de cette norme est fourni en **Annexe I** de ce rapport.

Les objectifs des missions G5 et G2 AVP sont ainsi :

- De définir le contexte géologique, hydrologique, hydrogéologique et géotechnique du site ;
- D'évaluer la nature et les caractéristiques des formations géologiques présentes au droit du site ;
- D'évaluer les aléas géotechniques au droit du site et leur impact sur le projet ;
- D'étudier les fondations du bâtiment existant, déterminer leur nature, leur géométrie et leur ancrage ;
- D'évaluer la capacité portante des terrains en places sur la base d'une campagne d'essais in situ

Antea Group a également été missionné pour la réalisation d'une étude des niveaux caractéristiques de la nappe au sens de l'Eurocode 7, permettant de définir les niveaux d'eau caractéristiques EB, EH et EE.

### 1.3. 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 :**

- Cahier des charges mission d'études géotechniques de type G5 + G2 AVP par ALTEREA Ingénierie, Version 1 du 06/09/2022 ;
- Le plan d'implantation des fouilles de reconnaissances de fondations au droit du bâtiment existant ;
- Plan des intérieurs du bâtiment – 2<sup>ème</sup> sous-sol ;

#### **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 1/25 000<sup>ème</sup> de Paris et de sa proche banlieue, et la notice qui l'accompagne ;
- 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 1/50 000<sup>ème</sup> (<http://sigessn.brgm.fr/?page=carto>).
- Le site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/>) pour les zonages cartographiques des aléas naturels.
- *Miguel Angel BENZ, Pierre BREUL et Philippe MOUSTAN* « Corrélation entre l'essai de pénétration statique et le pénétromètre dynamique à énergie variable. » JNGG – Lyon 2020.



## 2. Contexte du site

### 2.1. Localisation géographique

L'immeuble est construit sur une parcelle traversante entre le 38 boulevard de Sébastopol et le 59 rue Quincampoix Paris 4<sup>ème</sup>. Il comporte 5 étages et 2 niveaux de sous-sol avec côté boulevard de Sébastopol trois commerces et côté Quincampoix 1 commerce.

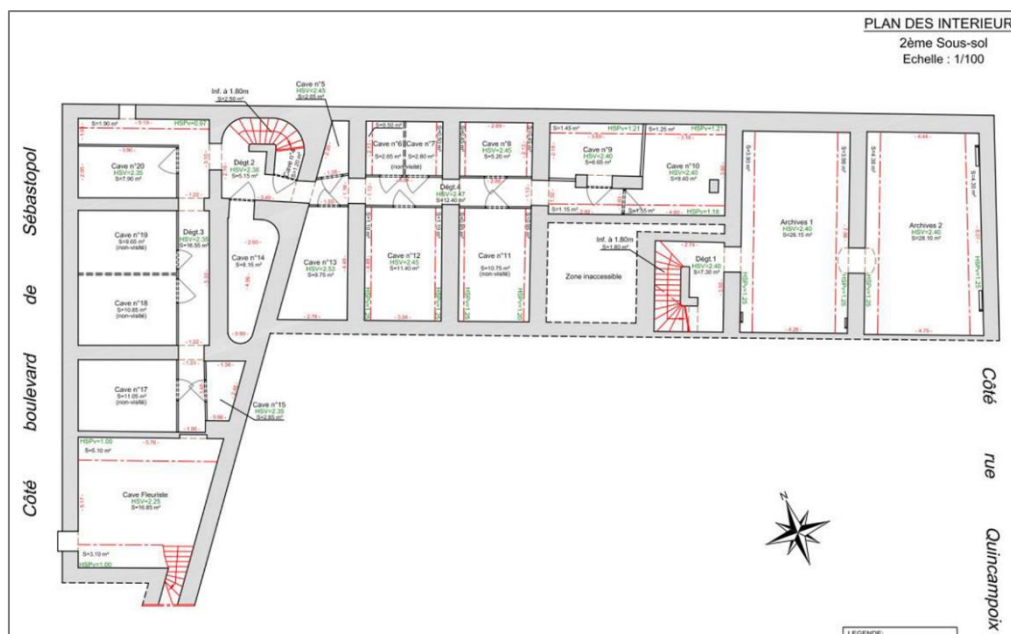


Figure 2 : Plan des intérieurs du 2<sup>ème</sup> sous-sol du bâtiment Sébastopol

L'altimétrie de la zone d'étude est relativement plane et varie entre 35,30 m NGF et 35,65 m NGF, voir profil altimétrique reporté ci-dessous. On retiendra une cote moyenne du terrain autour de **35,5 m NGF**.



Figure 3 : Profil altimétrique Ouest-Est au droit du site, source : Géoportail

## 2.2. Avoisinants

L'immeuble Sébastopol est situé dans un quartier dominé en grande partie par des bâtiments résidentiels de type haussmanniens de type R+5/R+6.

Le bâtiment est bordé, du côté Nord, par un second bâtiment en cours de réhabilitation.

A son axe Ouest-Est, l'immeuble Sébastopol est traversant entre la rue de Quincampoix et le boulevard Sébastopol. Les deux passages sont piétons et circulables en voiture, avec des accès balisés des deux faces de l'immeuble.



Figure 4 : Photographie de l'immeuble Sébastopol du côté nord-ouest (Coté Bd Sébastopol)



Figure 5 : Photographie de l'immeuble Sébastopol du côté sud-est (Coté Rue Quincampoix)



## 3. Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique

### 3.1. Contexte géologique

D'après la carte géologique au 1/25 000<sup>e</sup> de Paris et les données de sondages issues de la Banque de Données du Sous-Sol à proximité de l'immeuble Sébastopol, la stratigraphie attendue au droit du site est la suivante :

- **Remblais** : Formation superficielle d'origine anthropique, d'épaisseurs généralement variable qui serait liée à l'aménagement du site ;
- **Alluvions indifférenciées** : Les Alluvions présentent un complexe d'éléments sableux et argileux où s'intercalent des lits de graviers et de galets calcaires. La plupart des sondages de la BSS mentionne leur nature sablo-argileuse, ne permettant pas de réaliser une différenciation entre les Alluvions modernes, plutôt argileuses, et anciennes, plutôt sableuses. Leur faciès est susceptible d'être davantage sablo-graveleux sur la base de la formation.
- **Marnes et Caillasses (Lutétien supérieur – e5d)** : Les Marnes et Caillasses sont caractérisées par une alternance de marnes blanches et magnésiennes, de bancs de dolomie beige et de bancs de calcaire coquillier. Elles peuvent éventuellement contenir des niveaux gypseux. Au sommet de cette couche, les marnes peuvent être de nature plus moins argileuses et magnésiennes. Plusieurs bancs de calcite et des feuillets argileux s'intercalent au milieu de cette couche.

**Nota :** La couche e5c correspond, d'après la notice de la carte géologique, au Calcaire grossier supérieur. Cependant l'ensemble des sondages issus de la BSS à proximité rencontrent une épaisseur de Marnes et Caillasses (e5d), dont la description lithologique ne laisse pas de doute sur une éventuelle confusion avec le Calcaire grossier.

**On retiendra donc la présence de Marnes et Caillasses entre la couche des Alluvions indifférenciées et du Calcaire grossier.**

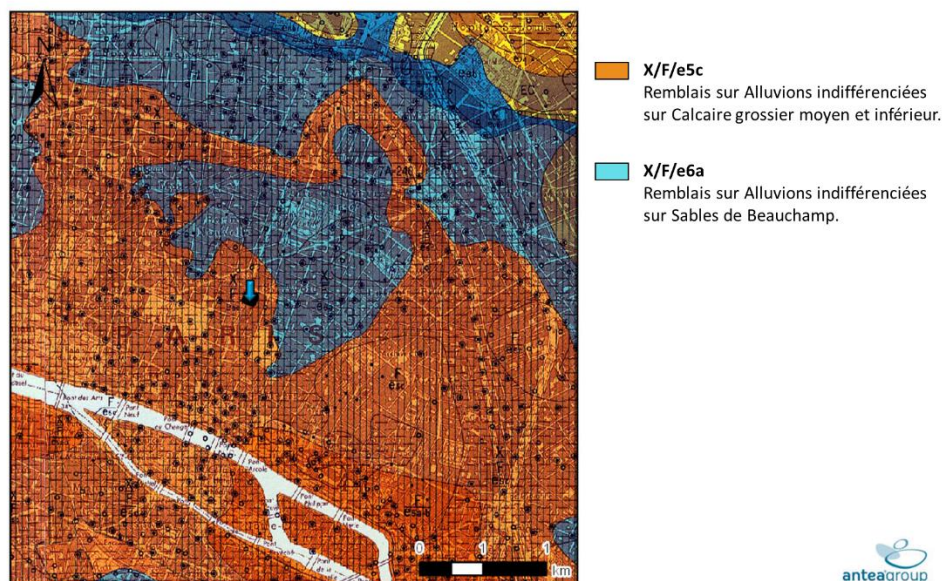


Figure 6 : Extrait de la carte géologique au 1/25 000<sup>e</sup> de Paris et de sa proche banlieue (Source : MAPPEA Antea Group)

Il sera utilisé 4 sondages de la banque du sous-sol du BRGM pour cerner la géologie attendue sur le site. On retiendra ainsi :

- Le sondage BSS000NXVU sur la partie Nord ;
- Le sondage BSS000NXVL sur la partie Est ;
- Le sondage BSS000NXXL sur la partie Ouest ;
- Le sondage BSS000NXPR sur la partie Sud-Ouest.



**Figure 7 : Extrait du plan de localisation des sondages BSS utilisés dans l'analyse, source : Infoterre**

Les lithologies détaillées de ces quatre sondages sont reportées en **Annexe II** du rapport. Une synthèse des informations stratigraphiques, notamment concernant les épaisseurs de Remblais et la base des Alluvions anciennes et des Marnes et Caillasses, est établie dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1 : Synthèse lithologique des sondages de la BSS**

Sondage	Cote Altimétrique TN	Base des Remblais	Epaisseur des Remblais	Base des Alluvions	Epaisseur des Alluvions	Base des Marnes et Caillasses	Epaisseur des Marnes et Caillasses	Localisation
<b>BSS000</b>	<b>m NGF</b>	<b>m NGF</b>	<b>m</b>	<b>m NGF</b>	<b>m</b>	<b>m NGF</b>	<b>m</b>	<b>-</b>
<b>NXVU</b>	34,8	31,9	2,9	22,7	9,2	10,4	12,3	Nord
<b>NXVL</b>	35,7	30,2	5,5	23,7	6,5	9,7	14,0	Est
<b>NXXL</b>	34,8	28,2	6,6	24,2	4,0	13,8	10,4	Ouest
<b>NXPR</b>	35,1	31,3	3,8	25,1	6,2	19,9	5,2	Sud-Ouest
<b>Lithologie moyenne</b>	35,1	30,4	4,7	24,0	6,5	13,5	10,5	-

## 3.2. Contexte hydrogéologique

Le site est concerné par la nappe Alluviale, s'établissant dans les Alluvions indifférenciées, et la nappe du Lutétien, s'établissant dans les formations des Marnes et Caillasses et du Calcaire grossier. Le site se trouvant à 600 m de la Seine, le niveau de la nappe Alluviale est donc directement sous influence de la Seine.

De plus, sans la présence d'écran imperméable entre les formations, les nappes Alluviale et du Lutétien sont à considérer en communication.

## 3.3. Aléas géotechniques recensés

Les différents aléas géotechniques identifiés au droit du site sont présentés ci-après.

### 3.3.1. Aléa débordement de cours d'eau

Le site du projet est concerné par l'aléa de débordement de cours d'eau. En effet, il est situé dans une zone à faible risque de débordement de la Seine.

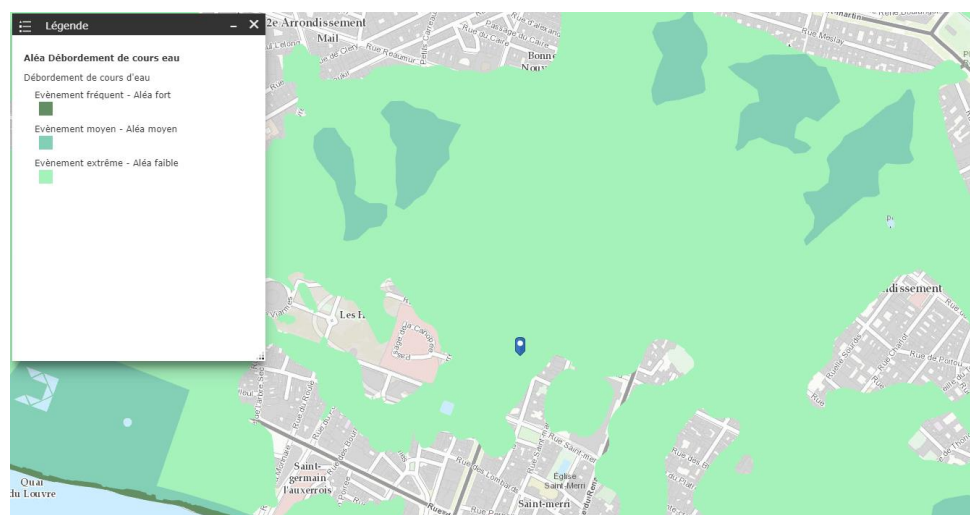


Figure 8 : Extrait du zonage de l'aléa Débordement de cours d'eau (Source : MAPPEA Antea Group)

### 3.3.2. Aléa Inondation

D'après les données cartographiques issues de la banque de données Géorisques, la zone d'étude est concernée par le risque d'inondation de cave.



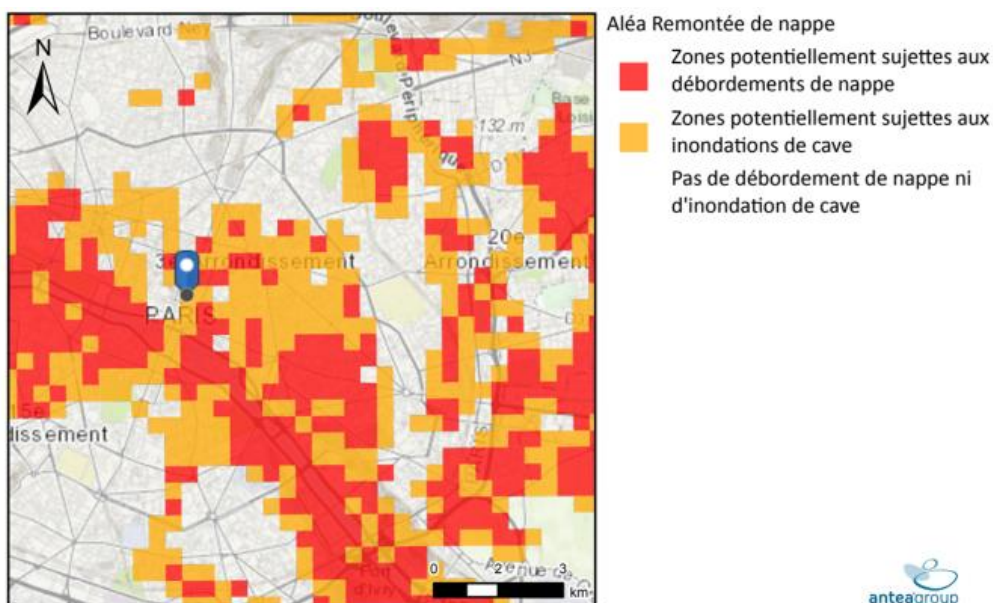


Figure 9 : Extrait du zonage de l'aléa Inondation par remontée de nappe (Source : MAPPEA Antea Group)

### 3.3.3. Aléa Retrait-gonflement des sols argileux

Le site n'est pas concerné par l'aléa retrait-gonflement des sols argileux mais une vigilance sera apportée aux Alluvions indifférenciées qui pourraient être à dominante plus argileuse.

### 3.3.4. Aléa Cavités et carrières

D'après les données de l'Inspection Générale des Carrières (IGC), la zone d'étude n'est pas concernée par les aléas de type dissolution du gypse antéludien et de présence d'anciennes carrières souterraines.

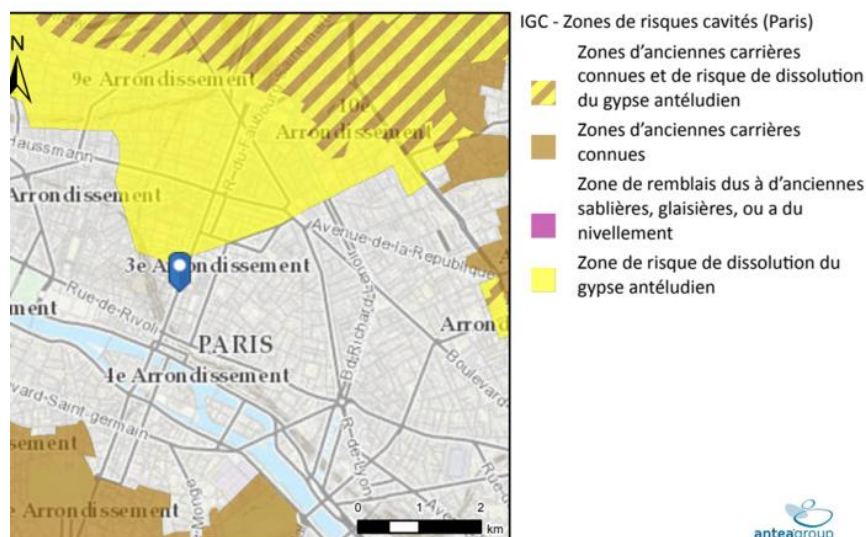


Figure 10 : Extrait du zonage de l'aléa de Cavités et Carrières établi par l'IGC (Source : MAPPEA Antea Group)

### 3.3.5. 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 1<sup>er</sup> mai 2011. Les sollicitations sismiques n'ont pas à être prises en compte dans le dimensionnement des ouvrages projetés.

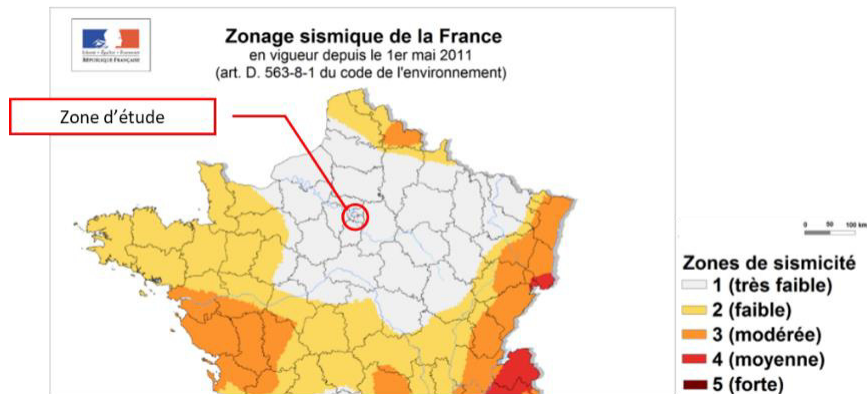


Figure 11 : Localisation de la zone d'étude sur le zonage sismique de la France (Source : Géorisques)

## 4. Reconnaissances géotechniques

### 4.1. Campagne d'investigations

Dans le cadre de la mission géotechnique de diagnostic géotechnique (G5 – G2 AVP), les investigations suivantes ont été réalisées :

- **6 sondages manuels en intérieur pour reconnaissance de fondations**, descendus à une profondeur maximale de 1,3 m avec prise d'échantillons à l'intérieur des fouilles et rebouchage/compactage. Ces fouilles ont été menées depuis le 2<sup>ème</sup> sous-sol, à une cote altimétrique entre 29,5 et 30,5 m NGF ;
- **6 sondages au pénétromètre dynamique léger (PDL)**, descendus jusqu'au refus ou à défaut à une profondeur maximale de 2,0 m de profondeur par paliers de 0,1 m. Ces sondages ont été implantés au droit des fouilles manuelles.

Le programme d'essais en laboratoire est le suivant :

- **3 Packs d'essais d'identification des sols** (teneur en eau, limites d'Atterberg et granulométrie), pour classification GTR ;
- **2 Essais d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons.**

Ces essais en laboratoire sont réalisés sur les matériaux issus des échantillons prélevés au droit des sondages manuels entre 0,5 à 1,3m de profondeur, aux niveaux d'ancrage des fondations existantes.

Le plan d'implantation des investigations réalisées est présenté ci-dessous.

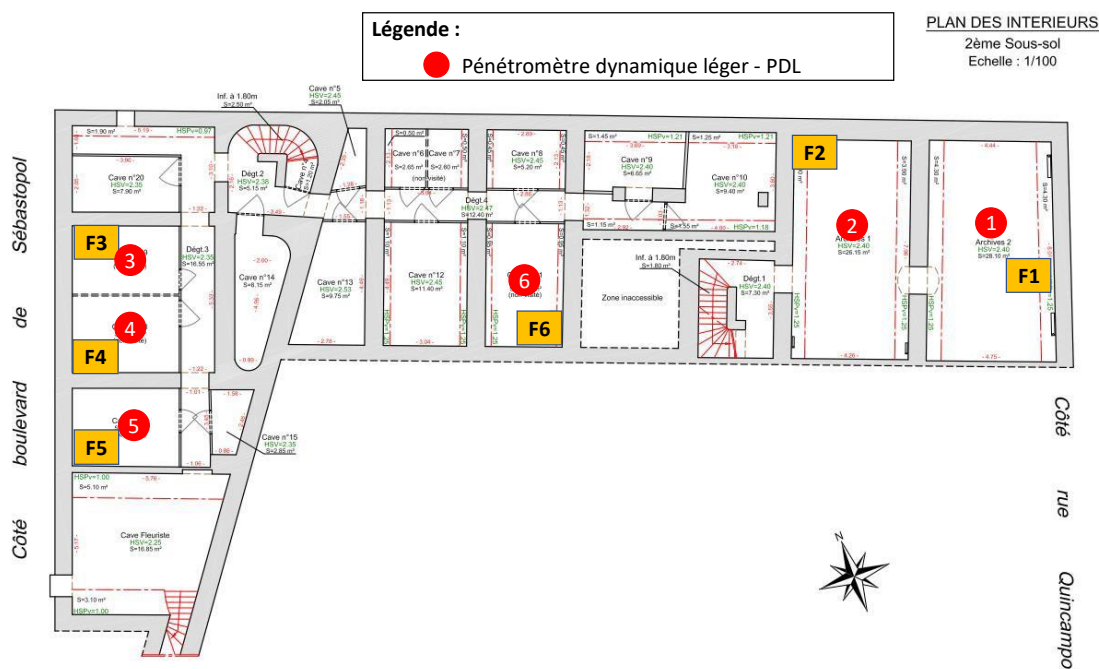


Figure 12 : Plan d'implantation des investigations réalisées

## 4.2. Déroulé de la campagne

Les sondages au pénétromètre dynamique léger ont été implantés au droit de chaque fouille de reconnaissance réalisée précédemment.

Les essais ont été réalisés après carottage de la dalle du 2<sup>ème</sup> sous-sol.

Les sondages PD1 et PD2 ont été réalisés au droit de caves du côté rue Quincampoix. La dalle a été carottée sur 0,5 m et l'essai a été poursuivi à partir de -0,5 m par rapport à la cote de la dalle jusqu'au refus.

Les sondages PD3 à PD6 ont été réalisés au droit des caves du côté rue Sébastopol. Un carottage de 40 cm de la dalle a été nécessaire pour la réalisation des sondages et ceux-ci se sont poursuivis jusqu'au refus à environ 1 m de profondeur par rapport à la dalle basse du sous-sol.

Les photographies d'implantation des sondages pénétrométriques légers sont présentées ci-après.



Photo 1 : Implantations des sondages PD1 et PD2 au 2<sup>ème</sup> sous-sol côté rue Quincampoix





Photo 2: Implantations des sondages PD3 à PD6 au 2<sup>ème</sup> sous-sol côté rue Sébastopol

### 4.3. 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

La détermination de la lithologie et sa succession stratigraphique est basée sur la description des terrains tels qu'ils peuvent être observés sur les fouilles manuelles et par analyse des logs géologiques issues de la Banque de Données du Sous-sol.

Ainsi, la lithologie rencontrée au droit de la zone d'étude est la suivante :

- **Remblais** : Cette couche n'a pas été observée au droit des fouilles, le sondage de la BSS le plus proche (BSS0000NXVL) rapporte une épaisseur de remblais de près de 5,5 m de haut, sans doute liée aux grands travaux haussmanniens.
- **Alluvions indifférenciées** : Les Alluvions indifférenciées se caractérisent par un faciès globalement sablo-graveleux à passages sablo-argileux comportant de nombreux graviers et cailloutis siliceux ou calcaire. Une frange marneuse blanche a été reconnue au droit de la fouille F2.
- **Marnes et Caillasses** : Non reconnue au droit des fouilles, les Marnes et Caillasses sont décrites, sur le sondage de la BSS le plus proche (BSS0000NXVL) comme une marne blanche à beige rosée, comportant des passages d'argile brune et de nombreux passages calcaires indurés entre 2 et 10 cm d'épaisseur.

Avec les éléments ci-dessus, et à partir de l'analyse des logs géologiques, il est possible de dresser la coupe lithologique de principe ci-dessous. On retiendra un niveau bas du 2<sup>ème</sup> sous-sol à environ 29,5 m NGF.

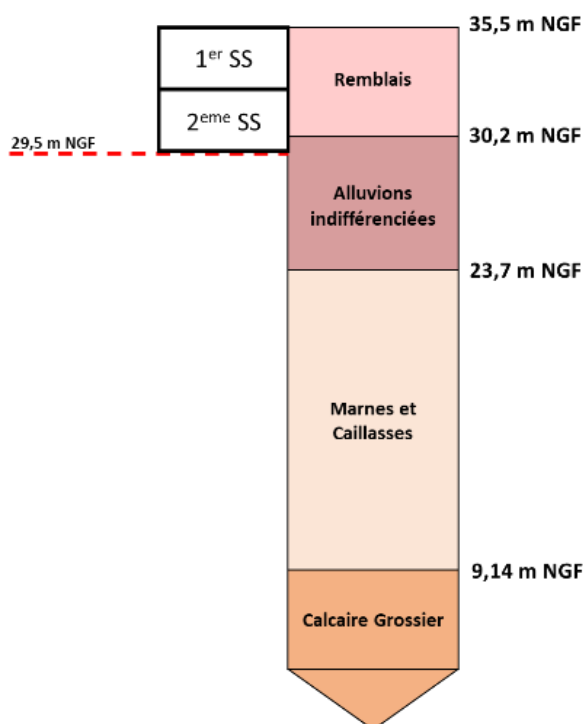


Figure 13 : Coupe lithologique interprétative retenue

## 5.2. Résultats des essais d'identification des sols

Trois packs d'essais d'identification ont été réalisés dans les Alluvions indifférenciées.

Les 3 prélèvements sont répartis comme suit :

- 1 échantillon prélevé au droit de la fouille 2 entre 1,2 et 1,3 m.
- 1 échantillon prélevé au droit de la fouille 4 entre 0,5 - 0,8 m.
- 1 échantillon prélevé au droit de la fouille 6 entre 0,5 - 0,7 m.

Tableau 2 : Résultats des essais d'identification et classification GTR

Sondage			F2	F4	F6
Profondeur (m)			1,2 - 1,3	0,5 - 0,8	0,5 - 0,7
Nature des Matériaux			Sable, lâche, ocre. Présence d'éléments millimétriques à centimétriques siliceux	Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.	Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.
Teneur en eau	W <sub>N</sub>	%	4,8	1,8	1,5
Granulométrie	< 5 mm	%	88,8	44,4	62,3
	< 2 mm	%	83,9	39,4	57,1
	< 80 µm	%	4,3	0,5	0,7
Valeur au bleu	VBS	%	0,09	0,03	0,05
Indice de plasticité	IP	-	-	-	-
Classification GTR			D1	D2	D2

D'après le Guide des Terrassements Routiers, les sols testés au droit du site d'étude correspondent à des sols de « classe D » qui sont des sols insensibles à l'eau.

Le premier sous-sol, regroupant les fouilles F1 et F2, contient des matériaux de classe D1.

Tandis que le second sous-sol qui donne sur les fouilles F3 à F6 est fondé sur des matériaux de classe D2.

Ils s'agissent respectivement de sables alluvionnaires et de graves alluvionnaires siliceuses. Ces matériaux sont réutilisables en remblais sans traitement et en toutes conditions hydriques et météorologiques.

## 5.3. Agressivité du sol vis-à-vis du béton

Deux prélèvements de sol entre 0,5 et 1,3 m de profondeur par rapport au niveau bas du sous-sol R-2 ont été effectués afin de caractériser l'agressivité des sols vis-à-vis des bétons.

Le bâtiment disposant de deux sous-sols distincts, chaque prélèvement a été réalisé sur deux fouilles de chaque sous-sol.

Les mesures chimiques sur ces prélèvements, en vue de leur caractérisation d'agressivité sur le béton de fondation, ont été faites conformément à la norme française homologuée NF EN 206-1 d'avril 2004 et de son annexe nationale française, ainsi qu'au document normatif P18-011 de juin 1982, à statut de fascicule de documentation qui :

- Définissent des environnements agressifs les plus courants,

- Donnent diverses recommandations et les mesures préventives vis-à-vis de la durabilité des bétons.

Le document normatif P18-011 est utilisé pour aider au choix des ciments et des additions dans le cas d'environnements chimiquement agressifs, c'est-à-dire aux classes d'exposition « XA » au sens de la norme NF EN 206.

Caractéristique chimique	Méthode d'essai de référence	XA1	XA2	XA3
Mg <sup>2+</sup> , en mg/l	ISO 7980	≥ 300 et ≤ 1 000	> 1 000 et ≤ 3 000	> 3 000 jusqu'à saturation
Sol				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>a)</sup> total	EN 196-2 <sup>b)</sup>	≥ 2 000 et ≤ 3 000 <sup>c)</sup>	> 3 000 <sup>c)</sup> et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Acidité ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	
<i>a) Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10<sup>-5</sup> m/s peuvent être classés dans une classe inférieure.</i>				
<i>b) La méthode d'essai prescrit l'extraction du SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 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.</i>				
<i>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.</i>				

Figure 14 : Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels – Source : NF EN 206

Le tableau suivant récapitule les résultats des mesures d'agressivité des sols.

Tableau 3 : Résultats des essais d'agressivité des sols

Sondage	Profondeur	Horizon	SO4	Acidité	Classe retenue
-	m / base SS	-	mg/kg	ml/kg	-
F1 F2	0,9 à 1,0 1,2 à 1,3	Alluvions indifférenciés	< 450	< 5	< XA1
F4 + F6	0,5 à 0,7	Alluvions indifférenciés	< 450	< 5	< XA1

On retiendra une classe d'agressivité des sols **inférieure au seuil de la classe XA1**, toutefois, on retiendra que **la lentille marneuse rencontrée dans la fouille F2 n'a pas été testée et serait susceptible de présenter une classe d'agressivité plus haute.**

Il convient aussi de signaler que les couches sous-jacentes n'ont pas été testées, et dans l'éventualité où des reprises sous fondations par des micropieux auraient lieu, ces couches pourraient présenter une classe d'agressivité plus élevée.

## 5.4. Résultats des essais au pénétromètre dynamique léger

6 essais au pénétromètre dynamique léger (PDL) ont été réalisés, conformément à la norme NF X 94-063, au droit du 2<sup>ème</sup> niveau de sous-sol de cet immeuble.

Ces essais ont été réalisés à partir de 0,5 m de profondeur à partir de la dalle basse et jusqu'au refus à environ 1,0 m de profondeur.

Cet horizon correspond aux Alluvions indifférenciées reconnus dans les fouilles manuelles en référence au modèle lithologique au §5.1



Les résultats des essais sont présentés en **Annexe V**. Le tableau ci-après synthétise les paramètres de résistance dynamique mesurés sur l'ensemble des essais.

**Tableau 4 : Résistance dynamique apparente  $Q_d$  dans les Alluvions indifférenciées**

Profondeur de la base (m/TN)	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6
	$Q_d$ (MPa)					
0,5	-	-	2,6	1,9	5,2	4,6
0,6	4,9	2,1	3,4	2,2	5,1	6,2
0,7	14	13	18	24	18	21
0,8	23	19	25	28	30	30
0,9	24	23	Refus	30	Refus	Refus
1,0	22	22	-	Refus	-	-
1,1	Refus	Refus				

## 5.5. Reconnaissances de fondations

La reconnaissance des fondations a pour principal objectif de définir le système de fondation existant, la géométrie des massifs et les terrains d'ancrage.

**6 fouilles** ont été réalisées au droit du bâtiment, dont les descriptions détaillées sont reportées dans les paragraphes suivants.

Les fouilles ont été toutes réalisées depuis le sous-sol au R-2 du bâtiment, à partir d'une arase supérieure de dallage considérée à environ **29,5 m NGF**.

L'accès aux fouilles est réparti sur deux sous-sols indépendants.

Du côté Boulevard Sébastopol, le sous-sol permet l'accès aux fouilles F3 à F6, tandis que les fouilles F1 et F2 sont accessibles du côté rue de Quincampoix.

### 5.5.1. Fouille F1

- **Localisation**

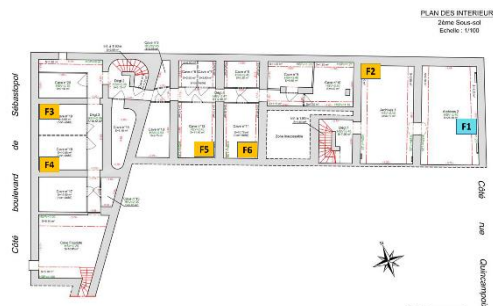


Figure 15 : Rappel de localisation de la fouille F1

- **Type de structure**

La fouille a mis en évidence une fondation superficielle composée d'une semelle en béton de 15 cm de débord et d'environ 40 cm d'épaisseur, au droit du mur mitoyen du côté rue Quincampoix. La composition de la semelle semble modifiée sur les 20 derniers centimètres où l'aspect du béton semble différent (davantage friable). Cette fondation est ancrée à une profondeur de 0,75 m par rapport au niveau bas du sous-sol, soit une cote d'ancrage à environ **28,75 m NGF**.

- **Formations traversées**

Les terrains superficiels jusqu'à 1,0 m de profondeur par rapport au niveau bas du sous-sol ont pu être observés. Le terrain de couverture de la semelle consistait d'un terrain sableux à galets siliceux ou calcaires. Le sol d'assise de la fondation correspond à une formation de sable fin légèrement humide, confirmant un ancrage dans l'horizon des **Alluvions indifférenciées**.

Aucune venue d'eau n'a été rencontrée dans la fouille.

- **Coupe des fondations**

La photographie et la coupe schématisée de la fouille sont présentées ci-dessous :



Photo 3 : Fouille 1 - Vue du dessus

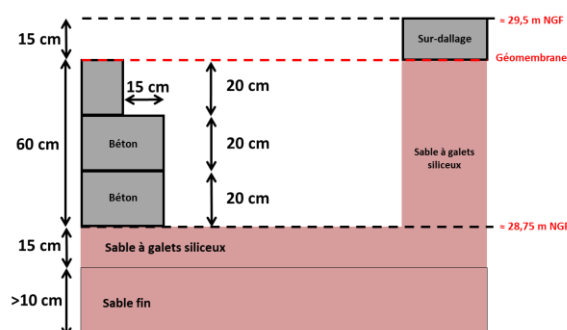


Figure 16 : Coupe schématisée de la fouille 1

## 5.5.2. Fouille F2

- Localisation

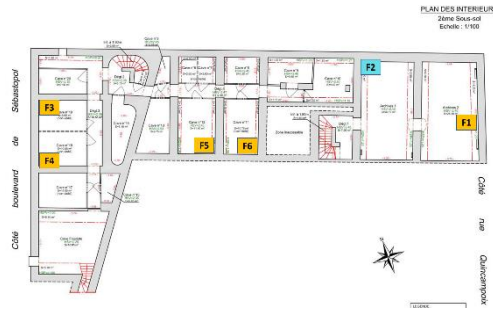


Figure 17 : Rappel de localisation de la fouille F2

- Type de structure

La fouille a mis en évidence une fondation superficielle composée d'une semelle en béton de 1 m de débord et d'environ 60 cm d'épaisseur. Cette fondation est ancrée à une profondeur de 0,7 m par rapport au niveau bas du 2<sup>ème</sup> sous-sol, soit un ancrage à environ 28,8 m NGF.

- Formations traversées

De 28,8 à 28,5 m NGF, on retrouve un sable-argileux assez humide et plastique avec des éléments calcaires. Une couche de marne friable crème blanchâtre est ensuite reconnue sur 0,15 m, au-dessus d'une couche plus sableuse, caractéristique des **Alluvions indifférenciées**.

- Coupe des fondations

La photographie commentée et la coupe schématisée de la fouille sont présentées ci-dessous :



Photo 4 : Fouille 2 - Vue du dessus

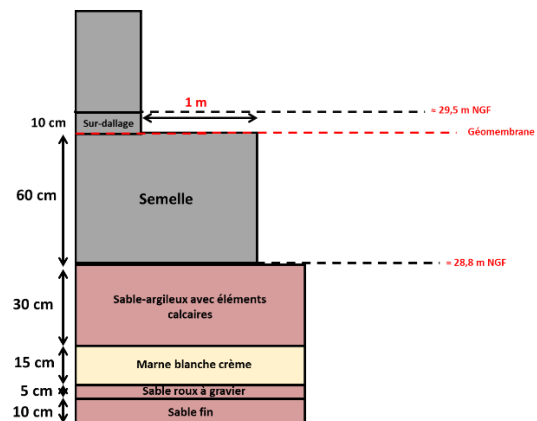


Figure 18 : Coupe schématisée de la fouille 2

La fondation reconnue au droit de cette fouille est ancrée à une cote de 28,8 m NGF.



### 5.5.3. Fouille F3

- **Localisation**

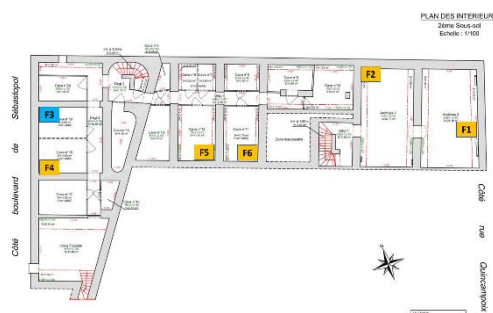


Figure 19 : Rappel de localisation de la fouille F3

- **Type de structure :**

La fouille a mis en évidence une fondation superficielle composée d'une semelle en béton de 40 cm de débord et d'environ 40 cm d'épaisseur. Cette fondation est ancrée à une profondeur de 0,5 m par rapport au plancher bas du 2<sup>ème</sup> sous-sol, soit une cote d'ancrage à environ 29,0 m NGF.

- **Formations traversées :**

Au droit de cette fouille, les terrains successivement observés sont :

- De 0 à 0,1 m : Couche de forme, potentiellement une frange altérée de la dalle du sous-sol, à base de mortier de chaux et de graviers et galets.
- De 0,1 à 0,5 m : La dalle du sous-sol est jointive à la semelle. Epaisse de 40 cm environ (aucune distinction au niveau de la base de celle-ci), d'une formulation à base de mortier de chaux et de graviers.
- A partir de 0,5 m/TN : Horizon sablo-argileux roux jaunâtre à passées beige verdâtre et à éléments calcaires et silex centimétriques, caractéristique des Alluvions indifférenciées.

- **Coupe des fondations**

La photographie commentée et la coupe schématisée de la fouille sont présentées ci-dessous :



Photo 5 : Fouille 3 - Vue du dessus

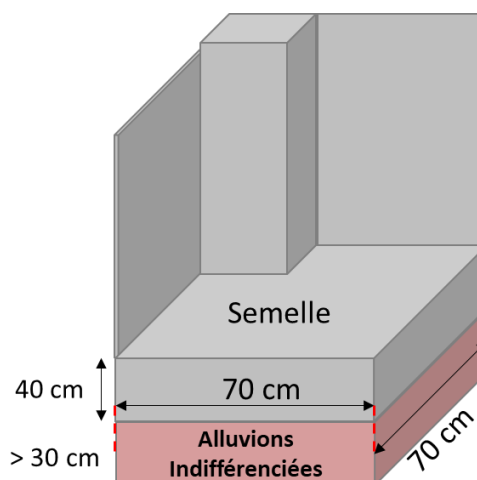
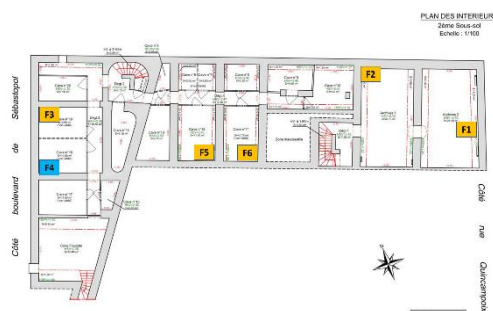


Figure 20 : Coupe schématisée de la fouille 3

#### 5.5.4. Fouille F4

- **Localisation**



**Figure 21 : Rappel de localisation de la fouille F4**

- **Type de structure :**

La fouille a mis en évidence une fondation superficielle composée d'une semelle en béton d'environ 40 cm d'épaisseur, au droit du sous-sol R-2 du bâtiment. Cette fondation est ancrée à **une cote d'environ 29,1 m NGF**.

- **Formations traversées :**

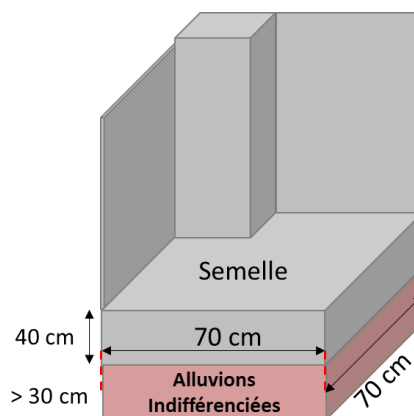
Sous le béton de la semelle, une formation sablo-argileuse riche en gravier et galets, roux jaunâtre, à alternances de passées plus argileuses et graveleuse, a pu être observée, caractéristique des **Alluvions indifférenciées**.

- **Coupe des fondations**

La photographie commentée et la coupe schématisée de la fouille sont présentées ci-dessous :



**Photo 6 : Fouille 4 - Vue du dessus**



**Figure 22 : Coupe schématisée de la fouille 4**

Par homogénéisation avec la fouille F3 qui lui est directement lié par le même chaînage, la fondation reconnue au droit de cette fouille est supposée ancrée à une cote de 29,0 m NGF.

### 5.5.5. Fouille F5

- **Localisation**

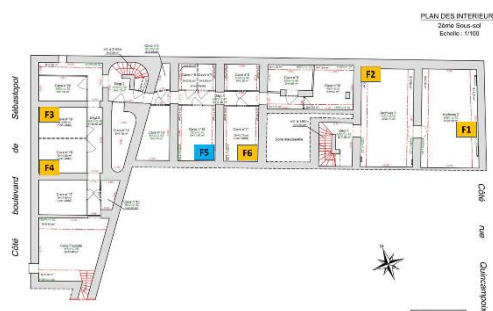


Figure 23 : Rappel de localisation de la fouille F5

- **Type de structure :**

La fouille a mis en évidence une fondation superficielle composée d'une semelle en béton de 40 cm d'épaisseur, et qui couvre toute la largeur/longueur de la fouille au droit du sous-sol R-2 du bâtiment. Cette fondation est ancrée à une cote d'environ 29,1 m NGF.

- **Formations traversées :**

Sous le béton de la semelle, une formation sablo-argileuse à graviers et galets, roux-jaunâtre et sèche a pu être observée, caractéristique des **Alluvions indifférenciées**.

- **Coupe des fondations**

La photographie commentée et la coupe schématisée de la fouille sont présentées ci-dessous :



Photo 7 : Fouille 5 - Vue du dessus

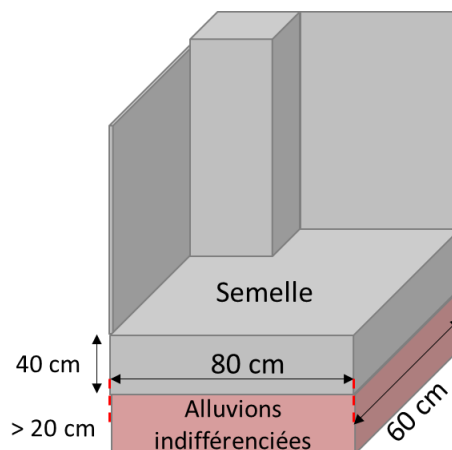
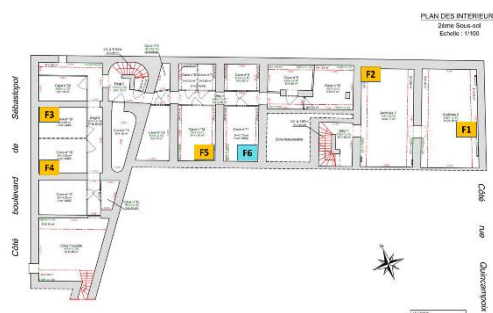


Figure 24 : Coupe schématisée de la fouille 5

La fondation reconnue au droit de cette fouille est supposée ancrée à une cote de 29,1 m NGF.

### 5.5.6. Fouille F6

- **Localisation**



**Figure 25 : Rappel de localisation de la fouille F6**

- **Type de structure :**

La fouille a mis en évidence une fondation superficielle composée d'une semelle en béton de 40 cm d'épaisseur, et qui couvre potentiellement l'entièreté du sous-sol R-2 du bâtiment. Cette fondation est ancrée à une cote d'**environ 29,1 m NGF**.

- **Formations traversées :**

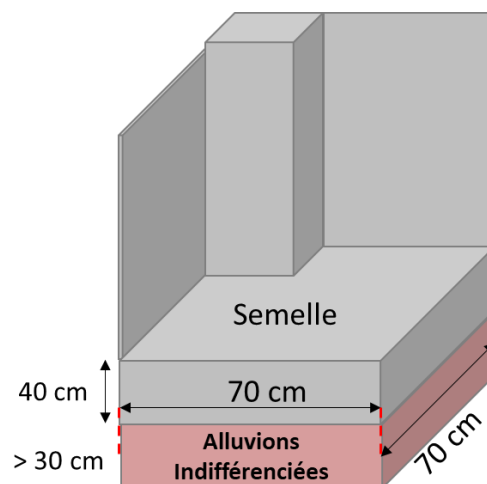
Sous le béton de la semelle, une formation de sable fin riche en gravier et galets, roux jaunâtre a pu être observée, caractéristique des **Alluvions indifférenciées**.

- **Coupe des fondations**

La photographie commentée et la coupe schématisée de la fouille sont présentées ci-dessous :



**Photo 8 : Fouille 6 - Vue du dessus**



**Figure 26 : Coupe schématique de la fouille 6**



## 6. Estimation de la capacité portante de l'horizon d'ancrage

### 6.1.1. Références normatives

La vérification de la capacité portante et de la stabilité des fondations sont menés à partir du modèle géotechnique de synthèse retenu pour ce projet, et conformément à la norme NF P94-261 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'EUROCODE 7 – Fondations superficielles).

En particulier, on appliquera la méthode de détermination de la contrainte  $q_{net}$  à partir de la résistance en pointe au pénétromètre statique (Annexe E de la norme NF P94-261), par corrélation avec la résistance en pointe au pénétromètre dynamique.

### 6.1.2. Résistance nette du terrain et contraintes de calcul

D'après l'Eurocode 7, seules les résistances de pointe du pénétromètre statique peuvent fournir les paramètres mécaniques nécessaires pour le calcul de la portance par les formules pénétrométriques.

Ainsi, il sera fait usage de la corrélation développée dans l'article scientifique ci-dessous pour obtenir la résistance en pointe au pénétromètre statique ( $q_c$ ) à partir des résistances dynamiques ( $q_d$ ).

- Miguel Angel BENZ, Pierre BREUL et Philippe MOUSTAN « Corrélation entre l'essai de pénétration statique et le pénétromètre dynamique à énergie variable. » JNGG – Lyon 2020.

La corrélation suivante a été utilisée pour établir cette conversion :

$$q_c = 1.008q_d - 0.21$$

Le tableau suivant récapitule les résistances de pointe au pénétromètre statique sur les 6 sondages, déduite de la corrélation ci-dessus.

Tableau 5 : Résistance statique  $q_c$  dans les Alluvions indifférenciées

Profondeur de la base (m/TN)	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6
	$q_c$ (MPa)					
0,5	-	-	2,4	1,7	5,0	4,4
0,6	4,7	1,9	3,2	2,0	4,9	6,0
0,7	13,9	12,9	17,9	24,0	17,9	21,0
0,8	23,0	18,9	>25,0	>28,0	>30,0	>30,0
0,9	24,0	23,0	-	>30,0	-	-
1	>22,0	>22,0	-	-	-	-

D'après l'Eurocode 7, la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation, calculée selon la méthode pénétrométrique (Annexes E de la norme NF P 94-261), s'écrit :

$$q_{net} = k_c \cdot q_{ce} \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

**Avec :**

$i_\delta$  est le coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement ; dans l'absence de descente de charges détaillée nous avons pris  $I_\delta = 1$

$i_\beta$  est le coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente  $\beta$  ; l'immeuble n'est pas situé à proximité d'un talus donc  $I_\beta = 1$  ;

$k_c$  est le facteur de portance pénétrométrique ;

$q_{ce}$  est la résistance de pointe équivalente ;

$$q_{ce} = \frac{1}{h_r} \int_D^{D+h_r} q_{cc}(z) dz$$

Et

$$k_{c \frac{B}{L}} = k_{c0} + \left( a + b \frac{D_e}{B} \right) \left( 1 - e^{-\frac{D_e}{B}} \right)$$

Les valeurs numériques des paramètres a, b et c sont présentées dans le tableau E.2.3 de la norme NF 94-261 présenté ci-dessous.

**Tableau 6 : Facteur de portance pénétrométrique  $k_c$**

Catégorie de sol – Courbe de variation du facteur de portance		Expression de $k_c$			
		a	b	c	$k_{c0}$
Argiles et limons	Semelle filante – Q1	0,07	0,007	1,3	0.27
	Semelle carrée – Q2	0,1	0,007	1,5	0.27
Sables et graves	Semelle filante – Q3	0,04	0,006	2	0.09
	Semelle carrée – Q4	0,03	0,02	5	0.09
Craies	Semelle filante – Q5	0,04	0,03	3	0.11
	Semelle carrée – Q6	0,05	0,04	3	0.11
Marnes et marno-calcaires	Semelle filante – Q5	0,04	0,03	3	0.11
Roches altérées	Semelle carrée – Q6	0,05	0,04	3	0.11

Pour les alluvions indifférenciées, de nature sablo-graveleuse, de manière sécuritaire, il sera pris :  $k_c = k_{c0} = 0,09$ .

$q_{ce}$  sera défini comme la moyenne géométrique de l'ensemble des valeurs mesurées, on a ainsi :  $q_{ce} = 10,9 \text{ MPa}$

Soit  $q_{net} = 980 \text{ kPa}$

Les contraintes maximales admissibles du sol sont données par la formule suivante :

$$\sigma_{\text{ELU}} = \frac{q_{\text{net}}}{1,2 * 1,4}$$

$$\sigma_{\text{ELS}} = \frac{q_{\text{net}}}{1,2 * 2,3}$$

Les contraintes de calcul aux états-limites peuvent être déduites pour le sol d'assise des fondations :

Aux ELS :  $\sigma_{\text{ELS}} \approx \mathbf{355 \text{ kPa}}$

Aux ELU :  $\sigma_{\text{ELU}} = \mathbf{580 \text{ kPa}}$



## 7. Contexte hydrologique et hydrogéologique

### 7.1. Cadre hydrographique

#### 7.1.1. Cadre général

Les cotes de crues et les débits disponibles au niveau du pont de la Tournelle, dont les niveaux sont équivalents à ceux de pont Marie, situé à environ 1 km du site sont fournis dans le tableau ci-après :

**Tableau 7 : Crues significatives de la Seine au niveau du Pont de la Tournelle**

Période considérée	Réurrence	Débit estimé (m <sup>3</sup> /s)	Cote (m NVP)	Cote (m NGF)	Amplitude (m)
Retenue Normale (RN)	-	-	26,39	26,72	0
Plus Hautes Eaux Navigables (PHEN)	-	# 1 250	29,66	29,99	3,27
Crue mars 1970	# 10 ans	# 1 632	31,14	31,47	4,75
Crue mars-avril 1978	# 10 ans	# 1 650	31,18	31,51	4,79
Crue décembre-Janvier 1982	# 10 ans	# 1 650	31,68	32,01	5,29
Crue janvier 1955	# 50 ans	# 2 085	32,58	32,91	6,19
Crue janvier 1924	>50 ans	# 2 140	32,79	33,12	6,4
Crue janvier 1910	# 100 ans	# 2 560	34,1	34,43	7,71

#### 7.1.2. Le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) de la Seine

La commune de Paris est concernée par le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) de la Seine. Le zonage réglementaire délimite quatre zones :

- Zones bleu sombre (incluse et hors aléas), correspondant aux zones urbanisées potentiellement submersible par plus d'un mètre d'eau,
- Zones bleu clair (incluse et hors aléas), correspondant aux zones urbanisées potentiellement submersible par au plus un mètre d'eau,
- Zone rouge correspondant à la zone d'écoulement principal de la Seine en période de crues
- Zone verte correspondant aux zones d'expansion de la crue.

Le site du projet est exclu de tout zonage réglementaire, mais inclus dans une zone où la cote casier a été définie à +34,20 m NGF (soit +33,87 m NVP).

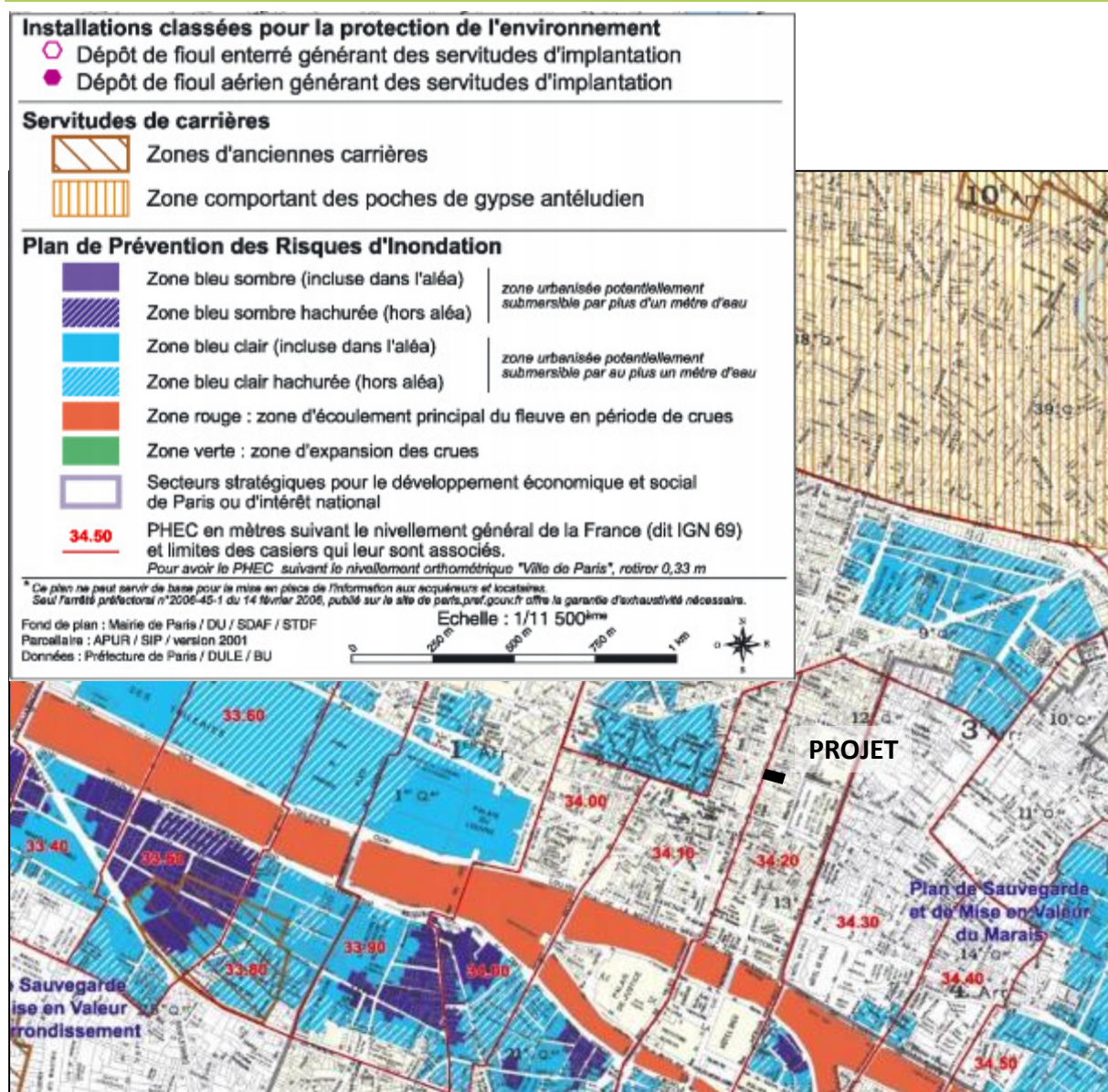


Figure 27 : Extrait de la carte des servitudes du PLU de la ville de Paris

## 7.2. Les nappes en présence

Parmi la succession des formations géologiques décrites précédemment, plusieurs horizons géologiques sont aquifères, on distinguera ainsi :

- L'aquifère libre des alluvions qui concerne directement le projet ;
- La nappe captive (voire semi-captive) du Lutétien, s'établissant dans la formation des Marnes et Caillasses (MC) et du Calcaire grossier (CG) ;

Seules ces deux premières nappes intéressent le projet.

Sous ses deux premières nappes, plus en profondeur, se développe la nappe captive de l'Yprésien contenue dans les sables du Soissonnais (SS).

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 importante au sein des remblais et ou des alluvions modernes (si elles existent).

### 7.3. Paramètres hydrodynamiques

Selon les données collectées, aucun essai d'eau n'a été réalisé sur site. Ainsi, les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe ne sont pas connues au niveau du projet.

Le tableau ci-après fourni les caractéristiques bibliographiques des diverses formations rencontrées :

**Tableau 8 : Perméabilité des divers horizons en présence (source : A. Lamé)**

Formation	Perméabilité médiane (m/s)	Perméabilité moyenne (m/s)	Perméabilité minimum (m/s)	Perméabilité maximum (m/s)	Nombre de mesures
Alluvions anciennes	$1,6.10^{-7}$	$1,3.10^{-3}$	$3.10^{-7}$	$7.10^{-2}$	92
Marnes et Caillasses	$3,1.10^{-5}$	$8,2.10^{-5}$	$1,6.10^{-7}$	$6,1.10^{-4}$	122
Calcaire Grossier	$3,5.10^{-5}$	$8,5.10^{-5}$	$4,5.10^{-7}$	$8,2.10^{-4}$	204
Calcaire Grossier (partie basale)	$3.10^{-7}$	$3,8.10^{-7}$	$1.10^{-8}$	$9,6.10^{-7}$	33

D'après nos connaissances et des essais réalisés sur des chantiers à proximité, la perméabilité des terrains serait proche de :

- De  $1,5.10^{-3}$  m/s pour les alluvions anciennes ;
- De  $1.10^{-4}$  m/s pour la base des marnes et caillasses et le calcaire grossier.

### 7.4. Piézométrie et sens d'écoulement

Le secteur du projet a été largement étudié en raison notamment du rabattement de nappe nécessaire à l'exploitation/création des lignes de transport (RER, métro) et de parkings souterrains notamment. Plusieurs cartes piézométriques existent au niveau du projet.

#### 7.4.1. L'esquisse piézométrique de Delesse de 1862

Cette carte correspond à la piézométrie de référence de la nappe phréatique de l'agglomération parisienne avant le développement de la première révolution industrielle de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Cette carte piézométrique correspond à l'état initial (non influencé par des pompages) de la nappe phréatique.

La carte présentée sur la figure ci-après montre :

- Niveau d'eau situé vers +29,8 m Bourlalouë (soit environ +29,1 m NVP ou +29,5 m NGF) ;
- Un sens d'écoulement global du nord-est vers le sud-ouest (en direction de la Seine) ;
- Un gradient variable, de l'ordre de 1‰.



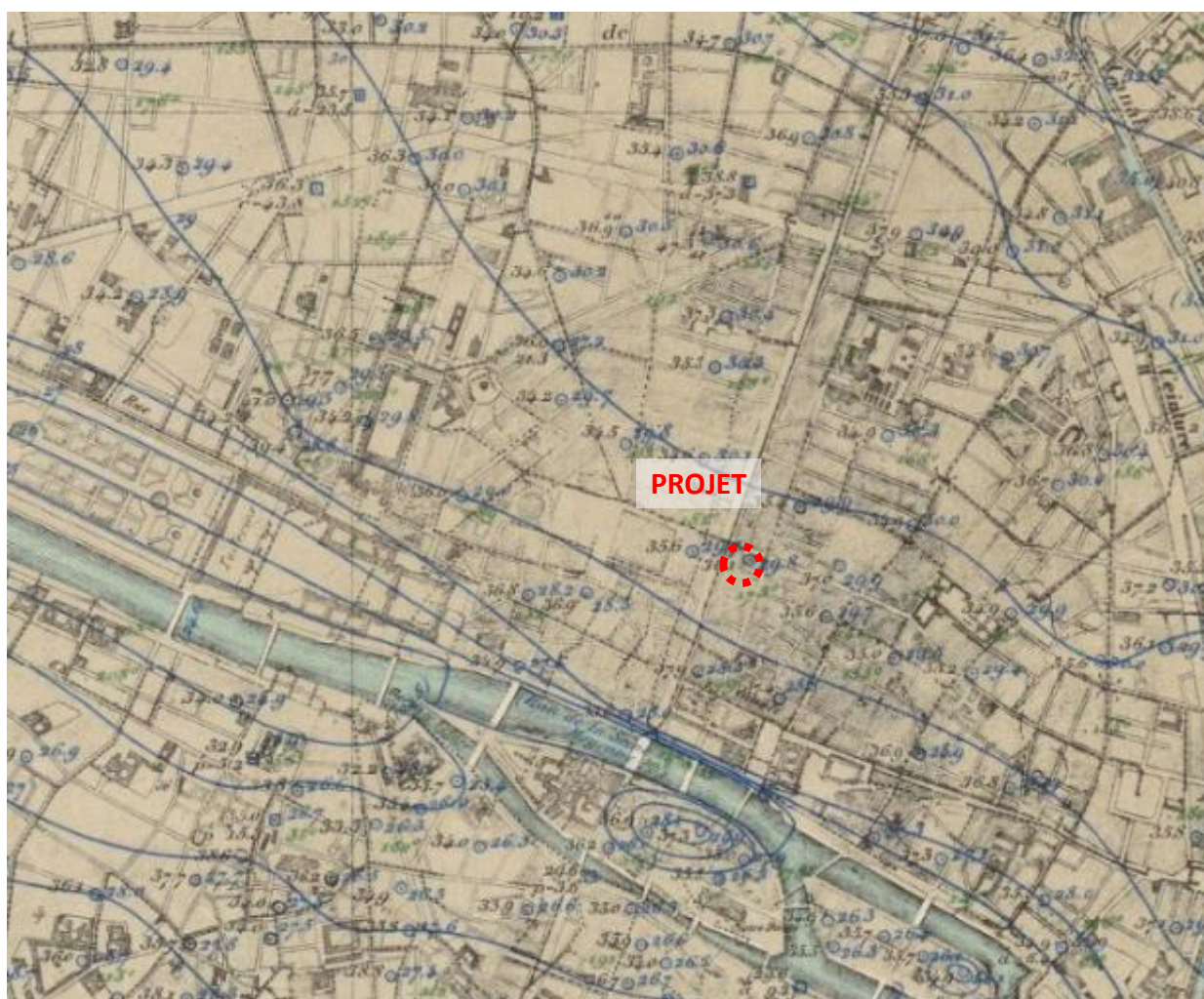


Figure 28 : Extrait de la carte piézométrique de Delesse (1862)

#### 7.4.2. L'esquisse piézométrique Diffre de 1965

Cette carte piézométrique de 1965, reprise dans l'atlas hydrogéologique de Paris de 1970, donne peu d'indications au droit du projet, si ce n'est que le niveau de nappe est inférieur à +23 m NGF (+22,7 m NVP).

Le niveau est largement plus bas que le niveau de nappe en 1862 indiqué par Delesse en raison des pompages en fonctionnement dans le secteur Opéra-Saint-Lazare. Une dépression piézométrique importante (de près de 15 m) s'est alors formée, réalimentée par le nord depuis la butte de Montmartre et par le sud depuis la Seine.

Le sens d'écoulement de la nappe phréatique a été notablement modifié au droit du site puisqu'il s'effectuait du sud-est vers le nord-ouest avec un gradient de l'ordre de 1,5‰.



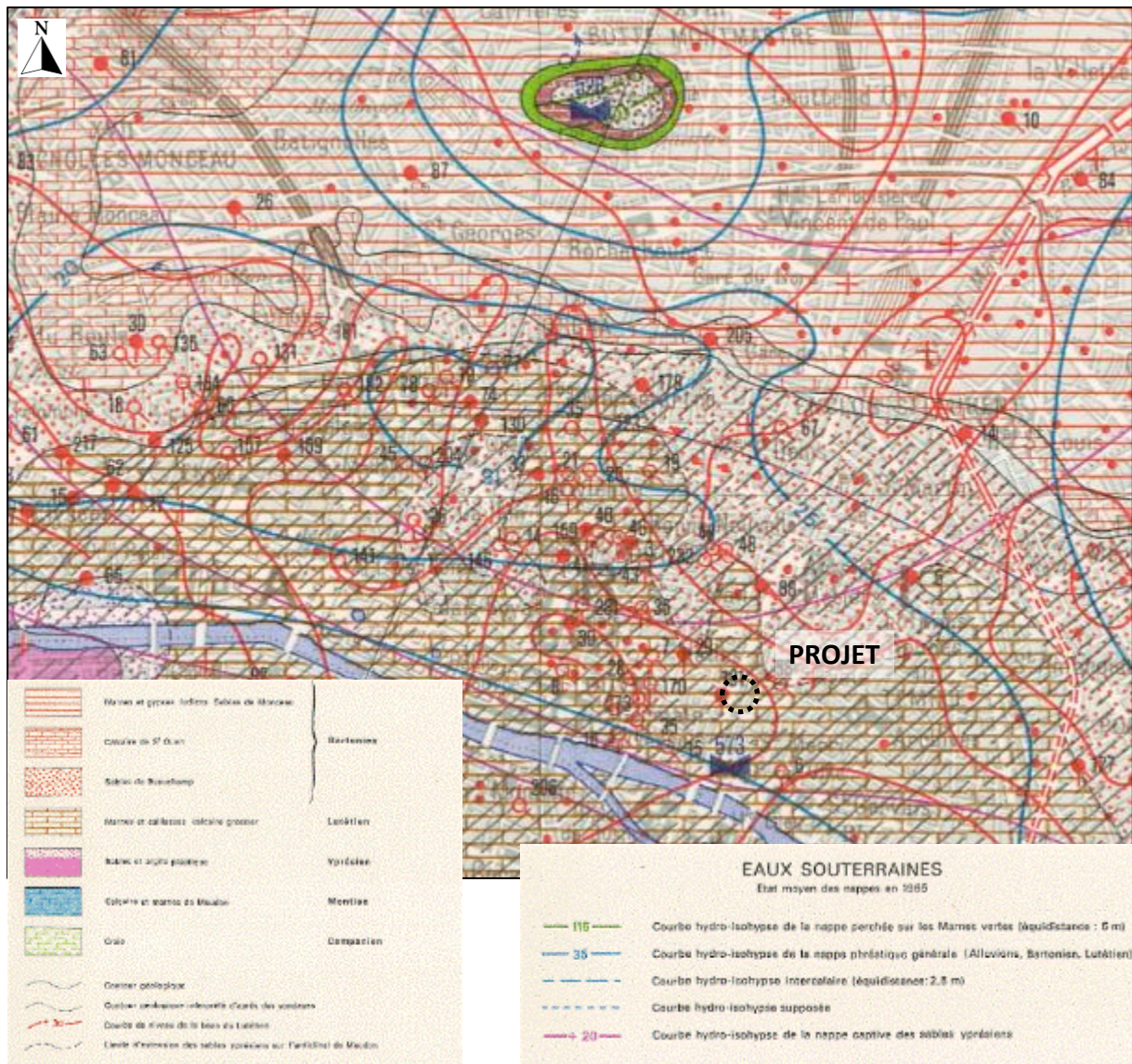


Figure 29 : Extrait de la carte hydrogéologique de Paris au 1/50 000° (source : BRGM)



### 7.4.3. Carte piézométrique de 1982

La carte piézométrique établie en 1982 par Colin, met en évidence l'influence des prélèvements d'eau sur le niveau de la première nappe rencontrée en rive droite de la Seine. Elle présente un cône de rabattement important situé entre les 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> arrondissements avec une cote piézométrique minimum de +19 m NGF (+18,7 m NVP).

D'après cette carte, au niveau du projet, l'écoulement de la nappe se fait vers le nord-ouest avec un gradient qui avoisine 1%. Le niveau piézométrique se situe vers + 20 m NGF (+19,7 m NVP). Le niveau a baissé depuis 1965, avec la mise en place des rabattements évoqués ci-dessus.

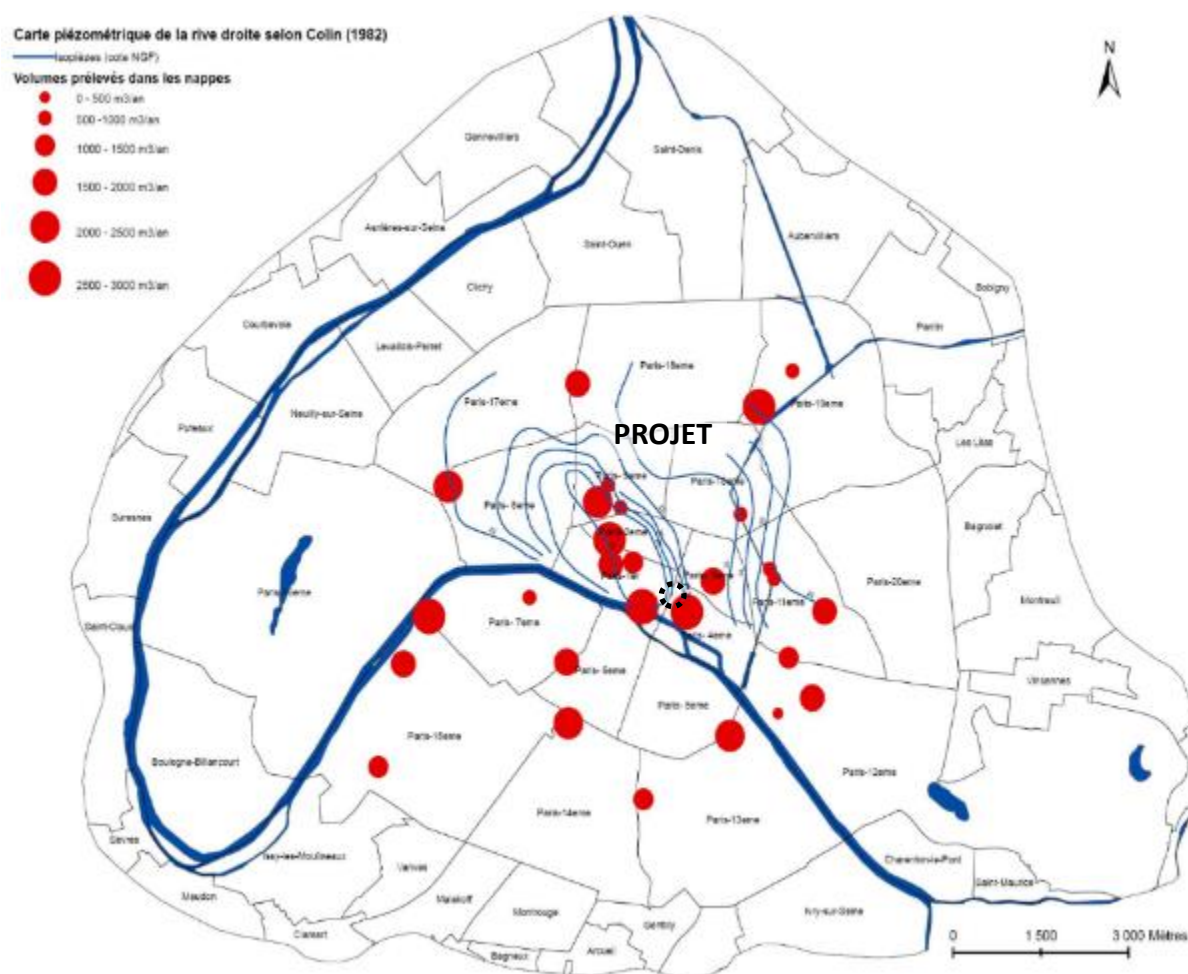


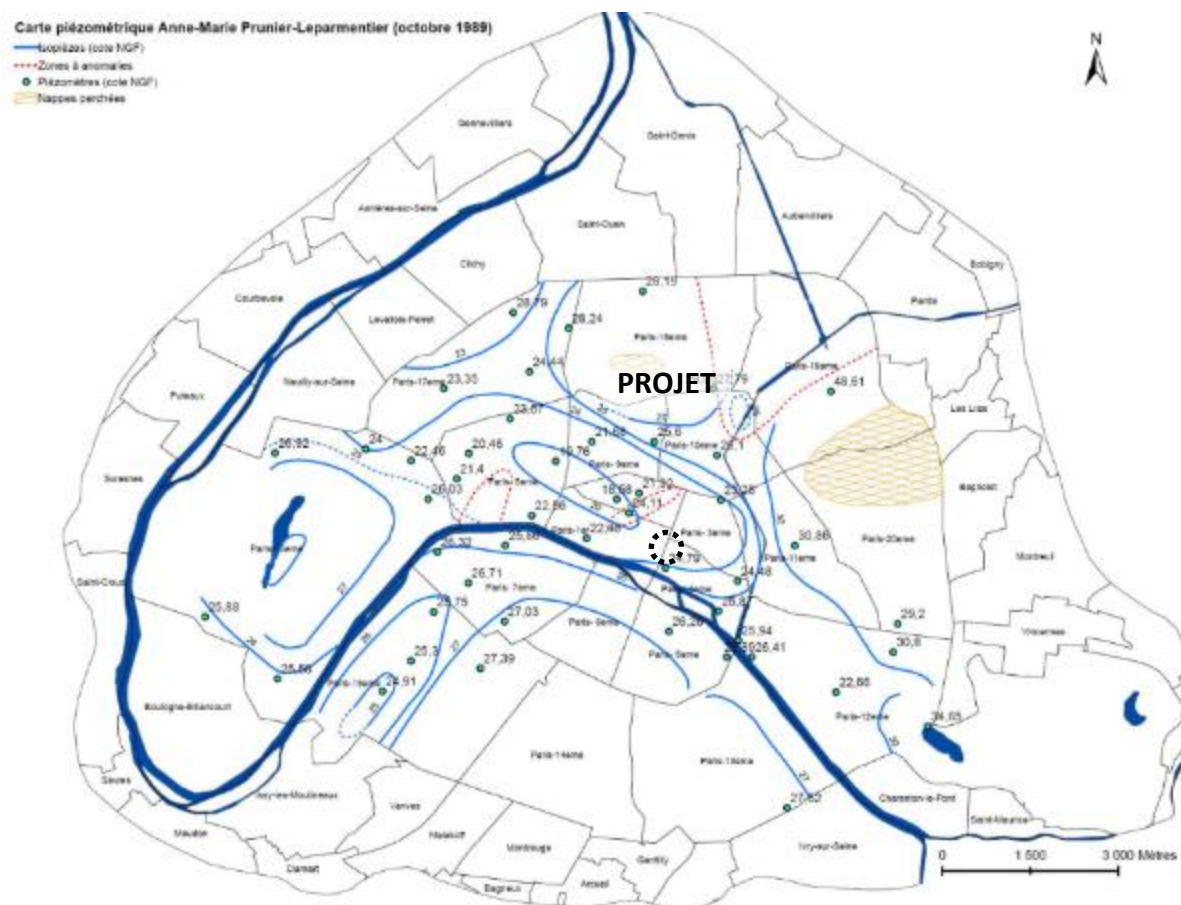
Figure 30 : Carte piézométrique en 1982 associée aux pompages (source : Colin, A. Lamé)

### 7.4.4. Carte piézométrique de 1989

En 1989, Anne-Marie Prunier-Leparmentier réalisa une carte piézométrique de Paris montrant trois zones de recharge des nappes (au niveau du Bois de Boulogne, de la Butte de Belleville et du 14<sup>e</sup> arrondissement).

Deux dépressions piézométriques sont visibles. La première se trouve en bordure de Seine dans le 15<sup>e</sup> arrondissement et la seconde, bien plus importante englobe les quatre premiers arrondissements ainsi que le 8<sup>e</sup> et le 9<sup>e</sup>.

D'après cette carte, au niveau du projet, l'écoulement de la nappe se fait vers le nord-ouest avec un gradient de 6‰. Le niveau piézométrique se situe vers + 24 m NGF (+23,7 m NVP).



#### 7.4.5. Cartes piézométriques de Lamé de 2010

En complément de ces données, il existe des cartes piézométriques réalisées dans le cadre de la thèse Lamé<sup>1</sup>.

La carte réalisée pour la nappe des alluvions anciennes indique que cette dernière est largement dénoyée au niveau du projet.

La carte de la nappe du Lutétien présentée sur la figure ci-après montre :

- Niveau d'eau situé vers +20,5 m NGF (soit environ +20,2 m NVP) ;
- Un sens d'écoulement global vers le nord-ouest (en direction de la dépression piézométrique) ;
- Un gradient variable, de l'ordre de 7‰.

Ce niveau est proche de la piézométrie de 1982 et montre également une remontée des niveaux de la nappe phréatique depuis la piézométrie de Diffre en 1965.

Le sens d'écoulement se fait également vers le nord-ouest en direction de la dépression piézométrique liée aux pompages de rabattement présents au droit des Halles et du secteur Opéra-Saint-Lazare.

---

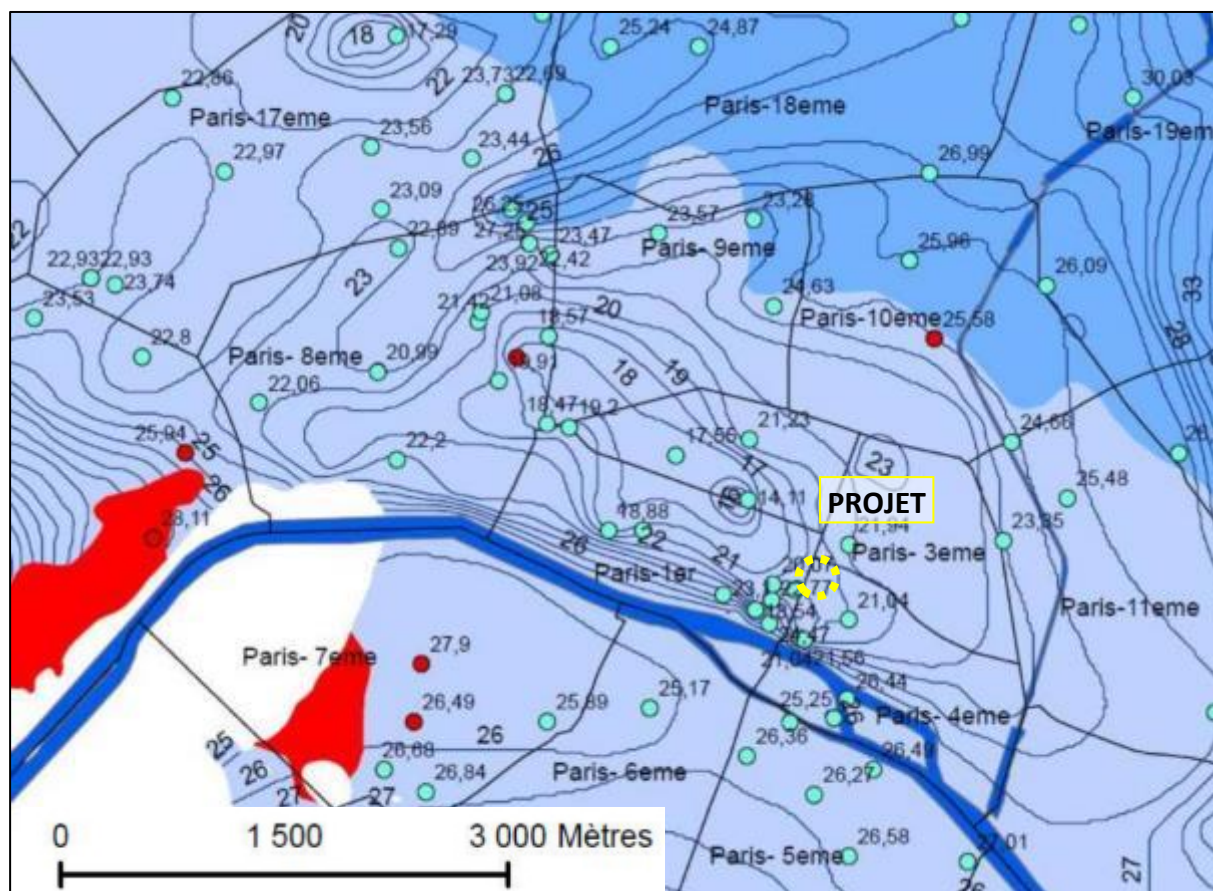


Figure 32 : Piézométrie du Lutétien (Source : A. Lamé)

#### 7.4.6. Conclusion

A la suite de la création de nombreux prélèvements sur les nappes d'eau souterraines du Lutétien pour permettre la mise en œuvre d'infrastructures souterraines (RER, métro, parking), une dépression piézométrique importante s'est formée dans le secteur du projet. Le niveau, le gradient et le sens d'écoulement de la nappe phréatique en ont été notablement modifiés depuis la carte de 1862.

A partir des années 80, les prélèvements se sont stabilisés ce qui a permis un certain équilibre des niveaux d'eau. D'après la carte piézométrique de 2010 de Lamé, au niveau du projet, la nappe phréatique (« niveaux moyens ») se situait vers +20,5 m NGF et s'écoulait en direction de la dépression piézométrique selon une direction générale SE-NW.

La différence de niveau statique entre les cartes piézométriques de Delesse (1862) et de Lamé (2010) est voisine de 9 mètres.

**Par conséquent, le secteur du projet pourrait être sensible à une remontée du niveau de la nappe phréatique en raison de la diminution des prélèvements.**



#### 7.4.7. Mesures au niveau du site

Les reconnaissances réalisées sur site n'ont pas donné lieu à la pose de piézomètres et aucune mesure historique n'a été transmise.

**Les fouilles de reconnaissances de fondations n'ont pas donné lieu à des venues d'eaux particulières (reconnaisances à 1m sous le radier environ, soit +28.5 mNGF), les terrains d'ancrage étaient légèrement humides.**

#### 7.4.8. Rabattement de nappe lié à la prolongation du RER E vers l'ouest

Antea Group est intervenu dans le cadre de la prolongation du RER E vers l'Ouest. Dans ce cadre, une surveillance des niveaux d'eau et de la qualité de la nappe a été réalisée pour le compte de SNCF Réseau, Maître d'Ouvrage de l'opération.

Le projet est situé en bordure du secteur impacté par le rabattement réalisé pour la prolongation du RER E vers l'Ouest entre le 21/03/2018 et le 07/01/2022 sur le secteur Saint Lazare (Figure 33).

Le réseau piézométrique de l'Inspection Générale des Carrières notamment a été utilisé pour permettre la surveillance réglementaire demandée lors des opérations de rabattement de nappe. Un ouvrage captant les Marnes et Caillasses du Lutétien (IGC191) est situé à 250 m au nord-est du projet.

Le suivi du piézomètre IGC191 montre que la nappe du Lutétien est très faiblement influencée par les variations saisonnières et les crues de Seine du fait du rabattement en place au niveau de la gare de Chatelet les Halles et certainement lié aux tracés des lignes de métro/RER. La mesure réalisée en janvier 2018, lors de la crue de Seine considérée comme décennale montre toutefois une augmentation du niveau d'eau d'environ 1 m (Figure 34). Toutefois, la mesure piézométrique ayant été faite le 23/01/18 alors que le pic de crue a été enregistré le 29/01/18, elle n'est pas représentative du maximum de propagation de l'onde de crue.



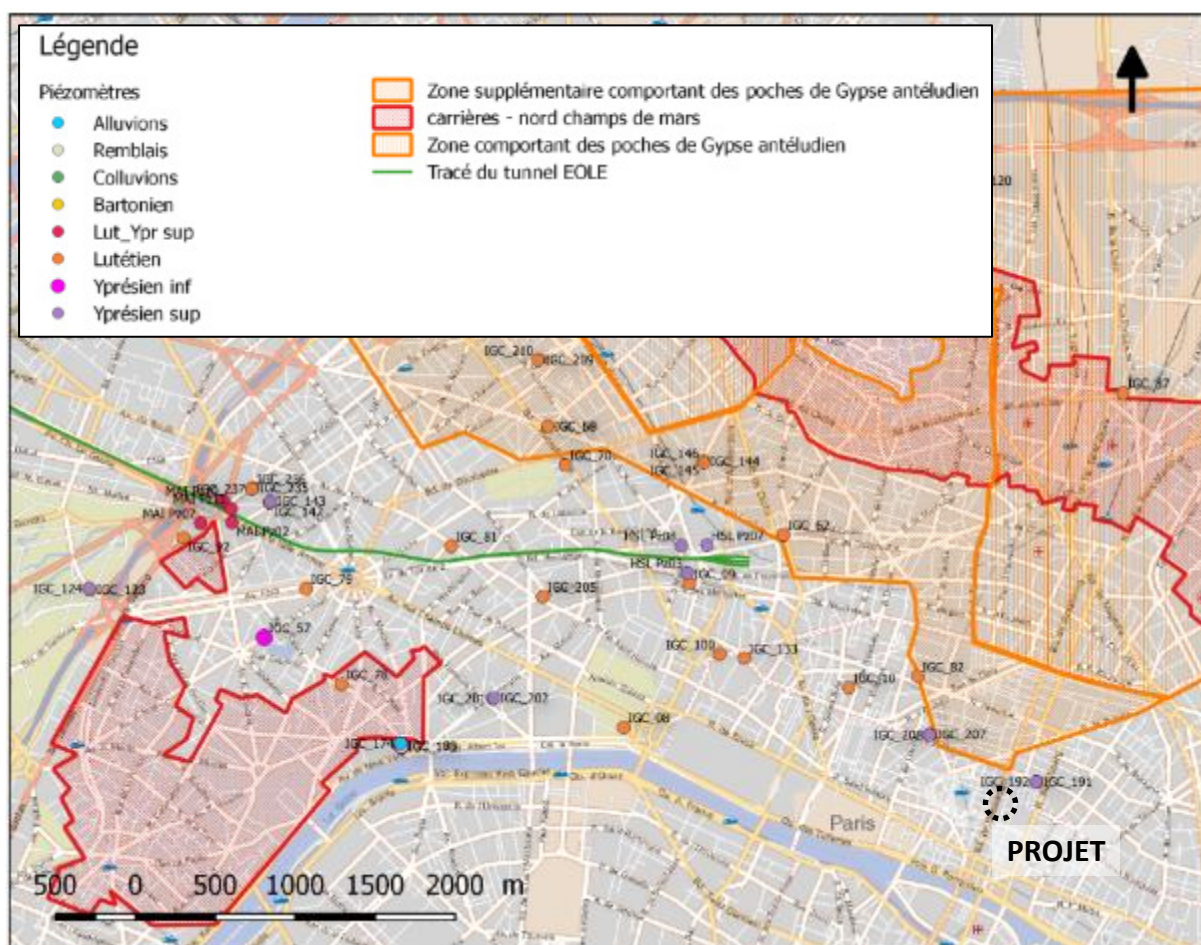


Figure 33 : Réseau de surveillance étudié dans le cadre de la prolongation du RER E vers l'Ouest

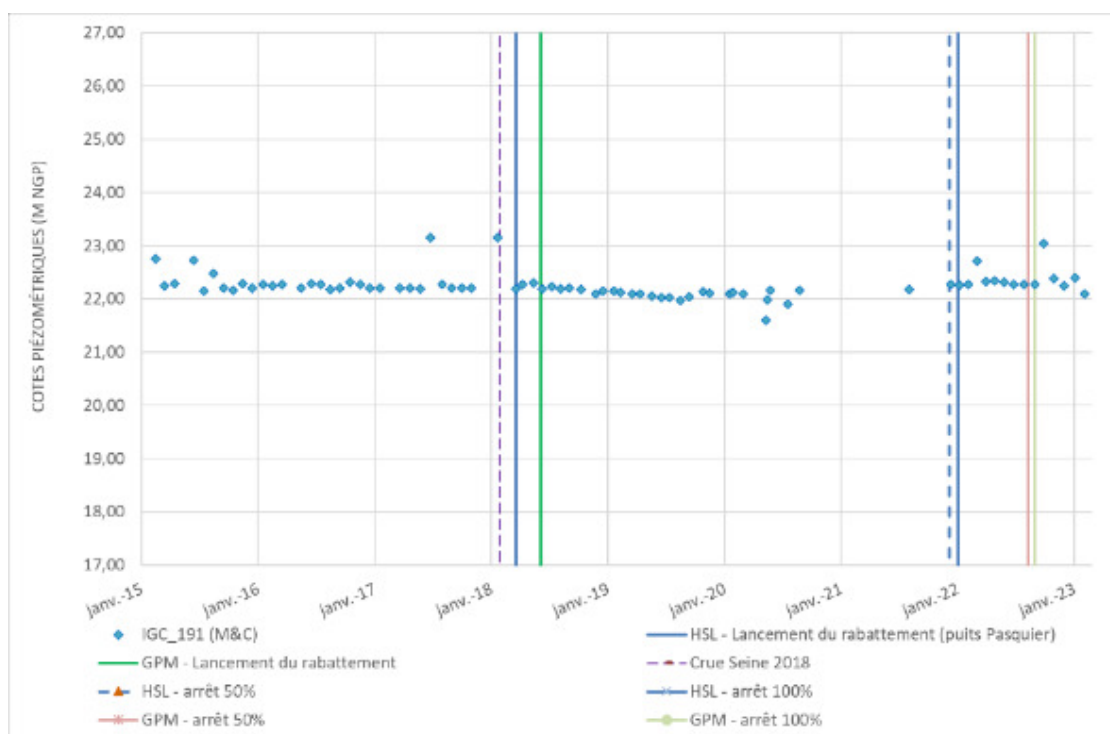


Figure 34 : Suivi du piézomètre IGC 191 de 2015 à 2023

## 8. Etude des niveaux caractéristiques de la nappe

### 8.1. Définition des niveaux caractéristiques

Le détail des niveaux caractéristiques de la nappe figure dans le DTU 14.1 (NF P11-221-1, mai 2000 : Travaux de bâtiment - Travaux de cuvelage - Partie 1 : Cahier des clauses techniques) et dans l'Eurocode 7 (ANF – AN 4.1). Ces deux documents montrent quelques distinctions spécifiées dans le tableau ci-après :

**Tableau 9 : Comparaison des niveaux caractéristiques de la nappe avec le DTU14.1 et l'Eurocode 7**

Niveau	DTU 14.1	Eurocode 7
EB	Niveau des plus basses eaux qui donne les actions permanentes	Niveau des basses eaux ou niveau quasi-permanent. Il est défini comme étant susceptible d'être dépassé pendant la moitié du temps de référence
EF	-	Niveau fréquent. Il est défini comme étant susceptible d'être dépassé pendant 1% du temps de référence
EH	Niveau des hautes eaux qui correspond à la crue pouvant se produire au moins une fois tous les 10 ans	Niveau des hautes eaux ou niveau caractéristique. Il correspond au niveau de période de retour 50 ans.
EE	Niveau exceptionnel et conventionnel de l'eau qui correspond au niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles	Niveau des eaux exceptionnelles ou niveau accidentel. Il correspond au niveau où doit être prévu, dans la structure, un dispositif d'écoulement empêchant l'eau d'exercer une action plus haute

L'altitude du Niveau des Plus Hautes Eaux (NPHE en m NGF) se détermine à partir de la formule suivante :

$$\text{NPHE} = \text{EB} + \text{VS} + \text{A} + \text{R} + \text{B}$$

Avec :

- EB : Niveau d'étiage de la nappe (m NGF ou m NVP) ;
- VS : Battement saisonnier de la nappe dû à la recharge par infiltration des eaux de pluies ;
- A : Amortissement d'une onde de crue de la Seine dans la nappe au droit du site ;
- R : Relèvement de la nappe en cas d'arrêt des prélèvements dans la nappe à proximité ou par réinjection via bassin d'infiltration ;
- B : Effet barrage provoqué par les structures enterrées.

### 8.2. Hypothèse concernant le niveau d'étiage de la nappe, EB

Pour simplifier le raisonnement, le niveau d'étiage, et donc le NPHE ont été considérés comme uniques pour l'ensemble de la parcelle.

Aucun suivi piézométrique n'est disponible au niveau du projet. Les seules mesures récentes disponibles à proximité du site sont celles du piézomètre IGC191.

Le niveau d'étiage retenu correspond au niveau le plus bas mesuré sur site parmi les différentes mesures disponibles. En l'absence de suivi piézométrique au droit du site, en tenant compte du suivi voisin et du gradient piézométrique, le niveau d'étiage retenu est :

$$\text{B} = +21,2 \text{ m NVP ou } +21,5 \text{ m NGF}$$

### 8.3. Battement saisonnier, VS

En l'absence de suivi annuel sur site, nous avons retenu les valeurs de battement saisonnier moyen des suivis disponibles sur les piézomètres les plus proches du site (cf. §7.4.8), à savoir :

$$VS = 0 \text{ m}$$

En effet, le rabattement effectué à proximité du site lisse toute variation saisonnière.

### 8.4. Amortissement de l'impact des ondes de crue, A

#### 8.4.1. Justification

Suite à l'étude comparative des variations du niveau de la Seine avec les chroniques de 238 piézomètres (160 piézomètres de l'IGC et 108 piézomètres de la RATP) implantés dans Paris et dans les villes limitrophes, Aurélie Lamé (2013) a délimité une zone d'alimentation de la nappe phréatique par la Seine qui se rapproche géographiquement du lit majeur du fleuve. Cette délimitation montre que le site est dans la zone d'influence de la nappe par la Seine.

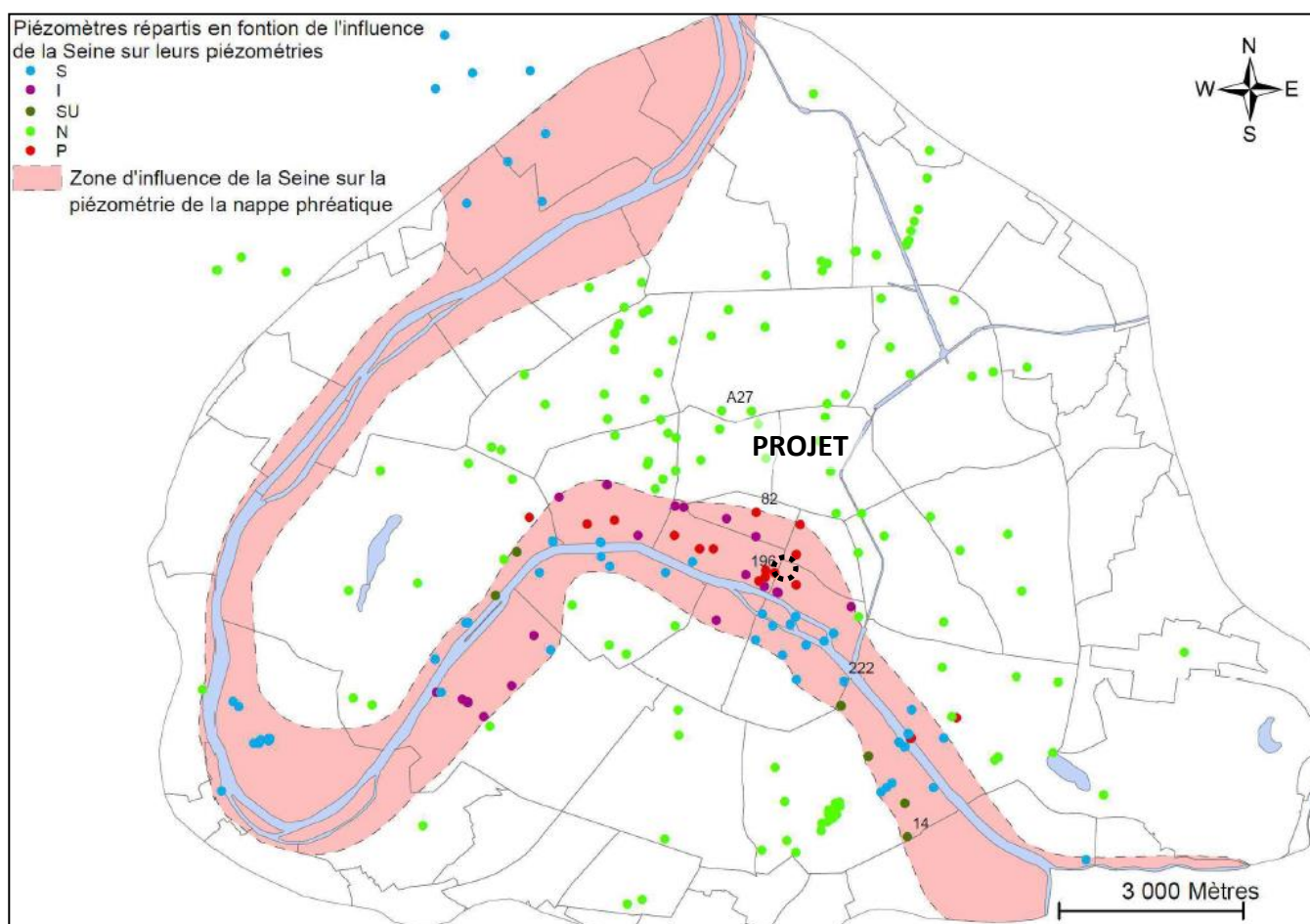


Figure 35 : Carte de la limite d'influence de la Seine sur la piézométrie des nappes (Lamé, 2013)

Les parties suivantes consistent en une évaluation théorique de l'onde de crue pour des crues d'occurrence variable.

## 8.4.2. Méthodologie

L'impact de l'onde de crue de rivière sur le niveau de la nappe via les berges et/ou le lit de la nappe est calculé à partir de la formule suivante :

$$CS = CS_0 \times \exp \left( -x \times \sqrt{\frac{\pi \times S}{T \times t_0}} \right)$$

Avec :

- $C_{s0}$  : amplitude de crue
- T : transmissivité en m<sup>2</sup>/s
- S : Coefficient d'emménagement
- x : distance à la Seine
- $t_0$  : durée de la crue

Le rapport T/S correspond à la diffusivité D de l'aquifère.

### Approche de la diffusivité de la nappe

A partir des données bibliographiques, la diffusivité de la nappe a été approchée en utilisant les paramètres hydrodynamiques moyens de la nappe :

**Tableau 10 : Approche de la diffusivité de la nappe**

Paramètre	Pour le calcul de l'amortissement, A
Perméabilité (m/s)	1.10 <sup>-4</sup>
Epaisseur (m)	22
Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)	2,2.10 <sup>-3</sup>
Emmagasinement	0,5 %*
Diffusivité (m <sup>2</sup> /s)	0,44

\* : représentatif d'une nappe semi-captive à libre

La valeur relativement faible de la diffusivité de la nappe témoigne d'une réalimentation théoriquement limitée de la nappe au droit du site.

Plus la valeur de diffusivité est grande, plus fort sera l'impact de la crue de Seine sur le niveau de la nappe : l'onde de crue est transmise plus rapidement dans l'aquifère.

### Amplitude de la crue

Les cotes de crues retenues sont issues des diverses bases de données consultées :

**Tableau 11 : Amplitudes de crues de Seine considérées pour le calcul de l'amortissement**

Réurrence	Niveau considéré (m NGF)	Amplitude (m)
Retenue normale	+26,72	-
10 ans	+32,01	5,29
50 ans	+32,91	6,19
100 ans	+34,43	7,71



### 8.4.3. Evaluation de l'amortissement de la crue

Les calculs d'amortissement des crues de Seine ont été approchés en considérant des durées théoriques de crue de :

- 10 jours pour la crue décennale,
- 45 jours pour la crue cinquantennale,
- 60 jours pour la crue centennale.

En tenant compte des hypothèses précédentes, les calculs d'amortissement théorique des crues de Seine ont été approchées :

Tableau 12 : Evaluation de l'amortissement des crues de Seine, A

Distance à la berge (m)	Récurrence	Amplitude de la crue (m)	Durée de la crue (cf. Figure 36)	Amortissement de la crue (m)
1 500	10 ans	5,29	10 jours	0,99
	50 ans	6,19	45 jours	2,82
	100 ans	7,71	60 jours	3,90

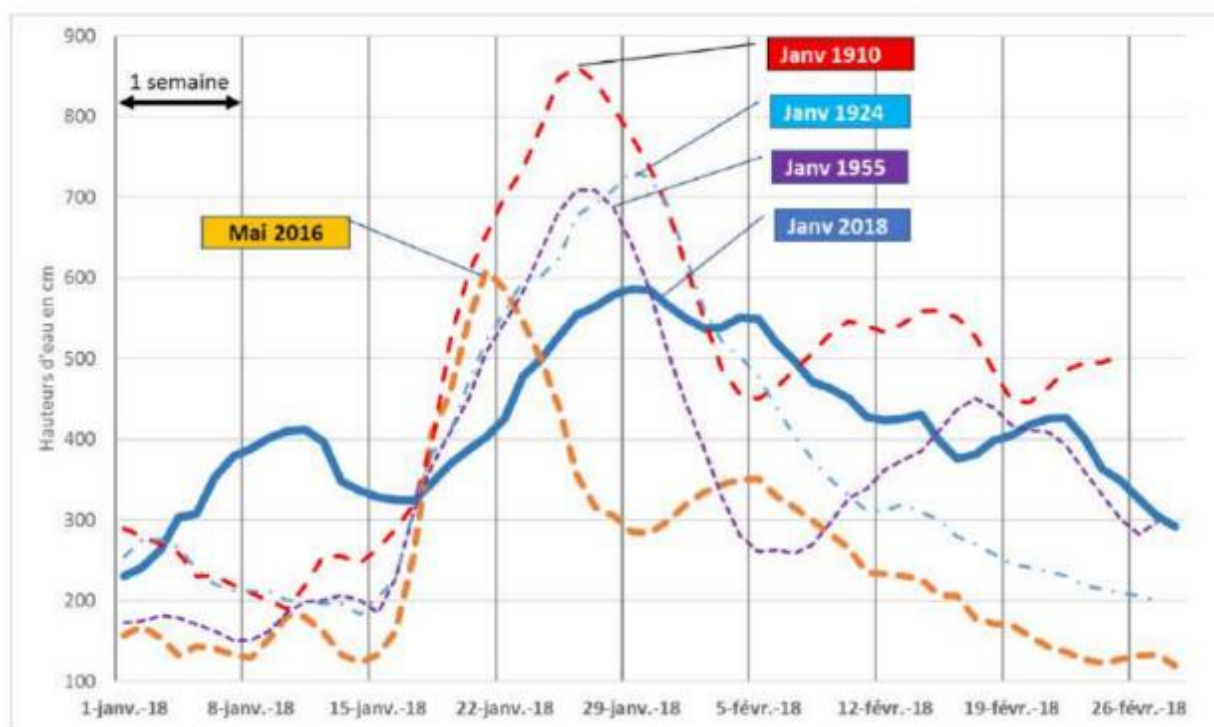


Figure 36 : Illustration des durées des crues historiques (source : DRIEAT)



## 8.5. Arrêt des pompages, R

### 8.5.1. Justification

Dans ce chapitre seront étudiés uniquement les impacts liés à l'arrêt des pompages. En effet, en fonction de la conception du projet (non connue dans le détail selon notre connaissance du projet), d'autres impacts complémentaires pourraient être à ajouter, notamment :

- L'impact de l'infiltration des eaux pluviales du projet à proximité du sous-sol. En effet, la réglementation en vigueur impose une gestion des eaux pluviales à la parcelle de l'intégralité des eaux pluviales générées par une nouvelle imperméabilisation. Cette gestion peut passer par une infiltration vers la nappe phréatique ;
- L'impact des réinjections des eaux issues de la géothermie sur nappe envisagée pour les bâtiments et infrastructures proches (actuelles/futures).

### 8.5.2. Approche des arrêts de pompage

Des prélèvements d'eau proches du site induisent une dépression du niveau d'eau de la nappe, ce qui se traduit par un impact sur le niveau piézométrique au droit du site.

Des prélèvements de rabattement de nappe (temporaires ou permanents) ou de géothermie ne sont pas à exclure dans le voisinage du projet (déclarés ou non).

En considérant un niveau de nappe historique non influencé à +29,5 m NGF (cf. §7.4.1) et un niveau moyen récent (et vraisemblablement influencé par des pompages) à +21,5 m NGF, nous pouvons considérer un élèvement possible de nappe de 8,0 en cas d'arrêt de la totalité des pompages.

On suppose toutefois pour le calcul du NPHE que ce relèvement de la nappe n'est susceptible de se produire que pour les épisodes de plus forte récurrence dans la mesure où les infrastructures concernées par les rabattements de nappe permanent sont des infrastructures de transport sensibles (disposants de dispositifs d'alerte en cas de remontée de nappe et/ou crue).

Ainsi, on peut considérer en première approche :

$$R_{100} = 8,0 \text{ m}$$

## 8.6. Effet Barrage, B

Lorsqu'une infrastructure traverse un horizon aquifère, celle-ci peut gêner localement le libre écoulement des eaux souterraines, obligeant l'eau à contourner l'ouvrage enterré, créant ainsi un effet barrage. Il se traduit par une remontée de la nappe à l'amont de cet obstacle et par une baisse de niveau à l'aval.

Le bâtiment étant un bâtiment ancien de type haussmannien, il est considéré que ses fondations superficielles ne sont pas sujettes à un effet barrage.

$$B = 0 \text{ m}$$

## 8.7. Synthèse des niveaux caractéristiques de la nappe retenus

En considérant les diverses hypothèses exposées dans les paragraphes précédents, la synthèse des niveaux caractéristiques est fournie dans le tableau suivant.

**Tableau 13 : Synthèse des niveaux caractéristiques de la nappe au niveau du projet**

Scénario	Réurrence 10 ans = EF	Réurrence 50 ans = EH	Réurrence 100 ans = EE
Distance à la Seine (m)	580		
Cote de la Seine (m NGF)	+32,01	+32,91	+34,43
Amplitude de crue (m)	5,29	6,19	7,71
Durée de crue (jours)	10	45	60
Niveau Moyen (m NGF), = <b>EB</b>	+21,5		
Battement saisonnier – VS (m)	0		
A - Amortissement de crue (m)	1,00	2,82	3,90
Remontée induite par les arrêts de pompage – R (m)	0	0	8,0
B – Effet Battage (m)	0	0	0
<b>NPHE (m NGF)</b>	<b>+22,50</b>	<b>+24,32</b>	<b>+33,40</b>
<b>NPHE (m NVP)</b>	<b>+22,17</b>	<b>+23,99</b>	<b>+33,07</b>

Ces estimations de niveaux caractéristiques ont été définies à partir de formules analytiques sommaires. Ces résultats restent à interpréter avec précaution puisqu'ils sont issus de l'analyse de données ponctuelles de niveau d'eau sur de courtes périodes.

En outre, ces niveaux ne tiennent pas compte des évolutions du niveau piézométrique localisés en lien avec les aménagements du projet ou des projets limitrophes (rabattement de nappe, infiltration des eaux pluviales, géothermie...).

Par ailleurs, il n'est pas exclu d'observer ponctuellement des niveaux de nappe perchés au sein des remblais de surface. Une protection adaptée peut être mise en œuvre pour se protéger de ces arrivées temporaires (isolation partielle, drainage périmétrique...).

## 9. Conclusion et recommandations

### 9.1. Risques géologiques et géotechniques résiduels

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

- Retrait-gonflement des argiles : L'ensemble des fondations a été reconnu comme ancrées dans les Alluvions anciennes. Cet horizon se caractérise par un faciès à dominante sablo-graveleuse malgré quelques passages plus argileux. Le risque de phénomène retrait-gonflement est négligeable.
- Cavités souterraines : Le Calcaire grossier se situe ici en profondeur et sous-nappe ce qui exclut l'exploitation en carrière. Le risque de rencontrer des niveaux de carrières exploités non reconnues par l'IGC sous le bâtiment est écarté.
- Débordement de cours d'eau et inondation de cave : Les fouilles de reconnaissances de fondation n'ont pas donné lieu à des venues d'eau. Les terrains rencontrés ont été relevés comme légèrement humides. La nappe se situe bien plus en profondeur et est donc influencée par les pompes actifs dans la zone.
- Agressivité des sols vis-à-vis du béton : Des essais d'agressivité ont été menés dans l'horizon des Alluvions indifférenciés entre 0,5 à 1,3 m de profondeur de la base du sous-sol concluant sur un faible niveau d'agressivité (<XA1). Toutefois, les couches sous-jacentes pourraient présenter une agressivité plus élevée et risquerait de concerner le site dans le contexte où des reprises sous fondations par micropieux seraient prescrites. Le cas échéant, des essais complémentaires sont à prévoir dans ces horizons.
- Capacité portante du sol d'ancrage : La capacité portante des fondations du bâtiment en l'état actuel est donnée à titre indicatif sur la base de corrélation entre des essais au pénétromètre dynamique et au pénétromètre statique. La portance caractérisée est celle du premier mètre de sol sous les fondations. Il conviendra à l'entreprise en charge des travaux de redéfinir la capacité portante du sol sur la base d'essais pressiométriques.

### 9.2. Réemploi des matériaux

Les matériaux d'assise des fondations sont des matériaux de classe D selon le GTR. Ces matériaux sont insensibles à l'eau.

Ces matériaux peuvent être réutilisés en couche de forme et en remblais sans traitement aux liants, avec une énergie de compactage moyenne.

Les matériaux du premier sous-sol, menant vers la fouille F1 et F2, sont plus sableux tandis que ceux rencontrés au second sont graveleux.

En cas de réemploi en zone traficable, il conviendrait d'arroser les matériaux provenant du premier sous-sol afin d'améliorer leur traficabilité.

### 9.3. Mode de fondation général du bâtiment

L'intégralité des fouilles de reconnaissances de fondation montrent un ancrage superficiel dans les Alluvions indifférenciées.

Les massifs de fondations reconnus sont à minima de 40 cm d'épaisseur (jusqu'à 60 cm sur F2) pour un ancrage entre 28,5 et 29,0 m NGF.

#### **Côté Sébastopol**

Sur les fouilles F3 à F6, il n'a pas été possible de déchausser les semelles, malgré une ouverture sur près d'1,0 m<sup>2</sup> de dallage. Le sol d'ancrage n'a pu être observé que par percement de la dalle. De plus, on constate une épaisseur de dalle uniforme de 0,4 m sur l'ensemble des fouilles réalisées.

Il peut être émis l'hypothèse d'une dalle continue sur toute l'emprise Sébastopol, soit une fondation de type radier sur 0,4 m d'épaisseur ancrée dans les Alluvions indifférenciées.

#### **Côté Quincampoix**

D'après les observations menées sur les fouilles F1 et F2, le bâtiment côté Quincampoix ne semble pas fondé sur un radier général. On notera un ancrage superficiel, à minima de 0,4 m d'épaisseur dans les Alluvions anciennes, et des débords allant jusqu'à 1,0 m.

Aucune fouille de fondation n'ayant été conduite depuis l'extérieur du bâtiment, l'hypothèse de semelles symétriques (avec le même débord vers l'extérieur) ne peut être confirmée.

Le mode de fondation décrit ici repose sur les observations menées sur des fouilles ponctuelles, de possibles variations de la géométrie sont susceptibles d'être relevées localement.

### **9.4. Capacité portante des sols et justification des nouveaux massifs de fondation**

Pour la réalisation des travaux de réhabilitation, il appartient à l'entreprise en charge des travaux de définir, dans le cadre de ses études d'exécution (mission G3 au sens de la norme NF P94-500), la capacité portante du sol sous les massifs existants et projetés sur la base d'essais pressiométriques à réaliser.

La justification détaillée des anciens et nouveaux massifs de fondation superficiels devra comporter, selon la norme NF P94-261 :

- Une vérification de l'excentrement du chargement aux ELS et aux ELU, conformément à l'article 13.3 de la norme NF P 94-261 ;
- Une vérification de la capacité portante du sol en place aux chargements aux ELS et aux ELU, prenant en compte une éventuelle inclinaison du chargement ;
- Une vérification de la résistance du massif de fondation au glissement (si cas de chargement horizontal) ;
- Une estimation des tassements verticaux sous les massifs de fondation ;
- Un calcul de stabilité générale en cas de proximité avec un talus ( $d < 8B$ )
- Une vérification de la condition de non-soulèvement hydraulique.

## 10. Enchaînement des missions géotechniques

La présente étude correspond à un diagnostic géotechnique, soit une mission de type G5 au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 définissant les missions d'ingénierie géotechnique.

Cette mission a pour objectif la reconnaissance du mode de fondation de l'immeuble Boulevard Sébastopol/rue Quincampoix ; sont exclues du présent rapport toutes approches dimensionnelles.

Pour les éventuelles reprises en sous-œuvre, une mission de conception géotechnique avant-projet ou projet (G2 AVP ou G2 PRO) devra être réalisée.

Pour la phase de travaux, une mission de supervision géotechnique (G4) devra être réalisée. Elle comportera, d'une part, la validation des documents géotechniques produits par l'entreprise, notamment dans le cadre de leur mission G3, 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 :       Coupes des sondages de la Banque du Sous-Sol
- Annexe III :      Procès-verbaux des reconnaissances de fondations
- Annexe IV :      Procès-verbaux 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

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
<b>Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)</b>		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
<b>Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)</b>	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		
<b>Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		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
<b>À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant</b>	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 : **Coupes des sondages de la Banque du Sous-Sol**



InfoTerre

# Dossier du sous-sol

BSS000NXPR

01837A0351/HS3CG

Log validé

Profondeur

De  à  m

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
3.80	Remblais		Remblais: blocs, graviers, argile	Holocène	31.34
	Fy-z		Sable argileux à galets et graviers		
10.00	Marnes et caillasses lutétiennes		Alternance de bancs de marne blanche plus ou moins argileuse et de calcaire	Lutétien supérieur	25.14
15.20			Calcaire blanc, à grain fin à gros, parfois sableux, glauconieux à la base		19.94
	Calcaire grossier s.l. d'Ile-de-France			Lutétien	
30.50	Sables de Cuise		Sable fin, glauconieux, noir; présence de lignite	Cuisien	4.64
40.20	Fausses glaises du Vexin		Argile brune ou noire à dépôts ligniteux et bancs sableux	Sparnacien	-5.06
42.95			Sable fossilifère à grains de quartz		-7.81
	Sables d'Auteuil		Argile grise à la partie supérieure, bariolée vers le bas, passant à des marnes sableuses à la base		
57.60	Argile plastique		Marne argileuse, crayeuse, sableuse et rognons de calcaire		-22.46
63.80	Marnes de Meudon			Sélandien	-28.66
80.10	Craie à silex		Craie blanche à silex	Campanien	-44.96



InfoTerre



Géosciences pour une Terre durable

brgm

# Dossier du sous-sol

BSS000NXVL

01837A0494/SC101

Log validé

Profondeur

De 0.0 à 46.0 m 

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
5.50	Remblais		Remblais.	Holocène	30.24
12.00					23.74
12.20	Fy-Seine			Pléistocène supérieur	23.54
15.00	Marnes et caillasses lutétiennes		Sable et graviers.		20.74
16.90					18.84
17.00					18.74
19.00			Marne blanche et ocre.		16.74
20.00	Calcaire grossier supérieur d'Ile-de-France		Marne blanche à nombreux passages de 2/10cm de calcaire sublithographique légèrement rosé vasculaire, dur.		15.74
20.30			Marne beige rosé à fragments de calcaire.		15.44
20.50			Passage d'argile brune.		15.24
21.00	Calcaire grossier s.l. d'Ile-de-France		Marne beige devenant légèrement jaunâtre, à la base quelques fragments calcaires.	Lutétien supérieur	14.74
23.00			Marne beige jaunâtre à nombreuses concrétions de calcaire jusqu'à 19,5m, puis quelques concrétions de calcaire.		12.74
24.50			Marne grise.		11.24
24.60	Calcaire grossier moyen d'Ile-de-France		Calcaire gréseux gris.		11.14
25.80			Marne beige.		9.94
26.00			Calcaire sublithographique dur passant à des caillasses siliceuses avec passages de marne. Passages d'argile brune de 23,25 à 23,5m.		9.74
26.60	Banc à Verrains (Cerithium giganteum)		Calcaire gris à lamellibranches. Rochette.		9.14
29.80			Calcaire beige, marne et calcaire siliceuse.		5.94
30.70			Marne grise.		5.04
31.80	Calcaire grossier inférieur d'Ile-de-France		Calcaire gréseux à gastéropodes. Roche.	Lutétien moyen à Lutétien supérieur	3.94
33.00			Calcaire gréseux beige avec quelques gastéropodes, tendre.		2.74
33.40			Calcaire gréseux gris à veines mameuses.		2.34
33.85			Calcaire gréseux gris relativement compact avec des passages friables.	Lutétien moyen	1.89
34.20	Glauconie grossière		Calcaire gris beige glauconieux assez friable.		1.54
34.70			Calcaire glauconieux à nombreux lamellibranches, assez friable.		1.04
35.00	Argiles de Laon		Calcaire glauconieux plus ou moins dur.		0.74
40.50	Sables du Soissonnais (terme de sondeur)		Calcaire glauconieux à nombreux lamellibranches.	Lutétien inférieur à Lutétien moyen	-4.76
40.90			Calcaire gréseux gris vert.		-5.16
41.60			Calcaire sableux gris foncé.		-5.86
44.20			Calcaire gris vert généralement assez dur avec passages friables ou sableux à 35,3-35,6m, 36-36,4m, 37,05-37,3m, 37,6-38,06m, 38,3-38,5m et 39,2-39,5m.	Cuisien	-8.46
46.00			Calcaire gris vert à très nombreux lamellibranches (glauconie grossière).		-10.26
			Argile brune lignieuse.		
			Sable noir à nombreux lits ligneux.		
			Sable argileux noir à passages sableux.		





InfoTerre

# Dossier du sous-sol

BSS000NXVU

01837A0502/HS2CG

Log validé

Profondeur

De  à  m

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
2.85	Remblais		Remblais	Holocène	31.93
	Fy-z		Sable argileux à galets et graviers		
12.05	Marnes et caillasses lutétiennes		Alternance de marne blanche plus ou moins argileuse et de calcaire	Lutétien supérieur	22.73
24.35	Calcaire grossier s.l. d'Ile-de-France		Calcaire blanc, à grain fin à gros, parfois sableux, glauconieux à la base	Lutétien	10.43
32.75	Sables de Cuise		Sable fin, glauconieux, noir; présence de lignite	Cuisien	2.03
50.70	Fausses glaises du Vexin		Argile brune ou noire à dépôts ligniteux et bancs sableux	Sparnacien	-15.92
56.75	Sables d'Auteuil		Sable fossilifère à grains de quartz		-21.97
62.40	Argile plastique		Argile grise à la partie supérieure, bariolée vers le bas, passant à des marnes sableuses à la base		-27.62
80.50	Marnes de Meudon		Marne argileuse, crayeuse, sableuse et rognons de calcaire	Sélandien	-45.72
90.50	Craie à silex		Craie blanche à silex	Campanien	-55.72



InfoTerre



Géosciences pour une Terre durable

brgm

# Dossier du sous-sol

BSS000NXXL

01837A0544/CH4

Log validé

Profondeur

De  à  m

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
6.60	Dépôts anthropiques		Ensemble indifférencié comprenant un avant puits et du béton	Holocène	28.16
10.55	Fy-z		Sable fin jaune à graviers et galets de silex	Lutétien supérieur	24.21
	Marnes et caillasses lutétiennes		Alternance de marnes blanches plus ou moins argileuses et de calcaire		
20.95			Calcaire blanc, à grain fin à gros, parfois sableux, glauconieux à la base	Lutétien	13.81
36.75	Calcaire grossier s.l. d'Ile-de-France		Sable fin, glauconieux, noir; présence de lignite		-1.99
46.95	Sables de Cuise		Argile brune ou noire à bancs sableux	Cuisien	-12.19
49.05			Argile brune ou noire à dépôts ligniteux		-14.29
49.55			Argile verte à niveaux de sable		-14.79
51.10	Fausses glaises du Vexin		Lignite	Sparnacien	-16.34
51.15			Sable argileux		-16.39
52.55	Sables d'Auteuil		Sable grossier brun vert, à niveaux argileux		-17.79
61.60	Argile plastique		Argile grise à la partie supérieure, bariolée vers le bas, passant à des marnes sableuses à la base		-26.84
72.15					-37.39
	Marnes de Meudon		Marnes argileuses, crayeuses, sableuses et rognons de calcaire	Sélandien	
90.30					-55.54
93.25	Craie à silex		Craie fissurée	Campanien	-58.49
95.00			Craie à rognons de silex		-60.24

Annexe III : **Coupes des sondages au pénétromètre dynamique  
léger**

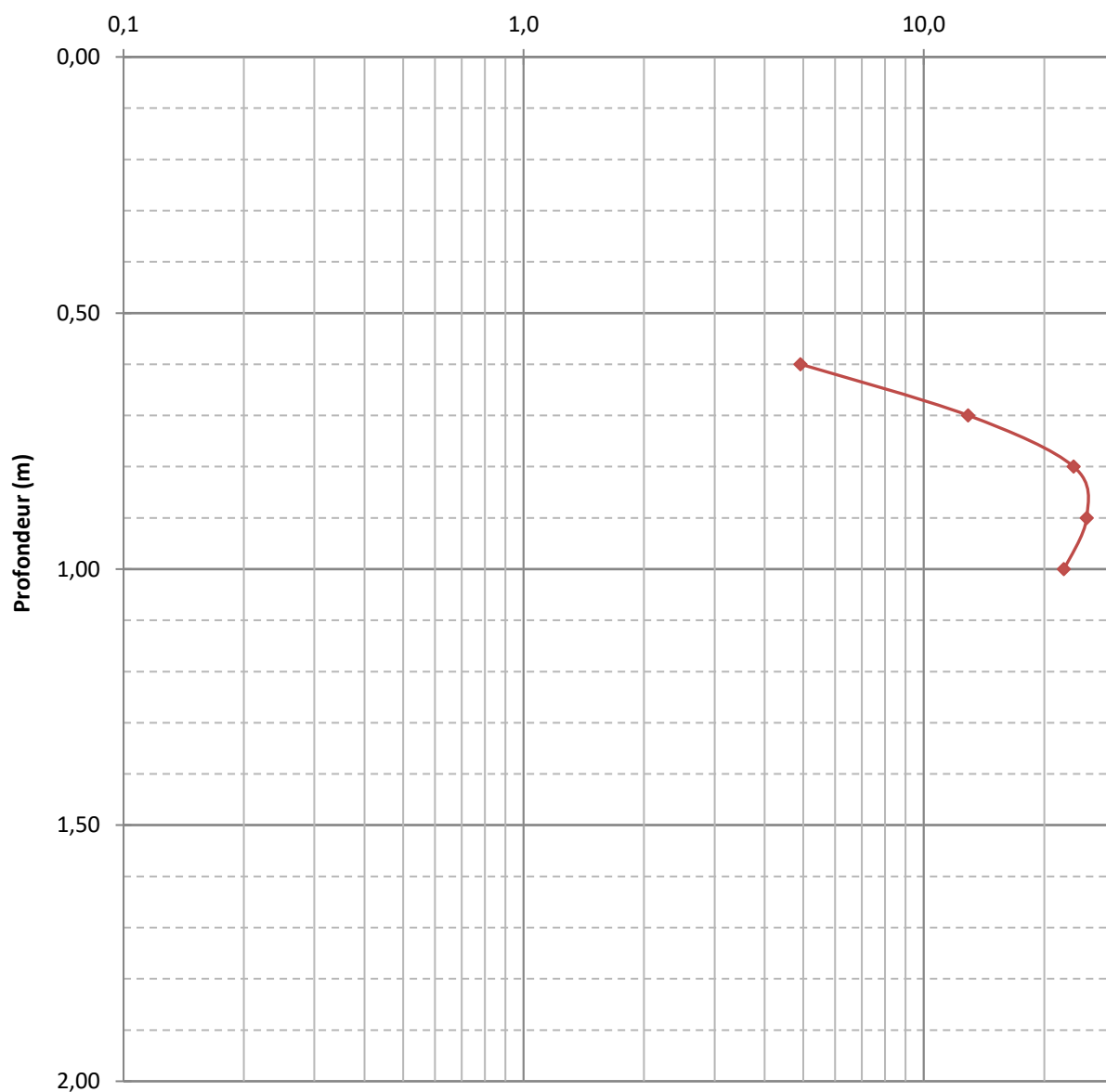
## Sondage au pénétromètre dynamique léger PDL

Effectué conformément à la norme NF X 94-063

Client:	<b>ANTEAGROUP</b>	Lieu :	<b>PARIS (75)</b>	N° dossier :	<b>OR037012</b>
Sondage n°	<b>P1</b>	Date :	<b>07/03/2023</b>		
Profondeur visée: 2,0 m	Préforage :	0,5 m	Section :	10 cm2	Prof.nappe: -
Profondeur atteinte: 1,0 m (refus)			Pointe perdue		
Opérateur :	MDS	X:		Y:	Z:

**Commentaires :**

Résistance dynamique apparente qd (MPa)





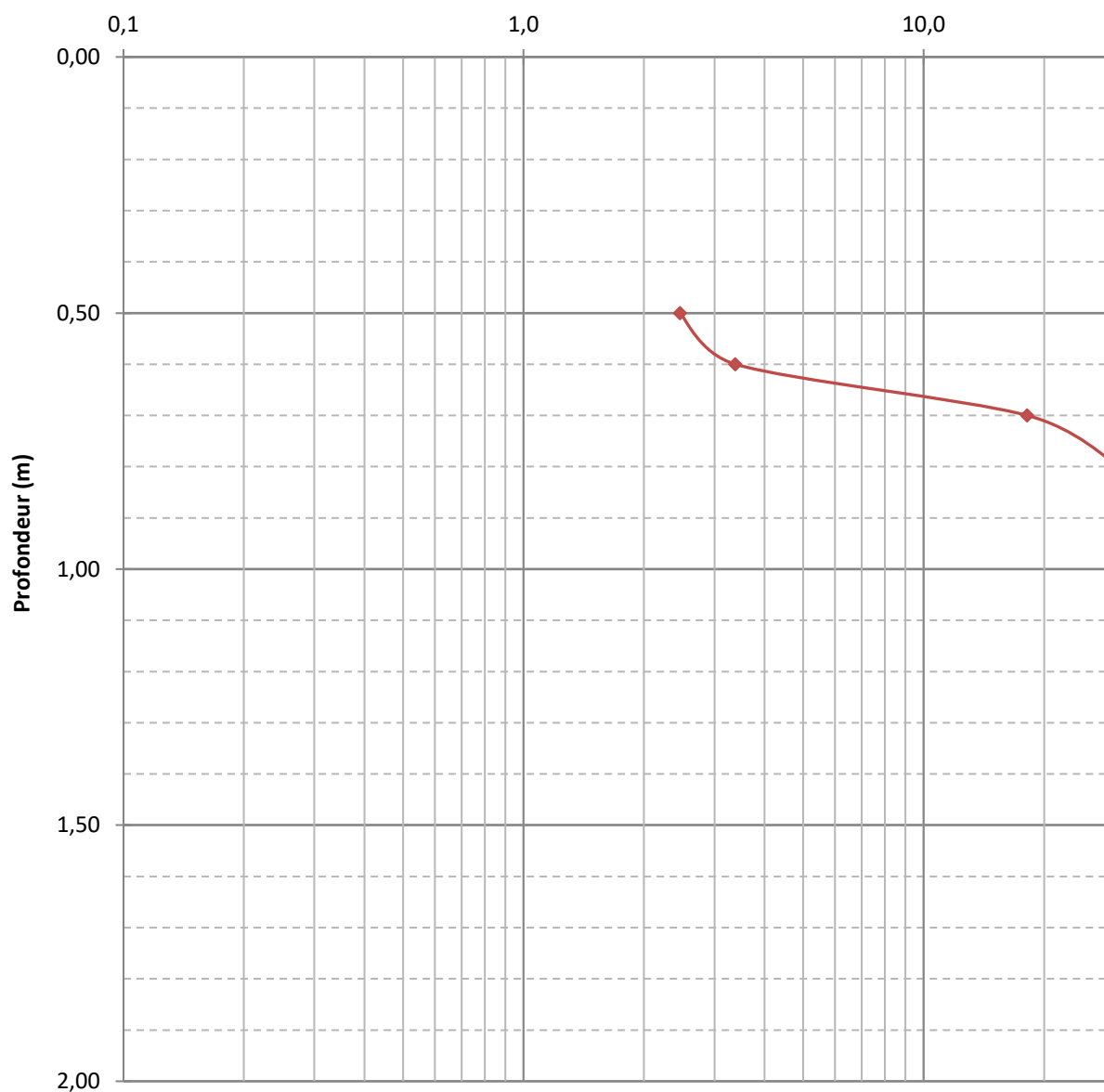
## Sondage au pénétromètre dynamique léger PDL

Effectué conformément à la norme NF X 94-063

Client: <b>ANTEAGROUP</b>	Lieu : <b>PARIS (75)</b>	N° dossier : <b>OR037012</b>
Sondage n° <b>P3</b>	Date : <b>07/03/2023</b>	
Profondeur visée: 2,0 m	Préforage : 0,4 m	Section : 10 cm <sup>2</sup>
Profondeur atteinte: 0,8 m (refus)		Pointe perdue
Opérateur : <b>MDS</b>	X:	Y: Z:

**Commentaires :**

Résistance dynamique apparente  $q_d$  (MPa)



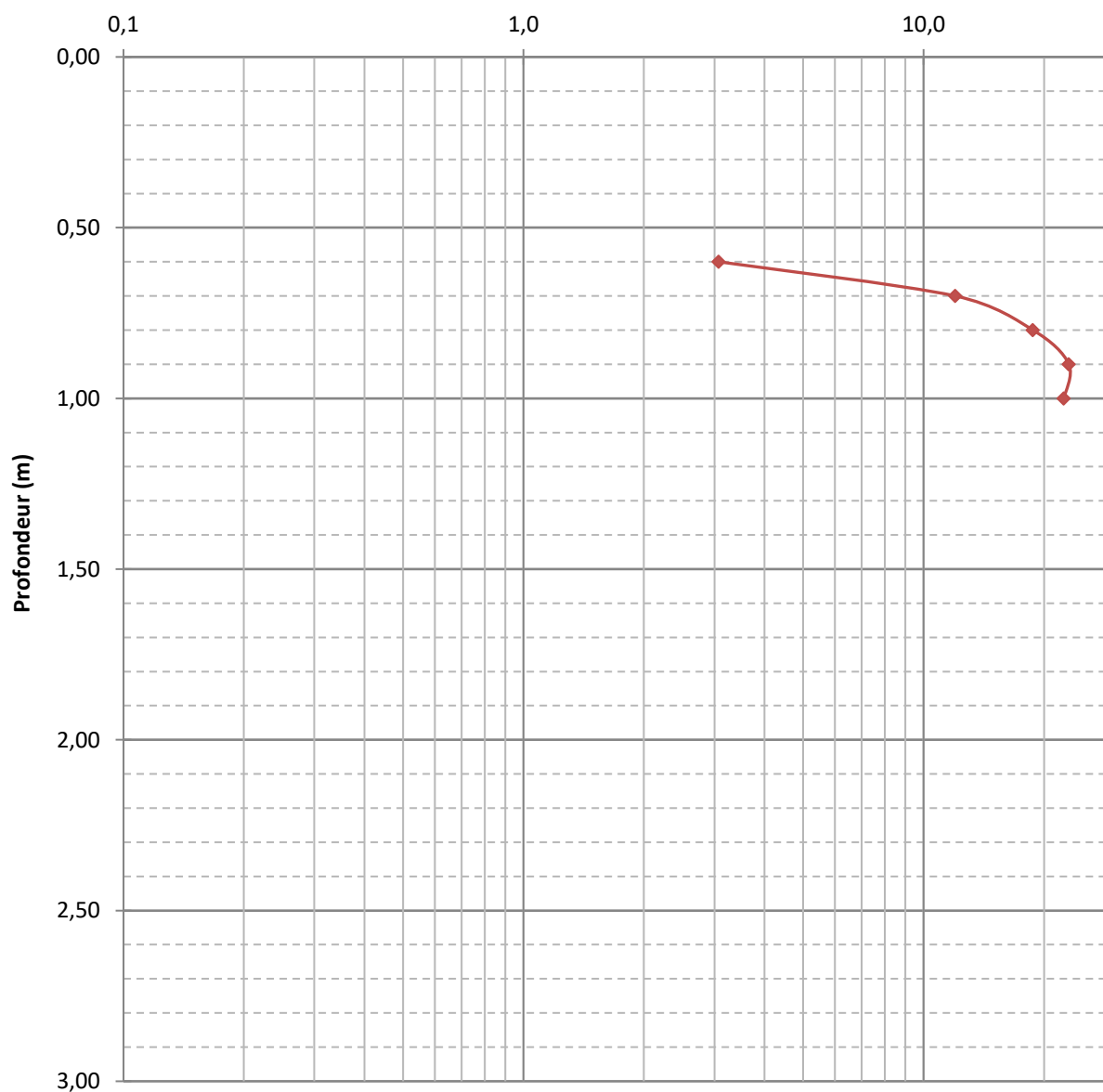
## Sondage au pénétromètre dynamique léger PDL

Effectué conformément à la norme NF X 94-063

Client: <b>ANTEAGROUP</b>	Lieu : <b>PARIS (75)</b>	N° dossier : <b>OR037012</b>
Sondage n° <b>P2</b>	Date : <b>07/03/2023</b>	
Profondeur visée: 2,0 m	Préforage : 0,5 m	Section : 10 cm <sup>2</sup>
Profondeur atteinte: 1,0 m (refus)		Prof.nappe: -
Opérateur : MDS	X:	Y: Z:

Commentaires :

Résistance dynamique apparente qd (MPa)



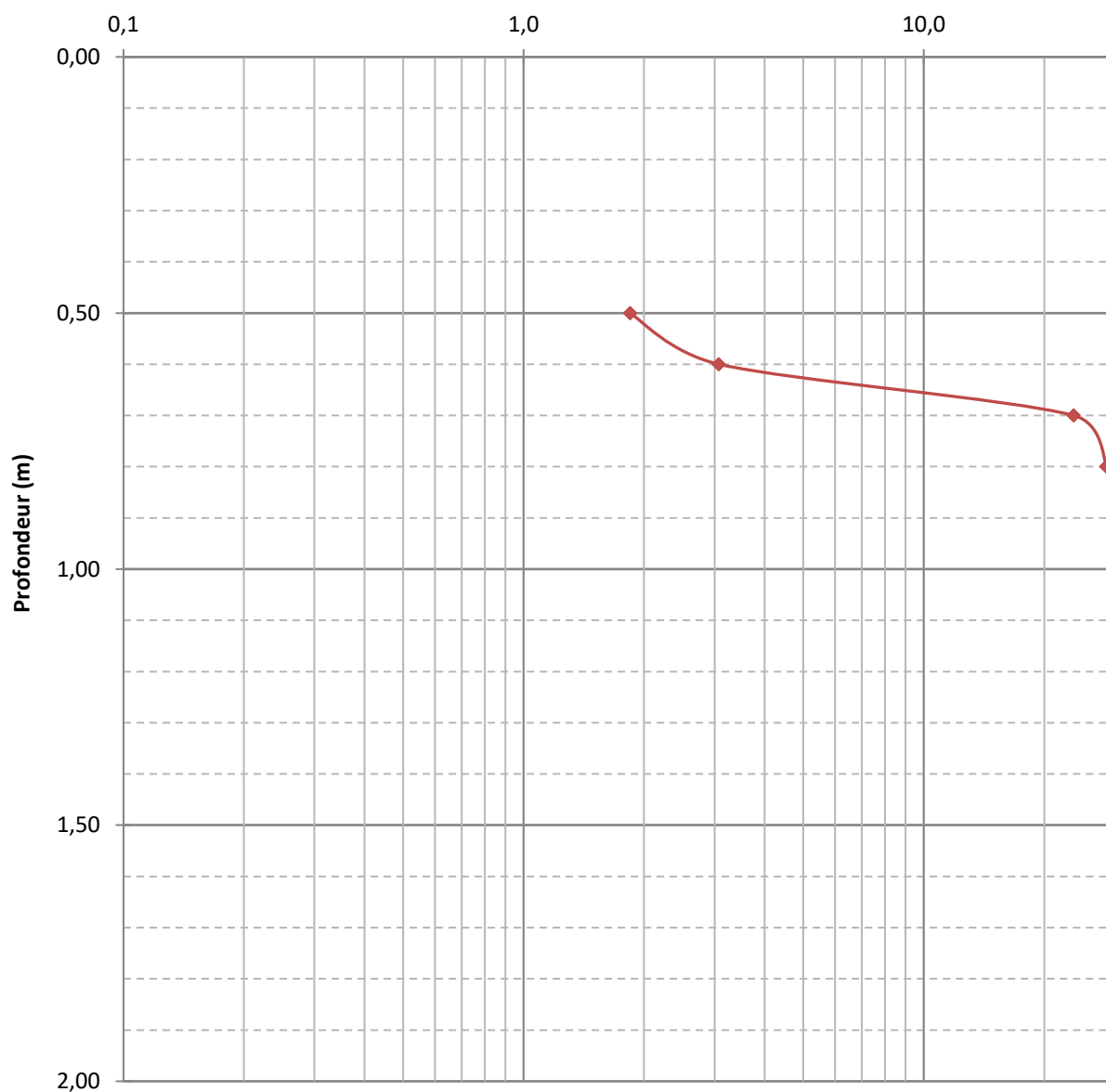
## Sondage au pénétromètre dynamique léger PDL

Effectué conformément à la norme NF X 94-063

Client:	<b>ANTEAGROUP</b>	Lieu :	<b>PARIS (75)</b>	N° dossier :	<b>OR037012</b>
Sondage n°	<b>P4</b>	Date :	<b>07/03/2023</b>		
Profondeur visée: 2,0 m	Préforage :	0,4 m	Section :	10 cm2	Prof.nappe: -
Profondeur atteinte: 0,9 m (refus)			Pointe perdue		
Opérateur :	MDS	X:	Y:	Z:	

**Commentaires :**

Résistance dynamique apparente qd (MPa)



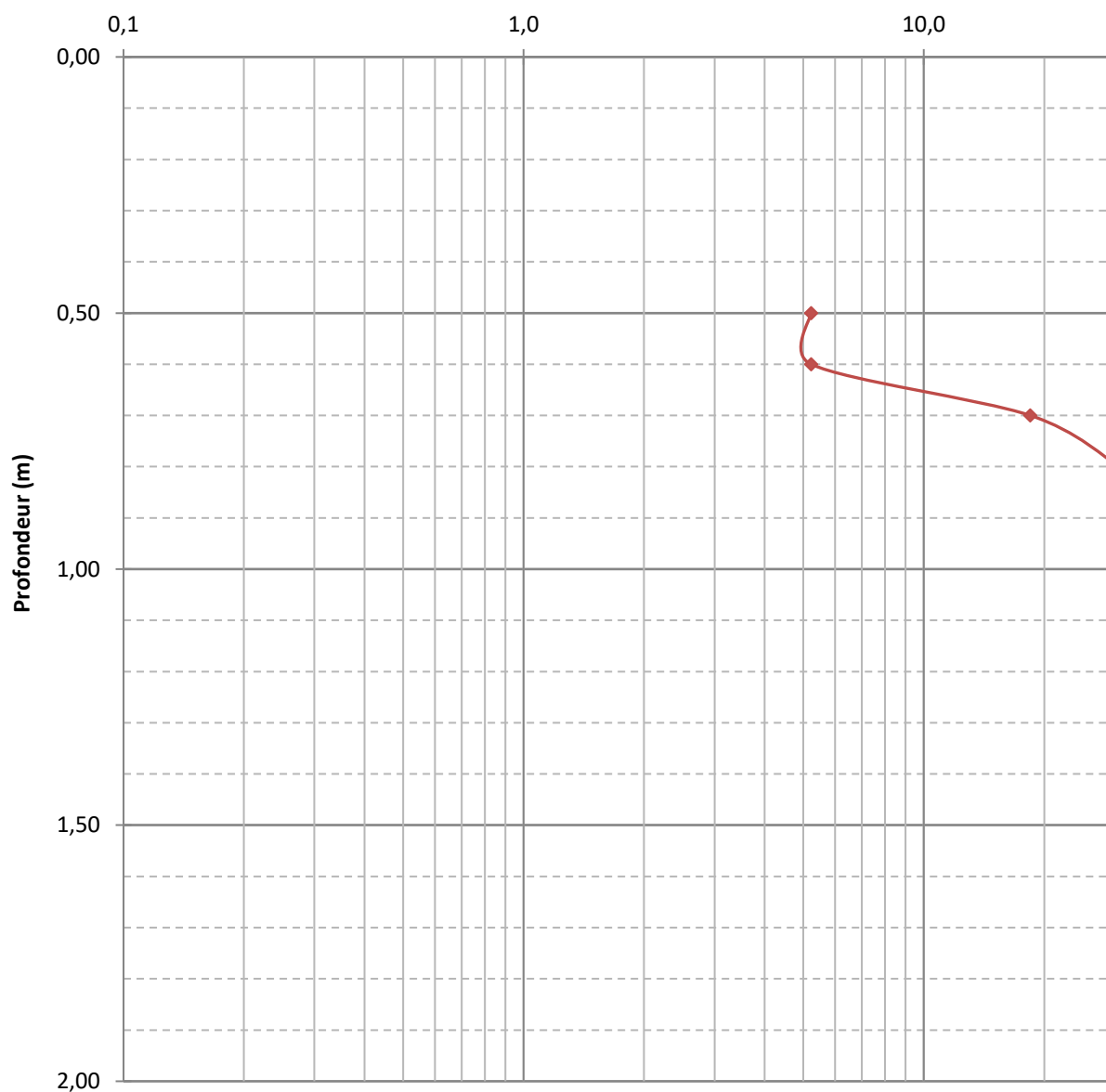
## Sondage au pénétromètre dynamique léger PDL

Effectué conformément à la norme NF X 94-063

Client:	<b>ANTEAGROUP</b>	Lieu :	<b>PARIS (75)</b>	N° dossier :	<b>OR037012</b>
Sondage n°	<b>P5</b>	Date :	<b>07/03/2023</b>		
Profondeur visée: 2,0 m	Préforage :	0,4 m	Section :	10 cm2	Prof.nappe: -
Profondeur atteinte: 0,8 m (refus)			Pointe perdue		
Opérateur :	MDS	X:		Y:	Z:

**Commentaires :**

Résistance dynamique apparente qd (MPa)





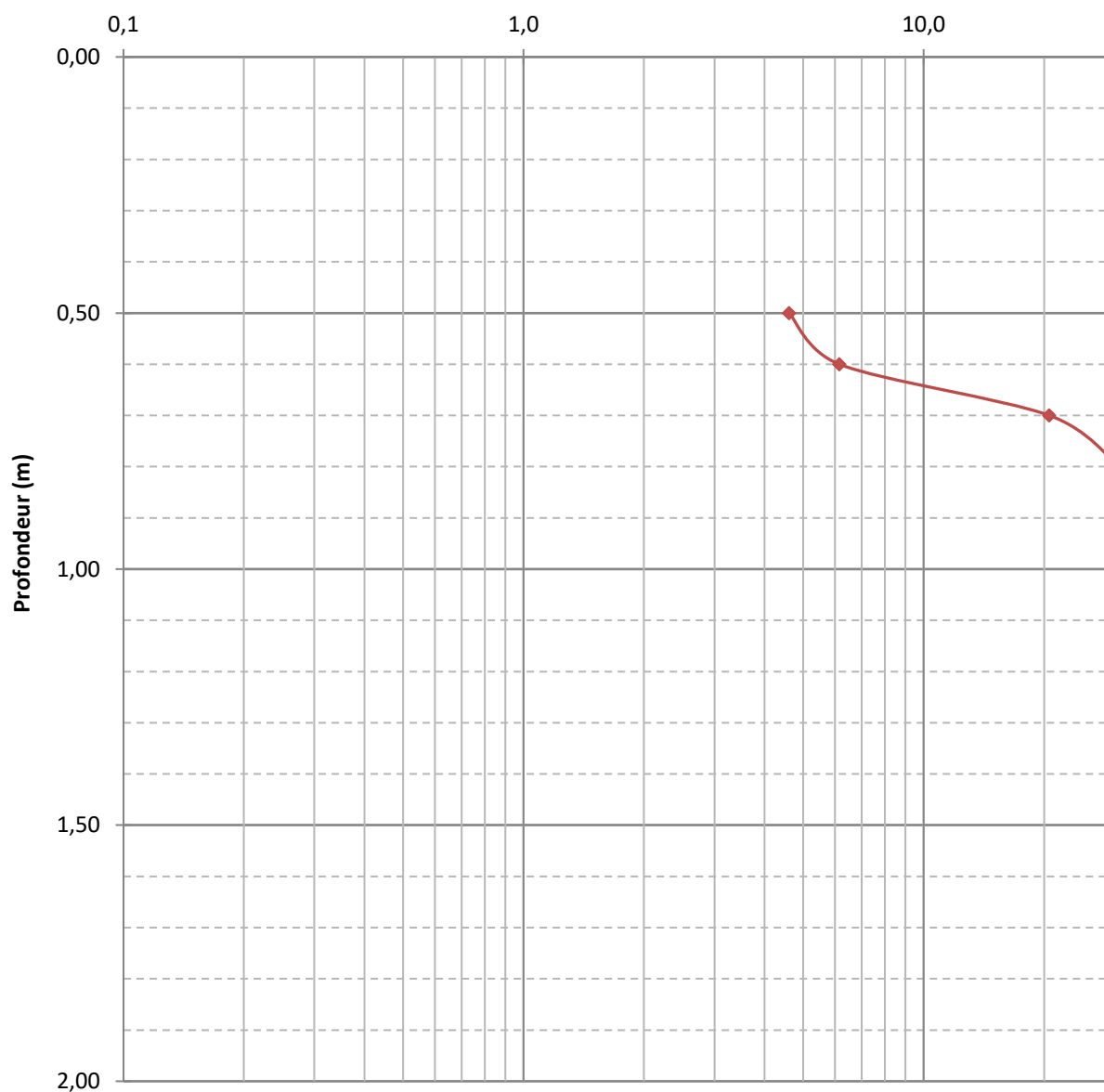
## Sondage au pénétromètre dynamique léger PDL

Effectué conformément à la norme NF X 94-063



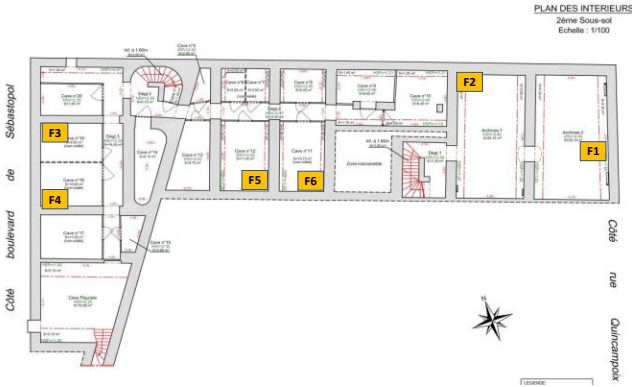

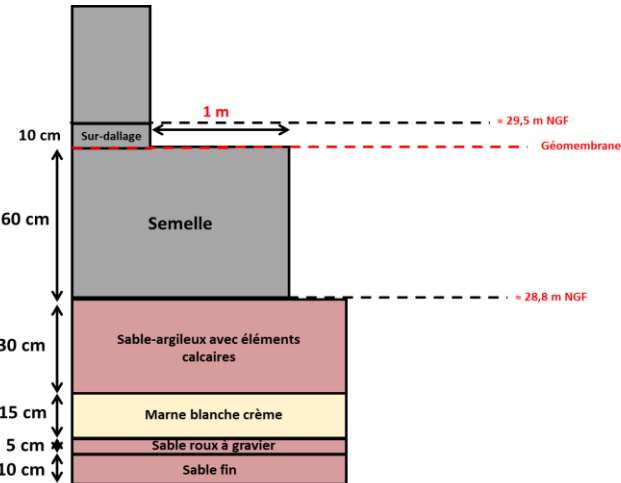

Client: <b>ANTEAGROUP</b>	Lieu : <b>PARIS (75)</b>	N° dossier : <b>OR037012</b>
Sondage n° <b>P6</b>	Date : <b>07/03/2023</b>	
Profondeur visée: 2,0 m	Préforage : 0,4 m	Section : 10 cm <sup>2</sup>
Profondeur atteinte: 0,8 m (refus)		Pointe perdue
Opérateur : <b>MDS</b>	X:	Y: Z:



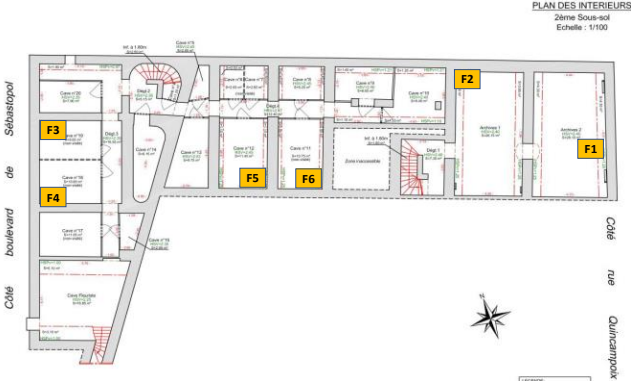

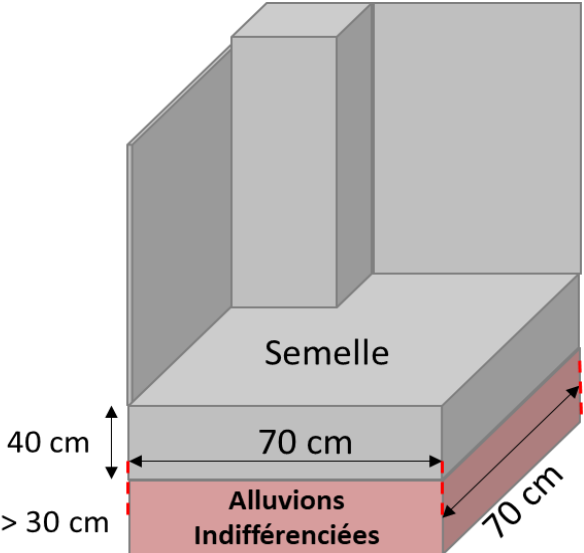

**Commentaires :**

Résistance dynamique apparente  $q_d$  (MPa)



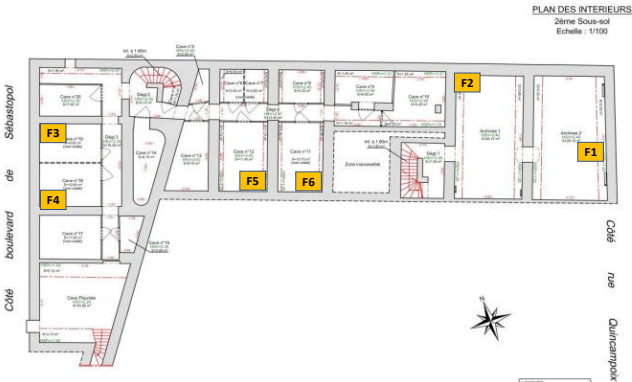

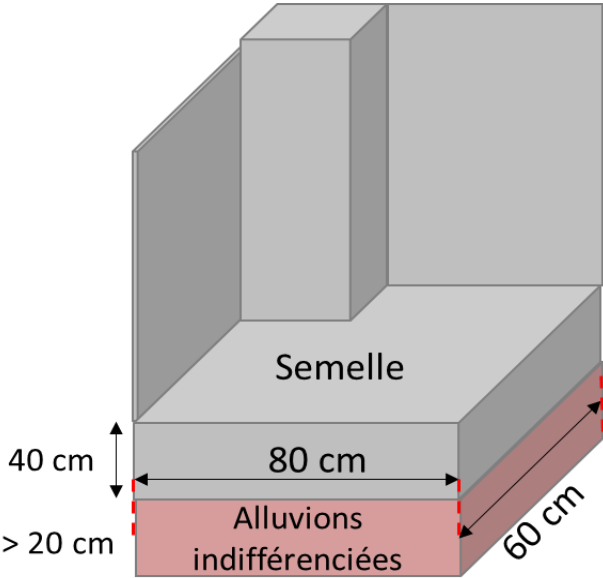





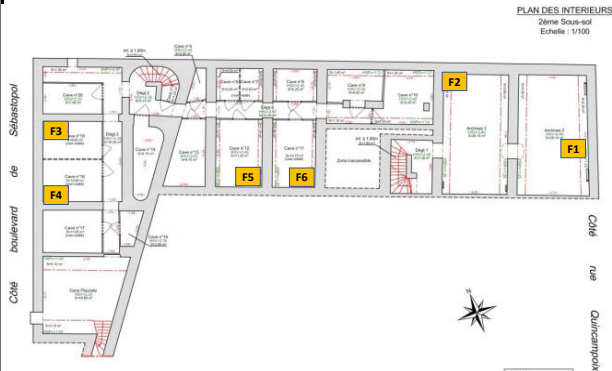

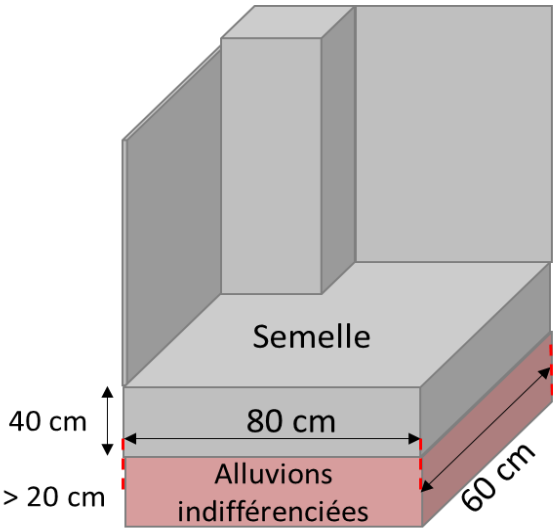

Annexe IV : **Procès-verbaux des reconnaissances de fondations**

	Client		N° de projet		IDFP220861			
	ASSISTANCE PUBLIQUE  HÔPITAUX DE PARIS		Adresse		Immeuble Sébastopol – Paris 4ème			
	Fouille de reconnaissance de fondation							
Date de réalisation	18/01/2023		Coordonnées - Lambert 93					
Nom du sondage	F2		X	-	Y	-	Z	-
			Photo de la fouille					
								
Coupe schématique								
								
Lithologie d'Ancrage			Commentaire					
Lentille calcaire dans une matrice sablo-argileuse, frange de marne blanche puis sable fin.			Marnes et sables peu humides - aucune venue d'eau					



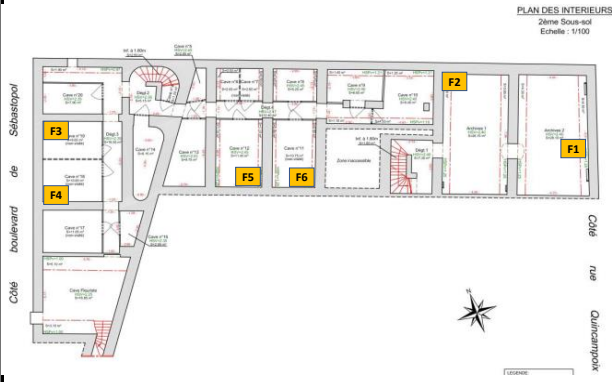

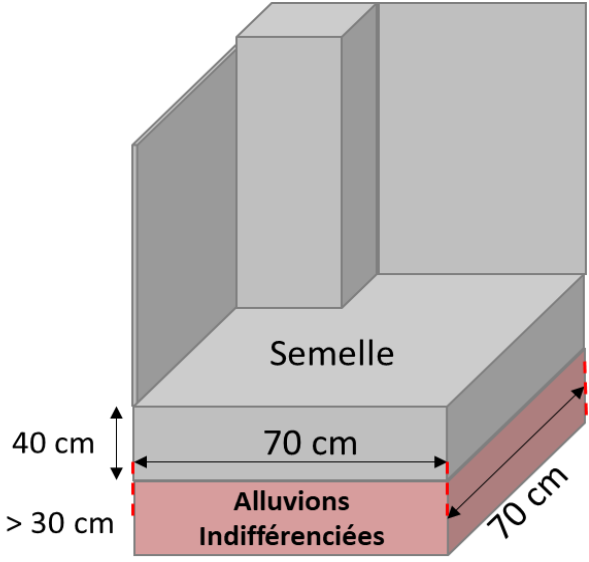

	Client		N° de projet		IDFP220861	
	ASSISTANCE PUBLIQUE  HÔPITAUX DE PARIS		Adresse		Immeuble Sébastopol – Paris 4ème	
	Fouille de reconnaissance de fondation					
Date de réalisation	18/01/2023		Coordonnées - Lambert 93			
Nom du sondage	F3		X	-	Y	-
Implantation générale			Photo de la fouille			
						
Coupe schématique						
						
Lithologie d'Ancrage			Commentaire			
Sable légèrement argileux riche en graviers et galets silex et calcaires			40 cm de la dalle cassée pour la fouille de même constitution que la semelle			



	Client		N° de projet		IDFP220861	
	ASSISTANCE PUBLIQUE  HÔPITAUX DE PARIS		Adresse		Immeuble Sébastopol – Paris 4ème	
	Fouille de reconnaissance de fondation					
Date de réalisation	18/01/2023		Coordonnées - Lambert 93			
Nom du sondage	F4		X	-	Y	-
			Photo de la fouille			
						
Coupe schématique						
						
Lithologie d'Ancre			Commentaire			
Sable légèrement argileux riche en graviers et galets silex et calcaires			40 cm de la dalle cassée pour la fouille de même constitution que la semelle			

	Client		N° de projet		IDFP220861	
	ASSISTANCE PUBLIQUE  HÔPITAUX DE PARIS		Adresse		Immeuble Sébastopol – Paris 4ème	
	Fouille de reconnaissance de fondation					
Date de réalisation	18/01/2023		Coordonnées - Lambert 93			
Nom du sondage	F5	X	-	Y	-	Z -
		Photo de la fouille				
						
Coupe schématique						
						
Lithologie d'Ancrage		Commentaire				
Sable légèrement argileux riche en graviers et galets silex et calcaires		40 cm de la dalle cassée pour la fouille de même constitution que la semelle				



	Client		N° de projet		IDFP220861	
	ASSISTANCE PUBLIQUE  HÔPITAUX DE PARIS		Adresse		Immeuble Sébastopol – Paris 4ème	
	Fouille de reconnaissance de fondation					
Date de réalisation	18/01/2023		Coordonnées - Lambert 93			
Nom du sondage	F1		X	-	Y	-
			Photo de la fouille			
						
Coupe schématique						
						
Lithologie d'Ancrage			Commentaire			
Sable légèrement argileux riche en graviers et galets silex et calcaires			40 cm de la dalle cassée pour la fouille de même constitution que la semelle			

## Annexe V : **Procès-verbaux des essais en laboratoire**

Nom et adresse du client

**AP-HP**

**Immeuble Sébastopol - Mission G5**

IDFP220861

Antea Group ANTONY - M. VRAZINIS

[matthieu.vrazinis@anteagroup.fr](mailto:matthieu.vrazinis@anteagroup.fr)

Date de réception	Echantillons réceptionnés
13/02/2023	3 échantillons en vrac en sac plastique

### Sommaire du rapport

1 tableau de résultats d'essais en laboratoire.

8 pages d'annexes dont :

Bordereau d'essais d'identification de sol (1 page).

Bordereaux d'analyse granulométrique (3 pages).

Bordereau d'essai au bleu de méthylène (1 page).

Bordereaux de classification GTR (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

T. LINDO

Le responsable technique

E. ANTOINET

fichier : Lab23031 - BE\_GES-03\_Lab23031\_IDFP220861.xls

Contenu pour le suivi des essais

E. LAURENT





Laboratoire d'essais géomécaniques

# Synthèse des Résultats d'Essais

N° Rapport : Lab23031

Date de Mise-à-jour : 17/02/2023

N°Projet : IDFP220861

Projet : Immeuble Sébastopol - Mission G5

Client : AP-HP

Unité : ANTONY

Chef de Projet : M. VRAZINIS

	Code	S 102	S 103	S 111			S 114	
	Intitulé	Teneur en eau pondérale NF P94-050	Masse volumique sèche du sol NF P94-053	Analyse granulométrique NF P94-056			Essai au bleu de méthylène NF P94-068	
	Symbole	W <sub>n</sub>	pd	D <sub>max</sub>	<50mm	<2mm	<80µm	VBS
Référence de l'échantillon / description visuel	Unité	(%)	(Mg/m <sup>3</sup> )	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>F2 de 1.20 à 1.30 m</b> Sable, lâche, ocre. Présence d'éléments millimétriques à centimétriques siliceux.		<b>4.8</b>	<b>1.33</b>	<b>25</b>	<b>100.0</b>	<b>83.9</b>	<b>4.3</b>	<b>0.09</b>
<b>F4 de 0.50 à 0.80 m</b> Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.		<b>1.8</b>	<b>1.75</b>	<b>33</b>	<b>100.0</b>	<b>39.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.03</b>
<b>F6 de 0.50 à 0.70 m</b> Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.		<b>1.5</b>	<b>1.7</b>	<b>33</b>	<b>100.0</b>	<b>57.1</b>	<b>0.7</b>	<b>0.05</b>

**Projet :** Immeuble Sébastopol - Mission G5  
Sondage : cf. ci-dessous  
N° d'échantillon : cf. ci-dessous  
Profondeur : cf. ci-dessous  
N° d'archivage : de 23\_0221 à 223  
Nature : cf. tableau de synthèse des essais  
Observation :

**N° de projet :** IDFP220861

Client : AP-HP  
Date de prélèv. : 28/01/2023  
Date de réception : 13/02/2023  
Etat : Vrac

## 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)	$\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	M <sub>humide</sub> + tare (g)	M <sub>sèche</sub> + tare (g)	M <sub>tare</sub> (g)	M <sub>sèche</sub> (g)	W (%)
F2 de 1.20 à 1.30 m	105	2.65	926.39	889.27	111.46	777.81	4.8
F4 de 0.50 à 0.80 m	105	2.65	2205.10	2172.64	373.06	1799.58	1.8
F6 de 0.50 à 0.70 m	105	2.65	1934.42	1910.17	307.51	1602.66	1.5
						0.00	

(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<sup>3</sup>) - NF P94-053 (à la tresse coupante §6.1 et au moule §6.2 - sol) OU NF P94-410-2 (roche)

Référence de l'échantillon	M <sub>humide</sub> (g)	M <sub>tresse</sub> (g)	D (cm)	H (cm)	V <sub>v</sub> /V <sub>grains</sub> e (1)	W/(1/( $\rho_s$ -1/ $\rho_s$ )) Sr (%)	$\rho_h$ (Mg/m <sup>3</sup> )	$\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	e/(1+e) $\eta_t$ (porosité) (1)
F2 de 1.20 à 1.30 m	5708.00	4388.00	10.15	11.68	0.99	13.0	1.40	1.33	0.50
F4 de 0.50 à 0.80 m	6067.00	4388.00	10.15	11.68	0.52	9.0	1.78	1.75	0.34
F6 de 0.50 à 0.70 m	6016.00	4388.00	10.15	11.68	0.56	7.0	1.72	1.70	0.36

## Mesure des masses volumiques (Mg/m<sup>3</sup>) - 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 <sub>épr. sèche</sub> (g)	M <sub>épr. + para</sub> ou M <sub>tare</sub> (g)	M <sub>immergée</sub> ou M <sub>tare + eau</sub> (g)	V <sub>échantillon</sub> (cm <sup>3</sup> )	Temp. (°C)	W/(1/( $\rho_s$ -1/ $\rho_s$ )) Sr (%)	$\rho_h$ (Mg/m <sup>3</sup> )	W (%)	$\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )
F2 de 1.20 à 1.30 m				0.00					
F4 de 0.50 à 0.80 m				0.00					
F6 de 0.50 à 0.70 m				0.00					
				0.00					

#VALEUR!

## Mesure de la masse volumique absolue (Mg/m<sup>3</sup>) - NF P94-054 (au pycnomètre)

Référence de l'échantillon	M <sub>pycnomètre</sub> (g)	M <sub>pycno+eau</sub> (g)	T1 (°C)	V <sub>pycnomètre</sub> (cm <sup>3</sup> )	M <sub>pycno+echan</sub> (g)	M <sub>pycno+ech+eau</sub> (g)	T2 (°C)	V <sub>échantillon</sub> (cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )

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

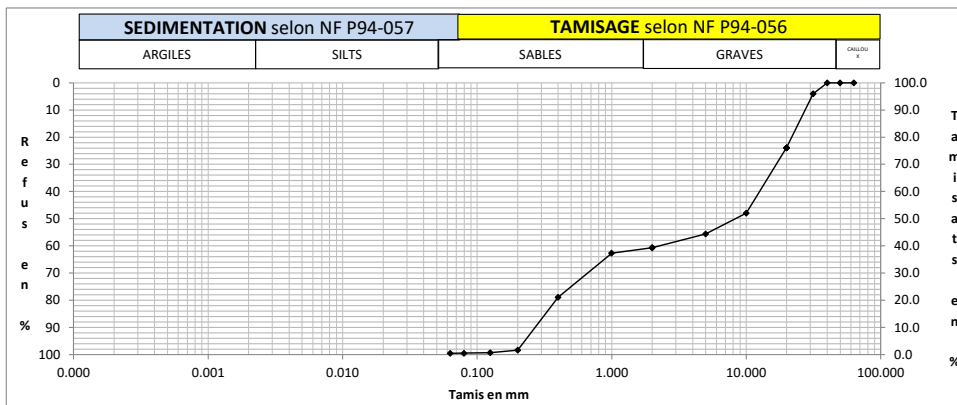
Référence de l'échantillon	Etuvage 50/105 (°C)	M <sub>sèche</sub> (g)	M <sub>saturée</sub> (g)	M <sub>immergée</sub> (g)	W <sub>Sat</sub> (%)	$\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{Sat}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	$\eta_c$ (porosité) (1)

		Opérateur		Contrôleur	
		E. LAURENT		T. LANDO	
ficlier :	lab23031 - RF_IDE-02_IDFP220861.xls				



**Projet :** Immeuble Sébastopol - Mission G5  
**Sondage :** F4  
**N° d'échantillon :**  
**Profondeur :** de 0.50 à 0.80 m  
**N° d'archivage :** 23\_0222  
**Nature :** Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.  
**Observation :**

**N° de projet :** IDFP220861  
**Client :** AP-HP  
**Date de prélèv. :** 28/01/2023  
**Date de réception :** 13/02/2023  
**Etat :** Vrac







## Valeur au Bleu de Méthylène

Essai à la tache

NF P94-068

BE\_IDE-05-V2

Date : 16/02/2023

**Projet :** Immeuble Sébastopol - Mission G5

**N° de projet :** IDFP220861

Sondage : cf. ci-dessous

Client : AP-HP

N° d'échantillon : cf. ci-dessous

Date de prélèv. : 28/01/2023

Profondeur : cf. ci-dessous

Date de réception : 13/02/2023

N° d'archivage : de 23\_0221 à 223

Etat : Vrac

Nature : cf. ci-dessous

Observation :

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

Référence de l'échantillon	Etuve 50/105 (°C)	M <sub>humide</sub> tare (g)	M <sub>totale</sub> sèche (g)	M <sub>tare</sub> (g)
F2 de 1.20 à 1.30 m	105	926.39	889.27	111.46
F4 de 0.50 à 0.80 m	105	2205.10	2172.64	373.06
F6 de 0.50 à 0.70 m	105	1934.42	1910.17	307.51

W (%)
4.8
1.8
1.5

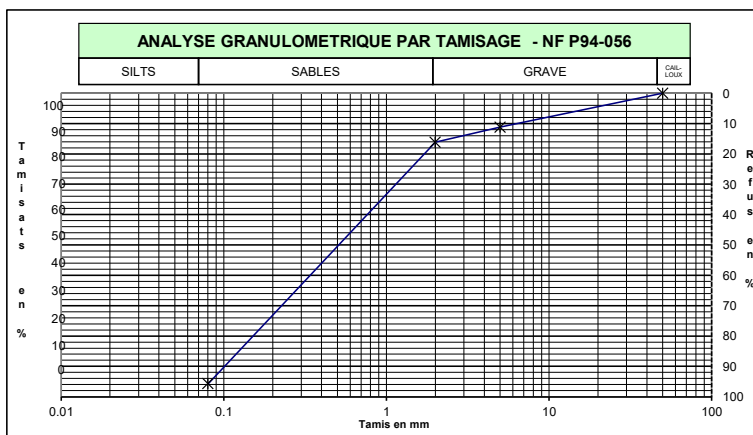
### Valeur au Bleu de Méthylène (Essai à la tache) - NF P94-068

Référence de l'échantillon	M <sub>humide</sub> (g)	V <sub>bleu</sub> introduit Solution à 10 g/L (cc)	Tamisé à 5 mm (%)	Description
F2 de 1.20 à 1.30 m	122.70	12	88.8	Sable, lâche, ocre. Présence d'éléments millimétriques à centimétriques siliceux.
F4 de 0.50 à 0.80 m	153.19	10	44.4	Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.
F6 de 0.50 à 0.70 m	127.50	10	62.3	Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.

VBS (gramme de bleu pour 100 g de matériaux sec)
0.09
0.03
0.05

		Opérateur	Contrôleur
		E. LAURENT	T. LANDO
fichier :	Lab23031 - BE_IDE-05_VBS_IDFP220861.xls		

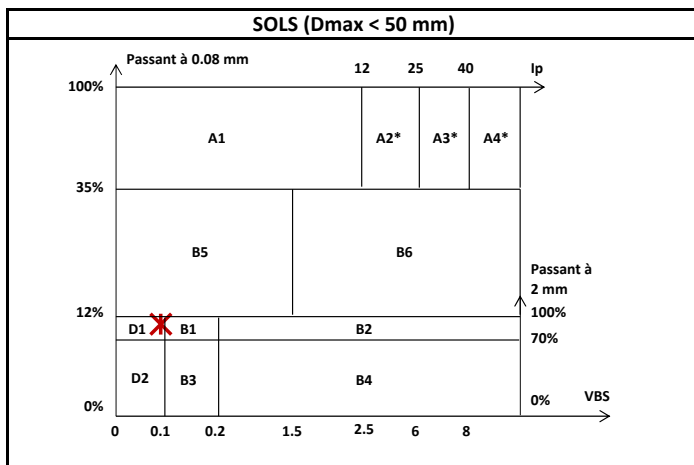
**Projet :** Immeuble Sébastopol - Mission G5  
**N° de projet :** IDFP220861  
**Sondage :** F2  
**Client :** AP-HP  
**N° d'échantillon :**  
**Date de prélèv. :** 28/01/2023  
**Profondeur :** de 1.20 à 1.30 m  
**Date de réception :** 13/02/2023  
**N° d'archivage :** 23\_0221  
**Etat :** Vrac  
**Nature :** Sable, lâche, ocre. Présence d'éléments millimétriques à centimétriques siliceux.  
**Observation :**



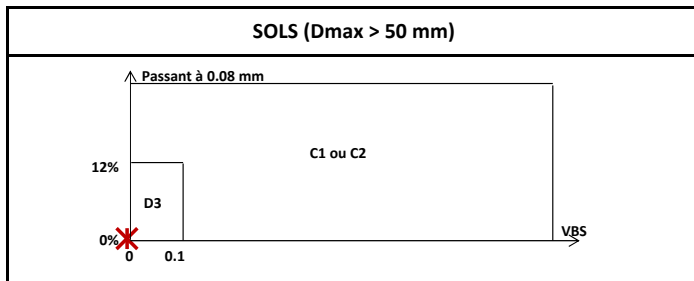
Paramètres de Nature

Granularité			
NF P94056	Dmax (mm)		25
	Fraction 0/50 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/50 (%)	50	100.0
		5	88.8
		2	83.9
		0.08	4.3

Argilosité			
NF P94-068	Valeur de bleu de méthylène	VBS (g/100g)	0.09
NF P94-051	Indice de plasticité	IP (%)	



\* Matériaux pour lesquels la mesure de l'ip est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux, la VBS sera retenue.



Paramètres d'Etat

NF P94-050	Teneur en eau	W (%)	4.8
NF P94-053	Masse Volumique	$\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.33
NF P94-051	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W <sub>OPN</sub> (%)	
NF P94-074	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

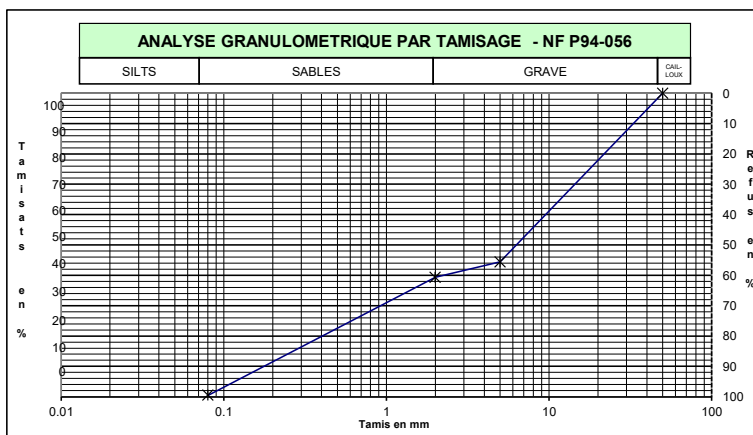
ESSAIS SUR SOL ET ROCHE			
NF EN1097-2	Los Angeles	L <sub>A</sub> (%)	
NF EN1097-1	Micro Deval	M <sub>DE</sub> (%)	
P18-576	Friabilité des sables	F <sub>s</sub> (%)	
NF EN933-8	Equivalent de sable	ESV (-)	
		ESP (-)	
ESSAIS SUR ROCHE			
NF P94-066	Coefficient de Fragmentabilité	FR (-)	
NF P94-067	Coefficient de Dégradabilité	DG (-)	

CLASSE DU SOL			
NF P11-300	Classification	GTR 92	Sables alluvionnaires propres, sables de dune... <b>D1</b>

	Opérateur		Contrôleur	
	E. LAURENT		T. LANDO	

fichier : Lab23031 - BE\_IDE-08\_IDFP220861\_23\_0221\_F2\_de 1.20 à 1.30 m.xls

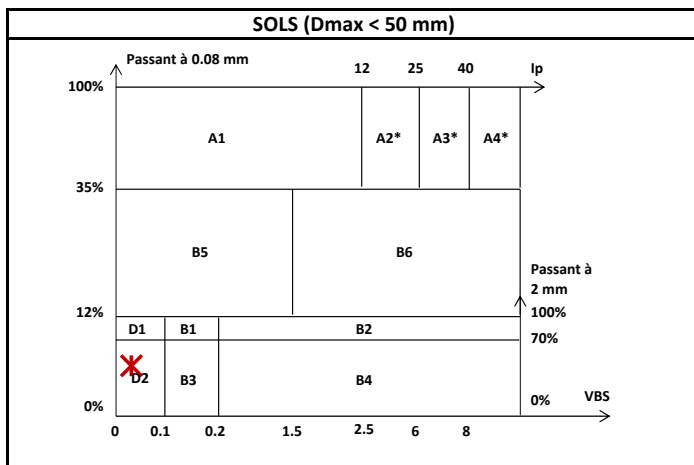
**Projet :** Immeuble Sébastopol - Mission G5  
**N° de projet :** IDFP220861  
**Sondage :** F4  
**Client :** AP-HP  
**N° d'échantillon :**  
**Date de prélèv. :** 28/01/2023  
**Profondeur :** de 0.50 à 0.80 m  
**Date de réception :** 13/02/2023  
**N° d'archivage :** 23\_0222  
**Etat :** Vrac  
**Nature :** Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.  
**Observation :**



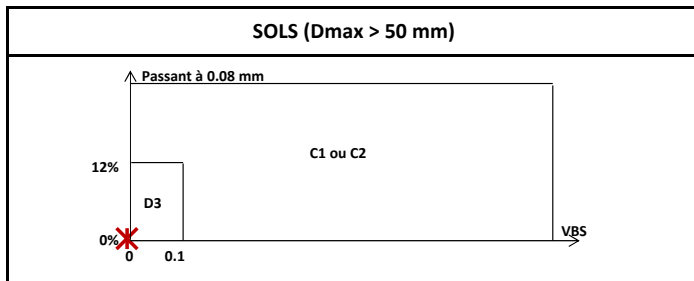
Paramètres de Nature

Granularité			
NF P94056	Dmax (mm)		33
	Fraction 0/50 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/50 (%)	50	100.0
		5	44.4
		2	39.4
		0.08	0.5

Argilosité			
NF P94-068	Valeur de bleu de méthylène	VBS (g/100g)	0.03
NF P94-051	Indice de plasticité	IP (%)	



\* Matériaux pour lesquels la mesure de l'ip est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux, la VBS sera retenue.



Paramètres d'Etat

NF P94-050	Teneur en eau	W (%)	1.8
NF P94-053	Masse Volumique	$\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.75
NF P94-051	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W <sub>OPN</sub> (%)	
NF P94-074	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

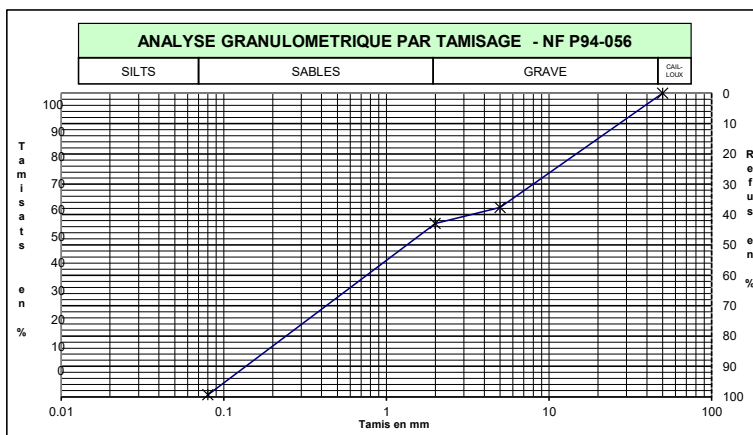
Paramètres de Comportement Mécanique

ESSAIS SUR SOL ET ROCHE			
NF EN1097-2	Los Angeles	L <sub>A</sub> (%)	
NF EN1097-1	Micro Deval	M <sub>DE</sub> (%)	
P18-576	Friabilité des sables	F <sub>s</sub> (%)	
NF EN933-8	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 P11-300	Classification	GTR 92	Graves alluvionnaires propres, sables... D2

		Opérateur	Contrôleur
		E. LAURENT	T. LANDO
fichier :	Lab23031 - BE_IDE-08_IDFP220861_23_0222_F4_de 0.50 à 0.80 m.xls		

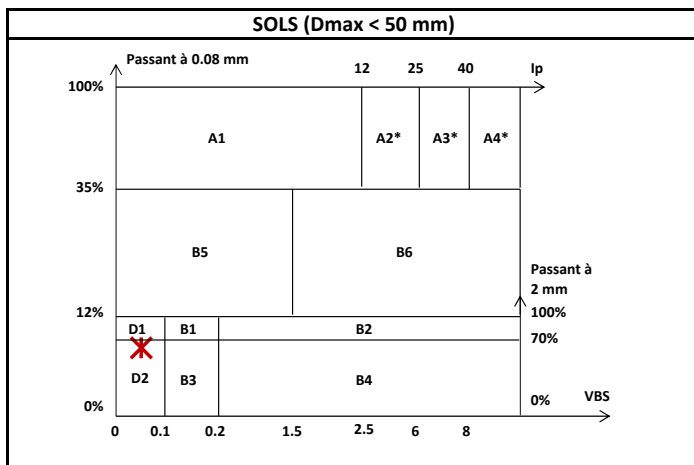
**Projet :** Immeuble Sébastopol - Mission G5  
**N° de projet :** IDFP220861  
**Sondage :** F6  
**Client :** AP-HP  
**N° d'échantillon :**  
**Date de prélèv. :** 28/01/2023  
**Profondeur :** de 0.50 à 0.70 m  
**Date de réception :** 13/02/2023  
**N° d'archivage :** 23\_0223  
**Etat :** Vrac  
**Nature :** Grave composée d'éléments siliceux, sableuse, lâche, beige.  
**Observation :**



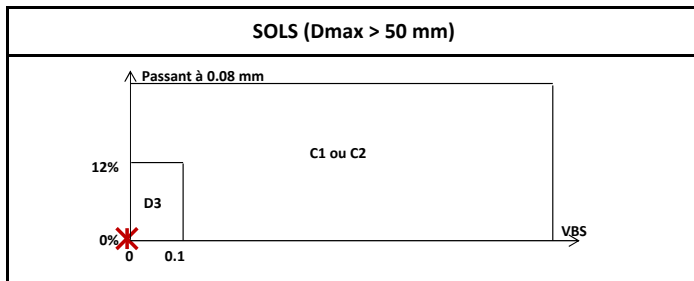
Paramètres de Nature

Granularité			
NF P94056	Dmax (mm)		33
	Fraction 0/50 mm (%)		100.0
	Passant Fraction 0/50 (%)	50	100.0
		5	62.3
		2	57.1
		0.08	0.7

Argilosité			
NF P94-068	Valeur de bleu de méthylène	VBS (g/100g)	0.05
NF P94-051	Indice de plasticité	IP (%)	



\* Matériaux pour lesquels la mesure de l'Ip est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux, la VBS sera retenue.



Paramètres d'Etat

NF P94-050	Teneur en eau	W (%)	1.5
NF P94-053	Masse Volumique	$\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.70
NF P94-051	Indice de consistance	Ic (-)	
NF P94-093	Optimum Proctor	W <sub>OPN</sub> (%)	
NF P94-074	Indice de Portance Immédiat	IPI (-)	

Paramètres de Comportement Mécanique

ESSAIS SUR SOL ET ROCHE			
NF EN1097-2	Los Angeles	L <sub>A</sub> (%)	
NF EN1097-1	Micro Deval	M <sub>DE</sub> (%)	
P18-576	Friabilité des sables	F <sub>s</sub> (%)	
NF EN933-8	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 P11-300	Classification	GTR 92	Graves alluvionnaires propres, sables... D2

		Opérateur	Contrôleur
		E. LAURENT	T. LANDO
fichier :	Lab23031 - BE_IDE-08_IDFP220861_23_0223_F6_de 0.50 à 0.70 m.xls		

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

**ANTEA GROUP**  
**Madame Joan GUIOL**  
**Antony Parc I**  
**2 avenue du Général de Gaulle**  
**92160 ANTONY**

N° rapport d'essai	ULY23-003838-1
N° commande	ULY-03151-23
Interlocuteur (interne)	Y. Lafond
Téléphone	+33 474 990 554
Courrier électronique	<a href="mailto:y.lafond@wessling.fr">y.lafond@wessling.fr</a>
Date	22.02.2023

## Rapport d'essai

**IDFP220861 - APHP Sébastopol**



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.

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](http://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.





Le 22.02.2023

N° d'échantillon		23-021046-01	23-021046-02
Désignation d'échantillon	Unité	F1 0,9-1,0 m F2 1,2-1,3 m	F4 / F6 0,5-0,7 m

## Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Matière sèche	% masse MB	97,9 (A)	96,3 (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)	<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		21/02/2023 (A)	21/02/2023 (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	<450 (A)	<450 (A)		
----------------	----------	----------	----------	--	--

MS : Matières sèches

MB : Matières brutes

< : résultat inférieur à la limite de quantification

## Informations sur les échantillons

Date de réception :	15.02.2023	15.02.2023		
Type d'échantillon :	Sol et remblais, mélange	Sol et remblais, mélange		
Date de prélèvement :	18.01.2023	18.01.2023		
Heure de prélèvement :	09:00	09:00		
Récipient :	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002		
Température à réception (C°) :	8.0	8.0		
Début des analyses :	15.02.2023	15.02.2023		
Fin des analyses :	22.02.2023	22.02.2023		



**Le 22.02.2023**

**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.

Approuvé par :

Sabrina SLIMANI

Responsable de laboratoire environnement

Le 22 février 2023

**Le changement climatique n'implique pas seulement un monde plus chaud, il annonce un monde qui change.**



**Notre métier, vous accompagner pour gérer ces enjeux.**



**Références :**