

**MINISTERE DES ARMEES
ETABLISSEMENT DU SERVICE D'INFRASTRUCTURE DE
LA DEFENSE EN ILE-DE-FRANCE
Fort de Montrouge
16 bis Av Prieur de la côte d'Or
CS 40300 – 94114 ARCUEIL Cedex**

Renforcement de la structure sous pavés

Hôtel National des Invalides

PARIS 7^{ème} (75)

Rapport d'étude géotechnique

(Mission géotechnique G1+G2 Phase Avant-Projet - Norme NF P 94-500)

DOSSIER : N° E.24.5543			Pièce n° 01	
A	06/06/2024	1^{ère} Diffusion après le contrôle interne	G. DUCORNET	K. MALEKI
Indice	Date	Observations – Modifications	Etabli par	Vérifié par
Nombre de page : 16			Nombre d'annexe : 6	

Sommaire

1 - Présentation générale.....	3
1.1 - Définition de mission / Objet du rapport	3
1.2 - Projet	3
2 - Etude géotechnique du site	3
2.1 - Description sommaire du site.....	3
2.2 - Contexte géologique	4
2.3 - Contexte hydrogéologique	5
2.4 - Aléas et risques	5
3 - Investigation et prestations réalisées	6
4 - Résultats Obtenus.....	7
4.1 - Faciès rencontrés et compétence mécanique	7
4.2 - Hydrogéologie.....	9
4.3 - Résultats obtenus en laboratoire	9
5 - Application au projet (Mission G1+G2 AVP).....	12
5.1 - Discussion sur le contexte géotechnique	12
5.2 - Définition du principe de l'assise des pavés	13
5.3 - Exemples de dimensionnement.....	14
⇒ Paramètres de dimensionnement.....	14
5.4 - Préconisations particulières.....	14
⇒ Terrassement	14
⇒ Dallage, dalle	15
⇒ Mitoyen	15
⇒ Disposition constructives	15

Annexes

- Annexe 1 : Plan de Situation
- Annexe 2 : Schémas d'Implantation des Sondages
- Annexe 3 : Coupe du sondage Carotté
- Annexe 4 : Coupe des Sondages Pressiométriques
- Annexe 5 : Résultats des essais au laboratoire
- Annexe 6 : Missions Géotechniques (Norme NF P 94-500)

1 - Présentation générale

1.1 - Définition de mission / Objet du rapport

A la demande et pour le compte du MINISTERE DES ARMEES, 8 avenue du Président Kennedy, 78 102 SAINT GERMAIN EN LAYE, et représenté par Monsieur JEAN-BRIONES, SOLPROJET a réalisé une campagne de reconnaissance de sols dans le cadre d'un projet de renforcement de la structure sous les pavés de la cour d'Honneur des Invalides à PARIS 7^{ème} (75).

Selon la norme NFP 94-500, la présente étude s'inscrit dans le cadre d'une mission géotechnique de type G1+G2 AVP.

1.2 - Projet

Il est prévu le renforcement de la structure sous pavés pour les interventions des pompiers et la mise en accessibilité pour tous de la cour d'Honneur des Invalides. Dans le cadre de ce projet il est donc nécessaire de caractériser le sol de la couche de forme existante pour connaître leur nature et leur compacité. Cette mission fait l'objet du présent rapport.

L'emprise de la cour d'Honneur est d'environ 6480m².

Les éléments suivant nous ont été communiqués :

- Plan d'implantation des sondages,

Les descentes de charges du projet ne nous ont pas été communiquées. L'étude gardera donc un caractère général.

2 - Etude géotechnique du site

2.1 - Description sommaire du site

Le site d'étude, parcelle AZ n°2 au registre du cadastre, se situe dans la commune de Paris 7^{ème} (75) et correspond à la cour d'Honneur des Invalides.

Le site correspond à une cour pavée qui ne présente pas de différence altimétrique importante et qui possède de légers sillon/gouttières relié à des bouches enterrés pour l'évacuation des eaux pluviales.

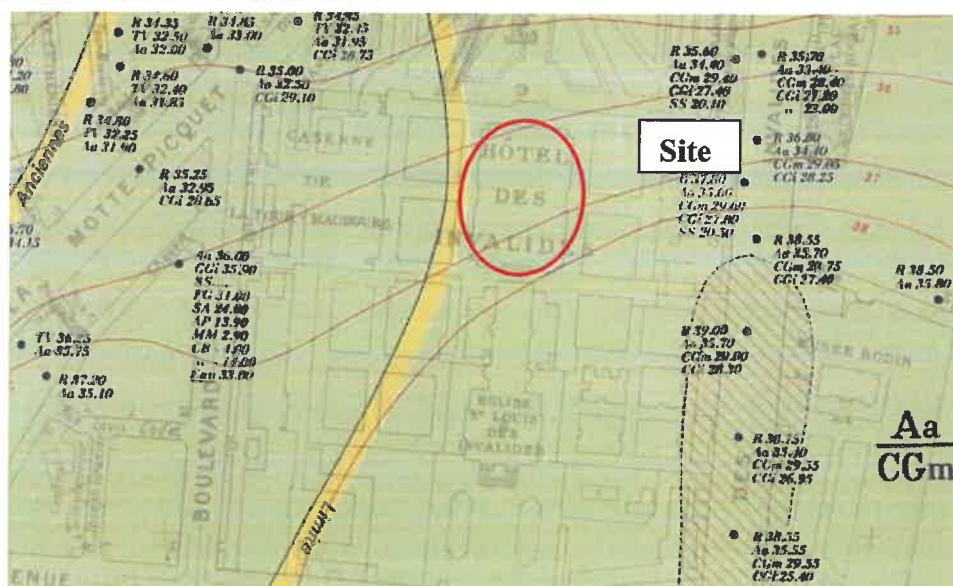


Photographies de la cour d'honneur

2.2 - Contexte géologique

D'après la carte géologique de la France au 1/50 000ème, feuille de Paris et notre connaissance du secteur, la succession des formations géologiques susceptible d'être rencontrée dans la zone du projet devrait être la suivante, de haut en bas :

- **Remblais.**
- **Alluvions anciennes de la Seine.**
- **Résidus du calcaire grossier.**
- **Sables et argiles du Sparnassien**



Extrait de la Carte de l'Atlas géologique de Paris Secteur 7^{ème} et 8^{ème} arrondissement

2.3 - Contexte hydrogéologique

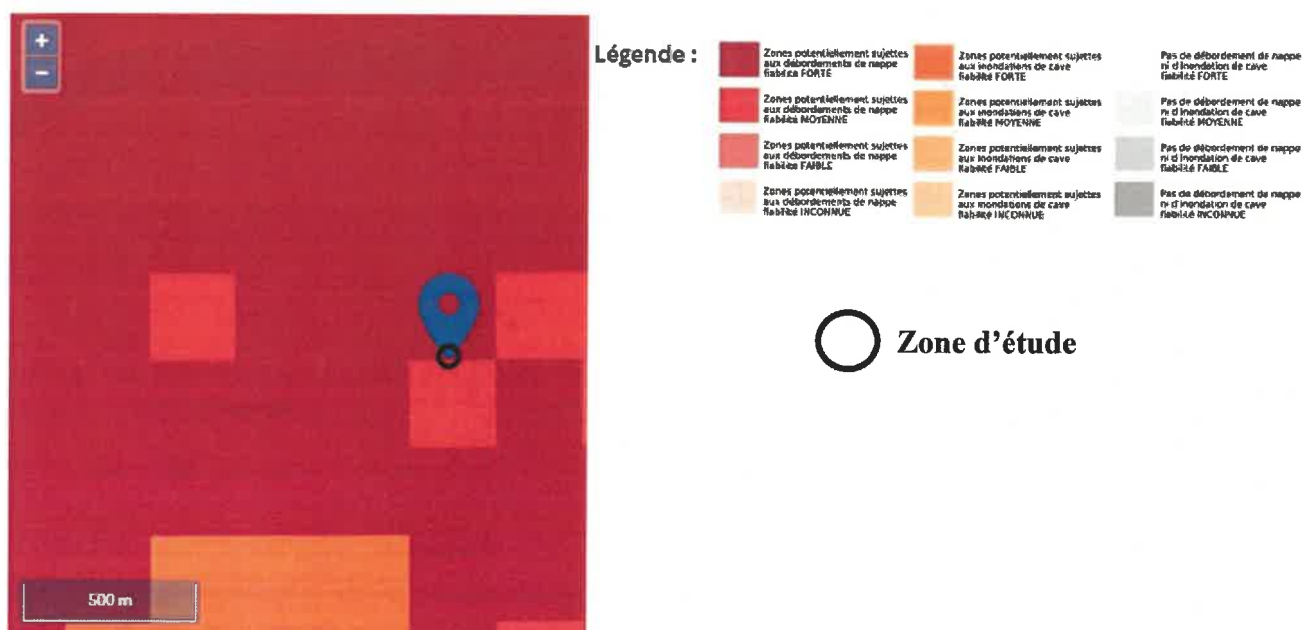
Le contexte hydrogéologique de la zone d'étude est caractérisé par la présence de :

- **Circulations superficielles dans les Remblais, alimentées essentiellement par la pluviométrie ;**
- **Nappe alluviale en relation directe avec la Seine,**
- **Les réseaux aquifères du Lutétien, en charge dans les Marnes et Caillasses.**

2.4 - Aléas et risques

- **Inondation due au phénomène de remontée des nappes phréatiques :**

La carte concernant les remontées de nappes au niveau de la commune de Paris 7^{ème} (75), montre que le site se situe principalement dans une **zone potentiellement sujette aux débordement de nappe** vis-à-vis des inondations par remontée de la nappe.

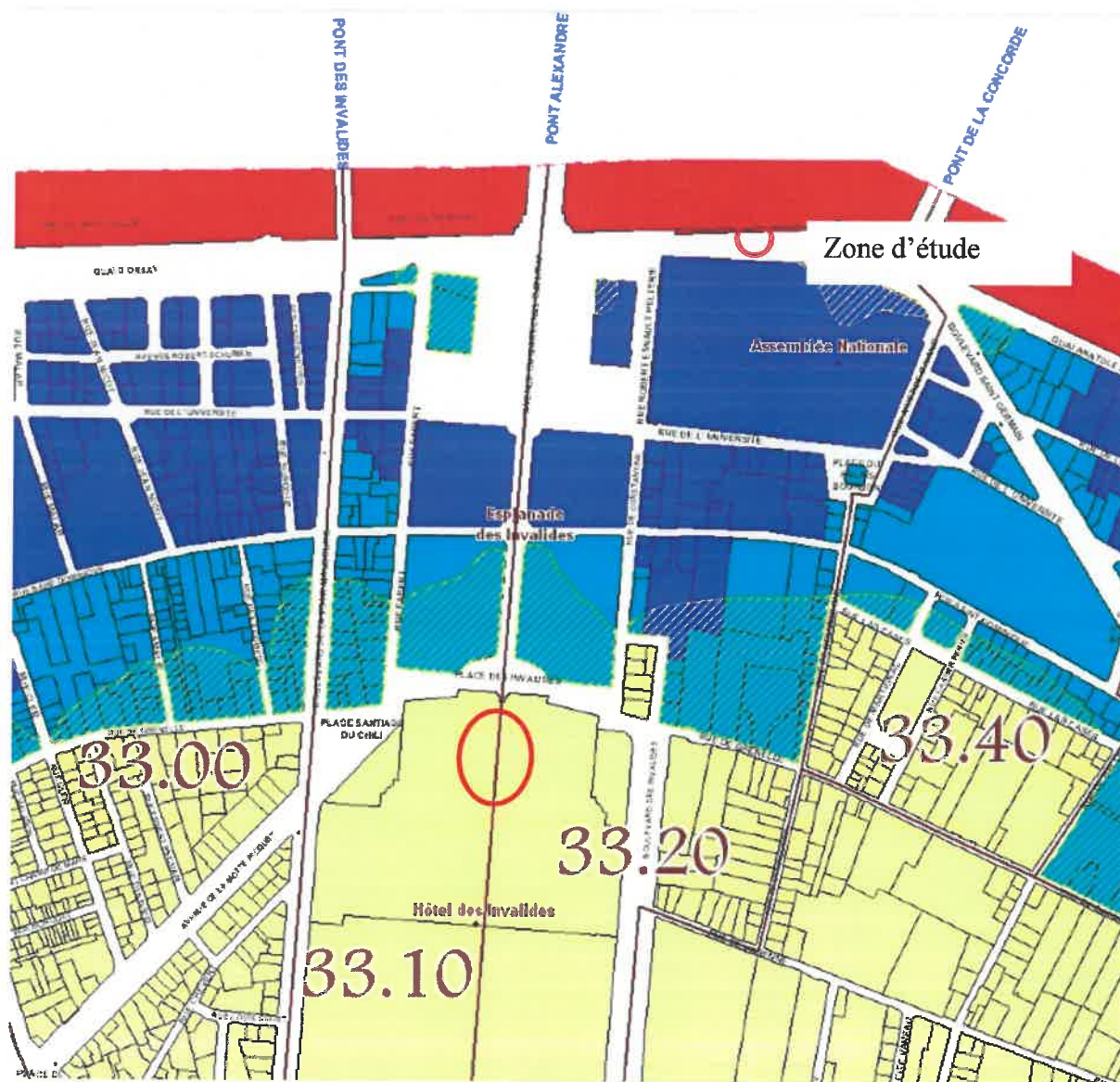


Carte de l'aléa inondation par remontée des nappes sur la commune de Paris 7^{ème} (75) (Site Internet www.infoterre.fr)

- **Inondation par débordement de cours d'eau :**

La commune de Paris 7^{ème} fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) approuvé le 15.07.2003 pour le bassin de la Seine.

Néanmoins, selon la cartographie ci-dessous, la zone d'étude n'est pas concernée par le débordement de cours d'eau (notamment la Seine).



Carte des risques d'inondation par débordement de cours d'eau dans la ville de Paris (site Internet : <https://www.prefectures-regions.gouv.fr/>)

▪ Mouvements de terrain :

Le site ne se trouve pas au droit de secteur ayant fait l'objet d'exploitations en carrières souterraines.

Néanmoins, deux circulaires R111.3 Mouvement de terrain ont été approuvées sur la commune les 25/02/1977 et 19/03/1991 et plusieurs arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sont recensés concernant des inondations et coulées de boue ainsi que des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

3 - Investigation et prestations réalisées

Compte tenu de la nature du projet, nous avons réalisé la campagne de reconnaissance suivante les 22 et 23 mai 2024 :

Type de sondage	Désignation du Sondage	Profondeur en m/TN	Essais pressiométriques	Divers
Carotté	SC1	3.0	/	Réalisation d'essais d'identification au laboratoire Réalisation d'essais odométriques Réalisation d'un essai de gonflement Réalisation d'essai de poids volumique
Pressiométrique	SP1	8.0	7	Réalisation d'essais d'identification au laboratoire
	SP2	8.0	7	
	SP3	8.0	7	
	SP4	8.0	7	

Les sondages sont réalisés depuis le TN actuel, toutes les profondeurs sont exprimées à partir de celui-ci. En l'absence de plan géomètre, la cote des sondages n'a pas pu être rattachée à la base NGF.

Un schéma d'implantation des sondages (état existant du site) est présenté en annexes.

4 - Résultats Obtenus

4.1 - Faciès rencontrés et compétence mécanique

Les sondages pressiométriques enregistrés, de par le mode de foration, ne constituent pas une façon sûre de reconnaissance des faciès souterrains. Seul le mode de foration par carottage permet cette reconnaissance.

En fonction des résultats du sondage carotté, des observations des échantillons de sols prélevés au droit des sondages, des indications fournis par le sondeur et des résultats des essais sur place, nous vous proposons les coupes de sols suivantes :

- Remblais

Les sondages ont permis de caractériser, sous les pavés d'une épaisseur de 15 cm environ, des Remblais sableux légèrement limoneux de couleur beige grisâtre à marron grisâtre avec des cailloux et blocs sur 0.6 à 1.3 m d'épaisseur.

[2 couples de valeurs considérés au droit de SP1 et SP2]

$$9.2 \text{ MPa} < E_m < 11.5 \text{ MPa}$$

$$0.79 \text{ MPa} < \text{PI} < 0.87 \text{ MPa}$$

Ce niveau présente des caractéristiques pressiométriques moyennes à bonne représentatif de remblais sableux moyennement compactés. Néanmoins, les valeurs du module E_m sont relativement dispersées marquant une certaine hétérogénéité liées à l'origine anthropique du sol.

Du fait des aménagements antérieurs du site (les réseaux existants, des ouvrages enterrés, etc.), il est possible de rencontrer des surépaisseurs localisées de remblais non repérées par nos sondages. De plus, ces matériaux peuvent renfermer tout aussi bien des niveaux indurés de toutes dimensions que des passages complètement décomprimés.

- Alluvions Anciennes de la Seine

Sous Les remblais, les sondages ont mis en évidence des sables fin marron à marron beige jaunâtre à cailloux de silex jusque vers environ 2.5 à 3.0m de profondeur/TN puis des sables et graviers beige jaunâtre plus en profondeur jusque vers la fin des sondages pressiométriques arrêtés vers 8.0 m de profondeur/TN (Alluvions anciennes de la Seine).

[26 couples de valeurs considérés]

E_m minimum (MPa)	E_m maximum (MPa)	E_m moyen (MPa)	écart-type (σ) (MPa)	Dispersion (σ/E_m moyen)
28,90	63,50	50,60	7,95	0,16

pl minimum (MPa)	pl maximum (MPa)	pl moyenne (MPa)	écart-type (σ) (MPa)	Dispersion (σ/pl moyen)
1,66	63,50	14,99	23,25	1,55

Ce niveau présente des très bonnes caractéristiques pressiométriques.

Nous attirons votre attention sur le fait qu'il est possible de retrouver des blocs et des niveaux indurés de silex pouvant être de toutes tailles au sein de cette formation.

Tableaux Récapitulatifs :

Nature de sol	SC1	SP1	SP2	SP3	SP4
	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)
Remblais : sable légèrement limoneux voir légèrement argileux marron gris beige à cailloux et blocs	0.0 1.3	0.0 1.0	0.0 1.0	0.0 0.6	0.0 0.6
Alluvions anciennes de la Seine : Sable à sables et graviers de silex marron à marron beige jaunâtre en tête à beige jaunâtre plus en profondeur	1.3 >3.0	1.0 >8.0	1.0 >8.0	0.6 >8.0	0.6 >8.0

Les feuilles des résultats des sondages sont reportées en annexe.

4.2 - Hydrogéologie

Dans cette campagne, étant donné l'absence de sous-sol projeté, aucun piézomètre n'a été installé. De ce fait les circulations d'eau n'ont pas pu être détectées.

Néanmoins, des circulations d'eau superficielles et la présence de nappe au sein de l'horizon des Alluvions sont possibles, notamment en périodes pluvieuses prolongées et en liaison directe avec la Seine. Ces circulations ne sont pas pérennes et dépendent grandement des conditions météorologiques, c'est-à-dire qu'elles se manifestent en périodes pluvieuses prolongées et seront absentes ou de moindre présence en période sèche.

4.3 - Résultats obtenus en laboratoire

a) Essai d'identification GTR

Les sondages pressiométriques et le sondage carotté ont fait l'objet d'un prélèvement d'échantillon au niveau de la couche de forme et des alluvions anciennes de la Seine sous-jacentes. Sur ces échantillons, les essais d'identification réalisés en laboratoire donnent les résultats suivants :

Sondage	SC1		SP1		SP2	
Profondeur / TN	0.6m	1.2 m	0.5-0.8 m	1.0-2.0 m	0.0-1.0 m	1.0-2.5 m
Nature de l'échantillon	Sable fin légèrement limoneux marron grisâtre	Sable fin beige marron à cailloux	Sable fin légèrement limoneux marron beige grisâtre à cailloux	Sable fin marron beige à cailloux	sable légèrement limoneux marron gris beige à cailloux	sable fin marron beige
Passant au tamis 40 mm (%)	100	100	100	100	100	100
Passant au tamis 2 mm (%)	61.6	66.3	61.8	59.5	84.0	74.9
Passant au tamis 80 µm (%)	8.8	26.6	7.8	10.9	8.0	11.2
Teneur en eau (%)	10.2	11.7	5.6	4.5	5.3	4.5
Valeur au Bleu	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
Classification GTR	B ₃	B ₃	B ₃	B ₃	B ₁	B ₁

Sondage	SP3		SP4	
Profondeur / TN	0.0-0.6 m	0.6-3.0 m	0.0-0.6 m	1.0 à 2.0 m
Nature de l'échantillon	Sable légèrement limoneux marron grisâtre	sable fin marron beige à cailloux	sable légèrement limoneux marron grisâtre à cailloux	sable fin marron beige à cailloux
Passant au tamis 40 mm (%)	100	100	100	100
Passant au tamis 2 mm (%)	66.9	72.2	54.6	63.4
Passant au tamis 80 µm (%)	8.1	11.6	5.7	2.0
Teneur en eau (%)	7.1	5.0	12.6	4.1
Valeur au Bleu	0.2	0.1	0.2	0.1
Classification GTR	B ₃	B ₁	B ₃	B ₃

- Pour SC1 (0.6 m) : Sable légèrement limoneux marron grisâtre (Sous-classe B₃ (Grave silteuse) de la classification GTR.

- Pour SC1 (1.2 m) : Sable fin beige marron à cailloux (Sous-classe B₃ (Grave silteuse) de la classification GTR.

- Pour SP1 (0.5-0.8 m) : Sable fin légèrement limoneux marron beige grisâtre à cailloux Sous-classe B₃ (Grave silteuse) de la classification GTR.

- Pour SP1 (1.0 à 2.0 m) : Sable fin beige marron à cailloux Sous-classe B₃ (Grave silteuse) de la classification GTR.

- Pour SP2 (0.0-1.0 m) : sable légèrement limoneux marron gris beige à cailloux Sous-classe B₁ (Sable silteux) de la classification GTR.

- Pour SP2 (1.0-2.5 m) : sable légèrement limoneux marron gris beige à cailloux Sous-classe B₁ (Sable silteux) de la classification GTR.

- Pour SP3 (0.0-0.6 m) : Sable légèrement limoneux marron grisâtre Sous-classe B₃ (Grave silteuse) de la classification GTR.

- Pour SP3 (0.6-3.0 m) : sable fin marron beige à cailloux Sous-classe B₁ (Sable silteux) de la classification GTR.

- Pour SP4 (0.0-0.6 m) : sable légèrement limoneux marron grisâtre à cailloux Sous-classe B₃ (Grave silteuse) de la classification GTR.

- Pour SP4 (1.0-2.0 m) : sable fin marron beige à cailloux Sous-classe B₃ (Grave silteuse) de la classification GTR.

Nous constatons que dans l'état actuel, en mai 2024, les sols en place sont d'un niveau hydrique sec à moyen.

Les résultats des essais d'identification sont reportés en annexe 5.

b) Essai de gonflement

L'essai de gonflement à l'œdomètre a été réalisé conformément à la norme XP P 94-091.

Les résultats sont détaillés dans le tableau suivant :

Essai	Profondeur (m)	Teneur en eau initiale, W_i (%)	Teneur en eau finale, W_f (%)	Pression de gonflement, P_g (kPa)
SC1	1.0 m	11	13	28

Teneur en eau initiale, W_i : teneur en eau au début des mesures

Teneur en eau finale, W_f : teneur en eau à la fin des mesures

- La teneur en eau actuelle correspond à la teneur en eau habituelle pour ce sol : règle générale (11%) pour ce genre de sols (sable légèrement argileux),
- La pression de gonflement est relativement faible témoignant de la très faible sensibilité de ces sols au phénomène retrait/gonflement avec une pression de gonflement mesuré de 0.028 MPa soit 0.28 bars.

c) Essai de compressibilité à l'œdomètre

Des essais de compressibilité à l'œdomètre ont été pratiqués selon la norme XP P 94-090-1.

Cet essai est une application directe de la théorie de la consolidation. Il permet d'évaluer l'amplitude des tassements des ouvrages ainsi que leur évolution. Des contraintes normales sont appliquées à l'échantillon par paliers successifs en présence d'eau. Le tassement est mesuré sous chaque palier de chargement jusqu'à ce qu'une stabilisation soit pratiquement atteinte. Cet essai permet donc d'établir la courbe de compressibilité qui indique le tassement total en fonction du logarithme de la contrainte appliquée.

Ainsi les résultats obtenus sont les suivants :

Sondage	SC1	SC1
Profondeur de l'essai (m)	0.6 m	1.5 m
Nature du sol	Sable fin siliceux friable beige grisâtre à cailloux	Sable fin beige jaunâtre à cailloux de silex
Indice des vides e_0	0.443	0.440
Contrainte effective verticale σ'_{v0} (kPa)	63	74
Contrainte de préconsolidation σ'_p (kPa)	60	80
Indice de compression C_c	0.03	0.02
Indice de gonflement C_s	0.006	0.007

Les résultats sont présentés en annexe 6.

L'indice de Compression C_c permet de classer les sols testés selon leur compressibilité :

$C_c / (1 + e_0) < 0.015$	sol très peu compressible
$0.015 < C_c / (1 + e_0) < 0.05$	sol peu compressible
$0.05 < C_c / (1 + e_0) < 0.20$	sol moyennement compressible
$C_c / (1 + e_0) > 0.20$	sol très compressible

Les échantillons testés sont donc des sols peu compressibles.

d) Poids volumique des sols

Les formations superficielles ont fait l'objet de prélèvements d'échantillons intacts au droit du sondage carotté SC1. Sur ces échantillons intacts des mesures de poids volumique ont été réalisés et donnent les résultats suivants :

Sondage	SC1	SC1
Profondeur	0.6-0.8m	1.3-1.5m
densité humide (g/cm ³)	1,914	1,943
densité sèche (g/cm ³)	1,629	1,689
Nature du matériau	Sable limoneux beige grisâtre à cailloux	sable fin beige jaunâtre à cailloux de silex

5 - Application au projet (Mission G1+G2 AVP)

5.1 - Discussion sur le contexte géotechnique

Compte tenu des résultats obtenus au cours de cette campagne de reconnaissance, le site se caractérise par le contexte géotechnique suivant :

- Des **Remblais de** sable légèrement limoneux à légèrement argileux beige grisâtre à marron grisâtre à cailloux et blocs **sur 0.6 à 1.3 m** d'épaisseur selon l'emplacement, avec risque de surépaisseur ;
- Un **sable fin** marron à marron beige jaunâtre à quelques cailloux de silex jusque vers 2.5/3.0m de profondeur/TN puis un **sable graveleux** beige jaunâtre (Alluvions anciennes de la Seine) jusque vers la fin de nos sondages pressiométriques arrêtés vers **8.0 m** de profondeur/TN et d'une très bonne compacité

Dans cette campagne en raison de l'absence de sous-sol projeté, aucun piézomètre n'a été installé sur le site. De ce fait, les circulations d'eau n'ont pas pu être détectées.

Néanmoins, des circulations d'eau superficielles au sein de l'horizon des terrains superficiels sont possibles, notamment en périodes pluvieuses prolongées. Ces circulations ne sont pas pérennes et dépendent grandement des conditions météorologiques, c'est-à-dire qu'elles se manifestent en périodes pluvieuses prolongées et seront absentes ou de moindre présence en période sèche.

5.2 - Définition du principe de l'assise des pavés

Il est prévu le renforcement de la structure sous pavés pour les interventions des pompiers et la mise en accessibilité pour tous de la cour d'Honneur des Invalides.

Il est prévu la démolition de murs pour ouvrir les pièces existantes, la création de 2 cages d'escaliers ainsi que d'une cage d'ascenseur reliant les deux niveaux ; pour ce dernier, une fosse d'ascenseur sera creusée.

Le site se caractérise par la présence d'une couche de Remblais de 0.6 à 1.3 m d'épaisseur avec risque de surépaisseur de compacité hétérogène moyenne à bonne, puis par les Alluvions anciennes de la Seine de très bonne compacité.

Les plateformes actuelles présentent des épaisseurs très variables des Remblais superficiels. Ces Remblais sont relativement compacts mais présentent un comportement géomécanique assez hétérogène allant des sols de compacité globalement moyenne à bonne. Si des surcharges importantes (comme le passage des véhicules pompiers ou des engins de levages) sont appliquée aux surfaces, ces sols peuvent encore se déformer et aggraver des signes de tassements différentiels plus ou moins important déjà présents.

Pour se prémunir de ce risque, nous recommandons les principes suivants selon les recommandations des Fascicules I et II SETRA-LCPC "Réalisation des Remblais et Couches de forme":

- le décapage total des remblais et des sols superficiels sur minimum 80 cm d'épaisseur (*sinon, risque de tassement*),
- un compactage soigné de l'arase avec $EV2 \geq 35$ MPa comme critère de l'arase de terrassement,
- la mise en place de couches de forme en matériaux inertes de type D2, D3 ou R21 sur une épaisseur minimale de 0,60 m en couches successives de 0.2 m d'épaisseur compactées selon les règles de l'art et séparées par des nappes de géotextile résistant à la traction afin de diminuer le risque de tassement,
- vérifier les critères de réception de la future plateforme recevant le dallage après la mise en place de chaque couche successive par des essais à la plaque :
 - $EV2 \geq 80$ MPa
 - $Kw \geq 50$ MPa
 - $EV2/EV1 \leq 2,2$
- la mise en place des pavés à joint rigide.

Note 1 : Nous recommandons que l'état des réseaux d'eaux pluviales actuels de la cour soient examinés pour que des éventuelles fuites soient réparées.

Note 2 : Pour éviter la stagnation d'eau, une pente minimale de 1% au niveau des pavés est à prévoir. Cette pente ne devra pas non plus excéder 5% pour garantir une bonne mise en place.

En ce qui concerne la restructuration du dallage en pavé, de ces observations, la contrainte de travail à l'ELS devra être limitée sous la future couche de forme à **0.18 MPa (1.8 bars)**. Il est à noter que même pour ce niveau de contrainte de travail, vu la présence de remblais hétérogènes le risque de tassement est bien présent.

Notes importantes pour les fondations :

- Un examen renforcé du fond de fouille des fondations est obligatoire afin de vérifier l'absence d'éventuels remblais et sols remaniés au niveau d'ancrage des fondations,
- Dans le cas d'approfondissement des fondations (surépaisseurs des remblais et sols remaniés), un blindage des parois des fondations est nécessaire si celles-ci seront instables,
- Le système de fondation à réaliser sur le site à des niveaux différents ne devrait pas exercer d'efforts parasites entre elles. En tout cas, il faudrait respecter la pente de 2V/3H entre leurs arrêtes et ceux des fondations existantes selon le DTU 13.12 afin de supprimer tous efforts parasites.

5.3 - Exemples de dimensionnement**⇒ Paramètres de dimensionnement**

En ce qui concerne la contrainte ultime (Q_u), nous rappelons que celle-ci est déterminée conformément aux règles pressiométriques du DTU 13.12, par application des relations suivantes :

$$Q_u = K_p \times P_{le} + \gamma \cdot D$$

Où :

$K_p = 0,8$ (facteur de portance fonction de l'encastrement et du type de fondation).

$P_{le} = 0.7 \text{ MPa}$ (En tenant compte des valeurs défavorables obtenues et d'un certain remaniement du fond de fouille).

$\gamma \cdot D$ négligeable.

Dans les conditions évoquées précédemment, nous retiendrons :

– **$Q_u = 0.56 \text{ MPa}$**

Il vient alors pour les contraintes de calcul à l'ELU et à l'ELS (ancienne contrainte admissible) :

– $\gamma_q = 2$, d'où : $Q_{ELU} = 0,28 \text{ MPa}$

– $\gamma_q = 3$, d'où : $Q_{ELS} = 0,18 \text{ MPa}$ (# 1.8 bars).

5.4 - Préconisations particulières**⇒ Terrassement**

Les profondeurs maximales des terrassements pour la réalisation de la structure sous pavé seront de l'ordre de 0.8 m de profondeur/TN actuel. Ces travaux intéresseront les remblais et le toit des alluvions anciennes de la Seine.

L'extraction des déblais pourra généralement être réalisée à l'aide d'engins de moyenne puissance. L'utilisation de matériel spécifique est nécessaire pour les vestiges (fondations et

murs enterrés des constructions existantes et d'éventuels ouvrages enterrés) à retirer dans l'emprise du projet et en cas de rencontre de blocs ou de niveaux indurés au sein des remblais et des sols en place.

Par ailleurs, nous recommandons de supprimer toutes les structures enterrées (fondations, éventuel sous-sol, réseaux, etc.,...) pouvant constituer des points durs pour les fondations projetées. Ces structures seront substituées par une grave compactée mise en œuvre dans les règles de l'art, quand ceci est nécessaire.

De même, dans le cas d'instabilité des parois des fouilles des fondations, un blindage provisoire est obligatoire.

Pour le prédimensionnement des blindages et ouvrages de soutènement, nous vous proposons les caractéristiques intrinsèques suivantes :

Désignation de la formation	γ (KN/m ³)	ϕ_u (°)	C_u (kPa)	ϕ' (°)	C' (kPa)
Remblais	18	22	0	22	0
Alluvions Anciennes de la Seine	18	23	0.5	25	0

On notera cependant que ces caractéristiques n'ont pas été mesurées par des essais spécifiques en laboratoire mais correspondent aux valeurs généralement admises dans ces matériaux en corrélation avec les résultats pressiométriques. Une justification plus précise de ces valeurs nécessiterait l'exécution d'essais mécaniques en laboratoire sur échantillons intacts.

⇒ Dallage, dalle

Pour la mise en place de la plateforme, il faudra se reporter au paragraphe 5.2 du présent rapport.

⇒ Mitoyen

La stabilité des ouvrages mitoyens (bâtiment existant, fondations mitoyennes, réseaux, etc.) au cours de l'exécution des fouilles devra être assurée par une méthodologie adéquate et un phasage spécifique.

Les fondations existantes devront être protégées par des blindages lors de travaux.

En tout état de cause, il est exclu de réaliser un terrassement ou des fondations sans assurer la stabilité en phase provisoire et à terme des ouvrages mitoyens (dalle de protection, suivi des déformations en cours de chantier, etc.).

Il est à noter que la méthodologie de la démolition des ouvrages existants et l'interaction de ces travaux avec les mitoyens et les éventuels dispositifs de renforcement ne font pas partie de notre mission.

⇒ Disposition constructives

La réalisation des reprises en sous-œuvre des fondations de la maison devra être conforme aux documents en vigueur (DTU 13.12). Plus particulièrement, dans le cadre de cette étude, cela implique les sujétions suivantes :

- Réalisation et finition soignées de la fouille et du fond de fouille ;
- Utilisation d'outils adaptés en cas de rencontre de blocs ou niveaux indurés de toute nature au sein des remblais (anciens vestiges) et des sols en place ;
- L'homogénéité du fond de fouille sera soigneusement contrôlée par un géotechnicien avec purge et substitution par un remblai technique en cas de découverte de surépaisseurs des remblais ou de sols remaniés ;
- Les fonds de fouilles doivent rester le moins longtemps possible soumis aux intempéries ;
- Les eaux de ruissellement superficiel ne devront pas être dirigées vers les façades de la construction projetée. Le modelage des abords de la construction permettra d'en éloigner les eaux de ruissellement ;

Les techniques mises en œuvre devront recevoir l'aval du Bureau de contrôle ou de la Maîtrise d'œuvre d'exécution.

Les travaux sont à réaliser obligatoirement sous la responsabilité d'un maître d'œuvre spécialisé qui devra adapter nos conclusions et recommandations aux caractéristiques du projet.

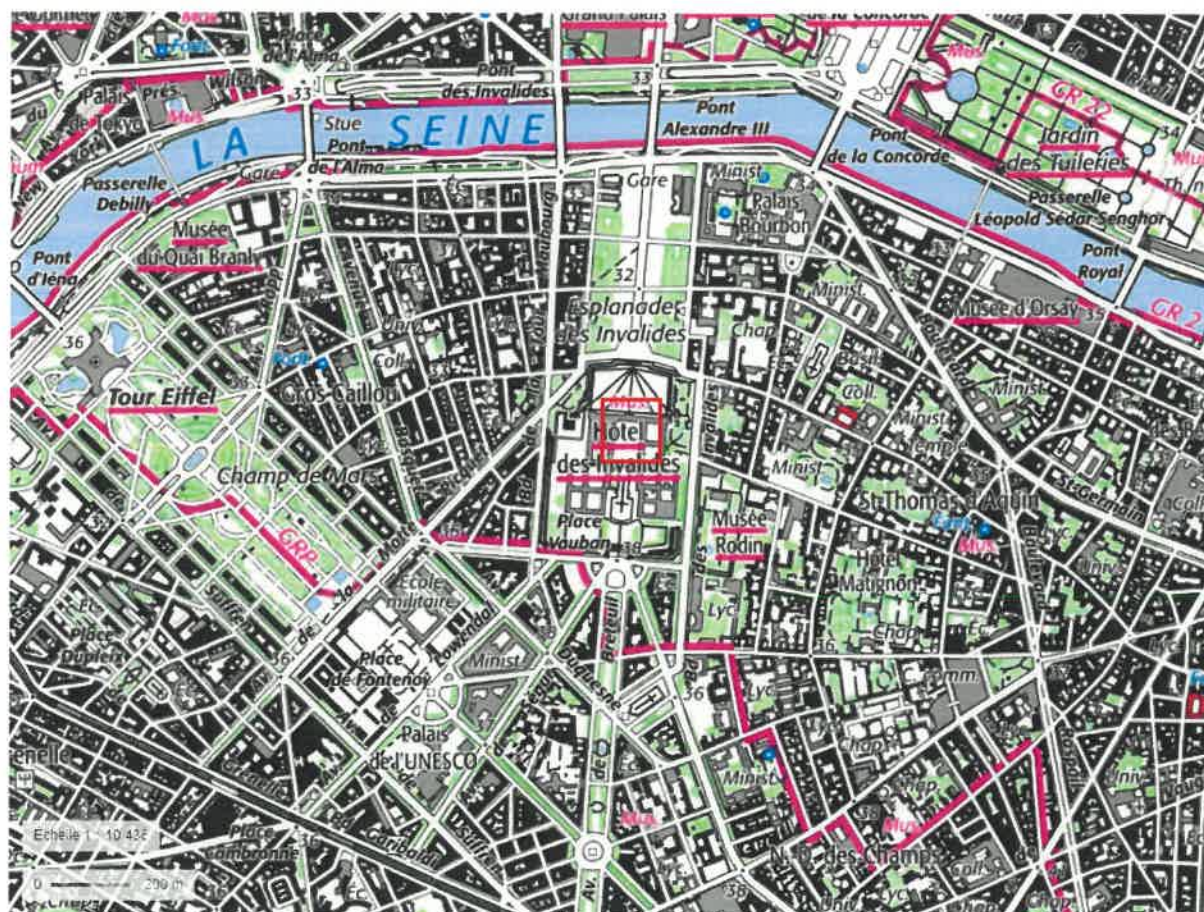
Nous restons à la disposition de la Maîtrise d'Ouvrage et son équipe pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats des sondages et nos conclusions, ainsi que pour suivre et contrôler l'exécution des fondations qui peuvent toujours présenter localement des anomalies nécessitant des adaptations, dans le cadre d'une mission spécifique de suivi géotechnique d'exécution (mission de type G2 et G4 de la norme française NF P 94-500). La description des missions normées ainsi que leur enchaînement sont présentées à la fin de ce rapport.

ANNEXE 1

PLAN DE SITUATION



Localisation du site



ANNEXE 2

<h1>SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES</h1>
--

SOLPROJET

Dossier n°E24-5543

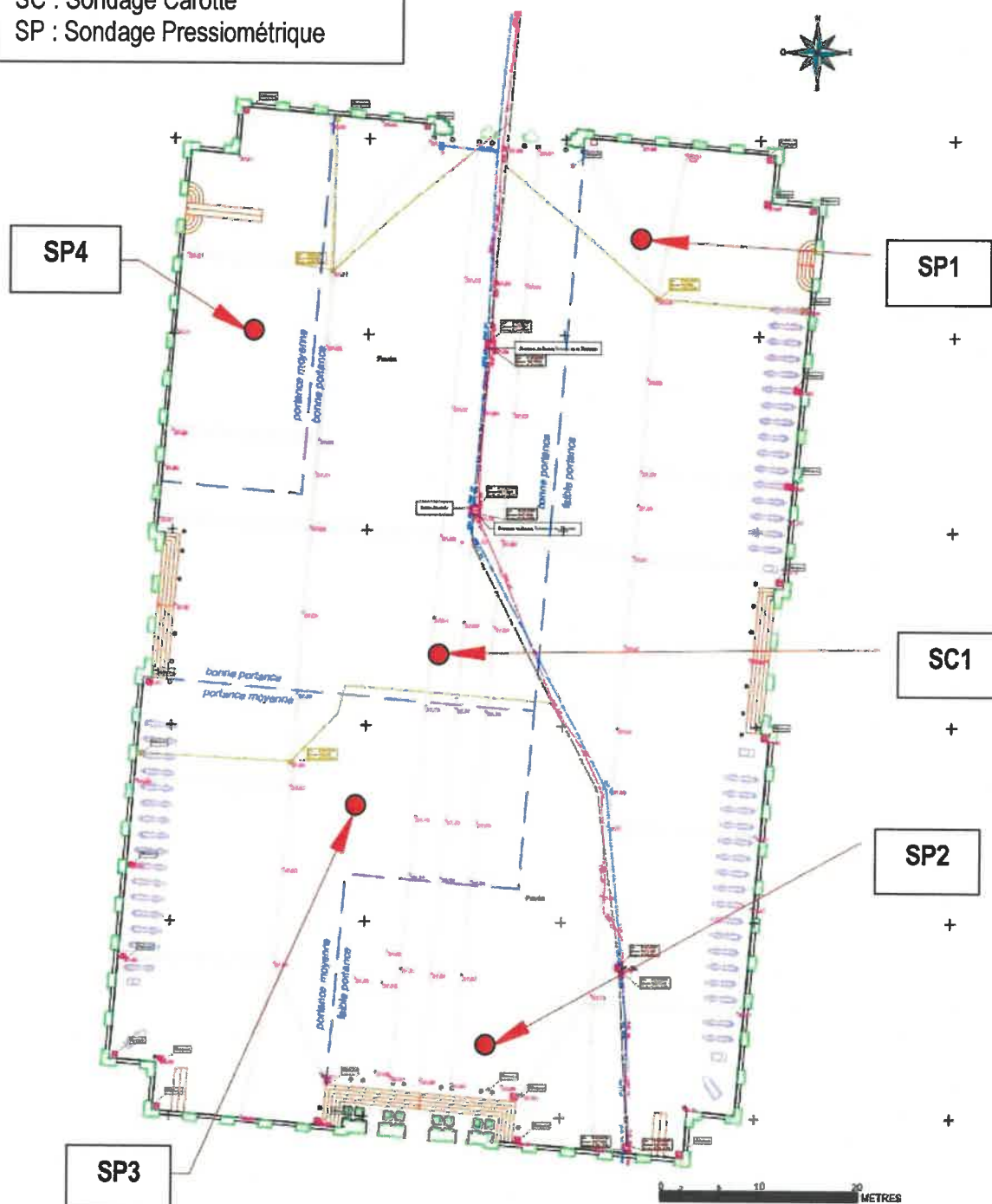
PARIS 7ème (75) – Hôtel National des Invalides, cour d'Honneur

Schéma d'implantation des sondages

Légende :

SC : Sondage Carotté

SP : Sondage Pressiométrique



ANNEXE 3

**COUPE ET PHOTOGRAPHIE DU SONDAGE
CAROTTÉ**



SOLPROJET

Client : MINISTERE DES ARMEES

Machine :

Foreur :

Opérateur :

X :

Y :

Z : 0.00 m

SONDAGE SC1

Dossier : E24-5543

Chantier : PARIS 7ème (75)

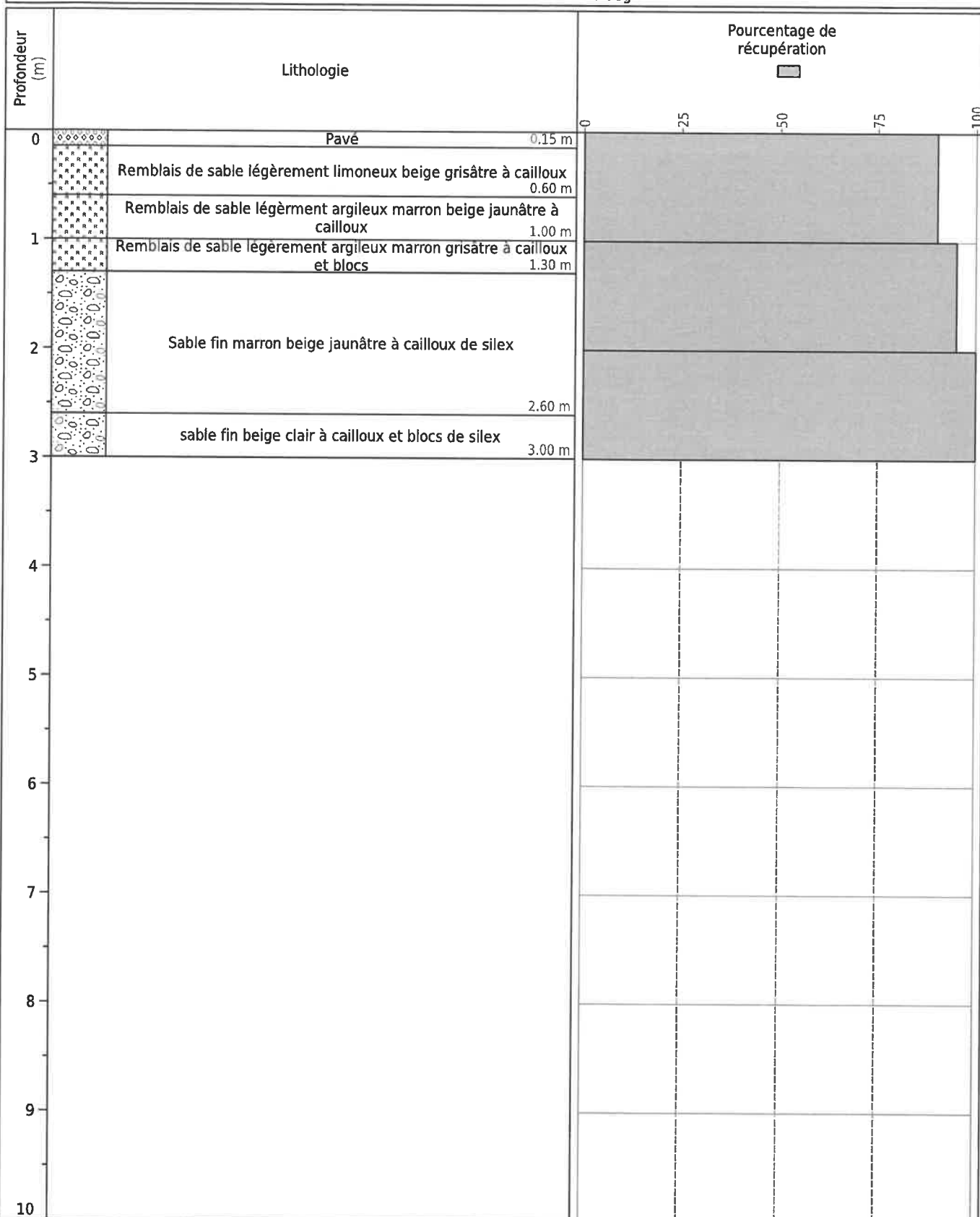
Echelle 1/50

Profondeur : 3.00 m

Carte n°

Date : 23/05/2024

Inclinaison : 0.0 deg



Obs. :

SOLPROJET

Dossier n°E24-5543
PARIS 7ème (75) – Hôtel National des Invalides – cour d'Honneur

PHOTOGRAPHIE DU SONDAGE CAROTTE SC1

- 0 m à 3 m de profondeur



ANNEXE 4

**COUPES DES SONDAGES
PRESSIOMÉTRIQUES**



Client : MINISTERE DES ARMEES

Machine : Foreur :

X : Y :

Opérateur :

Z : 0.00 m

SONDAGE SP1

Dossier : E24-5543

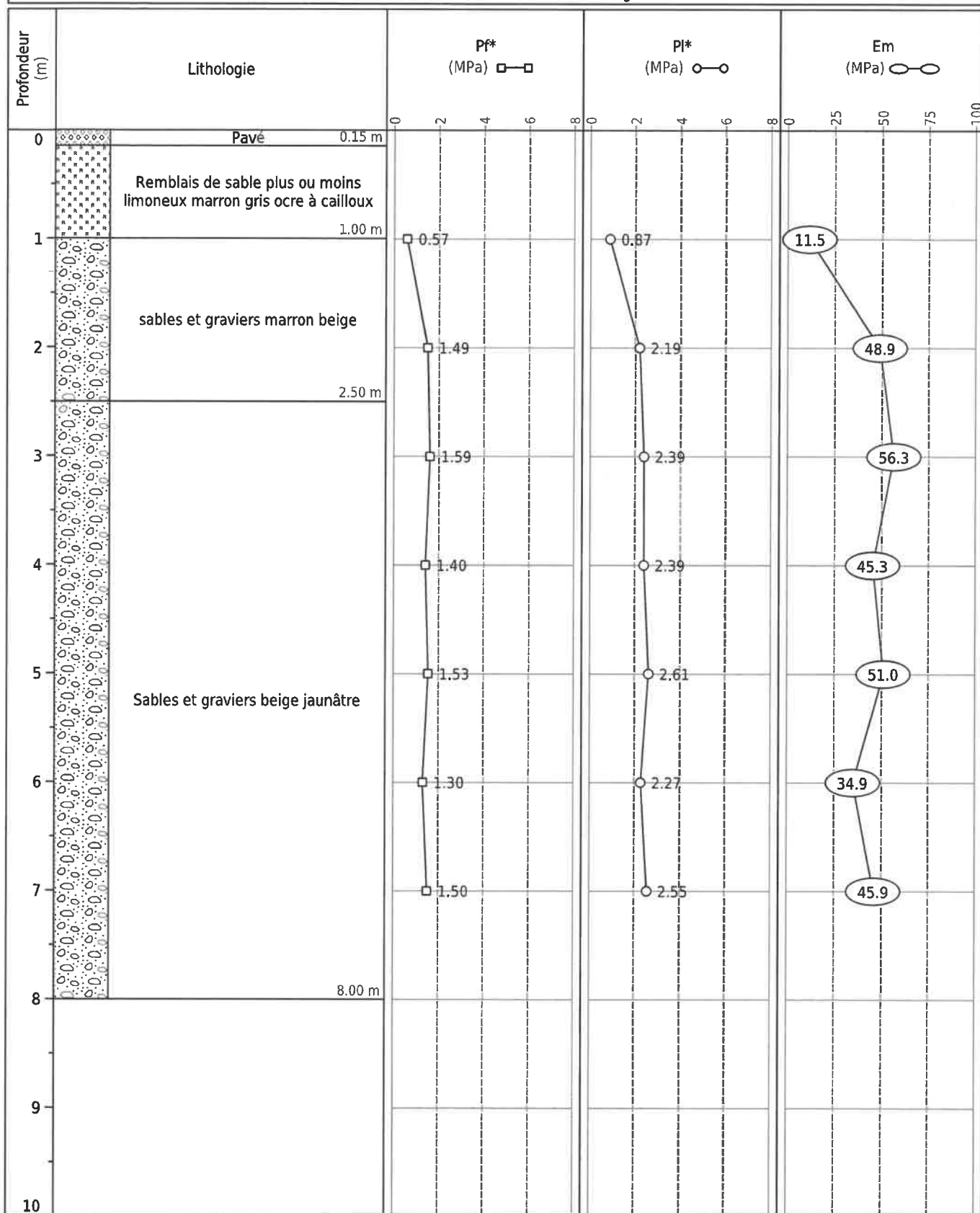
Chantier : PARIS 7ème (75)

Echelle 1/50

Profondeur : 8.00 m
Carte n°

Date : 22/05/2024

Inclinaison : 0.0 deg



Obs. :



Client : MINISTERE DES ARMEES

Machine : Foreur :

X : Y :

Opérateur :

Z : 0.00 m

SONDAGE SP2

Dossier : E24-5543

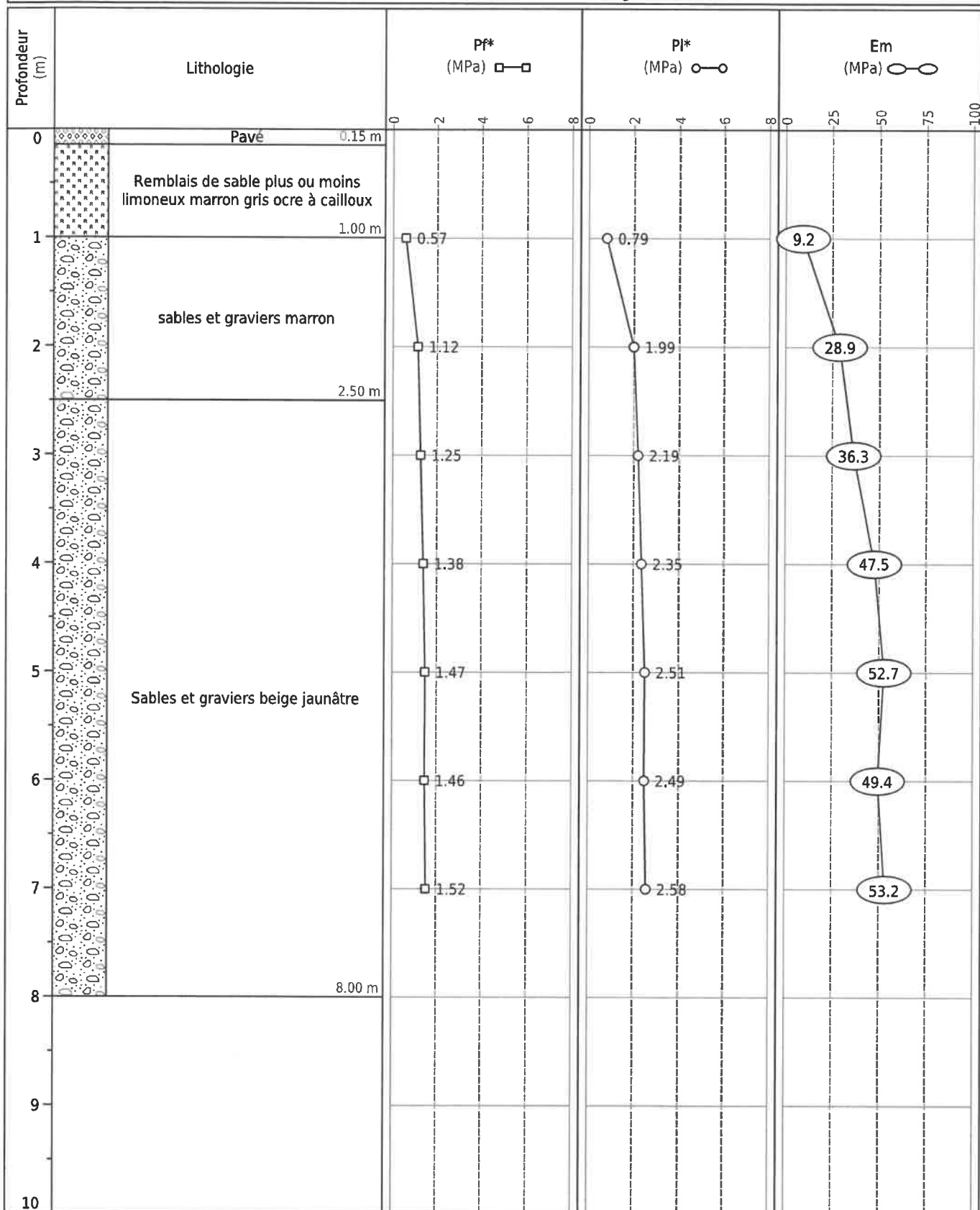
Chantier : PARIS 7ème (75)

Echelle 1/50

Profondeur : 8.00 m
Carte n°

Date : 23/05/2024

Inclinaison : 0.0 deg



Obs. :



SOLPROJET

Client : MINISTERE DES ARMEES

Machine :

X :

Foreur :

Y :

Opérateur :

Z : 0.00 m

SONDAGE SP3

Dossier : E24-5543

Chantier : PARIS 7ème (75)

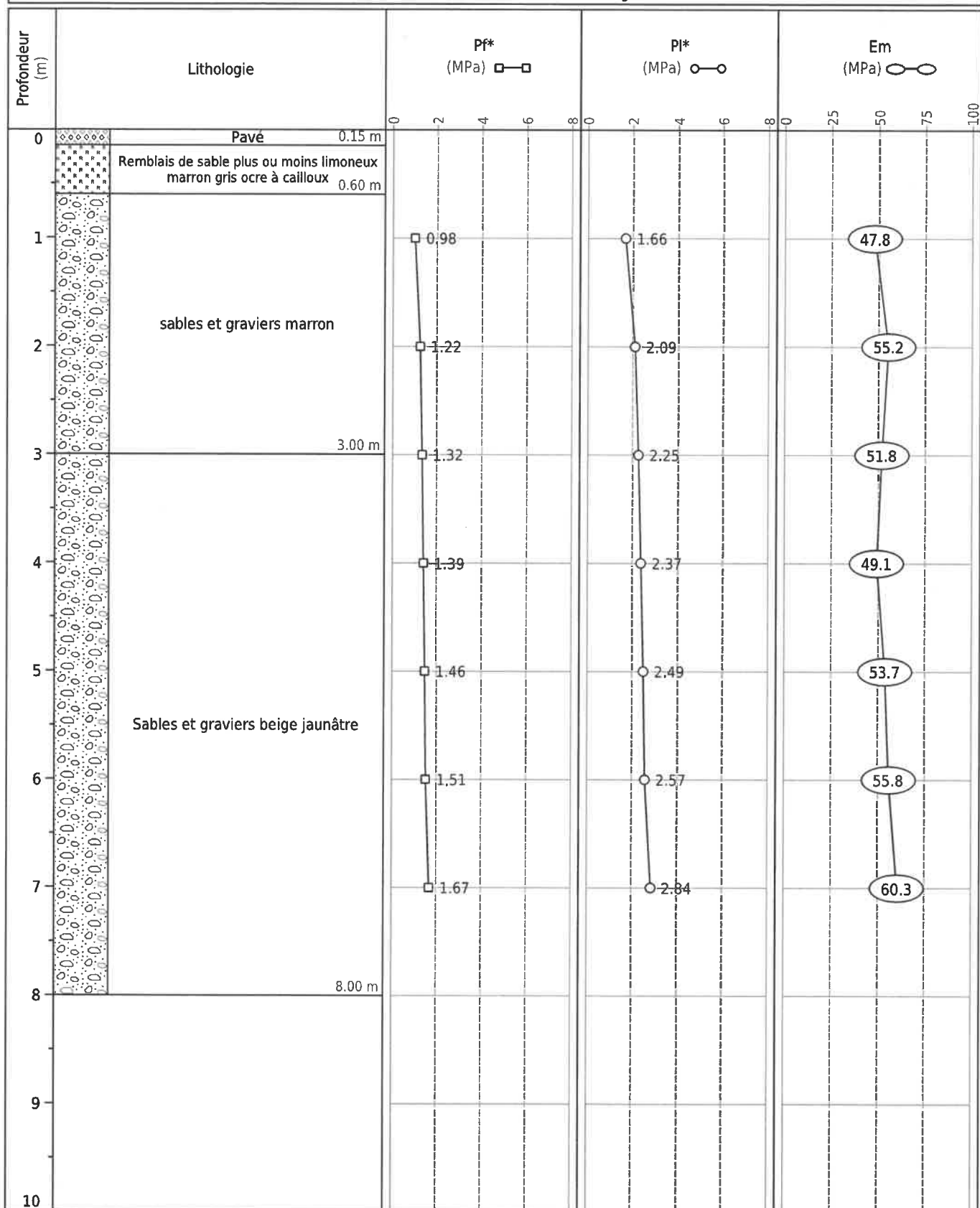
Echelle 1/50

Profondeur : 8.00 m

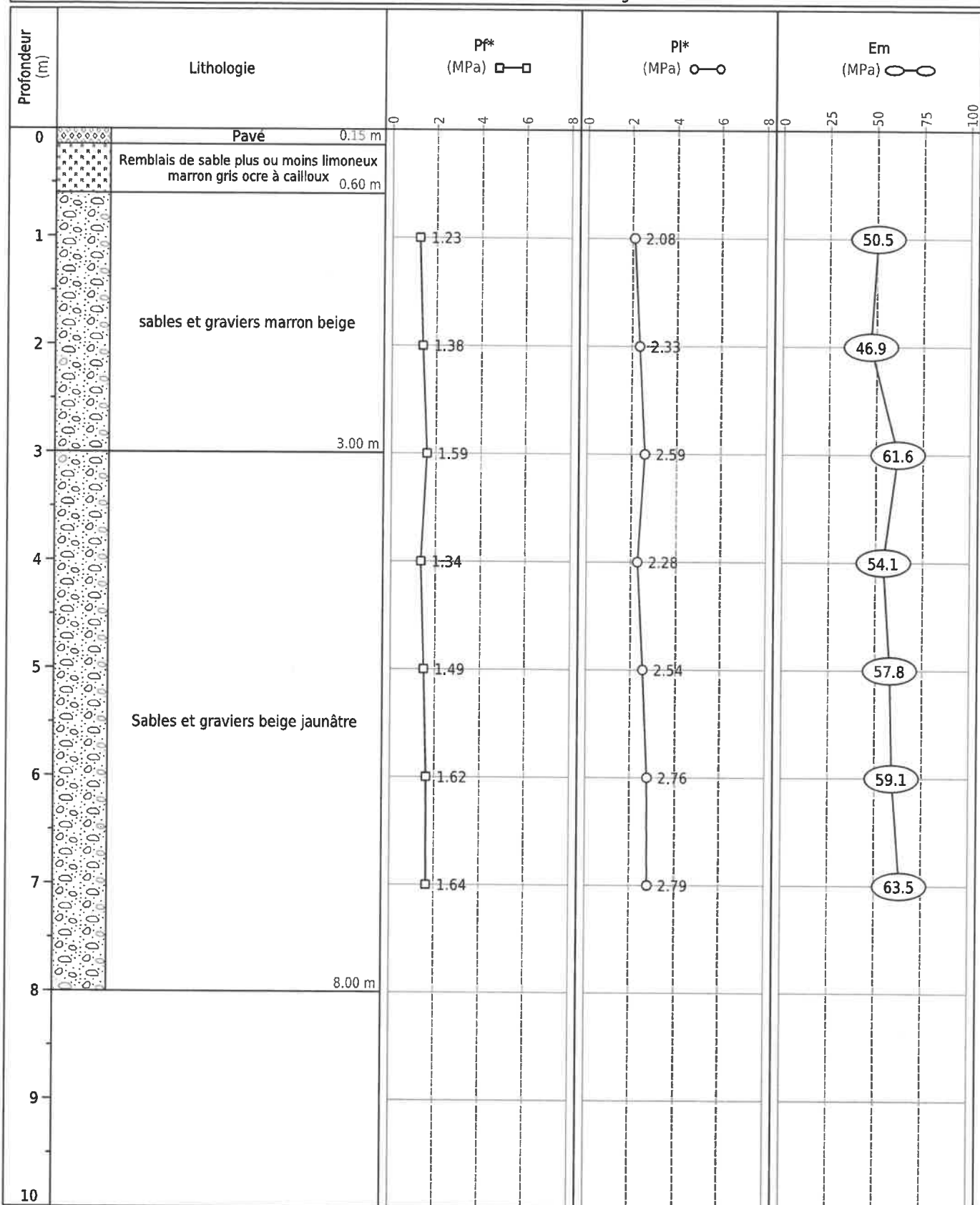
Carte n°

Date : 23/05/2024

Inclinaison : 0.0 deg



Obs. :



Obs. :

ANNEXE 5

**RESULTATS DES ESSAIS AU
LABORATOIRE**

NATURE DU TERRAIN : Sable fin légèrement limoneux marron grisâtre

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

Dmax = mm

D60 = mm

D30 = mm

D10 = ND mm

SONDAGE : SC1

PRELEVEMENT : 0,6m

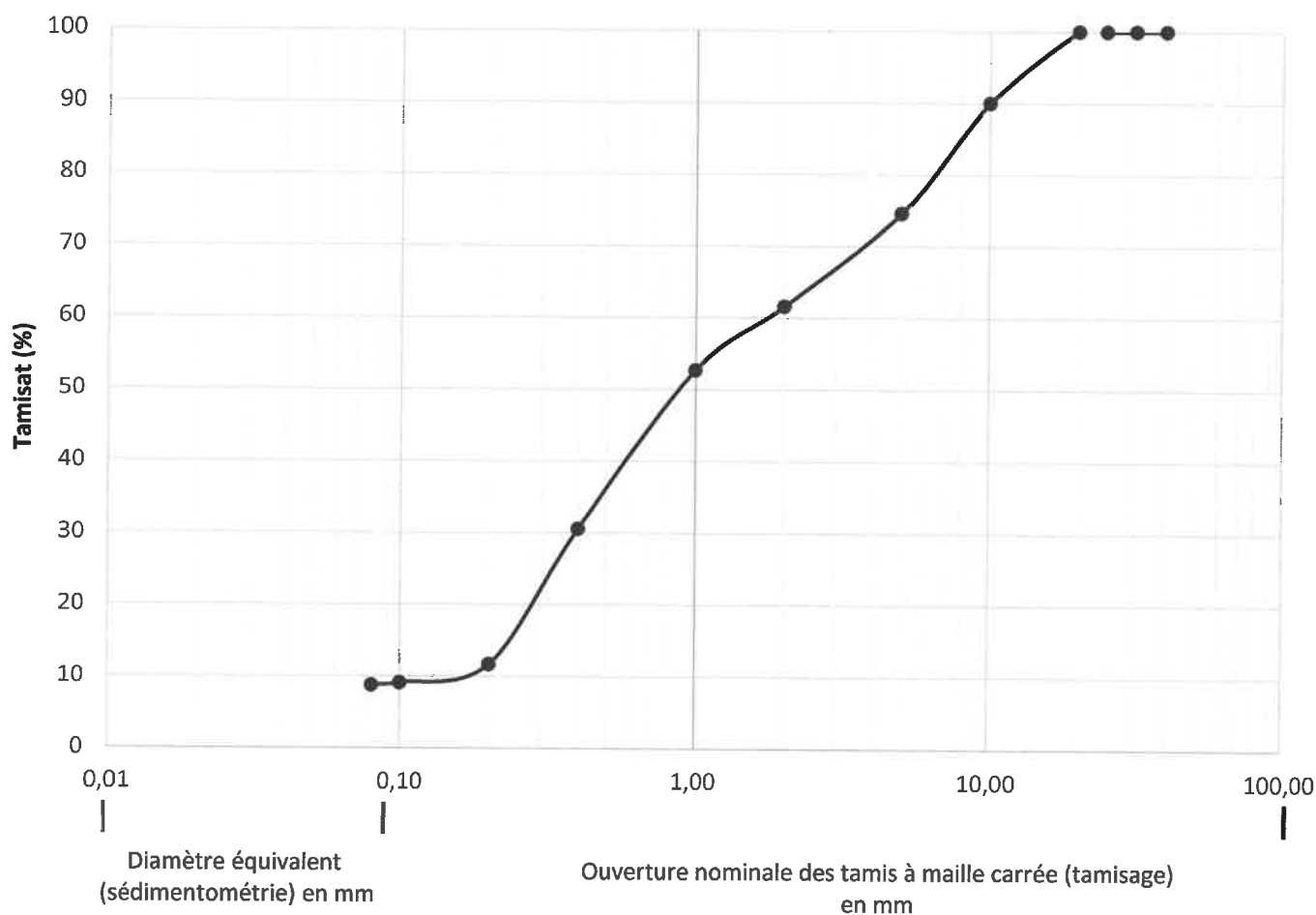
Masse sèche = 350,6 g

Wn = 10,2 %

Cu = ND

Cc = ND

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					35,2	89,1	134,7	165,9	243,5	309,8	318,7	319,9
Tamisé (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	74,6	61,6	52,7	30,6	11,6	9,1	8,8

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable fin legerement limoneux marron grisâtre

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SC1

PRELEVEMENT : 0,6m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	46,5 g
TENEUR EN EAU =	10,2 %
VOLUME DE BLEU =	15 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,15 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) :

C = 0,616

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,2**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

PROCES - VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Effectuée conformément aux normes NF P 94-056

NATURE DU TERRAIN : Sable fin beige marron à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

Dmax = mm

D60 = mm

D30 = mm

D10 = ND mm

SONDAGE : SC1

PRELEVEMENT : 1,2m

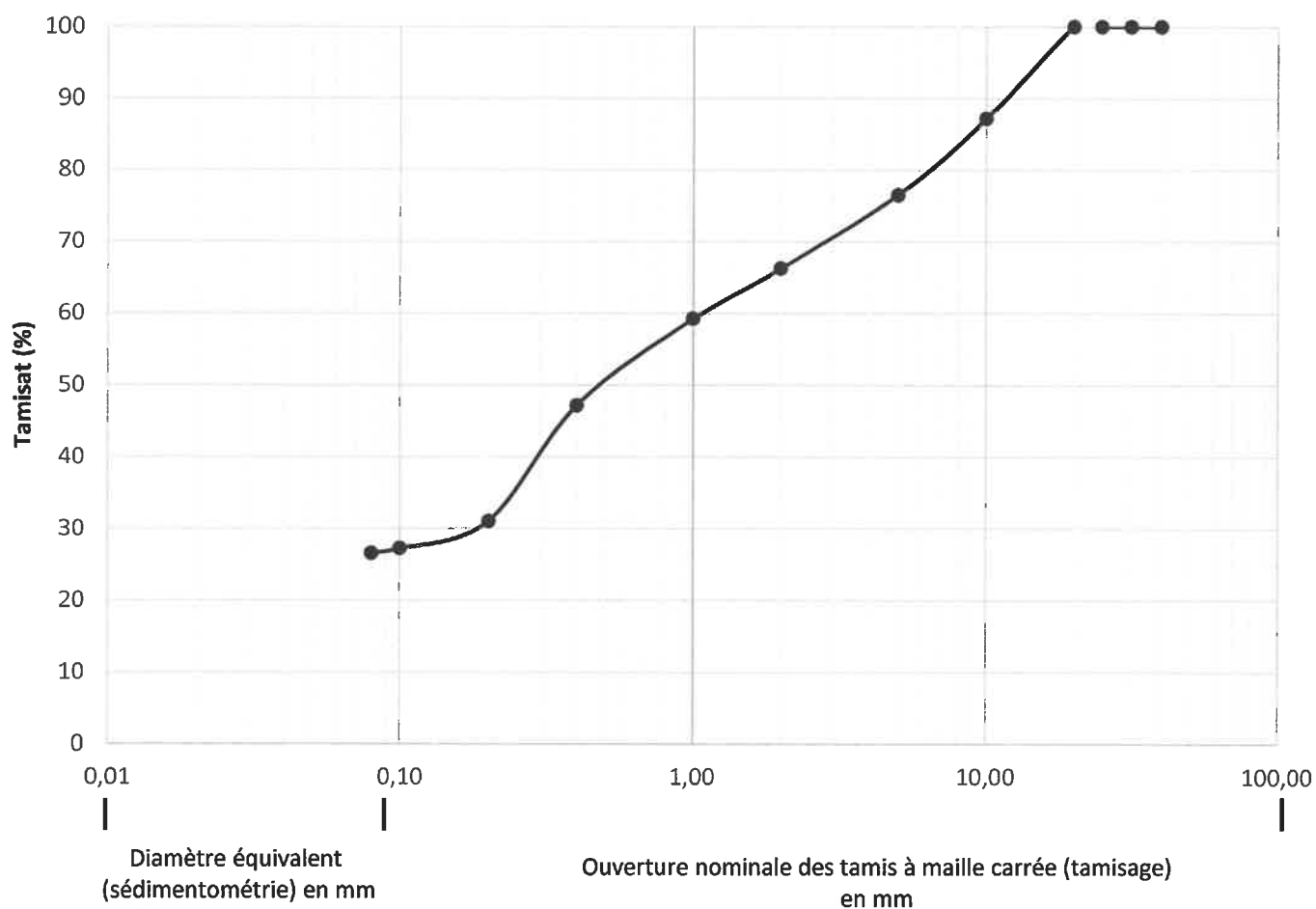
Cu = ND

Cc = ND

Masse sèche = 331,8 g

Wn = 11,7 %

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					42,5	77,9	111,9	135,1	175,2	228,8	241,4	243,6
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	87,2	76,5	66,3	59,3	47,2	31,0	27,2	26,6

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
**DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE**

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable fin beige marron à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SC1

PRELEVEMENT : 1,2m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	50,2 g
TENEUR EN EAU =	11,7 %
VOLUME DE BLEU =	10 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,1 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) :

C = 0,663

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,1**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

PROCES - VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Effectuée conformément aux normes NF P 94-056

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron beige grisâtre à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543
DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP1

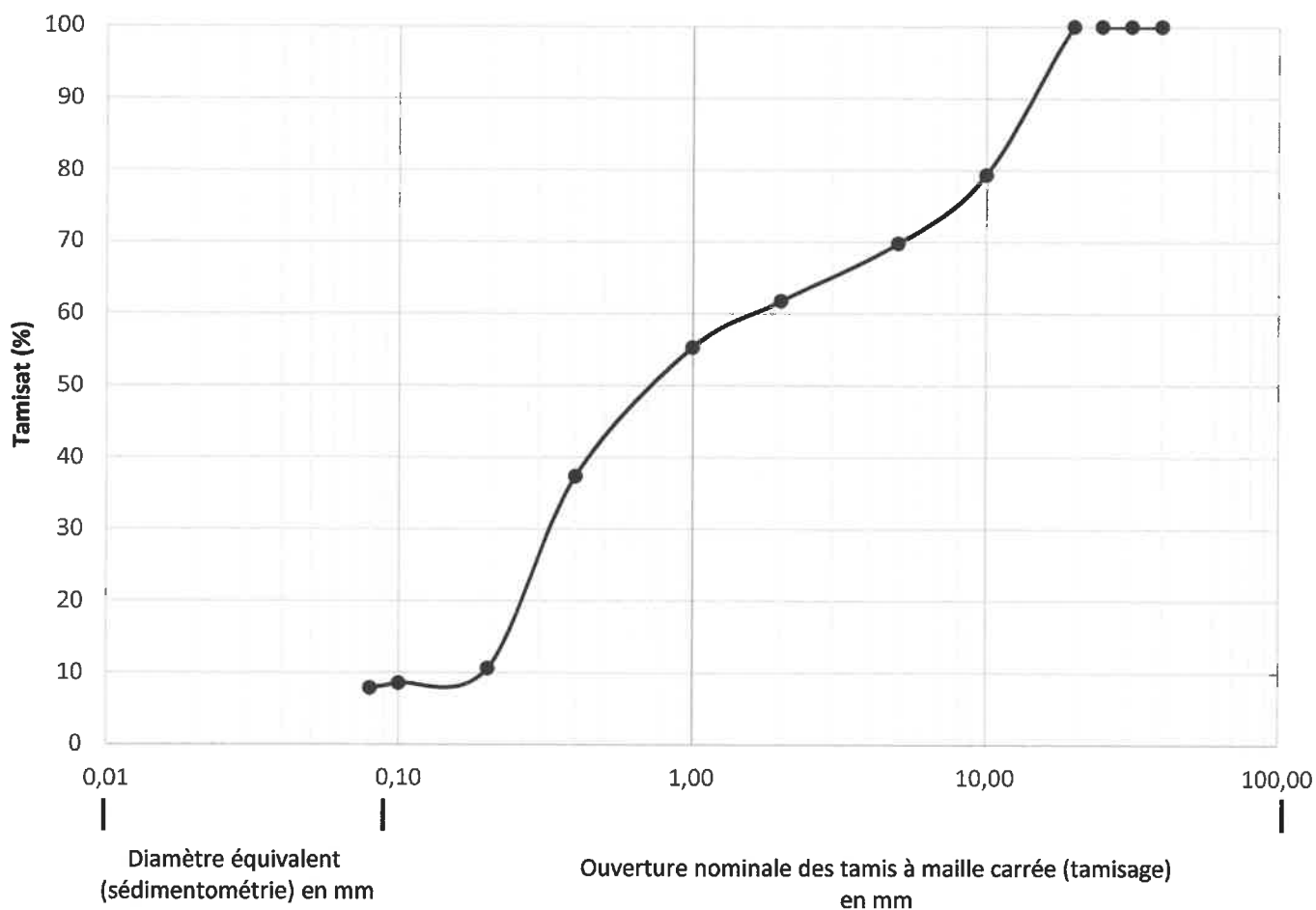
PRELEVEMENT : 0,5 - 0,8m

Masse sèche = 340,0 g

Wn = 5,6 %

Dmax = 20,0 mm
D60 = 2,00 mm
D30 = 0,30 mm
D10 = 0,20 mm
Cu = 10,00
Cc = 0,01

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					70,2	102,7	130,0	152,0	213,0	304,0	311,0	313,3
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	79,4	69,8	61,8	55,3	37,3	10,6	8,5	7,8

Observations :

SOLPROJET
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron beige grisâtre à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543
DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP1

PRELEVEMENT : 0,5 - 0,8m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	45,5 g
TENEUR EN EAU =	5,6 %
VOLUME DE BLEU =	5 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,05 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) : C = 0,618

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : VBS = 0,1

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

Dmax = mm

D60 = mm

D30 = mm

D10 = ND mm

SONDAGE : SP1

PRELEVEMENT : 1,0 - 2,0m

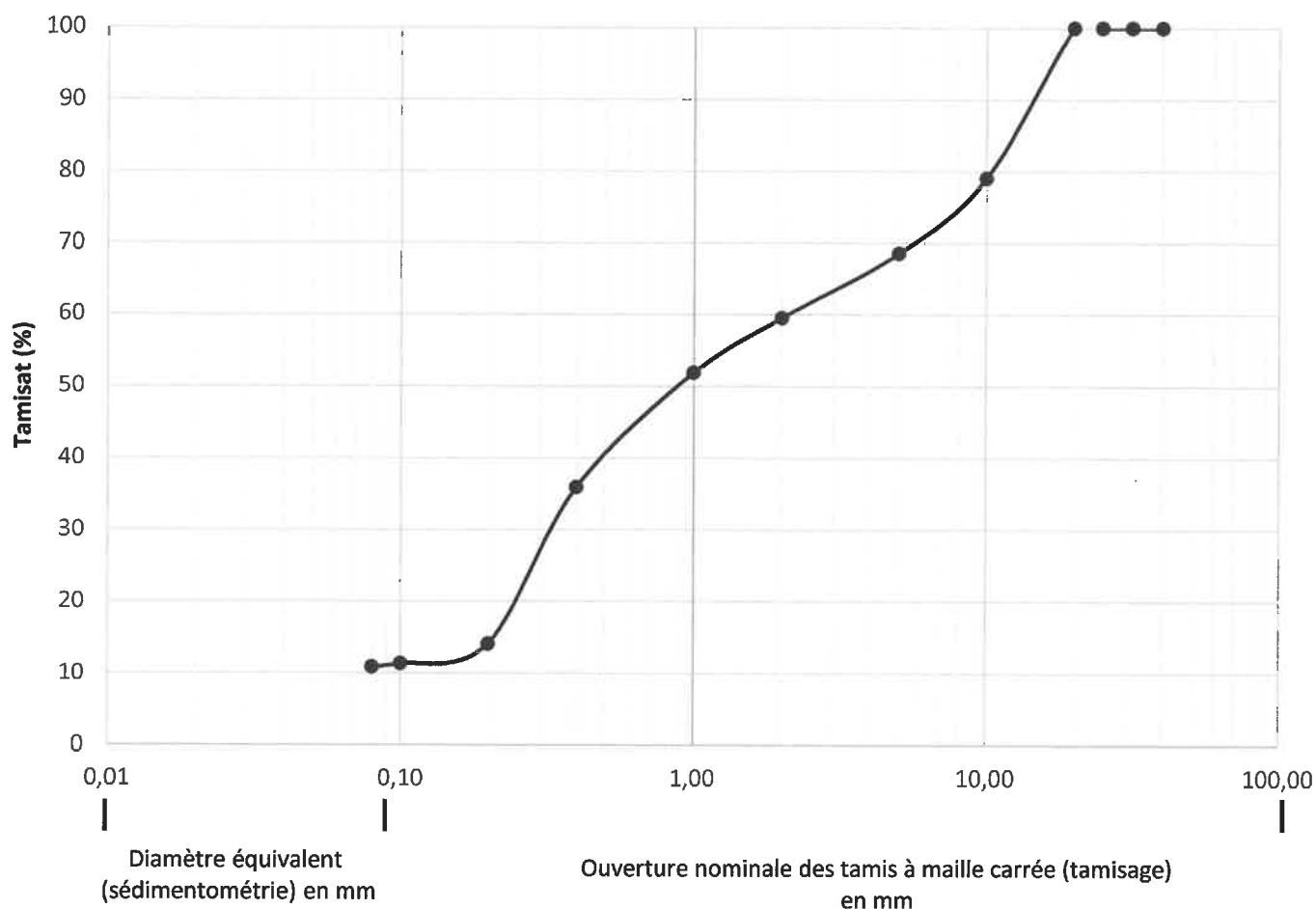
Masse sèche = 348,0 g

Wn = 4,5 %

Cu = ND

Cc = ND

Courbe d'analyse granulométrique



Tamises d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					73,0	109,5	140,8	167,4	223,0	299,0	308,6	310,2
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	79,0	68,5	59,5	51,9	35,9	14,1	11,3	10,9

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP1

PRELEVEMENT : 1,0 - 2,0m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	48,2 g
TENEUR EN EAU =	4,5 %
VOLUME DE BLEU =	5 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,05 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) :

C = 0,595

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,1**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

PROCES - VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Effectuée conformément aux normes NF P 94-056

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron gris beige à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP2

PRELEVEMENT : 0 - 1,0m

Masse sèche = 329,1 g

Wn = 5,3 %

Dmax = 20,0 mm

D60 = 0,60 mm

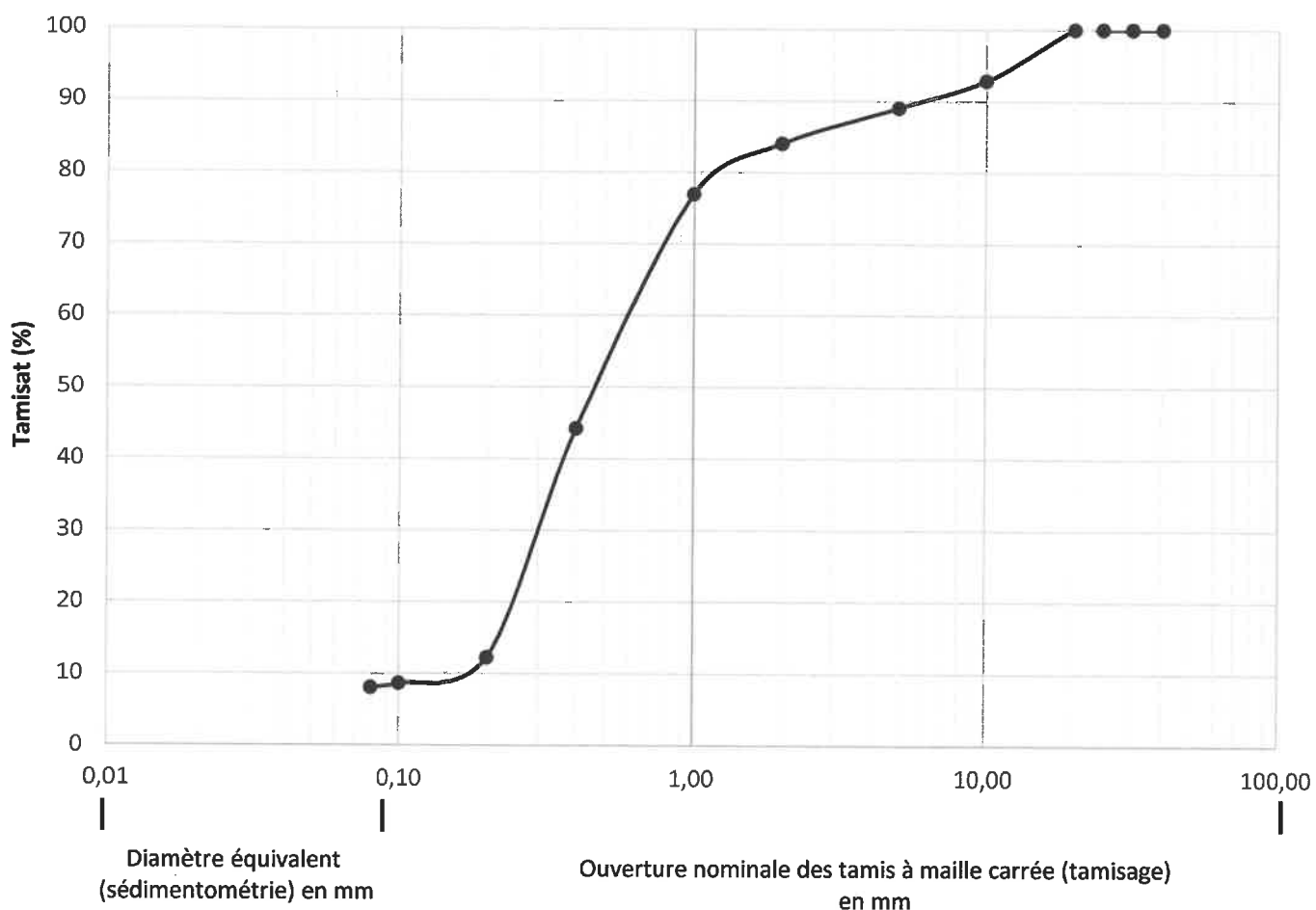
D30 = 0,30 mm

D10 = 0,20 mm

Cu = 3,00

Cc = 0,03

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					23,6	36,2	52,6	75,9	183,6	288,8	300,8	302,7
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	92,8	89,0	84,0	76,9	44,2	12,2	8,6	8,0

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron gris beige à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543
DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP2

PRELEVEMENT : 0 - 1,0m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	44,2 g
TENEUR EN EAU =	5,3 %
VOLUME DE BLEU =	10 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,1 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) : C = 0,84

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : VBS = 0,2

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

PROCES - VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Effectuée conformément aux normes NF P 94-056

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

Dmax = 20,0 mm

D60 = 0,70 mm

D30 = 0,30 mm

D10 = 0,08 mm

SONDAGE : SP2

PRELEVEMENT : 1,0 - 2,5m

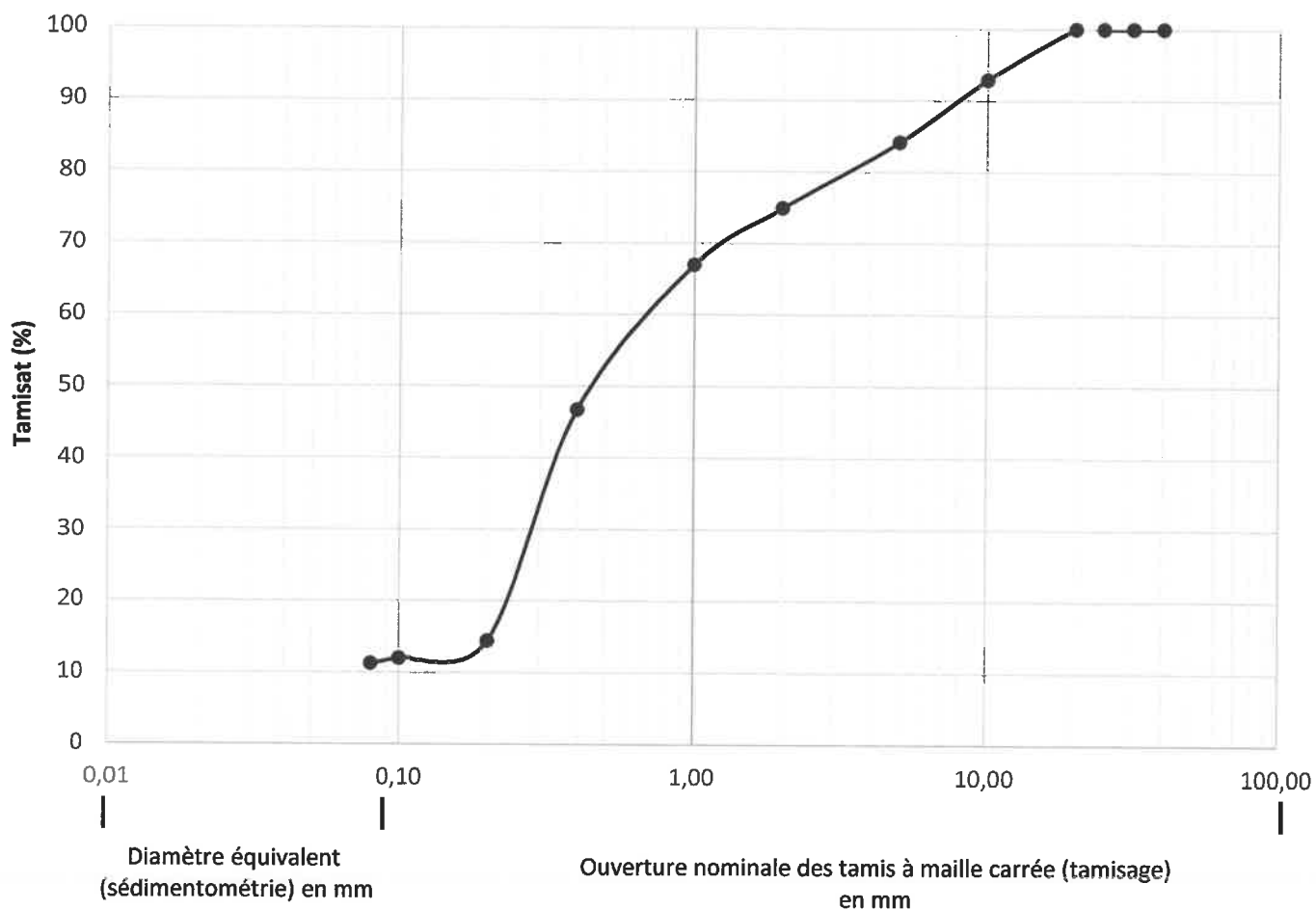
Masse sèche = 226,1 g

Wn = 4,5 %

Cu = 8,75

Cc = 0,01

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					16,1	35,9	56,7	74,7	120,5	193,5	199,0	200,7
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	92,9	84,1	74,9	67,0	46,7	14,4	12,0	11,2

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP2

PRELEVEMENT : 1,0 - 2,5m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	53,6 g
TENEUR EN EAU =	4,5 %
VOLUME DE BLEU =	10 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,1 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) :

C = 0,749

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,1**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET

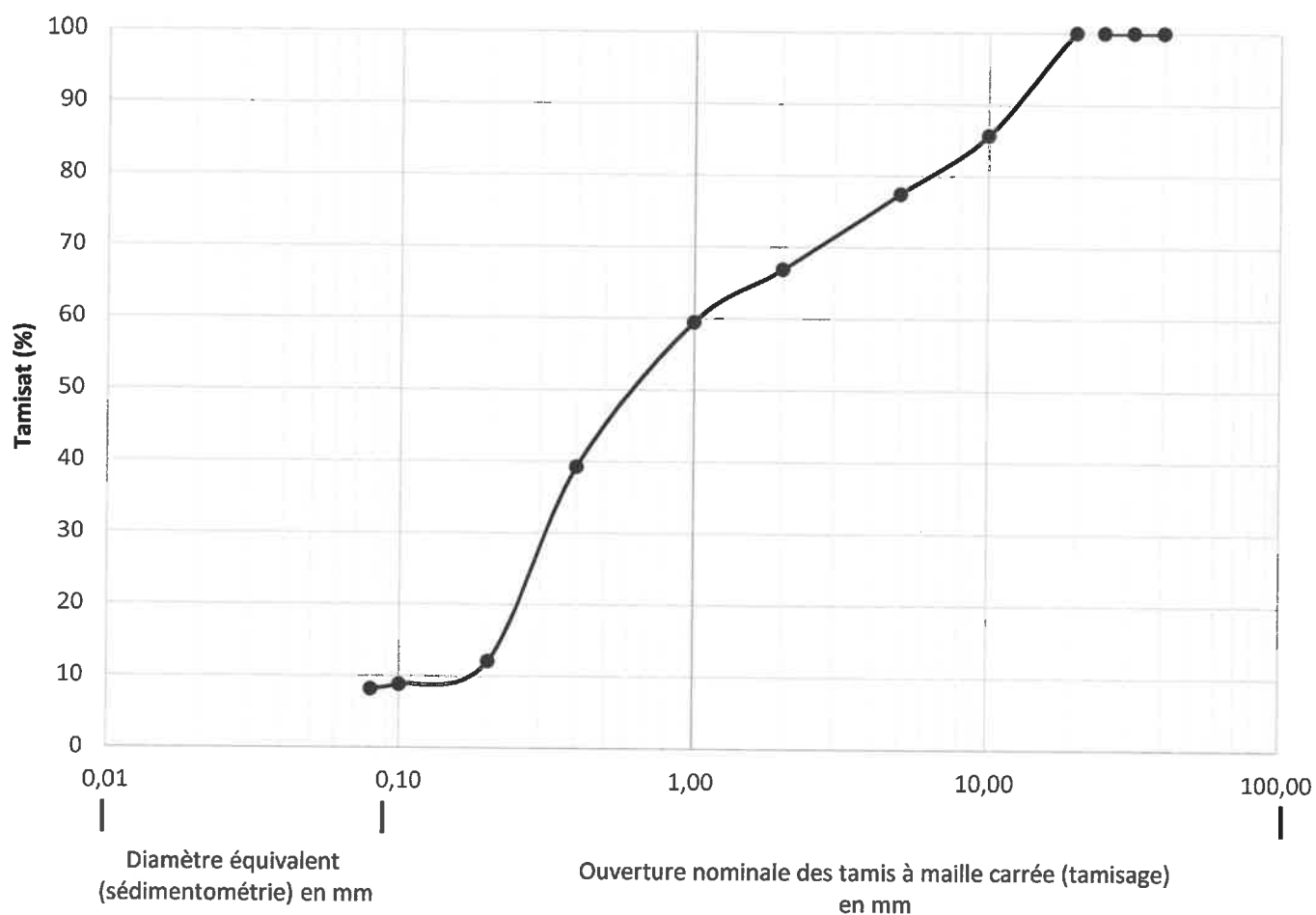
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

**PROCES - VERBAL
ANALYSE GRANULOMETRIQUE**

Effectuée conformément aux normes NF P 94-056

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron grisâtre		DOSSIER N° : E24-5543	
		DATE D'ESSAI : 05/06/2024	
SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)		Dmax = 20,0 mm	
		D60 = 1,00 mm	
SONDAGE : SP3	PRELEVEMENT : 0 - 0,6m	D30 = 0,30 mm	
		D10 = 0,19 mm	
Masse sèche = 248,4 g	Wn = 7,1 %	Cu = 5,26	
		Cc = 0,02	

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					35,7	56,0	82,3	100,7	151,0	218,5	226,6	228,2
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	85,6	77,5	66,9	59,5	39,2	12,1	8,8	8,1

Observations :

SOLPROJET
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron grisâtre

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP3

PRELEVEMENT : 0 - 0,6m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	45,5 g
TENEUR EN EAU =	7,1 %
VOLUME DE BLEU =	15 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,15 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) :

C = 0,669

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,2**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

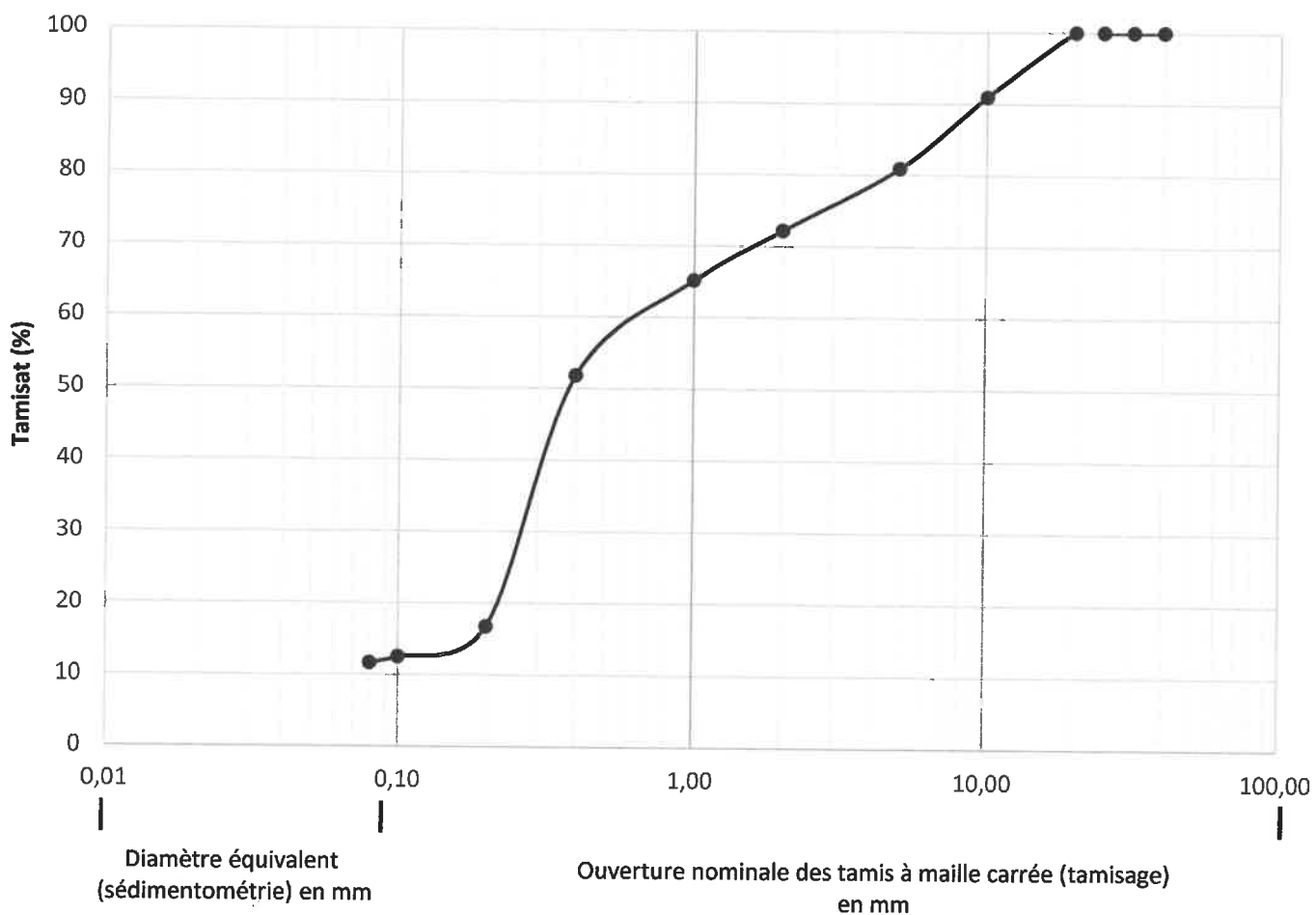
Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige à cailloux		DOSSIER N° : E24-5543
		DATE D'ESSAI : 05/06/2024
SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)		Dmax = 20,0 mm
		D60 = 0,60 mm
		D30 = 0,25 mm
		D10 = ND mm
SONDAGE : SP3	PRELEVEMENT : 0,6-3,0m	Cu = ND
Masse sèche = 273,8 g	Wn = 5,0 %	Cc = ND

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					24,8	52,3	76,2	95,4	132,0	228,0	239,6	242,0
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	90,9	80,9	72,2	65,2	51,8	16,7	12,5	11,6

Observations :

SOLPROJET
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP3

PRELEVEMENT : 0,6-3,0m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	49,4 g
TENEUR EN EAU =	5,0 %
VOLUME DE BLEU =	10 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,1 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) :

C = 0,722

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,1**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET
35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron grisâtre à cailoux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

Dmax = 25,0 mm

D60 = 4,00 mm

D30 = 0,40 mm

D10 = 0,20 mm

SONDAGE : SP4

PRELEVEMENT : 0 - 0,6m

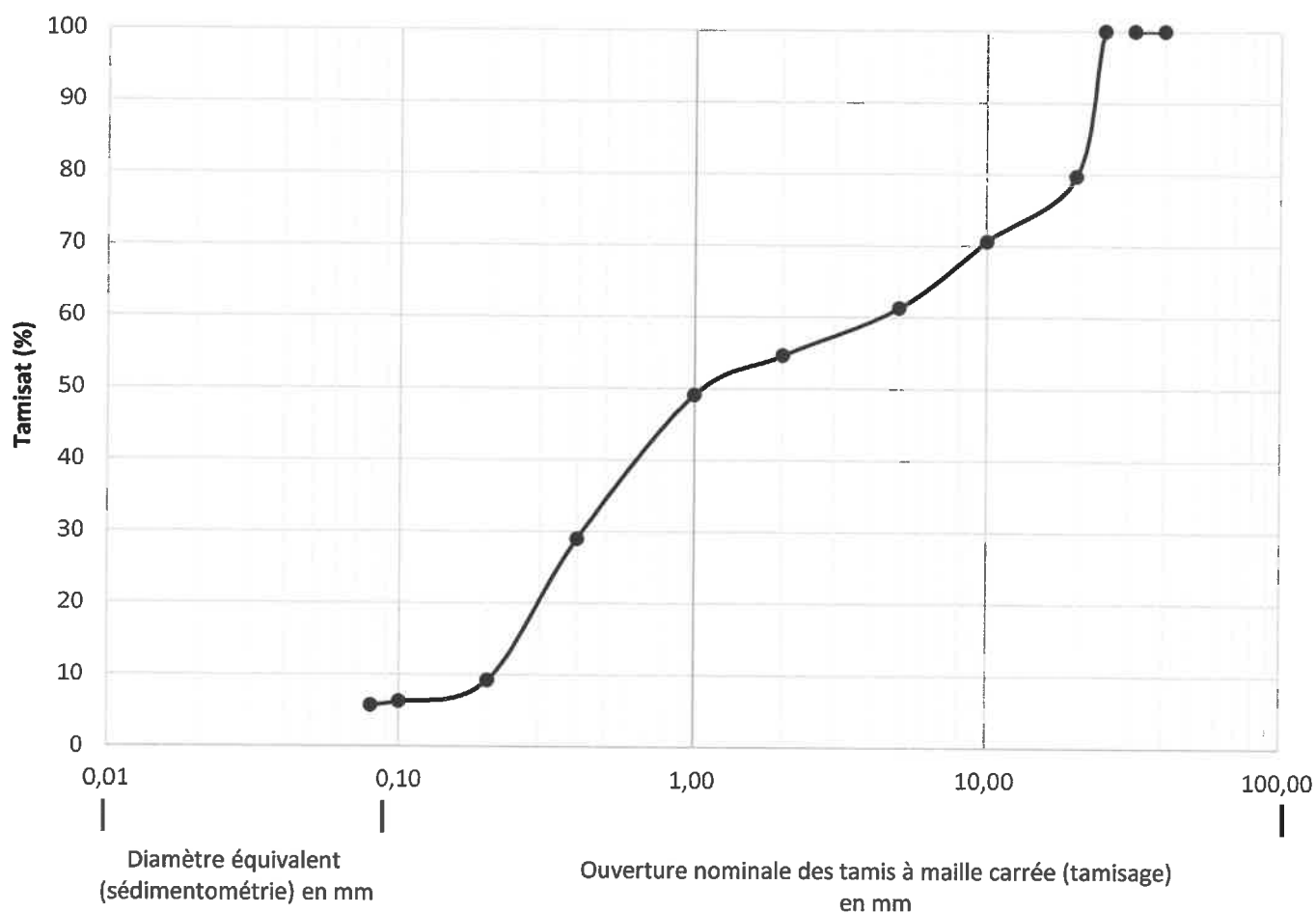
Masse sèche = 304,0 g

Wn = 12,6 %

Cu = 20,00

Cc = 0,01

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)				61,7	89,3	117,7	137,9	154,7	215,9	276,0	285,0	286,6
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	79,7	70,6	61,3	54,6	49,1	29,0	9,2	6,2	5,7

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable légèrement limoneux marron grisâtre à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP4

PRELEVEMENT : 0 - 0,6m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	44,9 g
TENEUR EN EAU =	12,6 %
VOLUME DE BLEU =	16 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,16 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) :

C = 0,546

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,2**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Effectuée conformément aux normes NF P 94-056

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

Dmax = 20,0 mm

D60 = 2,00 mm

D30 = 0,30 mm

D10 = ND mm

SONDAGE : SP4

PRELEVEMENT : 1,0 - 2,0m

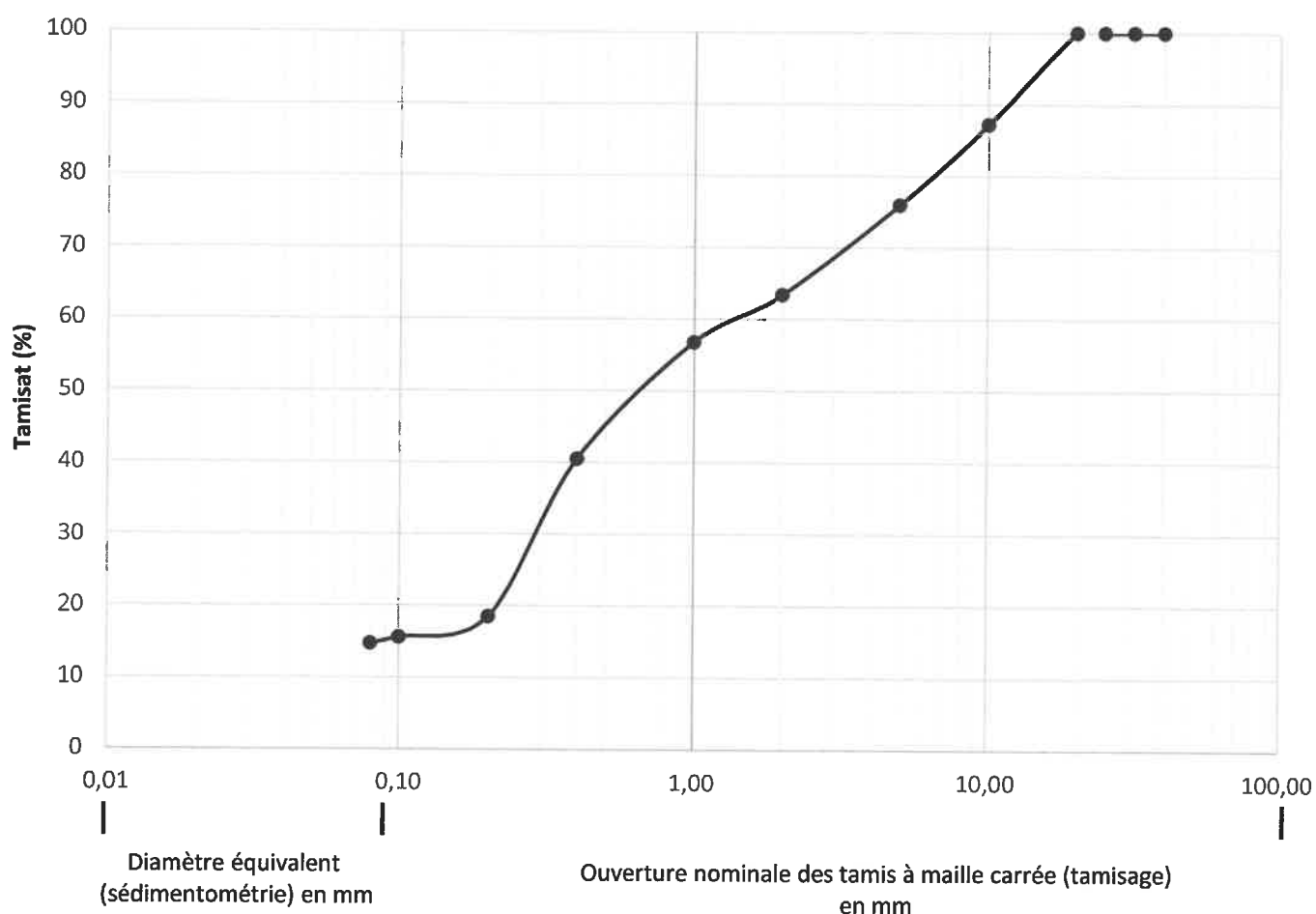
Masse sèche = 202,8 g

Wn = 4,1 %

Cu = ND

Cc = ND

Courbe d'analyse granulométrique



Tamis d (mm)	40,0	31,5	25,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,08
Refus cumulé (g)					26,0	48,8	74,2	87,7	120,7	165,3	171,2	173,0
Tamisat (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	87,2	75,9	63,4	56,8	40,5	18,5	15,6	14,7

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux

91370 VERRIERES LE BUISSON



PROCES - VERBAL
DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE
D'UN SOL PAR L'ESSAI A LA TACHE

Effectuée conformément aux normes NF EN 933-9

NATURE DU TERRAIN : Sable fin marron beige à cailloux

DOSSIER N° : E24-5543

DATE D'ESSAI : 05/06/2024

SITE : Hotel National Des Invalides, Paris (75)

SONDAGE : SP4

PRELEVEMENT : 1,0 - 2,0m

ESSAI REALISE SUR LE FRACTION 0-2 mm (SECHE)

MASSE SECHE =	47,7 g
TENEUR EN EAU =	4,1 %
VOLUME DE BLEU =	10 cm ³
MASSE DE BLEU =	0,1 g

PROPORTION DE LA FRACTION 0-2 mm dans 0-50 mm (SECHE) : C = 0,634

RESULTATS :

VALEUR DE BLEU DE METHYLENE DU SOL : **VBS = 0,1**

VBS = MASSE DE BLEU * C * 100 / MASSE SECHE (EXPRIMEE EN g DE BLEU POUR 100g DE SOL SEC)

Observations :

SOLPROJET

35, rue des Petits Ruisseaux
91370 VERRIERES LE BUISSON



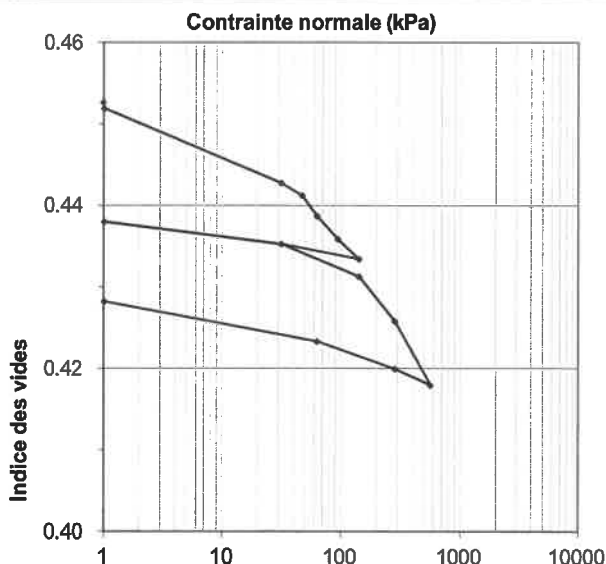
Essai à l'oedomètre

Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers
Essai réalisé conformément à la norme XP P 94-090-1

Sondage :	SC1	Dossier N° :	E24-5543
Profondeur :	0.60m	Planche N° :	
Nature du sol :	Sable fin siliceux friable beige-grisâtre à cailloux	Provenance :	PARIS 7 ^{ème} (75)

Caractéristiques de l'éprouvette		avant essai		après essai		Observations sur l'éprouvette :
Diamètre : D	en mm	D ₀ =	50.0	D _f =	50.0	
Hauteur : H	en mm	H ₀ =	19.00	H _f =	18.69	
Masse volumique sèche	en Mg/m ³	ρ _{di} =	1.86	ρ _{df} =	1.89	
Masse volumique estimée des grains mesurée	en Mg/m ³	ρ _s =	2.70	ρ _s =	2.70	
Teneur en eau	en %	W _i =	16.9	W _f =	16.3	
Degré de saturation	en %	S _{ri} =	101%	S _{rf} =	102.8%	
Hauteur des pleins	en mm	h _p =	13.08			

Date	Heure (début de palier)	Palier n°	σ _v (kPa)	Δσ _v /σ _v	ΔH (10 ⁻² mm)	ΔHc corrigé (10 ⁻² mm)	e	E _{oed} (bar) (σ' _{vx} -σ' _{vx-1})	Cc
Début :		1	1	-	0	0	0.453		
19.08.19	8h20	2	1	0.0	-1	-1	0.452	0	0.096
20.08.19	8h53	3	32	1.0	-12	-12	0.443	48	0.006
21.08.19	6h09	4	47	0.3	-2	-2	0.441	149	0.009
22.08.19	9h00	5	63	0.3	-3	-3	0.439	90	0.020
23.08.19	8h10	6	95	0.3	-4	-4	0.436	160	0.016
24.08.19	5h42	7	143	0.3	-3	-3	0.433	281	0.014
25.08.19	8h35	8	32	-3.5	2	2	0.435	868	0.003
26.08.19	10h28	9	1	-30.0	4	4	0.438	159	0.002
27.08.19	12h43	10	32	1.0	-4	-4	0.435	159	0.002
28.08.19	6h00	11	143	0.8	-5	-5	0.431	400	0.006
29.08.19	8h30	12	285	0.5	-7	-7	0.426	370	0.018
30.08.19	7h20	13	568	0.5	-10	-10	0.418	516	0.026
31.08.19	9h10	14	285	-1.0	3	3	0.420	2021	0.007
01.09.19	9h01	15	63	-3.5	4	4	0.423	938	0.005
02.09.19	11h00	16	1	-61.0	6	6	0.428	181	0.003
03.09.19	7h55	17	1	-1.0	1	1	0.429	10	0.003



Résultats

Coefficient de consolidation

σ _v en kPa	C _v
à	.10-8 m ² /s
à	.10-8 m ² /s
à	.10-8 m ² /s
à	.10-8 m ² /s

Caractéristiques de compressibilité

Indice des vides	e _i =	0.453
	e ₀ =	0.443
Contrainte effective verticale	σ' _{v0} (kPa) =	63
Contrainte de préconsolidation	σ' _p (kPa) =	60
Indice de compression	C _c =	0.03
Indice de gonflement	C _s =	0.006

Commentaires :



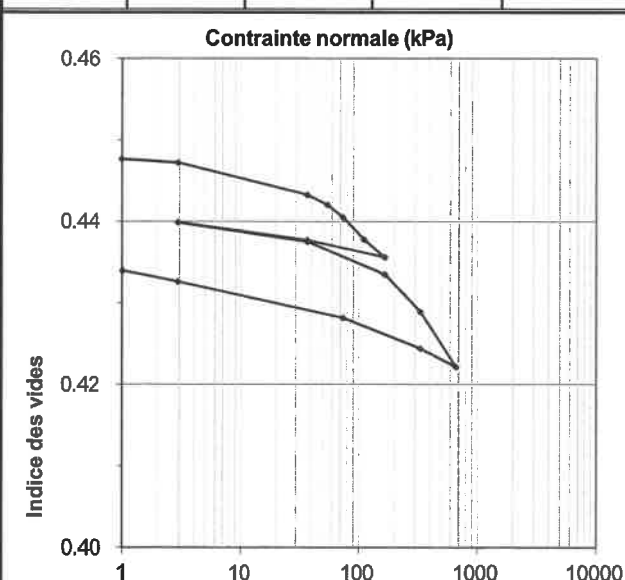
Essai à l'oedomètre

Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers
Essai réalisé conformément à la norme XP P 94-090-1

Sondage :	SC1	Dossier N° :	E24-5543
Profondeur :	1.50m	Planche N° :	
Nature du sol :	Sable fin beige jaunâtre à cailloux de silex	Provenance :	PARIS 7 ^{ème} (75)

Caractéristiques de l'éprouvette		avant essai		après essai		Observations sur l'éprouvette :
Diamètre : D	en mm	$D_0 =$	50.0	$D_f =$	50.0	
Hauteur : H	en mm	$H_0 =$	19.00	$H_f =$	18.82	
Masse volumique sèche	en Mg/m ³	$\rho_{di} =$	1.87	$\rho_{df} =$	1.88	
Masse volumique estimée des grains mesurée	en Mg/m ³	$\rho_s =$	2.70	$\rho_s =$	2.70	
Teneur en eau	en %	$W_i =$	15.9	$W_f =$	17.3	
Degré de saturation	en %	$S_{ri} =$	96%	$S_{rf} =$	107.8%	
Hauteur des pleins	en mm	$h_p =$	13.12			

Date	Heure (début de palier)	Palier n°	σ_v (kPa)	$\Delta\sigma_v/\sigma_v$	ΔH (10 ⁻² mm)	ΔH_c corrigé (10 ⁻² mm)	e	$E_{oed}(\text{bar})$ ($\sigma'_{vx}-\sigma'_{vx-1}$)	Cc
Début :		1	1	-	0	0	0.448		
19.08.19	9h00	2	3	0.7	-1	-1	0.447	62	0.001
20.08.19	9h02	3	37	0.9	-5	-5	0.443	124	0.004
21.08.19	7h14	4	55	0.3	-2	-2	0.442	214	0.007
22.08.19	9h25	5	74	0.3	-2	-2	0.440	178	0.012
23.08.19	9h14	6	111	0.3	-4	-4	0.438	195	0.015
24.08.19	6h47	7	166	0.3	-3	-3	0.436	370	0.012
25.08.19	8h51	8	37	-3.5	3	3	0.438	902	0.003
26.08.19	10h41	9	3	-11.5	3	3	0.440	221	0.002
27.08.19	13h06	10	37	0.9	-3	-3	0.438	207	0.002
28.08.19	7h06	11	166	0.8	-5	-5	0.433	459	0.006
29.08.19	8h55	12	332	0.5	-6	-6	0.429	520	0.015
30.08.19	8h25	13	665	0.5	-9	-9	0.422	699	0.023
31.08.19	9h55	14	332	-1.0	3	3	0.424	2071	0.008
01.09.19	9h26	15	74	-3.5	5	5	0.428	986	0.006
02.09.19	12h05	16	3	-24.0	6	6	0.433	229	0.003
03.09.19	7h55	17	1	-1.9	2	2	0.434	20	0.003



Résultats

Coefficient de consolidation

σ_v en kPa	C_v
à	.10-8 m ² /s
à	.10-8 m ² /s
à	.10-8 m ² /s
à	.10-8 m ² /s

Caractéristiques de compressibilité

Indice des vides	$e_i =$	0.448
	$e_0 =$	0.440
Contrainte effective verticale	σ'_{v0} (kPa) =	74
Contrainte de préconsolidation	σ'_p (kPa) =	80
Indice de compression	$C_c =$	0.02
Indice de gonflement	$C_s =$	0.007

Commentaires :

AFFAIRE: PARIS 7^{ème}
DOSSIER: E.24.5543
OPERATEUR: F.B

ESSAI DE GONFLEMENT A L'OEDOMETRE

effectué conformément à la norme XP P 94-091

(Bordereau LABOLr)

SONDAGE: SC1

NATURE:

Remblais(Sable légèrement argileux marron beige grisâtre à cailloux

PROFONDEUR: 1.0m

wn=14.1%

Caractéristiques des éprouvettes

d(mm)= 50

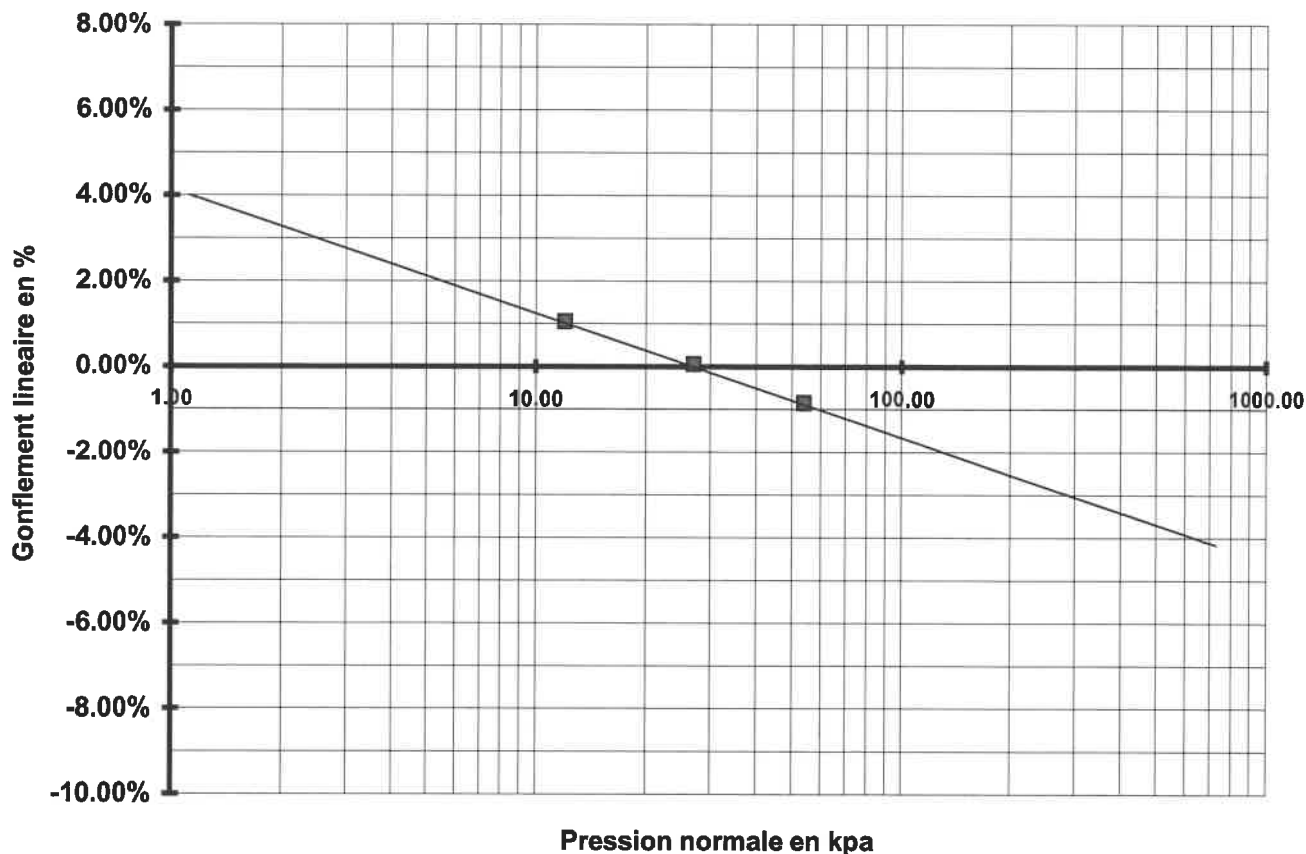
H₀ (mm)= 19

Après consolidation sous σ'_{vo}

Tassement ou gonflement sous P_i

H _i	dh	dh/H _i	P _i (kpa)	W _i (%)	W _f (%)	ρ _{hi} (g/cm ³)	ρ _d (g/cm ³)	Rapport de gonflement R _g 2.80E-02
19.00	0.200	1.05%	12.00	10	13	2.00	1.73	Pression de gonflement en kpa 28
19.00	0.012	0.06%	27.00	12	15	1.97	1.68	
19.00	0.160	-0.84%	54.00	11	13	2.06	1.78	

Relation entre dh/H_i et log (p)



Détermination de la teneur en eau pondérale de matériaux

(Essai réalisé suivant la norme française NF P 94-050, Septembre 1995)

Dossier : E24-5543
AFFAIRE : PARIS 7ème (75)
Prélèvement :
Mode de prélèvement : Echantillons intacts
Date de l'essai : 03/06/2024

Sondage	SC1	SC1
Profondeur	0.6-0.8m	1.3-1.5m
densité humide (g/cm3)	1,914	1,943
densité seche (g/cm3)	1,629	1,689
Nature du matériau	Sable limoneux beige grisâtre à cailloux	sable fin beige jaunâtre à cailloux de silex

ANNEXE 6

<p>MISSIONS GEOTECHNIQUES <i>(Norme NFP 94-500)</i></p>
--

EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 Novembre 2013
Tableau de classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. 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 exclue 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 Etude 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'avoisants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifiques, 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 spécifiques, 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 spécifiques, 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 (terrassement, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, amélioration des sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisants), 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 spécifiques, 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, amélioration des sols, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisants), des notes de calculs 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.

- Etablir 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 bordereaux 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.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE LA 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 Etude :

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifiques, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note hypothèse géotechnique sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que les 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)
- Elaborer 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 Etude.
- 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 les valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution :

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner 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 l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposé 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.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'état de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou 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)