

Client :

**SCI PERIPHERIQUE**

**OPERATION IMMOBILIERE**

Adresse du projet :

25 - 29 boulevard Richelieu

92500 RUEIL MALMAISON

**RAPPORT GEOTECHNIQUE – MISSION G2 AVP**

Date	N° Affaire	Pièce	Version	Rédacteur	Contrôle	Commentaire
26/07/2023	230438	1	V1	S. KY	Y. GHIT	Première diffusion.
--			--	--	--	--

## SOMMAIRE :

<b>1. CADRE DE L’AFFAIRE .....</b>	<b>3</b>
1.1. <b>Projet.....</b>	<b>3</b>
1.2. <b>Mission Géotechnique confiée.....</b>	<b>3</b>
1.3. <b>Reconnaissance géotechnique.....</b>	<b>4</b>
1.4. <b>Documents transmis .....</b>	<b>5</b>
<b>2. CADRE GEOTECHNIQUE DU SITE .....</b>	<b>6</b>
2.1. <b>Zone d’Influence Géotechnique (ZIG).....</b>	<b>6</b>
2.2. <b>Cadre Géologique.....</b>	<b>6</b>
2.3. <b>Cadre hydrogéologique .....</b>	<b>7</b>
2.4. <b>Cadre géomorphologique .....</b>	<b>7</b>
2.5. <b>Recensement des aléas naturels et anthropiques.....</b>	<b>7</b>
<b>3. SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES .....</b>	<b>10</b>
3.1. <b>Lithologie.....</b>	<b>10</b>
3.2. <b>Synthèse géotechnique .....</b>	<b>10</b>
3.3. <b>Présence d’eau .....</b>	<b>11</b>
3.4. <b>Essais de perméabilité .....</b>	<b>11</b>
3.5. <b>Essais de laboratoire.....</b>	<b>12</b>
<b>4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>13</b>
4.1. <b>Synthèse du contexte géotechnique .....</b>	<b>13</b>
4.2. <b>Fondations.....</b>	<b>13</b>
4.3. <b>Excavation des terres et réalisation des voiles enterrés .....</b>	<b>16</b>
4.4. <b>Protection des ouvrages enterrés .....</b>	<b>19</b>
4.5. <b>Traitement du niveau bas .....</b>	<b>19</b>
<b>5. ALEAS ET RISQUES RESIDUELS .....</b>	<b>20</b>
<b>DISPOSITIONS GENERALES ET CONDITIONS D’UTILISATION .....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>22</b>

## 1. CADRE DE L'AFFAIRE

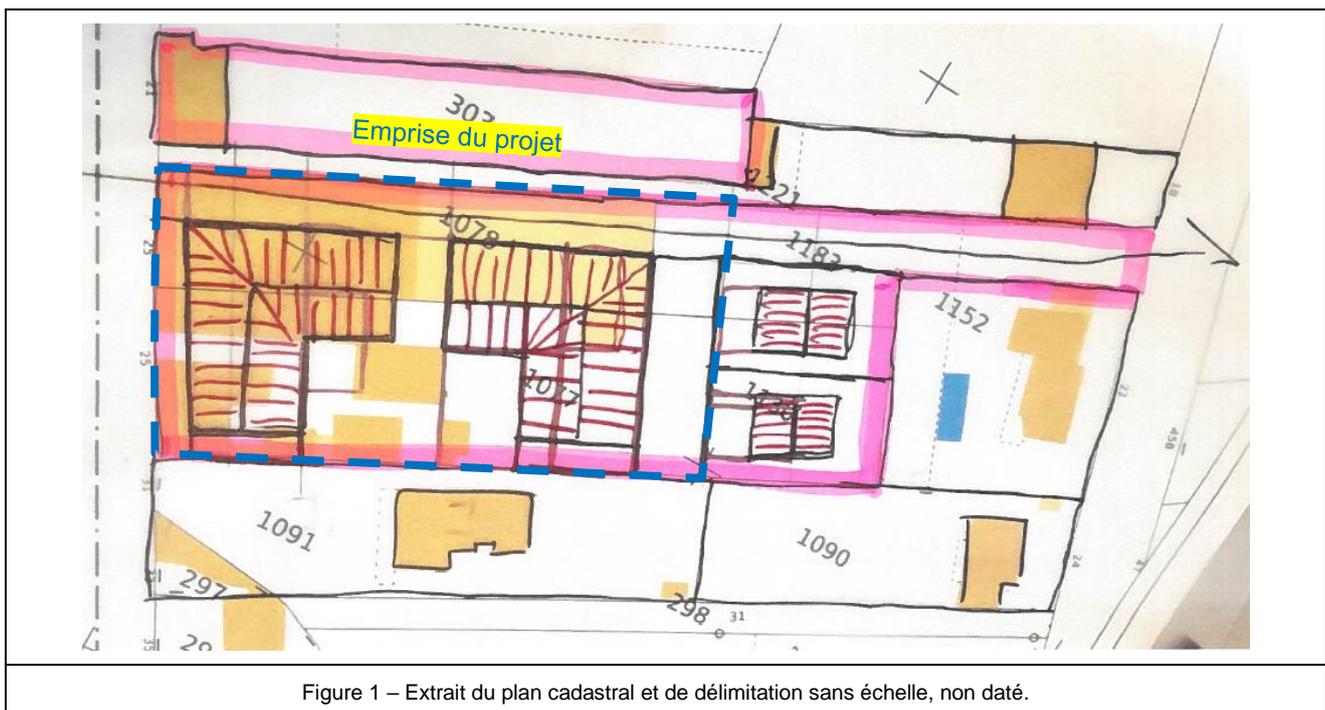
### 1.1. Projet

Le projet consiste en la réalisation d'une opération immobilière sur les parcelles cadastrales situées 25-29 boulevard Richelieu à RUEIL MALMAISON (92). Il se traduit par la construction de deux bâtiments, sur un niveau de sous-sol supposé commun, total et débordant par rapport à la superstructure.

En se basant sur le nivellement des sondages réalisés, le site présente une topographie en forte pente, avec une altimétrie comprise entre 59,3 (cote du terrain au niveau de la limite nord) et 50,9 NGF (cote du boulevard de Richelieu), soit un dénivelé d'environ 8,4 m entre l'amont et l'aval (à confirmer par des relevés topographiques).

Ainsi, en l'absence d'information sur le calage altimétrique du niveau bas du sous-sol, nous considérerons, en première approche, que celui-ci serait situé vers la cote 48,7 NGF, soit enterré d'environ 2,2 m du côté du boulevard de Richelieu, et d'environ 10,6 m par rapport au TN en fond de parcelle (coté nord-est).

Le foncier présente une superficie de l'ordre de 1614 m<sup>2</sup>. Lors de notre intervention, le site était occupé par des constructions de type RDC à R+1+C, qui seront démolis pour les besoins du projet.



### 1.2. Mission Géotechnique confiée

Ce rapport s'inscrit dans le cadre d'une mission G2 AVP complémentaire, soit une Etude Géotechnique de Conception en phase Avant-Projet, selon la dernière version de la norme NFP94-500 du 30 novembre 2013.

Elle aborde les principes constructifs et d'adaptation du projet au sol envisageables et fournit l'ébauche dimensionnelle d'un profil type pour chaque ouvrage géotechnique. Elle s'appuie sur la définition, la réalisation et le suivi d'un programme d'investigations, détaillé dans le paragraphe suivant.

### 1.3. Reconnaissance géotechnique

- **Programme des investigations géotechniques**

Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé du 19/06/2023 au 20/06/2023, les travaux suivants :

- ✓ 2 sondages pressiométriques menés à 10,0 et 20,0 m de profondeur, notés respectivement SP1 et SP2, avec enregistrement des paramètres de forage,
- ✓ 18 essais pressiométriques répartis dans les sondages précédents, tous les 1,0 / 1,5 m,
- ✓ 1 sondage à la tarière mécanique noté ST1, mené à 2,0 m de profondeur,
- ✓ 1 essais de perméabilité de type PORCHET réalisé au droit du sondage ST1,
- ✓ Le sondage SP1 a été équipé d'un tube PVC crépiné pour une mesure ponctuelle du niveau d'eau,
- ✓ Mesure du niveau d'eau en fin de chantier avec une mesure complémentaire faite le 19/07/2023,
- ✓ Essais de laboratoire (en cours) :
  - 2 packs d'essais d'agressivité des sols vis-à-vis du béton,
  - 1 pack essai d'agressivité de l'eau vis-à-vis du béton.

Nota : compte tenu des conditions et autorisation d'accès, seuls les 3 sondages, décrits ci-dessus, ont pu être réalisés. Il est nécessaire de compléter les reconnaissances par des sondages, lors des études à venir, afin de respecter les recommandations en vigueur, vis-à-vis de la consistance des reconnaissances géotechniques.

- **Nivellement des sondages**

Les différents sondages ont été nivelés avec un GPS Trimble R10. Ci-dessous les coordonnées X-Y (CC49) et l'altitude Z (en NGF) des sondages relevés :

Sondages	X (m)	Y (m)	Z (NGF)	Profondeur (m)
SP1+PZ	1640174,155	8186002,813	57,0	10,0
SP2	1640157,150	8185985,996	51,7	20,0
ST1	1640159,638	8185989,822	52,0	2,0

Ces cotes ne sont données qu'à titre indicatif. Elles doivent être vérifiées et/ou corrigées par un géomètre expert.

- **Matériel et supports utilisés**

Pour réaliser notre mission, nous avons utilisé le matériel et supports suivants :

- ✓ Sondeuse de marque EMCI de type R220 (Démontable) et de marque COMACCHIO de type GEO 205,
- ✓ Enregistreur des paramètres de forage : POCKET LIM,
- ✓ Logiciel de traitement des données de sondage : GEOLOG 4 de LIM S.A,
- ✓ Logiciel de dessin : AUTOCAD / Word.

#### 1.4. Documents transmis

Pour la réalisation de la présente étude, le Maître d'Ouvrage nous a transmis les documents suivants :

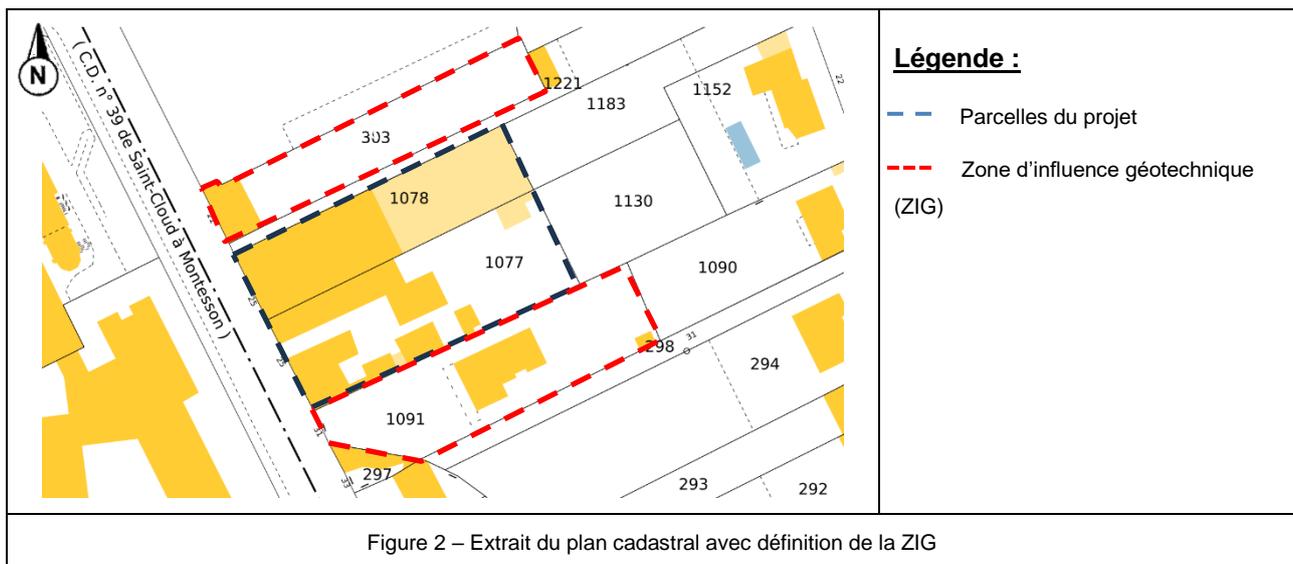
- ✓ Plan cadastral du site à l'échelle 1/1000<sup>ème</sup>, daté du 17/11/2022,
- ✓ Schéma de principe du projet sans échelle.

## 2. CADRE GEOTECHNIQUE DU SITE

### 2.1. Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

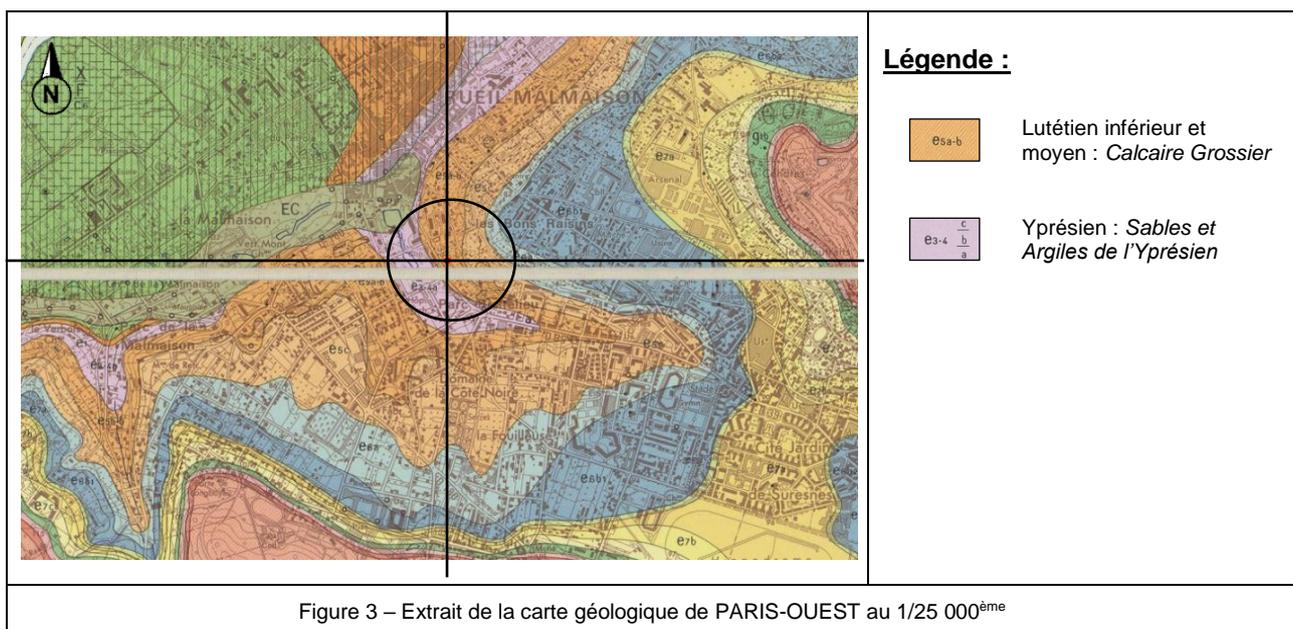
Le projet sera réalisé dans un secteur urbanisé. Compte tenu de la configuration du projet projeté, les constructions existantes situées sur les parcelles cadastrales n°303 et 1091 sises respectivement 21 et 31, boulevard de Richelieu, pourraient être impactées par les travaux projetés. Nous considérons ainsi qu'elles se situent dans la ZIG.

Une attention particulière sera également apportée afin de ne pas déstabiliser les éventuels structures et ouvrages mitoyens en limite de propriété (murs de clôture, voirie, etc.) ou traversant le site (réseaux, etc.).



### 2.2. Cadre Géologique

La figure ci-après montre la position du terrain, sur la carte géologique au 1/25 000<sup>ème</sup> de PARIS-OUEST.



Ainsi, le site présenterait la succession lithologique suivante :

- *Calcaire Grossier,*
- *Argile et Sables de l'Yprésien.*

### 2.3. Cadre hydrogéologique

La première nappe qui pourrait être traversée, au droit du secteur, serait la nappe de l'*Eocène Moyen* recelée dans le *Calcaire Grossier*, vraisemblablement en continuité avec celle de l'*Eocène Inférieur* contenue dans les *Sables et Argiles du Sparnacien*.

D'autre part, des circulations d'eau anarchiques d'infiltration et/ou de ruissellement au sein des horizons supérieurs ne sont pas exclus, notamment en périodes pluvieuses.

### 2.4. Cadre géomorphologique

Le site se trouve au centre de la commune de RUEIL MALMAISON (92), en contexte de versant. D'après le nivellement de nos sondages, le terrain présente une pente orientée **est > ouest** avec des cotes altimétriques comprises entre 59,3 et 50,9 NGF, soit un dénivelé d'environ 8,4 m entre le point le plus haut et le plus bas du site (à confirmer par des relevés topographiques).

Les profils altimétriques du terrain naturel au droit des parcelles du projet, issus du site de Géoportail sont représentés sur la figure suivante :

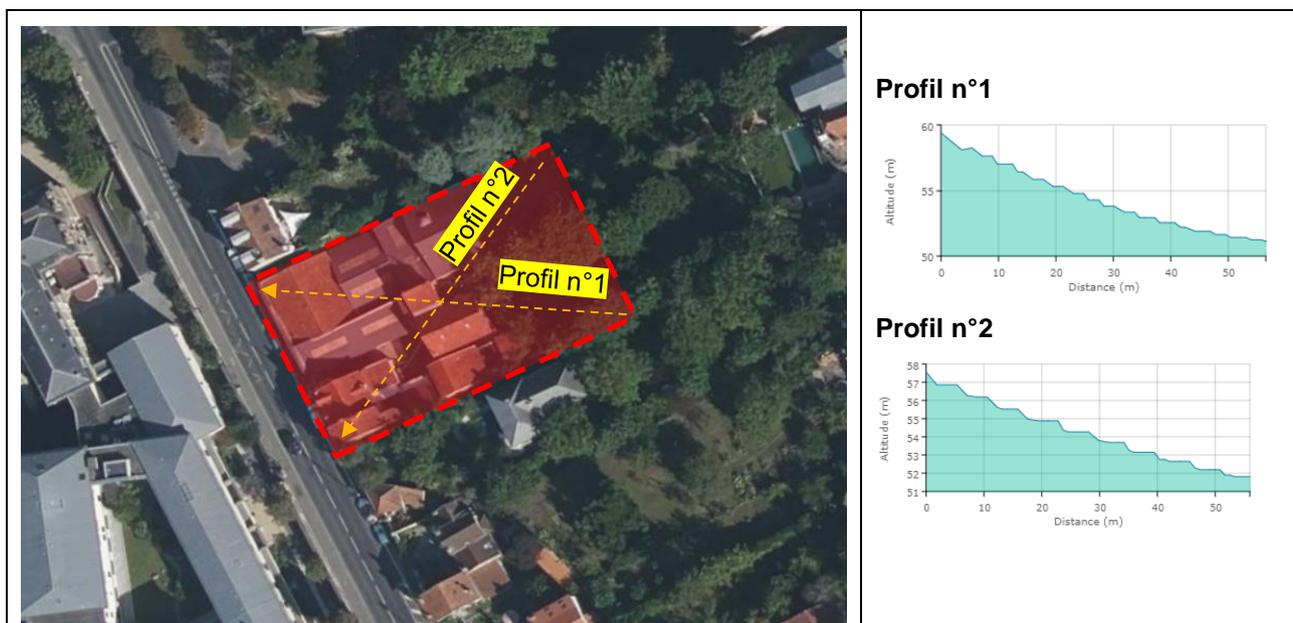


Figure 4 – Profils altimétriques au droit du site (Source : Géoportail)

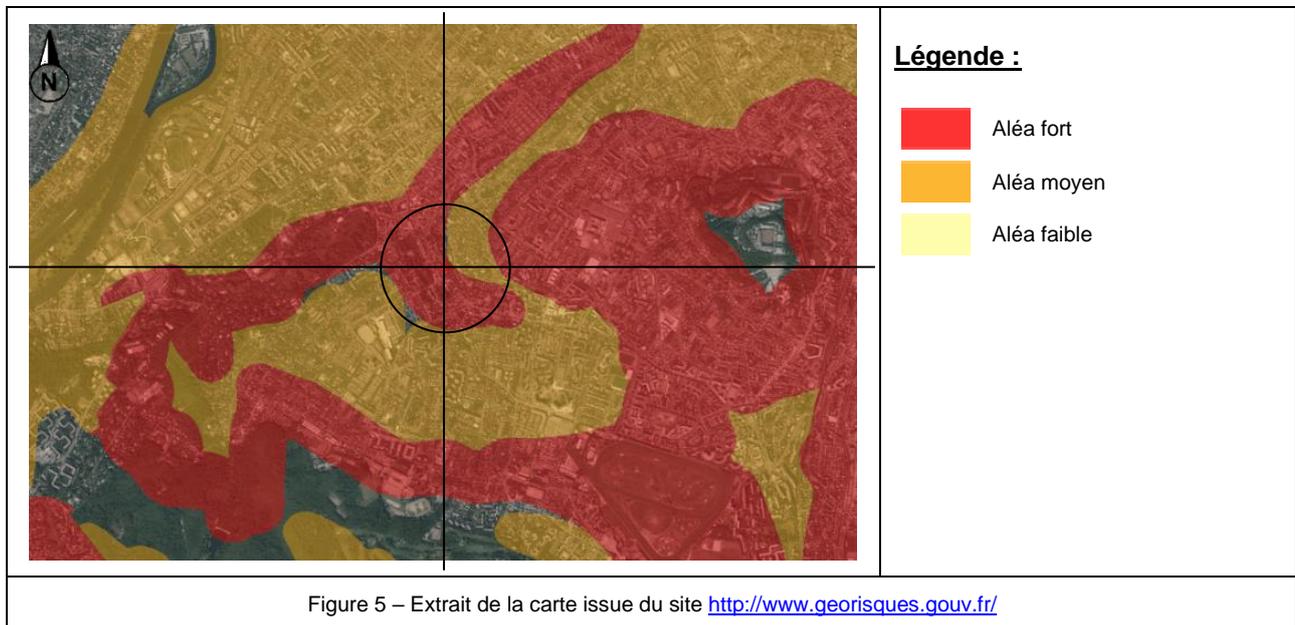
### 2.5. Recensement des aléas naturels et anthropiques

- Vestiges

Au vu de la présence d'un bâtiment à démolir, le site est concerné par un risque lié à la présence de vestiges enterrés (fondations, cuves enterrées, etc...), dont les emprises, les profondeurs et leurs natures ne sont pas connues.

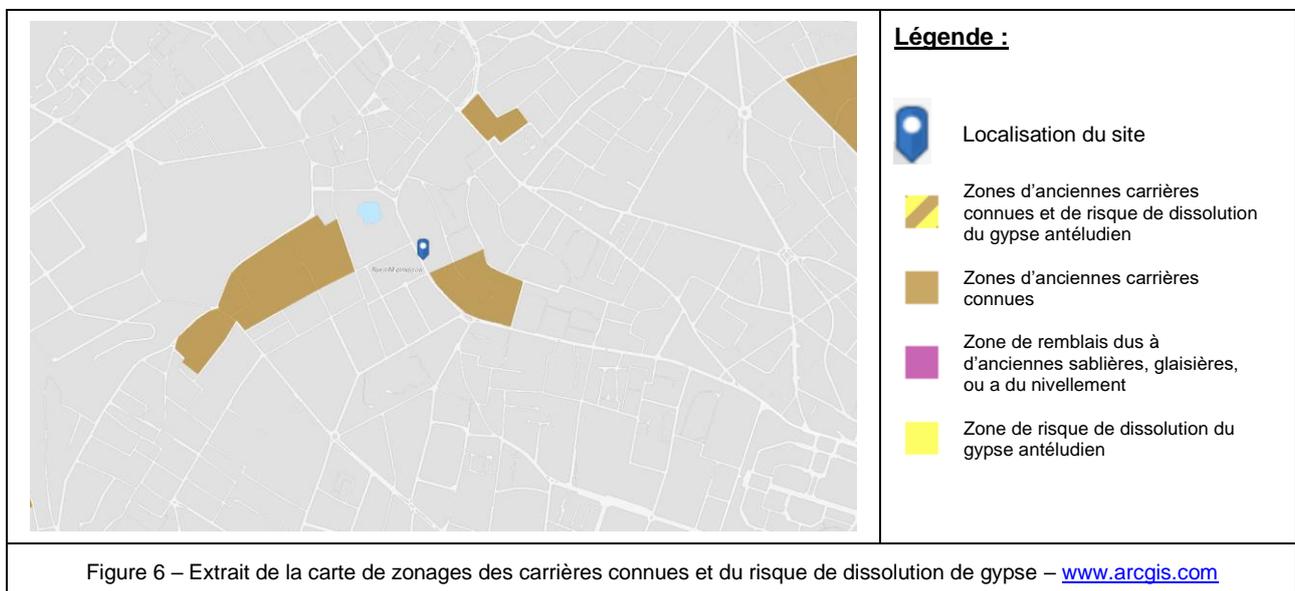
- **Retrait / gonflement des argiles**

Le terrain se trouve dans une zone d'aléa fort vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des argiles, selon le site <http://www.georisques.gouv.fr/>



- **Carrières et dissolution de gypse**

Le site se trouve en dehors des zones d'anciennes carrières souterraines et/ou à ciel ouvert recensées et également en dehors du périmètre de risque de dissolution du gypse antéludien.



- **Sismicité**

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante. La commune de RUEIL MALMAISON (92) se trouve dans une zone de sismicité 1 (très faible) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ouvrages « à risque normal ».

• **Inondations**

D'après la carte d'aléas du PPRI de la vallée de la Seine, le site se trouve en dehors de zones à risque d'inondation par débordement de la Seine. Par ailleurs, il se situe à la limite d'une zone d'entités hydrogéologiques imperméables à l'affleurement selon le site <http://infoterre.brgm.fr/>.

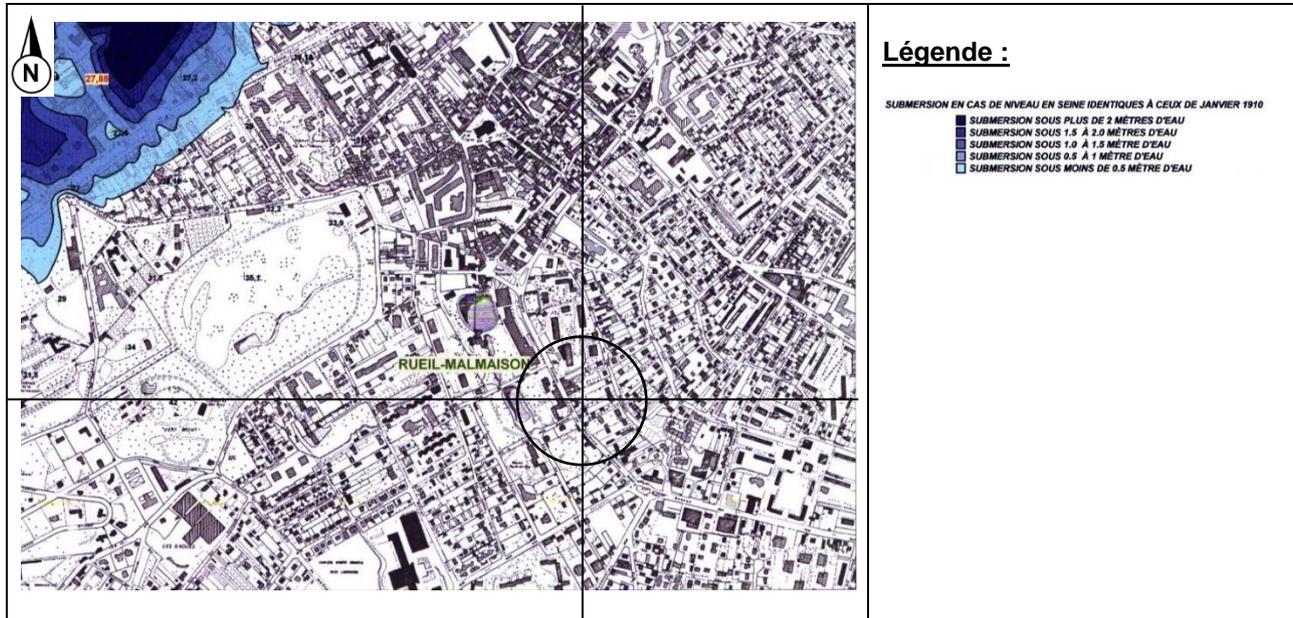


Figure 7 – Extrait du PPRI de la vallée de la Seine de la commune RUEIL MALMAISON (92)

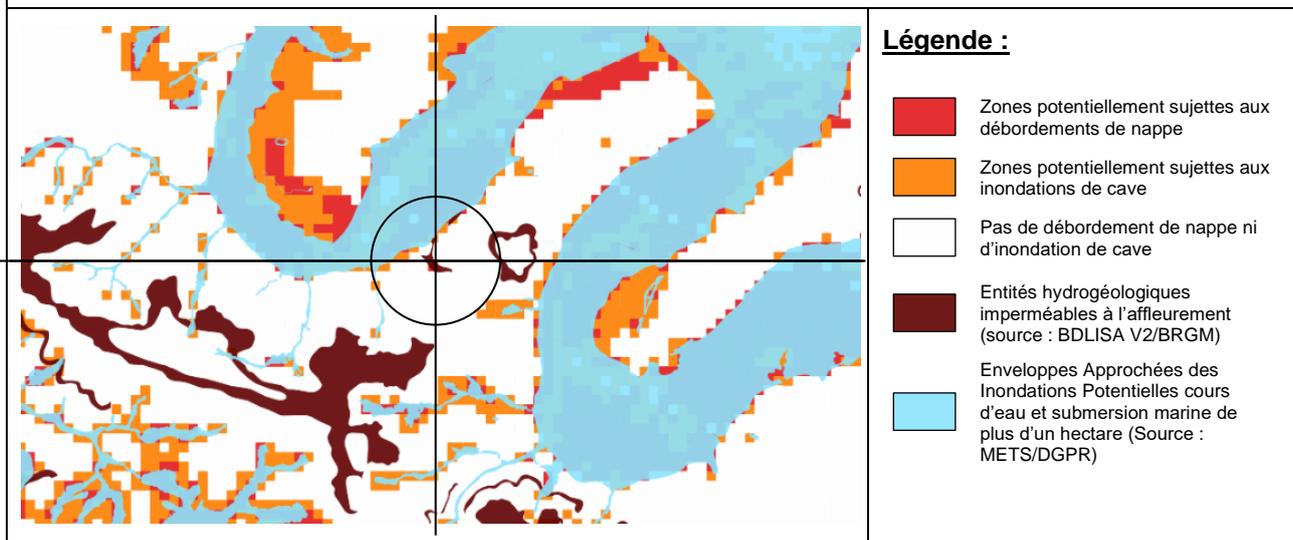


Figure 8 – Extrait de la carte de l'aléa remontée de nappe issue du site infoterre.brgm.fr

### 3. SYNTHESE DES RECONNAISSANCES

#### 3.1. Lithologie

Les niveaux géologiques et géotechniques décrits ci-après sont donnés en termes de profondeur par rapport à la surface du sol naturel au moment de notre intervention (TN). Ainsi, nous avons rencontré les horizons suivants :

- ✓ Des **Remblais** sableux à marneux marron brun à beiges à cailloutis, ont été rencontrés jusqu'à 1,5 m de profondeur en partie amont, soit jusqu'à 55,5 NGF et jusqu'à 1,0 / 1,2 m de profondeur en partie aval, soit jusqu'à 51,0 / 50,5 NGF. Des vestiges et des surépaisseurs locales ne sont pas à exclure, notamment après démolition des structures existantes,
- ✓ Le **Calcaire Grossier** a été traversé sous forme de marnes sableuses à argileuses beiges jusqu'à 10,0 m de profondeur en partie amont (arrêt volontaire du sondages SP1), soit jusqu'à 46,7 NGF et jusqu'à 4,0 m de profondeur en partie aval, soit jusqu'à 47,7 NGF. Cette formation peut contenir des blocs et/ou bancs ultra-indurés de calcaire,
- ✓ Au-delà, Les **Argiles et Sables de l'Yprésien** ont été observés jusqu'à l'arrêt des reconnaissances à 20,1 m de profondeur, soit jusqu'à 31,6 NGF. Cette formation est représentée par une alternance de sables et argiles beige marron, gris à rouge.

**Nota :** Les ensembles stratigraphiques avancés ci-avant, ne sont donnés qu'à titre indicatif. En effet, en absence d'un sondage carotté, ils ont été interprétés à partir des remontées de cuttings (débris de forage destructif) et des enregistrements de paramètres de forage ainsi que des recherches bibliographiques.

#### 3.2. Synthèse géotechnique

- **Caractéristiques pressiométriques**

Les valeurs des caractéristiques pressiométriques (EM : module pressiométrique,  $PI^*$  : pression limite nette) ont été déterminées par des essais effectués à partir de 1,5 m de profondeur et selon un espacement de 1,0 / 1,5 m au droit des différents sondages. Ci-joint l'analyse statistique des résultats obtenus :

Horizons	Profondeur de la base		Caractéristiques Pressiométriques				Commentaire sur la compacité
	m/TN	Cote NGF	$E_m$ (MPa)	$PI^*$ (MPa)	Nb	$\alpha$	
<i>Remblais</i>	-1,0 / -1,5	55,5 / 50,5	$E_m = 4,5$	$PI^* = 0,49$	1	2/3	Médiocre
<i>Calcaire Grossier</i>	-4,0 / -10,3	47,7 / 46,7	$11,0 \leq E_m \leq 33,0$ $EM_{Moy} = 16,8$	$0,85 \leq PI^* \leq 2,89$ $PI^*_{Moy} = 1,66$ $\sigma = 0,58$	7	1/2	Moyenne à très élevée
<i>Argiles et Sables de l'Yprésien</i> <b>Horizon supérieur</b>	-9,5	42,2	$4,3 \leq E_m \leq 6,2$ $EM_{Moy} = 5,1$	$0,42 \leq PI^* \leq 0,54$ $PI^*_{Moy} = 46$ $\sigma = 0,05$	4	2/3	Médiocre
<i>Argiles et Sables de l'Yprésien</i> <b>Horizon inférieur</b>	<-20,1	< 31,6	$11,5 \leq E_m \leq 48,0$ $EM_{Moy} = 20,8$	$0,88 \leq PI^* \leq 4,04$ $PI^*_{Moy} = 1,92$ $\sigma = 1,18$	6	2/3	Moyenne à Très élevée

Avec :  $EM_{Moy}$  : Moyenne harmonique,  $PI^*_{Moy}$  : Moyenne géométrique et  $\sigma$  : écart-type,  $\alpha$  : Coefficient rhéologique

L'unique essai pressiométrique réalisé au sein des *Remblais* montre une compacité médiocre. Cependant, ces matériaux peuvent présenter des hétérogénéités en nature et en compacité.

Le *Calcaire Grossier* présente des compacités moyennes à très élevées, attestant de la présence des blocs et/ou bancs ultra-indurés de calcaire.

Au-delà, les *Argiles et Sables de l'Yprésien* possèdent des caractéristiques mécaniques médiocres en tête, jusqu'à environ 9,5 m de profondeur, puis des compacités moyennes à très élevées en profondeur.

### 3.3. Présence d'eau

Les niveaux d'eau mesurés s'établissent comme suit :

Mesure de fin de chantier 05/06/2023		
Sondages	SP1+PZ	SP2
m/TN	Sec jusqu'à 10,0	-10,5
NGF	< 47,0	41,2
Mesure complémentaire du 19/07/2023		
Sondages	SP1+PZ	SP2
m/TN	-8,0	--
NGF	49,0	--

En fin de chantier, un niveau d'eau a été relevé vers 10,5 m de profondeur au droit du SP2, soit vers 41,2 NGF. Ce niveau a pu être perturbé par la technique de forage avec injection de fluide. En effet, lors du relevé complémentaire, effectué le 19/07/2023, un niveau plus au moins stabilisé a été mesuré vers 8,0 m de profondeur, soit vers 49,0 NGF.

Ce niveau d'eau correspondrait à la nappe de *l'Eocène Moyen* recelée dans le *Calcaire Grossier*.

Seule une étude hydrogéologique associée au suivi piézométrique, permettrait d'appréhender les fluctuations saisonnières et les niveaux caractéristiques de la nappe.

Par ailleurs, des circulations d'eau anarchiques d'infiltration et de ruissellement sont susceptibles de se produire au sein des terrains superficiels et selon la pente, notamment en périodes pluvieuses.

### 3.4. Essais de perméabilité

Un essai de perméabilité de type PORCHET a été réalisé au droit du sondage ST1. Le coefficient de perméabilité calculé à partir de cet essai se résume comme suit :

Sondages	Type Essai	Prof.	Faciès	Coef. de perméabilité « k »	
				m/s	mm/h
ST1	PORCHET	0 – 2,0 m	<i>Remblais</i> sableux à marneux marron brun à beige, à cailloutis puis marnes beige marron ( <i>Calcaire Grossier</i> )	$3,35 \cdot 10^{-6}$	12,1

En prenant en compte la nature des terrains et le résultat de l'essai obtenu, les sols sont :

- **Peu perméables** selon la classification Mabillot « forage d'eau »,
- **Perméabilité faible** selon la classification Philipponnat « ouvrage en terre ».

Nous rappelons que ces valeurs sont cohérentes avec les faciès traversés, mais ne peuvent être généralisées sur l'ensemble du site. Il n'est pas exclu que des variations de constitution lithologique puissent modifier les capacités d'absorption du sol (passages plus sableux ou graveleux donc plus perméables, ou passées argileuses plus imperméables).

Nota : les valeurs obtenues au sein des *Remblais* doivent être considérées avec précaution compte tenu de leur hétérogénéité en nature.

### 3.5. Essais de laboratoire

*Les essais de laboratoire sont en cours de réalisation et seront intégrés dans une seconde version du rapport.*

## 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

### 4.1. Synthèse du contexte géotechnique

L'étude documentaire et la reconnaissance du site ont mis en évidence les éléments suivants :

- **Lithologie**

- ✓ Des **Remblais** sableux à marneux marron brun à beiges à cailloutis, ont été rencontrés jusqu'à 1,5 m de profondeur en partie amont, soit jusqu'à 55,5 NGF et jusqu'à 1,0 / 1,2 m de profondeur en partie aval, soit jusqu'à 51,0 / 50,5 NGF. Ces matériaux anthropiques, généralement hétérogènes, sont de compacité médiocre. Des vestiges et des surépaisseurs locales ne sont pas à exclure, notamment après démolition des structures existantes,
- ✓ Le **Calcaire Grossier**, de compacité moyenne à très élevée, a été traversé sous forme de marnes sableuses à argileuses beiges jusqu'à 10,0 m de profondeur en partie amont (arrêt volontaire du sondages SP1), soit jusqu'à 46,7 NGF, et jusqu'à 4,0 m de profondeur en partie aval, soit jusqu'à 47,7 NGF. Cette formation renferme des blocs et/ou bancs ultra-indurés de calcaire,
- ✓ Au-delà, Les **Argiles et Sables de l'Yprésien** ont été observés jusqu'à l'arrêt des reconnaissances à 20,1 m de profondeur, soit jusqu'à 31,6 NGF. Cette formation est représentée par une alternance de sables et argiles beige marron, gris à rouge. Elle possède des caractéristiques mécaniques médiocres en tête, jusqu'à environ 9,5 m de profondeur, soit jusqu'à 42,0 NGF, puis les compacités deviennent moyennes à très élevées en profondeur.

- **Hydrologie**

- ✓ En juillet 2023, un niveau plus au moins stabilisé a été mesuré vers 8,0 m de profondeur, soit vers 49,0 NGF. Il s'agirait de la nappe de l'*Eocène Moyen* recelée dans le *Calcaire Grossier*,
- ✓ Seule une étude hydrogéologique permettra d'appréhender les fluctuations saisonnières de la nappe et d'estimer les Niveaux des Plus Hautes Eaux (NPHE) attendus au droit du site.
- ✓ D'autre part, des circulations d'eau anarchiques d'infiltration et/ou de ruissellement au sein des horizons supérieurs ne sont pas exclus, notamment en périodes pluvieuses.

### 4.2. Fondations

- **Principe**

Le projet prévoit la construction d'un ensemble de bâtiments d'habitation, sur un niveau de sous-sol supposé commun, total et débordant, dont le plancher bas a été calé par nos soins à 48,7 NGF (à confirmer).

Le fond de fouille serait situé vers 48,4 NGF (à confirmer), à l'interface entre *Calcaire Grossier* et les *Argiles et Sables de l'Yprésien*.

Compte tenu des éléments suivants :

- La présence de compacités médiocres en tête des *Argiles et Sables de l'Yprésien*, entre 4,0 et 9,7 m de profondeur, soit entre 47,7 et 42,0 NGF,

- Les descentes de charge élevées attendues,
- Présence d'eau à 8,0 m de profondeur, soit jusqu'à 49,0 NGF,

La réalisation d'un mode de fondations superficielles n'est pas envisageable. Ainsi, On s'orientera vers un système de **fondations profondes de types pieux**, ancrés dans l'horizon inférieur des *Argiles et Sables de l'Yprésien* de bonne compacité.

L'ensemble des éléments, de dimensionnement des pieux qui vont suivre, sont issus de la norme d'application nationale de l'Eurocode 7, relative aux fondations profondes (norme NF P 94-262).

- **Nomenclature**

Dans le présent paragraphe, nous abordons un exemple de calculs avec des pieux :

- ✓ Foré à la Tarière Creuse (FTC) : classe 2 – catégorie 6.

L'entreprise devra mettre les moyens nécessaires pour traverser les blocs et/ou bancs indurés au sein du *Calcaire Grossier* résiduel et des *Argiles et Sables de l'Yprésien*, afin d'assurer l'ancrage du pieu à la bonne profondeur. L'utilisation d'outil spécifique pourra s'avérer nécessaire (trépan, carottage, Kelly, etc.).

- **Contrainte dans le béton**

Nous considérons en première approche dans nos calculs des pieux confectionnés avec un béton C30/37. L'entreprise devra vérifier la résistance caractéristique à la compression simple du béton «  $f_{ck}^*$  », ainsi que la contrainte en compression dans la section de béton «  $\sigma_c$  », en fonction du type, diamètre et longueur du pieu.

- **Modèle géotechnique**

Le modèle géotechnique ci-après devra être pris en compte pour le dimensionnement des fondations profondes. Il provient de l'interprétation des différents résultats lithologiques et géomécaniques obtenus. La profondeur est donnée à partir du niveau bas du R-1 du bâtiment situé à 48,7 NGF :

Pieux « foré tarière creuse » (FTC) : classe 2 – catégorie 6									
Lithologie	Profondeur de la base		Classe de sol (NF P94-262)	$k_p$	$P_i^*$ (MPa)	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	$f_{\text{sol}}$ (kPa)	$q_{s,i} \text{ max}$ (kPa)	$q_{s,i} \text{ retenu}$ (kPa)
	m/NB*	NGF							
<i>Massif en tête de pieu / Calcaire Grossier</i>	-1,0	47,7	<b>Frottement neutralisé</b>						
<i>Argiles et Sables de l'Yprésien Horizon supérieur</i>	-6,7	42,0	Sols intermédiaires à dominance sableuses	--	0,45	1,8	26 (Courbe Q2)	90	48
<i>Argiles et Sables de l'Yprésien Horizon inférieur</i>	< -17,1	< 31,6	Sols intermédiaires à dominance Argileuses	1,30	1,80	1,5	45 (Courbe Q2)	90	68

NB\* : niveaux bas des R-1 calé à 48,7 NGF.

Nous rappelons que les paramètres de dimensionnement ci-dessus sont fournis pour la technique de réalisation des pieux Forés à la Tarière Creuse (FTC). Si l'entreprise envisage, selon la nature des sols, d'utiliser une technique, les paramètres de dimensionnement seront adaptés en conséquence et devront obtenir l'aval du bureau de contrôle ou du géotechnicien dans le cadre d'une mission de suivi d'exécution (G3

ou G4). Dans tous les cas, les calculs seront réalisés selon l'EUROCODE 7, en fonction du modèle de terrain fixé dans le présent rapport.

- **Calcul des pieux**

Le tableau suivant fournit des exemples de calcul des charges admissibles des pieux, à titre indicatif :

B (mm)	Formation d'ancrage	Fiche m/R-1	Fiche NGF	Charge admissible à l'ELS Caractéristiques $R_{c, cr,d}$ (KN)	Contrainte moyenne en tête de pieu (MPa)
620	<i>Argiles et Sables du Yprésien</i> <b>Horizon inférieur</b>	17,1	31,6	1488	4,93
820		17,1	31,6	2100	3,97

**NOTA** : Nous rappelons que les reconnaissances des sols doivent être effectués jusqu'à 7 fois le diamètre, avec un minimum de 5 m de profondeur, sous la pointe des pieux. Ainsi, le terme de pointe pourra être justifié et le modèle de dimensionnement des pieux pourra être affiné, une fois le second programme d'investigation réalisé.

- **Préconisations d'exécution**

Lors de l'exécution des fondations, on veillera à respecter les préconisations suivantes :

- ✓ La réalisation des pieux devra être adaptée à la présence de blocs et/ou bancs indurés au sein du *Calcaire Grossier* et des *Argiles et Sables de l'Yprésien*. L'entreprise devra mettre les moyens nécessaires (préforage, carottage, Kelly...etc.) pour les traverser et atteindre les profondeurs d'ancrage. **Nous rappelons que l'utilisation de la tarière creuse reste de son entière responsabilité,**
- ✓ La technique de forage choisie devra être adaptée à la faible cohésion des *Argiles et Sables de l'Yprésien*, voire nulle sous la nappe,
- ✓ Les pieux devront être armés, selon les règles en vigueur, car ils seraient soumis à des efforts horizontaux (jusqu'à l'annulation de l'effort tranchant) au vu de la poussée dissymétrique des terres entre l'amont et l'aval du projet. Ils devront également être armés toute hauteur en cas de reprise d'efforts de traction,
- ✓ L'entreprise de démolition veillera à extraire et purger les différentes infrastructures des bâtiments existants pour éviter les difficultés lors de la réalisation des forages des pieux.
- ✓ Des surconsommations de béton ne sont pas à exclure au sein des *Argiles et Sables de l'Yprésien*,
- ✓ On veillera à respecter un ancrage minimum de 1,5 m dans la formation choisie (3 diamètres de pieux pour les pieux de diamètre inférieur à 0,5 m),
- ✓ Pour une hauteur de recépage supérieure à 2,0 m sous le niveau de la plateforme de travail, les pieux doivent être armés. Les armatures doivent avoir une longueur minimale de 4,0 m sous le niveau de recépage,
- ✓ Nous conseillons de prévoir l'enregistrement des paramètres de forage afin d'éviter tout ancrage dans les passées altérés. En effet, il est nécessaire de s'ancrer dans un sol sain,

- ✓ Selon le type de fondations profondes retenu, des contrôles devront être réalisés conformément à la norme NFP 94-262 (EC7),
- ✓ Dans le cas où l'entraxe entre les pieux serait inférieur à 3 fois le diamètre, il sera nécessaire de tenir compte de l'effet de groupe, en prenant en compte un coefficient d'efficacité  $C_e$ ,
- ✓ Il est nécessaire de prévoir une plateforme praticable pour la machine de pieux. La réalisation d'une piste provisoire par blocage par exemple pourra s'avérer nécessaire.

#### 4.3. Excavation des terres et réalisation des voiles enterrés

Le projet prévoit la réalisation d'un niveau de sous-sol supposé commun, total et débordant par rapport à la superstructure. Le niveau bas du R-1 a été calé à 48,7 NGF (à confirmer), soit un fond de fouille vers 48,4 NGF (à confirmer). Ainsi, les hauteurs de terrassements seront de l'ordre de 2,5 m en partie aval et de 10,9 m en partie amont.

**Nota :** Ces hauteurs sont données sans la prise en compte de l'épaisseur de la bêche et de tout ouvrage ponctuel (cage d'ascenseur, bassin de rétention, etc.).

- **Dispositions vis-à-vis de la présence d'eau**

En juillet 2023, un niveau plus ou moins stabilisé a été mesuré vers 8,0 m de profondeur, soit vers 49,0 NGF. En se basant sur l'ensemble de ces données, le niveau de la nappe serait vers 0,6 m au-dessus du fond de la fouille générale.

En maintenant l'ensemble de ces hypothèses, les travaux de terrassements de la fouille générale et des fondations (massifs en tête des pieux et éventuelles semelles des butons) pourront intercepter la nappe. Dans ce cas, l'entreprise devra donc prévoir un dispositif de rabattement de la nappe permettant de travailler à sec y compris pour la réalisation des fondations.

Compte tenu de la nature des sols locaux (sables de faible cohésion au sein de la formation de l'*Yprésien*), le dispositif devra être constitué par un système de **pointes filtrantes** réparties en partie amont du site, en périphérie de la fouille générale, permettant d'assécher l'ensemble de la fouille et améliorer ainsi la tenue des terrains. En limite de propriété, les pointes filtrantes devront être réalisées en biais vers l'extérieur. Généralement, le rabattement devra être mené jusqu'à environ 0,50 m sous les assises des massifs des pieux et ceux des butons et de tout terrassement au-delà.

Ce système pourra être complété si nécessaire et en cas d'arrivées d'eau assez élevées par un système de tranchées et fosses drainantes avec un pompage en fond de fouille.

Les eaux pompées devront être rejetées vers un exutoire autorisé par les services compétents. Le dispositif mis en place devra être étudié et dimensionné pour éviter toute migration de fine, lors des pompages, compte tenu du contexte urbanisé du secteur.

**Nota :** Nous recommandons la réalisation d'un suivi piézométrique associé à une étude hydrogéologique afin d'appréhender les fluctuations saisonnières de la nappe et d'estimer le niveau des Hautes Eaux annuelles (EF) et les débits et volumes d'exhaure attendu en phase chantier.

- **Excavation des terres**

Les travaux de terrassements intéresseront essentiellement les *Remblais*, le *Calcaire Grossier*, voire les *Argiles et Sables de l'Yprésien*.

En première approche, ils devront prendre en considération la faible cohésion, voire nulle à long terme, des *Remblais* et des *Argiles et Sables de l'Yprésien*.

D'autre part, l'entreprise devra prendre en compte la présence de blocs et/ ou bancs indurés au sein des de calcaire au sein du *Calcaire Grossier*. Elle devra mettre en œuvre les moyens et outils puissants nécessaires (de type BRH) pour les traverser et les extraire

**Nota :** L'entreprise de démolition veillera à extraire l'ensemble des structures et vestiges (fondations, dallages, fosses etc...) des différentes constructions et ouvrages existants à démolir.

- **Techniques de terrassements**

En tout premier lieu, il sera nécessaire de réaliser un relevé topographique précis de la parcelle de projet et des parcelles voisines, ainsi qu'une reconnaissance des infrastructures des constructions mitoyennes.

Une fois les conditions de terrassements à sec réunies, les travaux d'excavation et d'exécution des voiles enterrés pourraient être effectués avec une méthodologie adaptée au contexte géomorphologique, géotechnique et de mitoyenneté.

Compte tenu des éléments suivants :

- Les hauteurs de terrassements pouvant atteindre 10,9 m en partie amont du site,
- La présence de la nappe mesurée en Juillet 2023 à 0,6 m au-dessus du fond de fouille,

les dispositions constructives suivantes sont à considérer :

- ✓ Dans les secteurs où les hauteurs de terrassements sont supérieures à 6,5 m : on s'orientera vers la mise en œuvre d'un écran de soutènement composite de type paroi lutétienne ou berlinoise (ou équivalent). Celle-ci permettra d'assurer une meilleure stabilité, compte tenu de la hauteur des terrassements. Notons qu'en limite de propriété, ce mode de soutènement induit une perte de surface pour le sous-sol du projet. Afin d'éviter cela, la réalisation d'une paroi berlinoise inversée pourra être envisagée, sous réserve de possibilité d'EXE en présence de nappe (notamment la problématique de scellement des profilés).
- ✓ Dans les secteurs où les hauteurs de terrassements sont inférieures ou égales à 6,5 m : si les contraintes du site le permettent (emprise de la zone du projet, recul suffisant vis-à-vis des limites de propriété et des voiries mitoyennes, etc.), les travaux de terrassements du sous-sol projeté peuvent être réalisés par talutage soit sur toute la profondeur de la fouille ou uniquement en partie supérieure (prétalutage).

Dans ces conditions, en l'absence de toute surcharge en tête et en présence d'une protection de la surface du talus contre les intempéries, la pente maximale du talus à court-terme ne devra pas dépasser la valeur de 2V/3H dans les *Remblais* et les *Argiles et Sables de l'Yprésien*, et 1V/1H dans le *Calcaire Grossier*. Ces indications sont données pour des matériaux secs. Ce profil pourra être ajusté selon les premières ouvertures de fouilles. Les voiles seront ainsi réalisés par le biais d'un coffrage.

En cas d'impossibilité de réalisation de talutage (limite de propriété, voirie avoisinante, etc...), il conviendra de prévoir des dispositions particulières de soutènement des terres de type voiles contre terre réalisées par passes alternées avec butonnage à l'avancement, ou tout autre système de soutènement équivalent permettant de garantir la stabilité de la fouille, notamment en limite de propriété. La hauteur et la largeur des passes doivent être adaptées à la faible cohésion, à court terme des *Remblais* et des *Argiles et Sables de l'Yprésien*.

Dans les deux cas, il est nécessaire d'étudier avec attention le système de butonnage de sorte à privilégier au maximum les butons horizontaux, compte tenu des compacités médiocres des *Argiles et Sables de l'Yprésien*, attendus en fond de fouille.

En variante, l'entreprise pourra étudier, dans le cadre d'une mission G3, la possibilité de fonder les semelles des butons dans les matériaux de portance limitée (dimensions assez élevées des semelles), à condition de réaliser un contrôle rigoureux avec la vérification régulière des coins de charges et la surveillance des déplacements des voiles, afin d'anticiper toute déformation. Il est également nécessaire de prévoir un bon ancrage des semelles des butons pour éviter tout déchaussement (ancrage à -1,0 m/Fond de fouille). Un coulage des massifs de buton en pleine fouille est fortement recommandé, avec un suivi de déplacement des voiles.

Par ailleurs, aucun massif de butons, provisoires et définitifs, ne devra être mis en place en présence de nappe. Il sera interdit toute pose de semelles dans les sols humides ou saturés.

- **Disposition vis-à-vis des avoisinants**

Les constructions existantes situées sur la parcelle cadastrale n°303 et 1091 sises respectivement 21 / 31 boulevard de Richelieu, se trouve dans la ZIG et pourrait être impactée par les travaux.

Ainsi, la reconnaissance des infrastructures des constructions en mitoyenneté directe avec les infrastructures du projet devra être réalisée au préalable, afin de préciser les conditions de terrassement et de réalisation des voiles et fondations à leur droit.

Dans tous les cas, les travaux de terrassements ne devront en aucun cas déchausser ou déstabiliser les fondations et ouvrages mitoyens. Ils devront garantir la stabilité des ouvrages (existants et projetés) et la sécurité des personnes, tant en phase provisoire que définitive. De plus, une surveillance des déplacements des mitoyens et des voiles à créer devra être mise en place pendant la durée des terrassements (suivi observationnel selon la norme NF P94-282).

- **Paramètres de dimensionnement des ouvrages de soutènements**

Pour le prédimensionnement des ouvrages de soutènement, on considèrera en première approche les caractéristiques intrinsèques des différentes formations, consignées dans le tableau ci-après :

Profil Lithologique	Densité	Angle de frottement interne $\phi'$ (°)	Cohésion C' (kPa)
<i>Remblais</i>	1,80	20	0
<i>Calcaire Grossier</i>	1,90	25	5
<i>Argiles et Sables de l'Yprésien</i>	1,90	24	2

Ces valeurs pourront être précisées moyennant la réalisation de sondages et essais spécifiques (sondages carottés et essais de mécanique des sols en laboratoire).

- **Plateforme de travail en phase chantier :**

En période pluvieuse défavorable ou à proximité du toit de la nappe, la circulation des engins sur les sols locaux pourra s'avérer délicate en raison de leurs sensibilités aux variations hydriques (chute de portance, phénomène de matelassage, rainures, etc).

En cas d'intempéries ou d'arrivées d'eau, il n'est pas exclu d'avoir recours à une piste provisoire de chantier, permettant la circulation des engins pendant toute la durée des travaux, notamment pour la machine de pieux ou en fond de fouille.

#### 4.4. Protection des ouvrages enterrés

Le niveau bas du R-1 est située à 48,7 NGF (à confirmer). Nous rappelons que lors de la mesure complémentaire le 19/07/2023, le niveau de la nappe a été relevé vers 8,0 m de profondeur, soit vers 49,0 NGF. En se basant sur l'ensemble de ces données, le niveau d'eau serait situé vers 0,3 m au-dessus du niveau bas du R-1.

En maintenant l'ensemble des hypothèses ci-dessus, les infrastructures du sous-sol projeté seraient impactées par la nappe.

Ainsi, les parties enterrées doivent être protégées vis-à-vis de la présence et des remontées de la nappe, par le biais d'un cuvelage jusqu'à une cote de protection choisie par le Maitre d'Ouvrage parmi le NPHE. De plus, dans le cas où la cote de cuvelage retenue est inférieure au niveau des Eaux Exceptionnelles (EE), on veillera à rendre le sous-sol inondable, en cas de remontée de nappe au-delà de la cote de protection choisie, par le biais d'évents et de cheminées de décompression à travers le plancher bas.

On veillera également à protéger les parties supérieures des voiles enterrés non cuvelées contre les circulations d'eau par le biais d'un drainage vertical périphérique soigné, descendu 1,0 m au-dessous de la cote de cuvelage.

Nous rappelons que les locaux techniques et/ou sensibles doivent être étanches.

#### 4.5. Traitement du niveau bas

Compte tenu du mode de protection des parties enterrées par cuvelage, le niveau bas du sous-sol devra être de type plancher porté par les fondations et dimensionné pour résister aux sous-pressions. Il pourra être coulé en place. Dans les parties débordantes, si le poids de l'ouvrage ne compensait pas la poussée de la nappe, le plancher bas devrait être lesté ou tiranté par les pieux de la structure qui travailleront ainsi en traction.

## 5. ALEAS ET RISQUES RESIDUELS

Conformément à la philosophie de la norme NFP94-500 de novembre 2013, l'objectif de la reconnaissance géotechnique en phase G2 AVP, est d'identifier les premiers risques liés à la nature des sols. Ceci permettra d'adapter le projet en conséquence. Ci-après les principaux risques mis en lumière :

- ✓ Le contexte de forte pente du site avec de grande hauteur de terrassement en partie amont, nécessitant la mise en place de techniques de soutènements spéciales (parois composites),
- ✓ La présence de la nappe de l'*Eocène Moyen* recelée dans le *Calcaire Grossier* dont le niveau est mesuré en juillet 2023 vers 8,0 m de profondeur, soit vers 49,0 NGF, impactant les travaux de terrassements en phase chantier et les parties enterrées du projet en phase d'exploitation (NPHE à définir par une étude hydrogéologique),
- ✓ Le contexte de pente du site et la nature des sols favorisant la manifestation de circulations d'eau, notamment en périodes pluvieuses,
- ✓ La présence de passages de portance médiocre dans les *Argiles et Sables de l'Yprésien* entre 4,0 et 9,7 m de profondeur, conduisant à la mise en place de fondations profondes (pieux) et des dispositions spécifiques pour les semelles de butons,
- ✓ La présence éventuelle de surépaisseur de *Remblais* au droit et/ou à proximité des constructions existantes vouées à la démolition,
- ✓ Le contexte de mitoyenneté : absence d'information sur les niveaux et la nature des infrastructures mitoyennes,
- ✓ La faible cohésion à court terme, voire nulle sous la nappe, des *Remblais* et des *Argiles et Sables de l'Yprésien*,
- ✓ La présence de passages indurés identifiés dans nos sondages, notamment au sein du *Calcaire Grossier*, pouvant entraîner des difficultés lors du forage des pieux et de la réalisation des terrassements,
- ✓ La nature des sols locaux fins et très sensibles aux variations hydriques (chute de portance et de consistance en cas d'augmentation significative de la teneur en eau) pouvant entraîner des difficultés de traficabilité en phase travaux en périodes pluvieuses et à proximité de la nappe,
- ✓ La présence de circulations d'eau erratiques au sein des horizons superficiels, notamment en périodes pluvieuses,
- ✓ Les conditions météorologiques lors des travaux de terrassement,

Les dispositions constructives devront être adaptées aux aléas et risques identifiés ci-dessus. Elles devront obtenir l'aval du bureau de contrôle ou du géotechnicien dans le cadre d'une mission de suivi G3 (confiée par l'entreprise) ou G4 (confiée par le Maître d'ouvrage) selon la norme NF P94-500.

## DISPOSITIONS GENERALES ET CONDITIONS D'UTILISATION

- ✓ Les calculs et conclusions indiqués auparavant ne concernent que les ouvrages décrits dans ce rapport,
- ✓ Toute modification du projet, même s'il s'agit du même site, devrait nous être soumise pour examen et avis,
- ✓ Les recommandations détaillées dans le présent rapport résultent d'une interprétation globale des points de sondage dont le nombre est estimé d'un commun accord avec le donneur d'ordre, et selon les recommandations en vigueur. En effet, il convient de préciser que la reconnaissance de sol, quelque précise qu'elle soit, n'est pas à l'abri d'une anomalie localisée entre deux points de sondage,
- ✓ Aussi les divers intervenants devront être particulièrement vigilants à l'ouverture des fouilles et signaler, dès sa découverte, la présence d'une anomalie afin que puissent être immédiatement prises les mesures adéquates,
- ✓ Les informations données concernant la présence d'eau sont relevées dans les piézomètres à l'époque de leur réalisation et ne reflètent pas forcément le niveau maximum atteint par la nappe, il est recommandé de prévoir des études hydrogéologiques, permettant de statuer sur les niveaux d'eau,
- ✓ En cas de présence d'ouvrages mitoyens ou de talus en déblais de grande hauteur, une étude spécifique à ceux-ci doit obligatoirement être produite. Il appartient à la Maîtrise d'œuvre et au bureau de contrôle d'en commander la fourniture,
- ✓ Dès réception du présent rapport, le client (MOA, MOE, AMO, Entreprise...) devra formuler ses remarques dans un délai de trois semaines suivant la diffusion du rapport. Au-delà de ce délai, le rapport est considéré comme validé. Aucune modification ne pourra être réclamée.

## ANNEXES

- Plan de situation,
- Plan d'implantation des sondages,
- Coupes des sondages pressiométriques SP1 et SP2,
- Coupe du sondage à la tarière ST1,
- Procès verbaux des essais de perméabilité,
- Extrait de la Norme NFP94-500 du 30/11/2013.

Client	Adresse du projet	Mission
<b>SCI PERIPHERIQUE</b>	25 - 29 boulevard Richelieu 92500 RUEIL MALMAISON	G2 AVP



	<b>PLAN DE SITUATION</b>					
	Affaire	Ech.	Ind.	Motif	Date	Dessin
230438	Sans	A		Diffusion initiale	27/06/2023	SY
		--		--	--	--
		--		--	--	--

Client	Adresse du projet	Mission
<b>SCI PERIPHERIQUE</b>	25 - 29 boulevard Richelieu 92500 RUEIL MALMAISON	G2 AVP



**Légende :**

-  Sondage pressiométrique
-  Sondage à la tarière



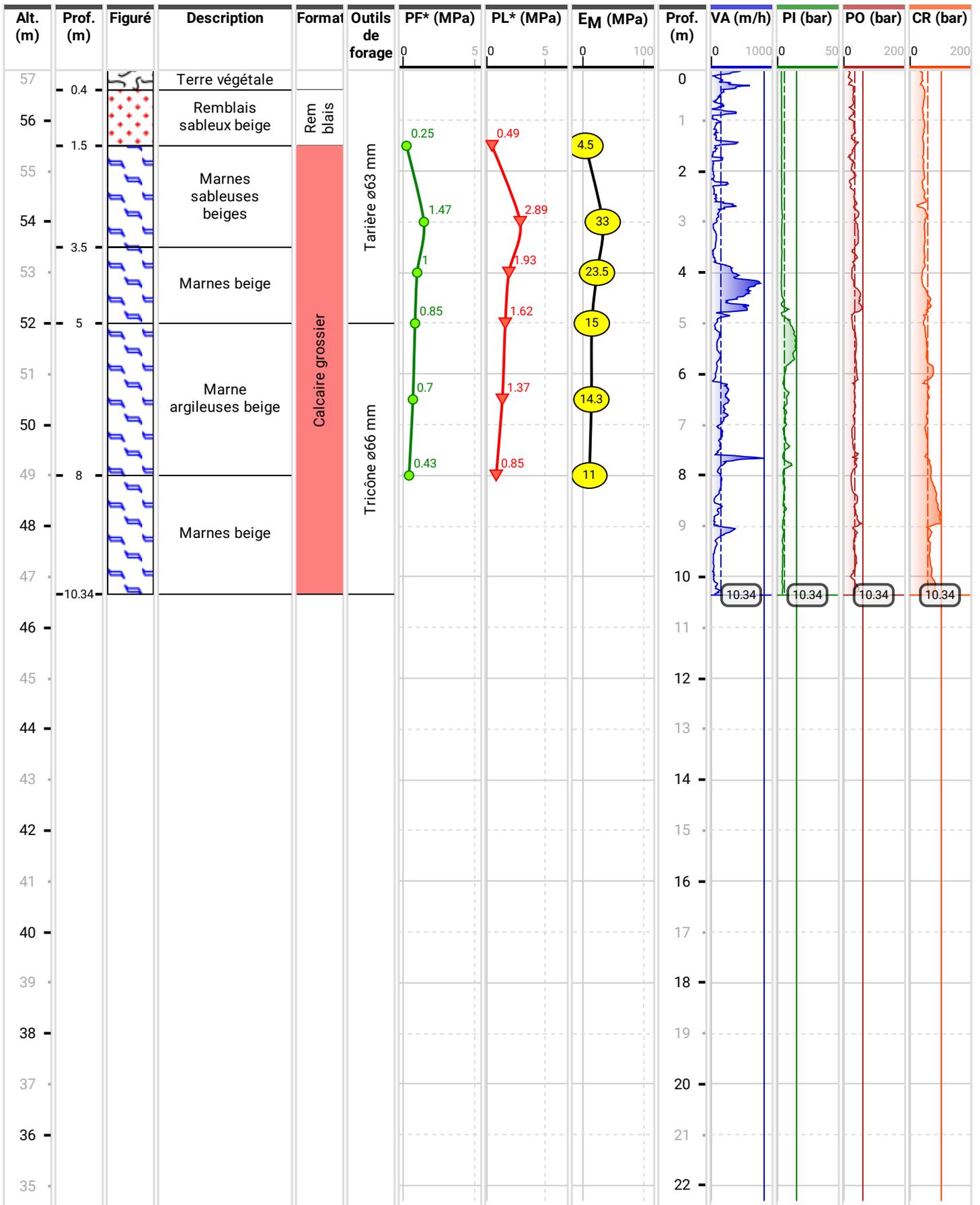
**PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES**

Affaire	Ech.	Ind.	Motif	Date	Dessin
230438	Sans	A	Diffusion initiale	27/06/2023	SY
		--	--	--	--
		--	--	--	--

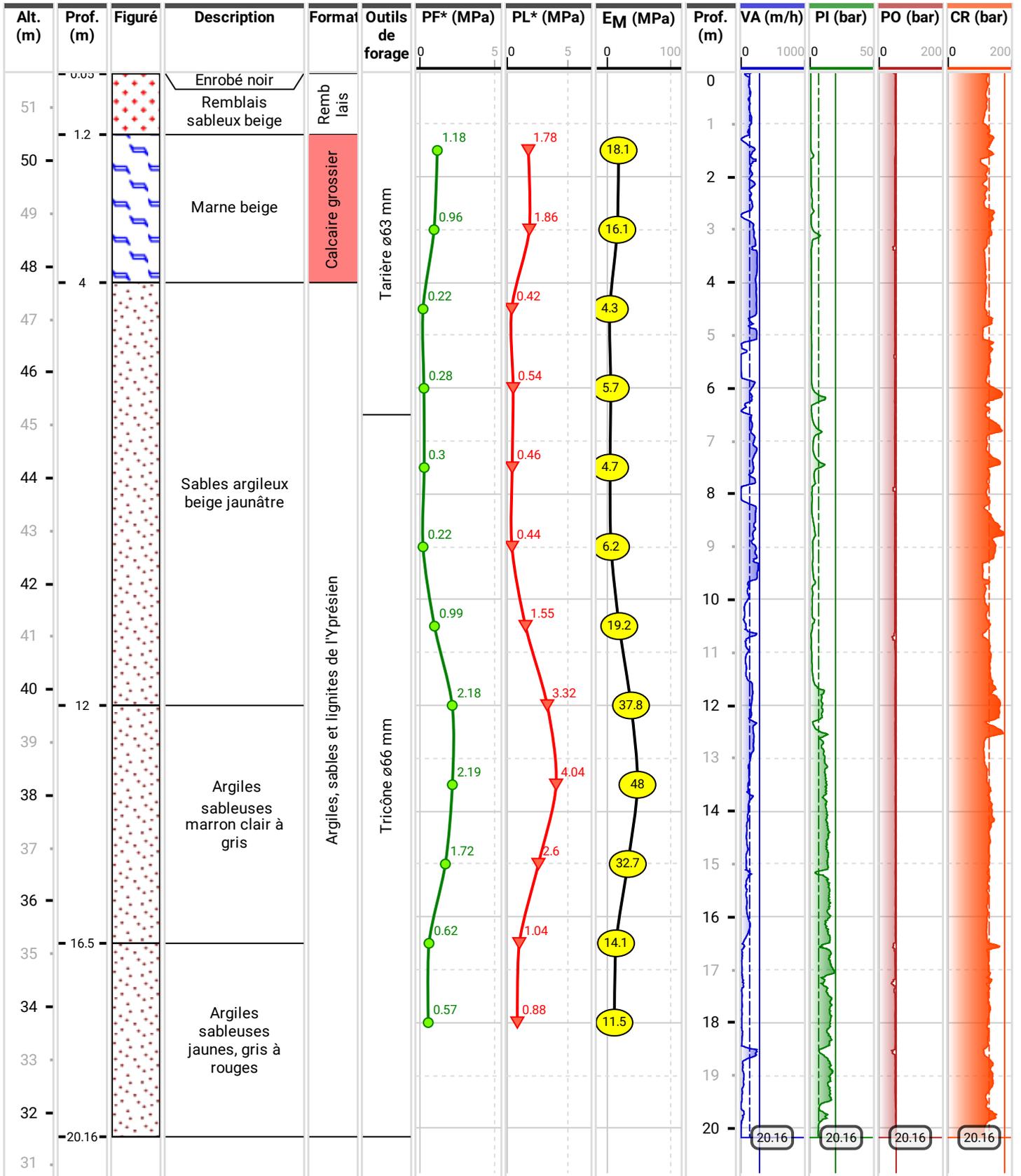
Client  
 SCI PERIPHERIQUE  
 Chantier  
 25 - 29 boulevard Richelieu 92500 RUEIL MALMAISON

### SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Forage Date de début Altitude NGF  
 SP1 19/06/2023 57 m  
 Cote fin Date de fin  
 10.34 m 19/06/2023  
 Dossier Machine  
 230438 DEMONTABLE



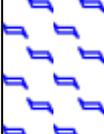
Client  
SCI PERIPHERIQUE  
Chantier  
25 - 29 boulevard Richelieu 92500 RUEIL MALMAISON



Client  
 SCI PERIPHERIQUE  
 Chantier  
 25 - 29 boulevard Richelieu 92500 RUEIL MALMAISON

### SONDAGE A LA TARIERE

Dossier 230438  
 Date de début 20/06/2023  
 Forage ST1  
 Date de fin 20/06/2023  
 Cote fin 3 m  
 Machine GEO 205  
 X  
 Y  
 Altitude NGF 52 m

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Formation	Niveaux d'eau (m)	Outils de forage
52	0.05		Enrobé noir			
51.5			Remblais sableux à marneux marron brun à beige, à cailloutis	Remblais		Tarière ø89 mm
51	1		Marnes beige marron clair	Calcaire grossier		
50.5						
50	2					
49.5						
49						
48.5						
48						
47.5						
47						
46.5						
46						
45.5						
45						
44.5						
44						
43.5						
43						
42.5						
42						
41.5						
41						

**ESSAI PORCHET A NIVEAU VARIABLE**

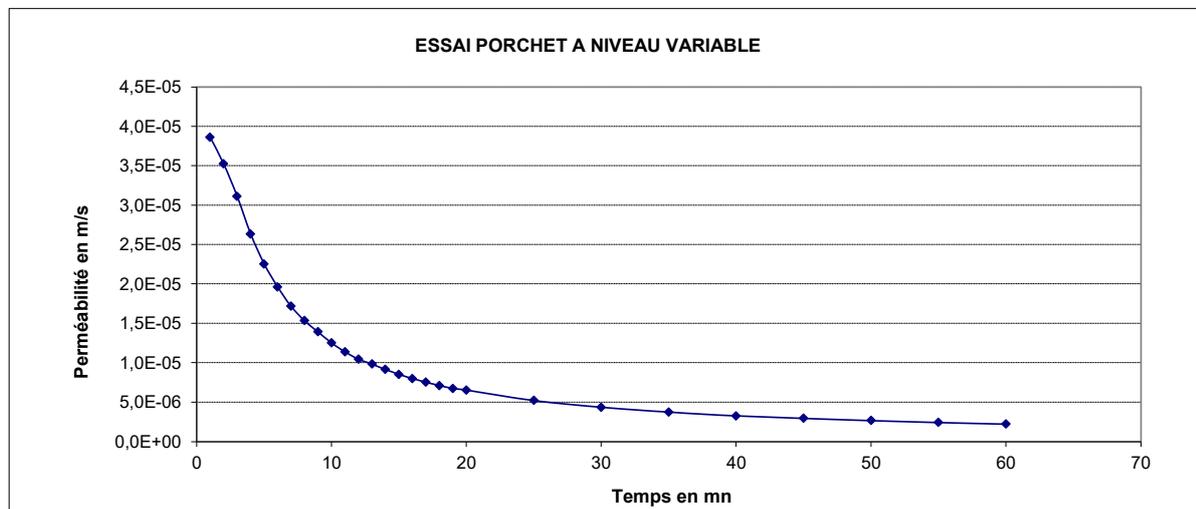
Sondage : ST1  
 Date: 20/06/2023  
 Profondeur de l'essai (m) : 2,0  
 Temps : 1 heure  
 Diamètre du trou (m) : 0,089  
 Nature du sol : Remblais sur Calcaire Grossier

TEMPS (mn)	HAUTEUR DE LECTURE (m)	LECTURE à partir du fond (m)	PERMEABILITE	
			(m/mn)	(m/s)
0	0,000	2,000		
1	0,200	1,800	2,32E-03	3,86E-05
2	0,350	1,650	2,11E-03	3,52E-05
3	0,450	1,550	1,87E-03	3,11E-05
4	0,500	1,500	1,58E-03	2,63E-05
5	0,530	1,470	1,35E-03	2,25E-05
6	0,550	1,450	1,18E-03	1,96E-05
7	0,560	1,440	1,03E-03	1,72E-05
8	0,570	1,430	9,21E-04	1,53E-05
9	0,580	1,420	8,36E-04	1,39E-05
10	0,580	1,420	7,52E-04	1,25E-05
11	0,580	1,420	6,84E-04	1,14E-05
12	0,580	1,420	6,27E-04	1,04E-05
13	0,590	1,410	5,90E-04	9,84E-06
14	0,590	1,410	5,48E-04	9,14E-06
15	0,590	1,410	5,12E-04	8,53E-06
16	0,590	1,410	4,80E-04	8,00E-06
17	0,590	1,410	4,51E-04	7,52E-06
18	0,590	1,410	4,26E-04	7,11E-06
19	0,590	1,410	4,04E-04	6,73E-06
20	0,600	1,400	3,92E-04	6,53E-06
25	0,600	1,400	3,13E-04	5,22E-06
30	0,600	1,400	2,61E-04	4,35E-06
35	0,600	1,400	2,24E-04	3,73E-06
40	0,600	1,400	1,96E-04	3,26E-06
45	0,610	1,390	1,78E-04	2,96E-06
50	0,610	1,390	1,60E-04	2,66E-06
55	0,610	1,390	1,45E-04	2,42E-06
60	0,610	1,390	1,33E-04	2,22E-06

Perméabilité (moyenne générale)

k (mm/h) = **1,21E+01**

k (m/s) = **3,35E-06**



**Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique**

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

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

<p>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.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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).</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.</li> </ul> <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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 avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.</li> </ul> <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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).</li> <li>— 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.</li> </ul>

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**

**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**

**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

**SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

**DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

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

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