



**Yvelines**  
Le Département

**DEPARTEMENT DES YVELINES**

Hôtel du Département  
78012 VERSAILLES CEDEX

**ETUDE GEOTECHNIQUE G2 PHASE AVP**



**Construction de la Maison du territoire Boucle de Seine**  
1 Rue de la Constituante  
**Sartrouville (78)**

Réf Semofi	Date	Phase	Type	Indice	Pièce
<b>C18-11281</b>	<b>07/09/2018</b>	<b>G2 AVP</b>	<b>RPT</b>	<b>A0</b>	<b>01</b>

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Etabli par	Contrôlé par	Approuvé par
A0	07/09/2018	Première émission	Mme. X. KRUTA	Mme. V. LAGET	M. JM GALLET DE ST AURIN

Nombre de pages 29 + 41 d'annexes

## GRILLE DE REVISION

PAGE	REVISION	A0	A	B	C	D	PAGE	REVISION	A0	A	B	C	D
1	X						33						
2	X						34						
3	X						35						
4	X						36						
5	X						37						
6	X						38						
7	X						39						
8	X						40						
9	X						41						
10	X						42						
11	X						43						
12	X						44						
13	X						45						
14	X						46						
15	X						47						
16	X						48						
17	X						49						
18	X						50						
19	X						51						
20	X						52						
21	X						53						
22	X						54						
23	X						55						
24	X						56						
25	X						57						
26	X						58						
27	X						59						
28	X						60						
29	X						61						
30							62						
31							63						
32							64						

Nota : Les modifications sont mises en valeurs par un trait vertical gris dans la marge.

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>GENERALITES .....</b>	<b>4</b>
1.1	DEFINITION DE L'OPERATION .....	4
1.2	INTERVENANTS .....	5
1.3	DOCUMENTS FOURNIS ET UTILISES .....	5
1.4	NORMES ET REGLEMENTS .....	6
1.5	DEFINITION DU PROJET .....	6
1.5.1	<i>Description des ouvrages</i> .....	6
1.5.2	<i>Catégorie d'ouvrage</i> .....	7
<b>2</b>	<b>ETUDE DE SITE (G1 ES) .....</b>	<b>8</b>
2.1	CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE ET SITOLOGIQUE .....	8
2.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	9
2.3	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....	9
2.4	ALEAS NATURELS POTENTIELS AU DROIT DU SITE .....	10
2.4.1	<i>Risque d'inondation par remontée de nappe</i> .....	11
2.4.2	<i>Risque d'inondation par débordement de cours d'eau</i> .....	12
2.4.3	<i>Risque de Carrières souterraines</i> .....	12
<b>3</b>	<b>INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....</b>	<b>14</b>
3.1	PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES .....	14
3.2	RESULTATS DES INVESTIGATIONS .....	14
3.2.1	<i>Facies rencontrés et lithologie</i> .....	14
3.2.2	<i>Synthèse des paramètres géomécaniques</i> .....	15
3.2.3	<i>Niveaux d'eau</i> .....	17
3.2.4	<i>Essais en laboratoire</i> .....	17
3.2.5	<i>Examen des fondations des mitoyens</i> .....	19
<b>4</b>	<b>PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION.....</b>	<b>20</b>
4.1	ANALYSE DES ALEAS GEOTECHNIQUES ET DE LA ZIG .....	20
4.2	ADAPTATION DU PROJET AU SITE ET AU SOL.....	20
4.2.1	<i>Fondations</i> .....	20
4.2.2	<i>Niveau bas</i> .....	20
4.2.1	<i>Terrassement/soutènement</i> .....	21
<b>5</b>	<b>ETUDES DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G2 AVP) .....</b>	<b>22</b>
5.1	FONDATEIONS .....	22
5.1.1	<i>Mode de fondation possible et horizon porteur</i> .....	22
5.1.2	<i>Principes généraux de construction</i> .....	22
5.1.3	<i>Ebauche dimensionnelle des fondations du nouveau bâtiment</i> .....	22
5.1.4	<i>Estimation des tassements sous fondations du nouveau bâtiment</i> .....	23
5.1.5	<i>Sujétions d'exécution des fondations superficielles</i> .....	23
5.2	TERRASSEMENT / SOUTÈNEMENT.....	24
5.2.1	<i>Principe des terrassements et mise hors d'eau de la fouille</i> .....	24
5.2.2	<i>Principe des terrassements</i> .....	24
5.2.3	<i>Excavation</i> .....	25
5.2.4	<i>Voiles par passes</i> .....	25
5.3	PAROI BERLINOISE.....	27
5.3.1	<i>Principes constructifs</i> .....	27
5.4	NIVEAU BAS.....	28
5.4.1	<i>Principe de construction</i> .....	28
5.5	PROTECTION CONTRE L'EAU DES NIVEAUX ENTERRES .....	29
5.6	DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES GEOTECHNIQUES .....	29

# 1 GENERALITES

## 1.1 Définition de l'opération

Dans le cadre du projet de construction de la Maison du territoire Boucle de Seine à Sartrouville, SEMOFI est sollicité par le Département des Yvelines pour la réalisation de sondages géotechniques permettant d'établir une mission d'ingénierie géotechnique.

Cette mission constitue une étude géotechnique de conception **G2 phase AVP** au sens de la norme NF 94-500 (Missions Géotechniques Type - Révision novembre 2013). Le but de cette étude est de réaliser et de définir :

- L'enquête documentaire et de site préalables (Phase G1 ES) :
  - Caractériser le cadre géotechnique du site,
  - Identifier l'existence d'avoisinants.
- Les investigations géotechniques :
  - Définir, suivre des investigations géotechniques et interpréter leurs résultats,
  - Procéder à des mesures ponctuelles d'équipement (piézomètres, gamma-ray, test d'absorption, inclinomètres, tassomètres,...).
- Le contexte géologique et géotechnique, ainsi que les risques géotechniques (G1 PGC) :
  - Définir le modèle géologique, le contexte géotechnique du site, et les principales caractéristiques géotechniques des couches de sol,
  - Identifier les risques géotechniques majeurs et importants,
  - Proposer des mesures et/ou adaptations du projet appropriées pour réduire ou annuler ces risques.
- La conception géotechnique des ouvrages (G2 AVP) :
  - Définir la zone d'influence géotechnique (ZIG),
  - Définir les hypothèses géotechniques (valeurs des paramètres géotechniques),
  - Donner le ou les principes constructifs envisageables,
  - Donner les principes d'interaction sol-structure,
  - Etablir une ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques concernés,
  - Préciser les incertitudes géotechniques qui subsistent quant à la connaissance du site,
  - Préciser les types d'investigations envisageables pour réduire les incertitudes et risques géotechniques.

Nota : Une ébauche dimensionnelle est établie à partir des résultats de la phase AVP d'une étude géotechnique de conception (G2). Elle donne des ordres de grandeur des caractéristiques dimensionnelles envisageables, ainsi qu'un premier aperçu des sujétions géotechniques d'exécution. Elle ne permet pas le dimensionnement d'un projet.

## 1.2 Intervenants

L'équipe de conception du projet est constituée des intervenants suivants :

- Maitrise d'Ouvrage : Département des Yvelines
- Architecte : BRS Architectes Ingénieurs
- Bureau d'Etude géotechnique (Missions G2) : SEMOFI

## 1.3 Documents fournis et utilisés

Dans le cadre de l'étude, les documents suivants ont été fournis :

Suivi	Référence	Auteur	Date	Information
[1]	Etude n°04.6901/ES	GEOEXPERTS	27/12/2004	Mission géotechnique préliminaire G0+G12
[2]	N° Affaire 13046	GEOTECHNIQUE APPLIQUEE	04/09/2006	Mission géotechnique préliminaire G0+G12
[3]	AFF N° : 15051A	-	22/05/2018	Cahier des charges géotechnique
[4]	-	-	Mai 2017	Plan topographique du site
[5]	-	BRS Architectes Ingénieurs	27/04/2018	Dossier de plans et coupes Archi

**Tableau 1 : Documents fournis dans le cadre de l'étude**

En complément, les documents suivants ont été utilisés pour mener à bien cette étude :

Suivi	Référence	Auteur	Echelle	Information
[a]	Carte géologique de Paris	BRGM	1/50 000 <sup>ème</sup>	Informations relatives au contexte géologique
[b]	Carte géologique de Paris	BRGM	1/25 000 <sup>ème</sup>	Informations relatives au contexte géologique
[c]	Carte hydrogéologique de Paris (1970)	BRGM	1/50 000 <sup>ème</sup>	Informations relatives au contexte hydrogéologique
[d]	Carte hydrogéologique de Paris (1862)	Delesse	1/50 000 <sup>ème</sup>	Informations relatives au contexte hydrogéologique
[e]	Atlas des carrières souterraines	IGC PARIS	1/5 000 <sup>ème</sup>	Informations relatives au contexte de carrière souterraine
[f]	Périmètre de dissolution du gypse antéludien	IGC PARIS	1/50 000 <sup>ème</sup>	Informations relatives au périmètre de dissolution du gypse antéludien
[g]	Extrait du PPRI de la Seine	DRIEA IDF	1/5 000 <sup>ème</sup>	Plan de prévention du risque d'inondation sur la commune de Sartrouville

**Tableau 2 : Documents utilisés pour l'étude**

## 1.4 Normes et règlements

Pour la réalisation de cette étude, les règlements et normes suivants ont été utilisés :

- NF EN 1997-1, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales,
- NF EN 1997-1/NA, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales – Annexe Nationale,
- NF P 94-282 : Justifications des ouvrages géotechniques – Ouvrages de soutènement – Ecrans,
- DTU 13.11 : Fondations superficielles,
- NF P 11-213 : Conception, calcul et exécution – Dallages,
- NF P 11-221-1 : Travaux de bâtiment – Travaux de cuvelage.

## 1.5 Définition du projet

### 1.5.1 Description des ouvrages

Le projet prévoit la construction de la Maison du Territoire Boucle de Seine à Sartrouville. Cette opération consiste en la réalisation d'un bâtiment de type R+2 sur deux niveaux de sous-sol total. La parcelle présente un dénivelé de 4 m vers le Sud-Ouest et est vierge de toute construction.

Le niveau de rez-de-chaussée du projet se situera à la cote de 27.94 NGF et le niveau du 2<sup>ème</sup> sous-sol à la cote de 22.66 NGF, soit un niveau enterré de l'ordre de 5.5 m (Sud-Ouest) à 8.5 m (Nord-Est) de profondeur par rapport au TN. Compte tenu du dénivelé de la parcelle, le niveau RDC du projet sera semi-enterré.

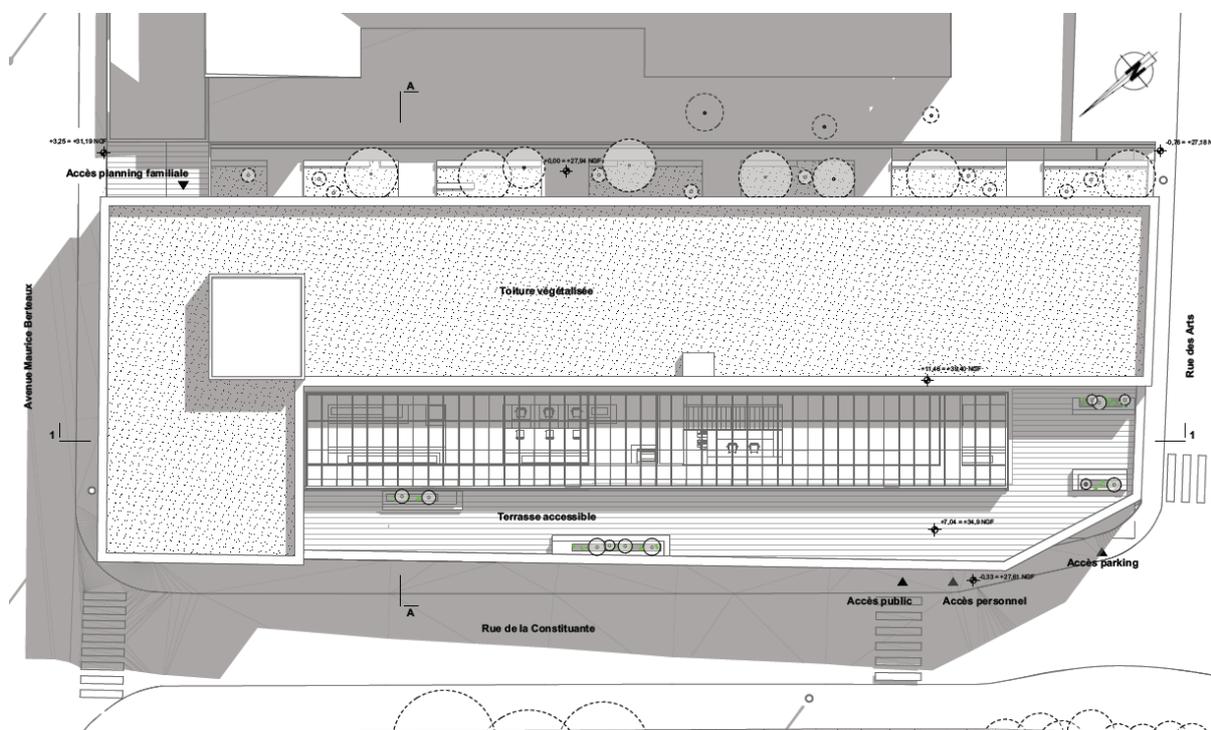
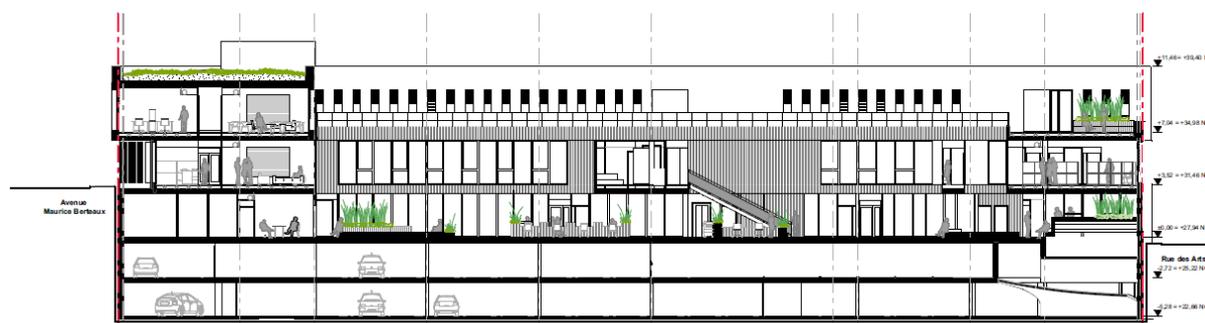


Figure 1 : Extrait du plan de masse du projet (source : BRS Architectes Ingénieurs)



**Figure 2 : Coupe longitudinale du projet (source : BRS Architectes Ingénieurs)**

Au stade avant-projet de l'étude, les descentes de charges ne nous ont pas été communiquées, cette étude conservera un caractère général. Elle devra être affinée dans le cadre d'une Mission G2 phase PRO.

### 1.5.2 Catégorie d'ouvrage

A défaut d'indication du Maître d'Ouvrage, nous proposons de retenir (en référence à la norme NF EN 1997-1 et son annexe nationale) :

- Une classe de conséquences CC2,
- Un ouvrage de catégorie géotechnique 2,
- Un ouvrage de durée d'utilisation de projet 4 (50 ans, structures courantes de génie civil et de bâtiments).

## 2 ETUDE DE SITE (G1 ES)

### 2.1 Contexte géomorphologique et sitologique

Sartrouville se trouve en banlieue Nord-Ouest de Paris, dans le département des Yvelines (78). Le site se situe à environ 250m de la Seine et est délimité au Nord par l'avenue Maurice Berteaux et au Sud par la rue des Arts.

La topographie du site est relativement en pente vers le Sud-Ouest; elle se situe entre les cotes de 27.0 et 31.0 NGF. Le site est aujourd'hui vierge de toute construction. A priori une ancienne construction a été démolie dans le cadre du projet.

Par ailleurs, le projet sera mitoyen à un bâtiment de type R+3 (Centre de soins de suite de Sartrouville) localisé au Sud-Est de la parcelle.

Les réponses des concessionnaires (DICT) indiquent l'existence des réseaux des réseaux ENEDIS, GRDF, ORANGE, VEOLIA enterrés à la limite de la parcelle. Nous rappelons qu'il est important de prendre en compte la présence de ces réseaux dans la conception de l'ouvrage (géométrie, distance, profondeur, implantation et calepinage des fondations...).

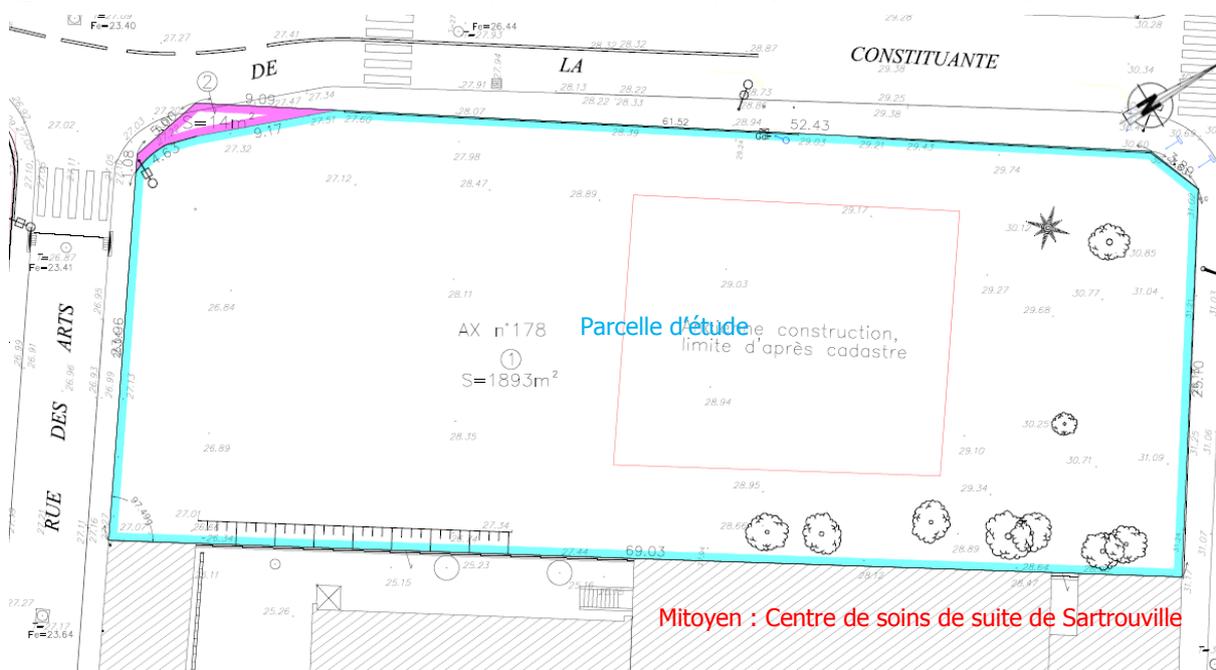


Figure 3 : Plan topographique de la parcelle d'étude (source : Département des Yvelines)

## 2.2 Contexte géologique

Le site d'étude se trouve en contexte général de plaine alluviale de la Seine. D'après le document [a], le contexte géologique est caractérisé par les formations suivantes :

- Remblais anthropiques (X),
- Alluvions modernes et anciennes (F),
- Calcaire Grossier (e<sub>5a-b</sub>),
- Sables de Cuise et Sables supérieurs du Soissonnais (e<sub>3-4c</sub>),
- Fausses Glaises et Sables d'Auteuil (e<sub>3-4b</sub>),

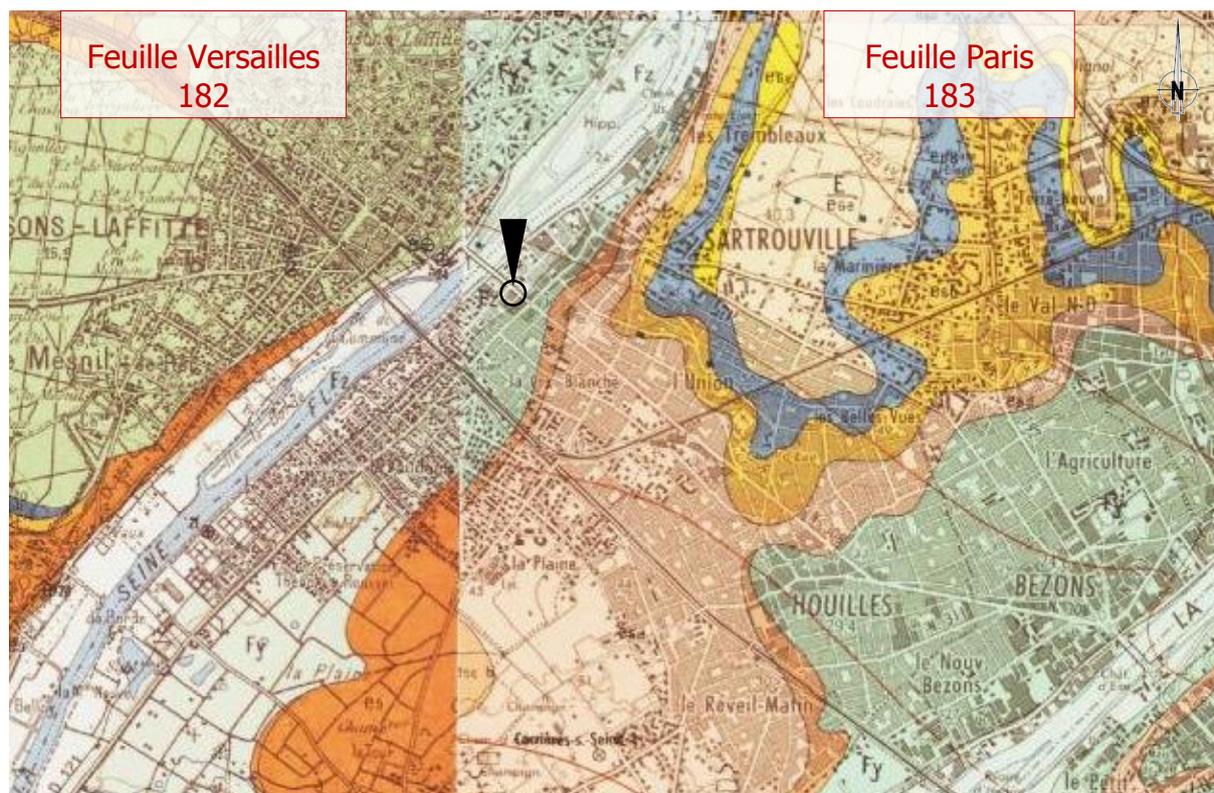


Figure 4 : Extrait de la carte géologique au 1/25000 de Paris (source : [www.infoterre.fr](http://www.infoterre.fr))

## 2.3 Contexte hydrogéologique

D'après les documents [c] et [d], le contexte hydrogéologique est caractérisé par les niveaux aquifères suivants :

- Circulations superficielles contenues au sein des remblais,
- Nappe alluviale de la Seine contenue dans les formations alluvionnaires.

D'après la carte hydrogéologique de Paris [c], la nappe alluviale se situe à la cote de 25 NGF.

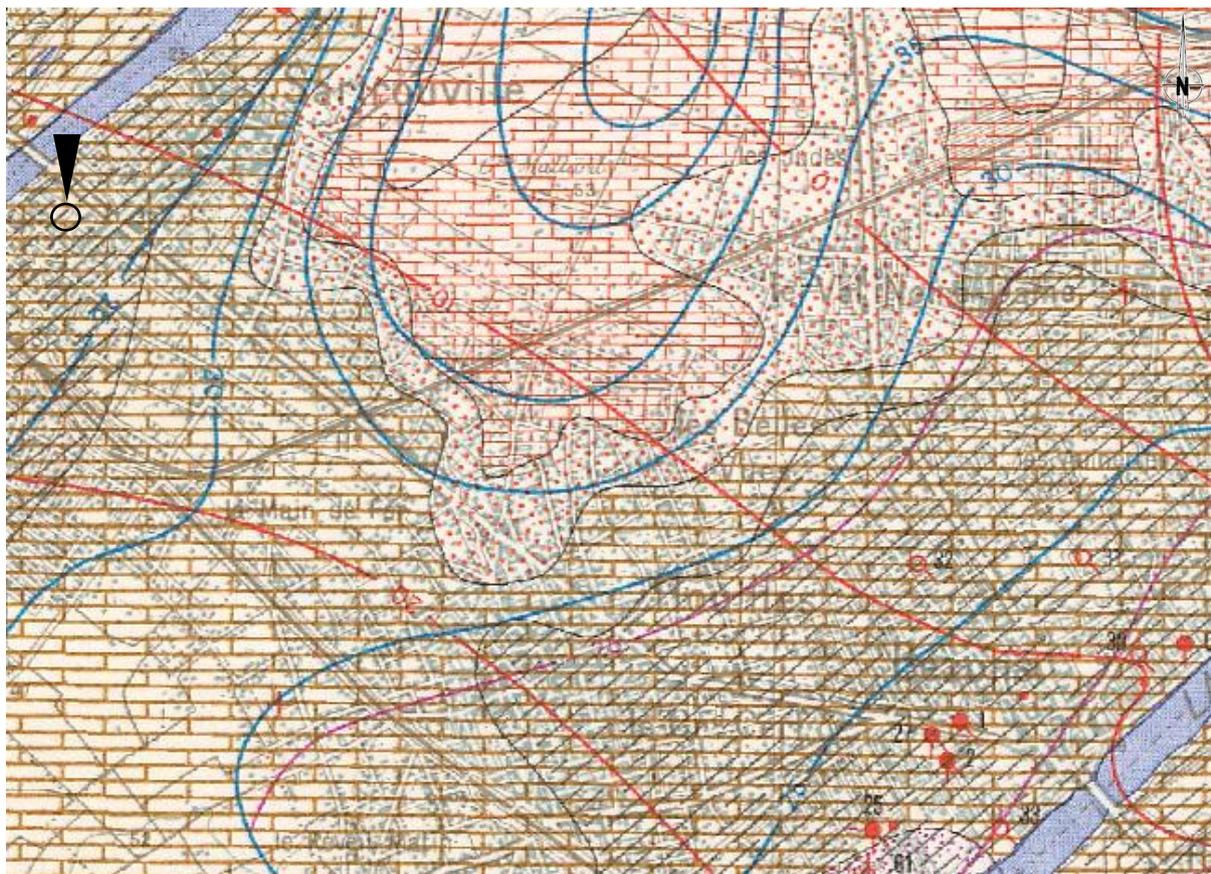


Figure 5 : Extrait de la carte hydro géologique au 1/50000 de Paris (source : [www.sigessn.brgm.fr](http://www.sigessn.brgm.fr))

## 2.4 Alés naturels potentiels au droit du site

L'ensemble des alés géotechniques potentiellement présent sur site est présenté dans le tableau suivant :

Risque	Type d'alés	Etat	Commentaires	Source
<b>Cavités</b>	Carrières souterraines	A priori non concerné	Carrière de calcaire grossier situé à proximité (Limite située sur l'avenue Pasteur :300m vers l'Est)	Atlas de l'Inspection Générale des Carrières de Versailles
	Carrières à ciel ouvert			Cartes géologiques de Paris et Paris-Ouest au 1/50 000 et 1/25 000
<b>Mouvement de terrain</b>	Dissolution du Gypse antéludien	Non concerné	En dehors du périmètre	Périmètre non concerné par arrêté inter-préfectoral du 25/02/1977 Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.géorisques.gouv.fr">www.géorisques.gouv.fr</a> )
	Glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion	Non concerné	1 plan R111.3 en vigueur	Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.géorisques.gouv.fr">www.géorisques.gouv.fr</a> )
	Retrait-gonflement des argiles	Aléa faible	-	Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux établie par le BRGM ( <a href="http://www.géorisques.gouv.fr">www.géorisques.gouv.fr</a> )

Risque	Type d'aléas	Etat	Commentaires	Source
<b>Aléa sismique</b>	Séisme	Très faible	Zone de sismicité 1 ( $A_{gr} = 0,4 \text{ m/s}^2$ )	Nouveau zonage sismique français (décret N°2010-1254 du 22 octobre 2010) ( <a href="http://www.géorisques.gouv.fr">www.géorisques.gouv.fr</a> )
<b>Inondations</b>	Inondations par remontée de nappe	Aléa fort	Sensibilité forte à très élevée, nappe sub-affleurante	Cartographie des remontées de nappe établie par le BRGM ( <a href="http://www.sigessn.brgm.fr">www.sigessn.brgm.fr</a> )
	Inondations par crue	Non Concerné	PHEC à 25.89 NGF	Cartographie du PPRI ( <a href="http://www.géorisques.gouv.fr">www.géorisques.gouv.fr</a> )

Tableau 3 : Synthèse des aléas géotechniques

### 2.4.1 Risque d'inondation par remontée de nappe

Le site d'étude se place au droit d'une zone vulnérable à la remontée du niveau de la nappe, comme l'indique la carte ci-dessous (site du BRGM : [www.sigessn.brgm.fr](http://www.sigessn.brgm.fr)) :

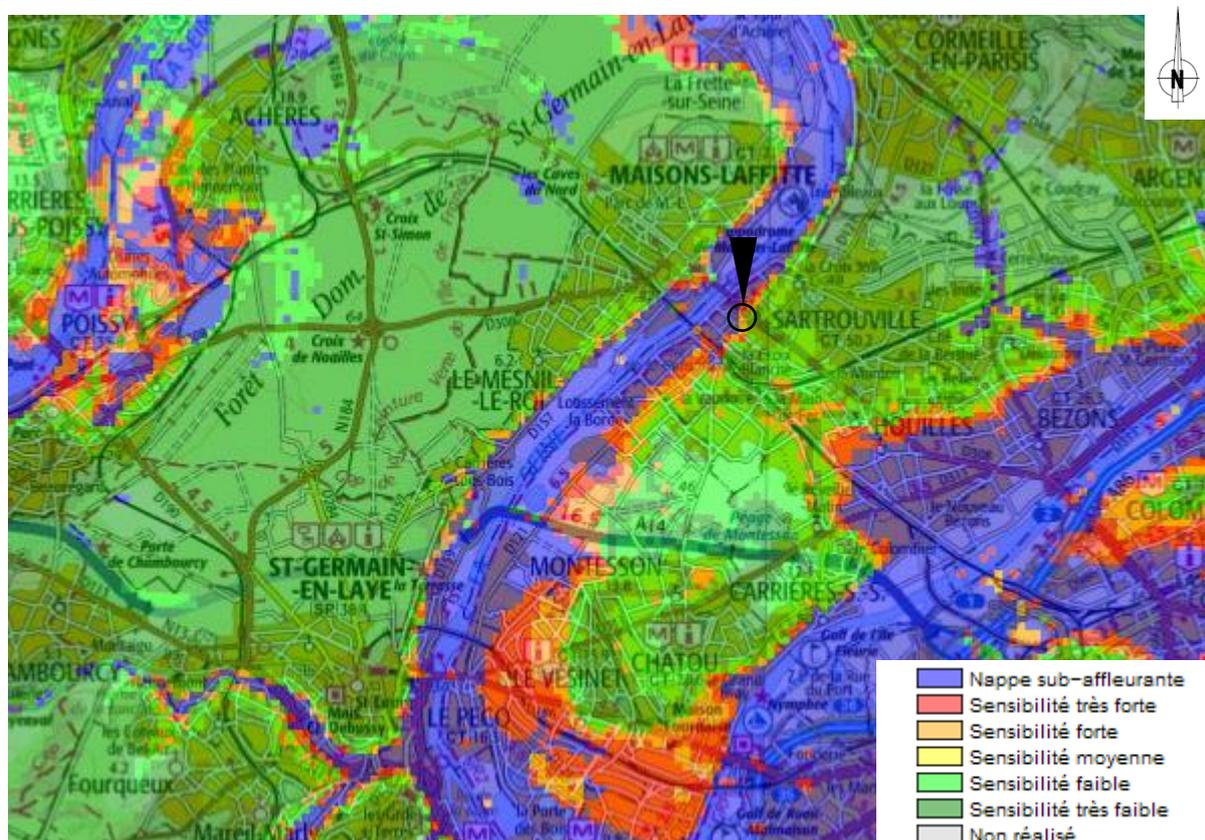


Figure 6 : Carte des risques d'inondation par remontée de nappe (source : [www.sigessn.brgm.fr](http://www.sigessn.brgm.fr))

## 2.4.2 Risque d'inondation par débordement de cours d'eau

Le site se positionne en dehors de la zone d'inondation par débordement de cours d'eau.

La cote PHEC se situe à **25.89 NGF** au droit du pont de Maison Laffitte (PR 58,59).

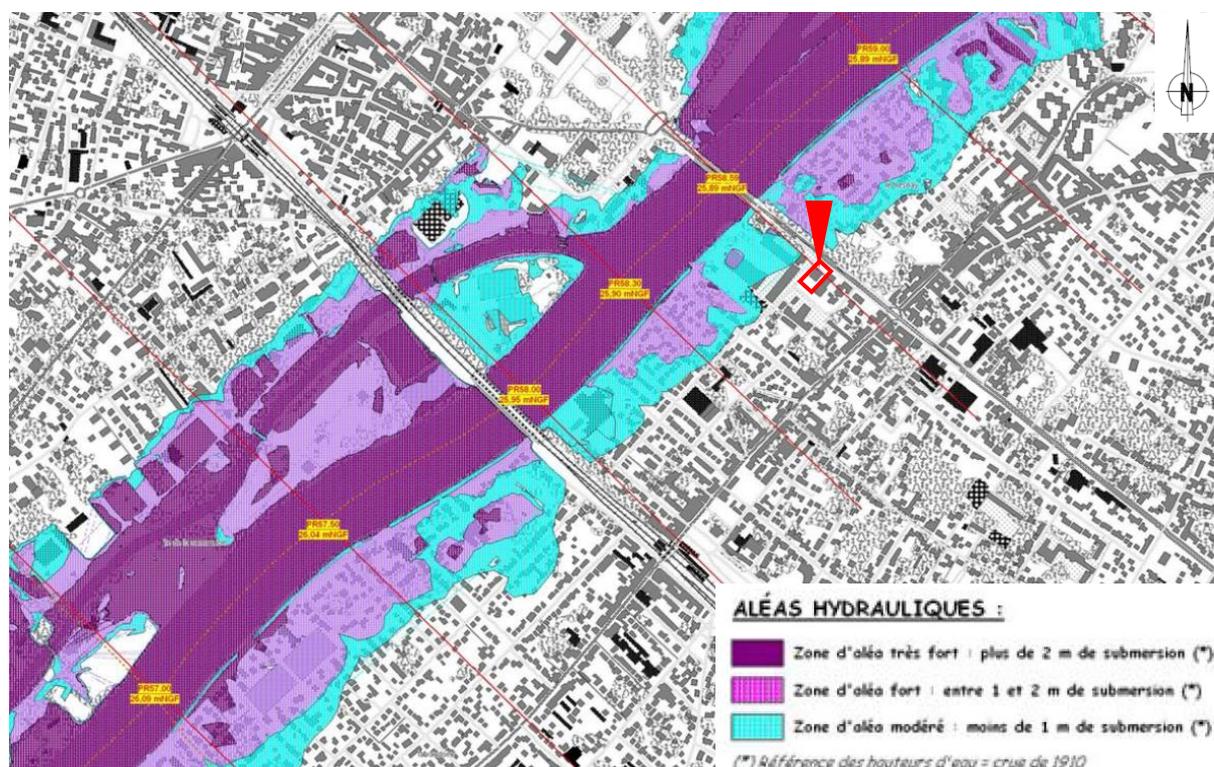


Figure 7 : Extrait du PPRI de la Seine sur la commune de Sartrouville

## 2.4.3 Risque de Carrières souterraines

D'après l'atlas des carrières souterraines de l'IGC (Inspection Général des Carrières), la zone au droit du site n'est pas concernée par la présence de carrières souterraines sur son territoire.

L'atlas des carrières souterraines, édité par l'Inspection générale des carrières (IGC) mentionne cependant la présence de carrières d'exploitation de calcaire, au sein de l'horizon des Calcaires Lutétien (Calcaire grossier). A noter qu'aucune ne se trouve à proximité directe de la zone d'étude (limite située dans l'axe de l'Avenue Pasteur) soit 300m vers l'Est du site.



Figure 8 : Carte des zonages d'anciennes carrières connues (source : IGC Versailles)

### 3 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

#### 3.1 Programme d'investigations géotechniques

Les investigations géotechniques se sont déroulées du 11 au 23 Août 2018. Ces investigations, ainsi que les essais en laboratoire, ont été effectués conformément au programme de base et ont consistés en la réalisation de :

Sondage	Type	Prof. [m/TN]	Coordonnées des sondages			Nb. Essais	Equipement spécifique	Prélèvements d'échantillons
			X	Y	Z [NGF]			
SP1	Pressiomètre	15	1638521.864	8193975.471	27.16	14		
SP2		15	1638528.330	8193993.109	28.97	14		
SP3		15	1638531.908	8194009.097	29.09	14		
SP4		15	1638546.269	8194015.795	29.42	14		
SC1+Pz1	Carotté + Piézomètre	10	1638520.433	8193978.021	27.15	14	Piézomètre crépiné de 1 à 10m	EI entre 2-3 m EI entre 5-6 m
SC2+Pz2		10	1638544.517	8194018.342	29.64	14	Piézomètre crépiné de 1 à 10m	EI entre 7-8 m EI entre 8-9m
F1	Fouille à la pelle mécanique	4.20	-	-	-	-	-	-
F2		2.90	-	-	-	-	-	-

**Tableau 4 : Programme d'investigations géotechniques**

Les coordonnées X, Y, Z des sondages ont été relevées avec un système GPS portatif « LEYCA UNO 10/15 GNSS ». Les coordonnées sont données en RGF93 CC49 avec une précision centimétrique en X, Y et Z.

#### 3.2 Résultats des investigations

Préambule : Les paragraphes ci-dessous ont pour but d'établir une synthèse de l'ensemble des résultats des investigations. Les valeurs géomécaniques déduites ne constituent pas les valeurs caractéristiques à retenir dans le cadre de l'ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques.

##### 3.2.1 Facies rencontrés et lithologie

L'ensemble des investigations géotechniques réalisées dans le cadre du projet, ont permis de caractériser 4 formations géologiques, dont la succession lithologique, de haut en bas, est la suivante :

- **Remblais** constitués de sable, sable limoneux ou limon gris-marron à noirâtre et contenant des matériaux d'origine anthropique divers (briques, bétons, etc.). Les remblais ont été reconnus jusqu'à la cote de 25.9 NGF,
- **Alluvions modernes** constituées essentiellement de limons sableux et d'argile limoneuse gris-marron. Cet horizon a été reconnu jusqu'à 2.0 à 4.5 m/TN, soit jusqu'aux cotes de 24.9 à 25.2 NGF,

- **Alluvions anciennes** constituées de sables et graviers jusqu'à 9 à 12.6 m/TN, soit jusqu'aux cotes de 16.8 à 18.16 NGF. Cet horizon peut contenir des passages très indurés (blocs de silex, bancs de grès),
- **Formation du Lutétien et Cuisien Indifférenciés** : constituées de sables verdâtres et/ou du calcaire sableux. Cet horizon a été reconnu jusqu'à 13.70 NGF.
- **Formation de l'Yprésien** : constituée de sable fin à moyen, d'argile et de banc de lignite brun à noir. Cet horizon a été reconnu jusqu'à la fin de nos sondages.

Nota : la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. Seul le mode de forage par carottage permet une reconnaissance précise des interfaces.

Le tableau ci-après récapitule les profondeurs, en NGF, des sols de formations rencontrées au droit des sondages réalisés dans le cadre de cette campagne.

Couche		SP1	SP2	SP3	SP4	SC1	SC2
<b>TN</b>	Terrain Naturel	27.16	28.97	29.09	29.42	27.15	29.64
<b>1</b>	Remblais	25.96	27.97	27.79	28.22	26.15	27.34
<b>2</b>	Alluvions Modernes	22.66	24.97	25.39	24.96	25.15	25.64
<b>3</b>	Alluvions Anciennes	18.16	17.47	17.59	16.82	17.15	19.64
<b>4</b>	Lutétien et Cuisien Indifférenciés	14.40	>13.74	>14.09	>14.40	-	-
<b>5</b>	Yprésien	>12.15	-	-	-	-	-

**Tableau 5 : Profondeurs NGF des sols de formations rencontrées**

Remarque : Nous soulignons que les interfaces des formations comportent des incertitudes du fait que ces extrapolations se basent sur des sondages ponctuels.

### 3.2.2 Synthèse des paramètres géomécaniques

Les sondages pressiométriques réalisés permettent de caractériser mécaniquement les formations identifiées précédemment.

Horizon	Nb d'essai	Pression Limite PI* [MPa]				Module pressiométrique E <sub>M</sub> [MPa]			
		Min	Max	Moy	σ	Min	Max	Moy	σ
Remblais	4	0.59	1.06	<b>0.70</b>	0.20	4.10	9.08	<b>6.50</b>	2.19
Alluvions Modernes	11	0.11	0.48	<b>0.20</b>	0.11	1.10	6.10	<b>2.30</b>	1.37
Alluvions Anciennes	28	1.63	3.65	<b>2.95</b>	0.47	15.20	85.50	<b>45.50</b>	17.76
Lutétien et Cuisien Indifférenciés	11	2.29	5.00	<b>2.90</b>	0.88	24.00	166.10	<b>43.50</b>	42.88
Yprésien	2	2.78	2.87	<b>2.80</b>	0.06	32.20	48.80	<b>38.80</b>	11.74

**Moy** : moyenne arithmétique – ½ de l'écart type pour les pressions limites et moyenne harmonique pour les modules pressiométriques  
**σ** : Ecart type

**Tableau 6 : Résultats des sondages pressiométriques**

Ces valeurs caractérisent des terrains :

- Très peu consistants pour les remblais,
- Faiblement consistants pour les Alluvions modernes,
- Résistants pour les Alluvions anciennes,
- Relativement compact pour la formation du Lutétien et Cuisien Indifférenciés.

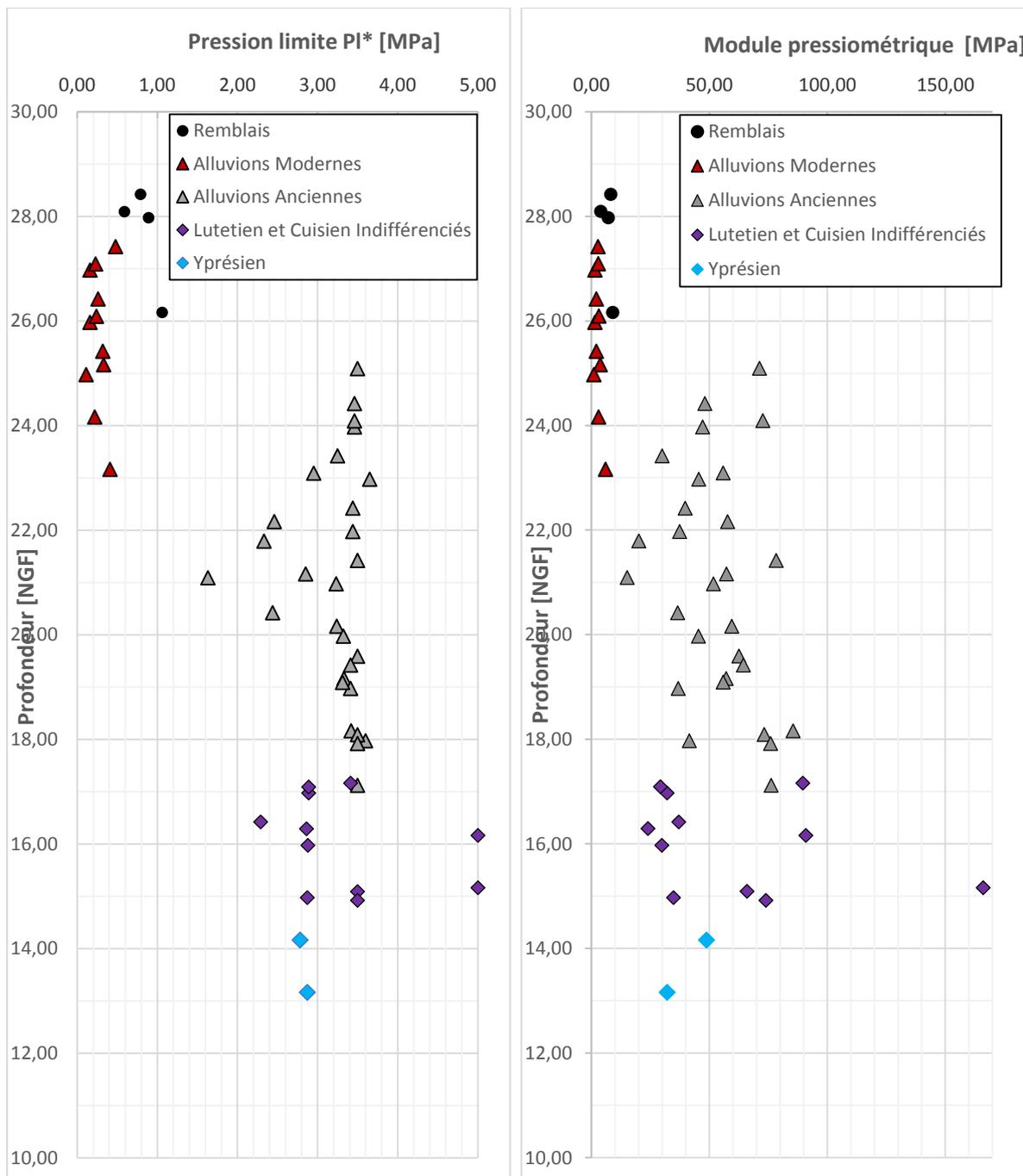


Figure 9 : répartition des  $PI^*$  et des  $E_M$  en fonction de la profondeur

### 3.2.3 Niveaux d'eau

Préambule : Cette étude ne constitue pas une étude hydrogéologique approfondie. Nous nous limiterons aux données de base concernant la mesure ponctuelle du niveau d'eau dans le sol.

Le niveau d'eau stabilisé a été mesuré le 23/08/2018 au sein du piézomètre Pz1 à **6.30 m/TN (20.85 NGF)** et au sein du Pz2 à **8.80 m/TN (20.84 NGF)**. Ce niveau d'eau correspond à la nappe alluviale de la Seine contenue au sein des Alluvions. Le niveau de cette nappe et son régime d'écoulement sont influencés par les variations du niveau de la Seine située à une distance de 250 m environ.

Les remblais et les terrains superficiels peuvent également être le siège de circulations d'eau superficielles, notamment en période pluvieuse prolongée.

Remarque : nous sommes missionnés pour effectuer un relevé mensuel des piézomètres sur une durée de 12 mois. Ce suivi permettra de mettre en évidence les fluctuations de la nappe durant la période de mesure et fera l'objet d'un compte rendu de suivi piézométrique. Le cas échéant, les niveaux de nappes indiqués ci-avant seront susceptibles d'évoluer suite aux résultats du suivi piézométrique.

### 3.2.4 Essais en laboratoire

Les essais en laboratoires ont été effectués au sein d'échantillons intacts prélevés au droit du sondage carotté.

#### 3.2.4.1 Essais de mécanique des sols

Les essais en laboratoires ont été effectués au sein d'échantillons intacts prélevés au droit du sondage carotté.

Formation	Profondeur [m/TN]	Essai Triaxial CU+u (NF P 94-074)	
		$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
Alluvions Anciennes	5.00 – 6.00	31.60	4.50
Alluvions Anciennes	7.00 - 8.00	30.70	4.70

$\phi'$  : angle de frottement interne     $c'$  : cohésion effective

**Tableau 7 : résultats des essais en laboratoire**

Nota : les procès-verbaux des essais en laboratoire sont présentés en annexe.

#### 3.2.4.2 Essais d'agressivité sur béton

La définition et la classification des environnements agressifs vis-à-vis du béton sont déterminées conformément à la norme P18-011.

### 3.2.4.3 Agressivité des sols vis-à-vis du béton

Les essais d'agressivité du sol vis-à-vis du béton ont été effectués sur des échantillons prélevés au sein du sondage SC1 et SC2.

Sondage	Echantillon	Formation	Analyses et agents agressifs			Classe d'exposition
			Degrés d'acidité [ml/kg]	Sulfate [mg/kg M.S]	Soufre [mg/kg M.S]	
SC1	5,00 - 6,00	Alluvions Anciennes	<2.00	420	140	<b>XA1</b>
SC1	6,00 – 7,00	Alluvions Anciennes	<2.00	540	180	<b>XA1</b>
SC2	7,00 – 8,00	Alluvions Anciennes	<2.00	330	110	<b>XA1</b>
SC2	8,00 – 9,00	Alluvions Anciennes	<2.00	510	170	<b>XA1</b>

**Tableau 8 : Résultats des essais d'agressivité des sols vis-à-vis du béton**

Les analyses des sols mettent en évidence un environnement à faible agressivité chimique: **XA1**.

### 3.2.4.4 Agressivité des eaux vis-à-vis du béton

AGENTS AGRESSIFS	UNITE	Pz1	Valeur seuil XA1
PH	E/L	8.20	< 6,5 et ≥ 5,5
Dioxyde de carbone agressif	mg/l	<3.00	> 15 et ≤ 40
Hydrogénocarbonate (HCO3)	mg/l	370	-
Ammonium (NH4)	mg/l	0,36	> 15 et ≤ 30
Azote ammoniacal (NH4·N)	mg/l	0,28	-
Sulfate (SO4)	mg/l	140	> 200 et ≤ 600
Carbonate (CO3)	mg/l	<6,00	-
Calcium (Ca)	mg/l	500	-
Magnesium (Mg)	mg/l	20	> 300 et ≤ 1000

**Tableau 9 : Résultats des essais d'agressivité des eaux de la nappe**

Les analyses des eaux du piézomètre mettent en évidence un environnement d'agressivité chimique faible : **<XA1**.

### 3.2.4.5 Conclusion sur l'agressivité vis-à-vis du béton

Les sols présentent un environnement à faible agressivité chimique (XA1) vis-à-vis du béton et l'eau de la nappe présente un environnement d'agressivité chimique faible (<XA1).

Dans ces conditions, les ciments devront être conformes à la norme NF P 15-319 (ES) et la classe de résistance minimale des bétons sera C30/37 conformément aux prescriptions de la norme NF EN 206-1.

Nota : les procès-verbaux des essais en laboratoire sont présentés en annexe.

### 3.2.5 Examen des fondations des mitoyens

Deux fouilles de reconnaissance de fondations ont été effectuées. Elles ont mis en évidence les principaux éléments concernant la nature et l'assise des fondations des mitoyens (schémas détaillés en Annexe 5).

La fouille F1 a permis d'identifier une fondation superficielle en béton épaisse de 0.4 m dont l'assise se situe au sein des Alluvions modernes à 4.6 m de profondeur par rapport au TN. Un débord de 0,35 m a également été identifié à une profondeur de 4.2 m/TN.

La fouille F2 a permis de mettre en évidence que le muret ne comporte pas de réel organe de fondation. Son soubassement est assis au sein des Alluvions modernes à 2.15 m/TN.

## 4 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION

### 4.1 Analyse des aléas géotechniques et de la ZIG

L'étude de site ainsi que les investigations géotechniques ont permis d'identifier un certain nombre de contraintes déterminantes dans le choix des méthodes d'exécution :

- La présence de terrains sous-consolidés et faiblement compacts (Remblais et alluvions modernes) sur des épaisseurs importantes (de l'ordre de 4,5 m),
- La démolition des bâtiments existants au droit du site a pu générer des surépaisseurs locales de remblais ou la présence de « points durs », notamment dans le cas où des sous-sols existaient,
- La présence de la nappe à faible profondeur par rapport au niveau bas du projet (environ 1.5 m/niveau bas),
- Le site se situe dans une zone vulnérable à la remontée de la nappe,
- La topographie du site avec un contexte général de pente vers le Sud-Ouest; la pointe Nord de l'avenue Maurice Berteaux se situe à la cote de 31,0 NGF, alors que le niveau de la rue des Arts se situe à 27,0 NGF,
- La présence des avoisinants (voiries, bâtiment mitoyen de type R+3). Il sera nécessaire de respecter les règles de mitoyennetés et normes en vigueur (NF P 94-261),
- La présence des réseaux ENEDIS, GRDF, ORANGE, VEOLIA enterrés à la limite de la parcelle d'après les réponses des concessionnaires (DICT). Nous rappelons qu'il est important de prendre en compte la présence de ces réseaux dans la conception de l'ouvrage (géométrie, distance, profondeur, implantation et calepinage des fondations...).

### 4.2 Adaptation du projet au site et au sol

#### 4.2.1 Fondations

Le projet prévoit la réalisation de deux niveaux de sous-sols qui occuperont la totalité de la parcelle. Le niveau de rez-de-chaussée du projet se situera à la cote de 27,94 NGF côté Rue des Arts et le niveau du 2<sup>ème</sup> sous-sol à la cote de 22,66 NGF, soit un niveau enterré de 5,5m (Rue des Arts) à 8.5 m de profondeur (Avenue Maurice Berteaux).

Le niveau bas du projet sera assis au sein de l'horizon des Alluvions Anciennes résistants. Dans ces conditions, un système de fondation superficielle de type semelles isolées et/ou filantes est envisageable.

Une solution de radier est aussi envisageable à condition qu'il soit dimensionné pour reprendre la sous-pression hydrostatique.

#### 4.2.2 Niveau bas

Le niveau d'eau a été mesuré à 20.84 NGF, soit à environ 1.5 m au-dessous du niveau bas du projet, une solution de dalle portée sur un réseau de longrines reliées aux fondations sera donc retenue. En fonction du niveau de nappe, la charge liée aux sous-pressions devra être équilibrée, soit par le poids propre des structures du bâtiment, soit par la mise en œuvre de micropieux dédiés à la reprise de cette charge.

Afin de statuer sur le battement de la nappe et les niveaux d'eaux caractéristiques, nous recommandons la réalisation d'une étude hydrogéologique.

#### 4.2.1 Terrassement/soutènement

Compte-tenu de la présence de plusieurs avoisinants sensibles (réseaux, voirie, bâtiments, etc.) et des hauteurs de terrassements importantes (de l'ordre de 8,5 m en amont de la parcelle, les travaux de terrassement seront réalisés à l'abri d'un écran de soutènement provisoire de type paroi berlinoise.

Les terrassements seront alors effectués par passes et seront associés à la mise en œuvre d'éléments de blindages intermédiaires en béton armé (projeté, banché ou préfabriqué), ou en bois, ou en acier (type palfeuille).

A noter que dans les zones où les hauteurs de terrassements seront les plus faibles (de l'ordre de 6.0 m au maximum), notamment dans la partie Sud, Ouest et Nord-Ouest du site, les terrassements pourront être effectués selon la technique des voiles par passes alternées associés à un butonnage à l'avancement. Une attention particulière sera néanmoins portée au niveau des zones de mitoyenneté.

## 5 ETUDES DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G2 AVP)

### 5.1 Fondations

#### 5.1.1 Mode de fondation possible et horizon porteur

Le projet prévoit la réalisation de deux niveaux de sous-sols qui occuperont la totalité de la parcelle. Le niveau de rez-de-chaussée du projet se situera à la cote de 27,94 NGF côté Rue des Arts et le niveau du 2<sup>ème</sup> sous-sol à la cote de 22,66 NGF, soit un niveau enterré de 5,5m (Rue des Arts) à 8.5 m de profondeur (Avenue Maurice Berteaux).

Le niveau bas du projet sera assis au sein de l'horizon des Alluvions Anciennes résistants. Dans ces conditions, un système de fondation superficielle de type semelles isolées et/ou filantes est envisageable.

Une solution de radier est aussi envisageable à condition qu'il soit dimensionné pour reprendre la sous-pression hydrostatique.

#### 5.1.2 Principes généraux de construction

Il sera nécessaire de respecter les règles de mitoyennetés et normes en vigueur (NF P 94-261) suivantes :

- Il faut respecter une pente maximale de 3 Horizontal / 2 Vertical entre leurs arrêtes inférieures et celles des fondations voisines, afin d'éviter toute transmission d'efforts parasites,

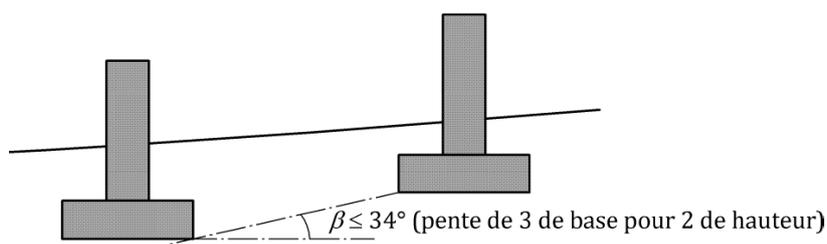


Figure 10 : Dispositions relative aux fondations superficielles voisines

- Descendre les fondations voisines à la même cote.

Si l'une des deux conditions précédente n'est pas respectée, c'est-à-dire si la pente entre les arrêtes des fondations voisines est plus raide que 3H/2V, il faudra tenir compte dans le dimensionnement des différentes structures des efforts parasites appliqués par les fondations les plus hautes et les fondations mitoyennes.

#### 5.1.3 Ebauche dimensionnelle des fondations du nouveau bâtiment

##### 5.1.3.1 Résistance du sol de fondation $R_{v,d}$

*Les hypothèses géotechniques de dimensionnement sont fournies conformément à la norme d'application de l'Eurocode 7 pour les semelles superficielles (NF P 94-261), selon la méthode semi-empirique basée sur les caractéristiques pressiométriques Ménard des sols.*

A ce stade de l'étude, pour des semelles superficielles dont les charges sont verticales centrées et hors situation accidentelles, nous proposons les hypothèses géotechniques suivantes :

Caractéristiques de la fondation		Caractéristiques d'ancrage	Hypothèses géotechniques				Résistance	
Fondation	A' [m²]	Classe de sol	Pl <sub>e</sub> * [MPa]	K <sub>p</sub>	iδ	q <sub>0</sub> [kPa]	R <sub>v;d</sub> ELU	R <sub>v;d</sub> ELS
Semelles isolées	1,5 x 1,5	<b>Alluvions anciennes</b> Sables et graves	1,4	1,0	1,0	Négligé	1867 kN	1125 kN
	2,0 x 2,0		1,4	1,0	1,0	Négligé	3320 kN	2000 kN
	2,5 x 2,5		1,4	1,0	1,0	Négligé	5187 kN	3125 kN
Semelles filantes	0,5 x 1,0		1,4	1,0	1,0	Négligé	415 kN/ml	250 kN/ml
	1,0 x 1,0		1,4	1,0	1,0	Négligé	830 kN/ml	500 kN/ml
	1,5 x 1,0		1,4	1,0	1,0	Négligé	1245 kN/ml	750 kN/ml

**Tableau 10 : Résistance du sol de fondation R<sub>v;d</sub>**

La capacité portante du sol à l'ELS, sous charge verticale centrée, exprimée en contrainte est de **Q<sub>ELS</sub> = 0,5 MPa** (50,0 t/m²). **Q<sub>ELU</sub> = 0,83 MPa** (83,0 t/m²).

#### 5.1.4 Estimation des tassements sous fondations du nouveau bâtiment

Les hypothèses géotechniques de dimensionnement sont fournies conformément à la norme d'application de l'Eurocode 7 pour les semelles superficielles (NF P 94-261), selon la méthode semi-empirique basée sur les caractéristiques pressiométrique Ménard des sols.

L'estimation des tassements est basée sur l'ensemble des sondages et en considérant que les fondations sont sollicitées à 100%.

Fondation	σ <sub>ELS</sub> [MPa]	Géométrie de fondation		Tassement final S <sub>t</sub> [cm]	
		Largeur B [m]	Longueur L [m]	Minimal (SP4)	Maximal (SP3)
Semelle isolée	0,5	1,5	1,5	<0,5	0,5 – 1,0
		2,0	2,0	<0,5	0,5 – 1,0
		2,5	2,5	<0,5	0,5 – 1,0
Semelle filante		0,5	10,0	<0,5	<0,5
		1,0	10,0	<0,5	0,5
		1,5	10,0	<0,5	0,5 – 1,0

**Tableau 11 : Estimation des tassements sous fondations**

Pour les dimensions de fondations considérées, les tassements absolus seront compris entre 0,5 et 1,0 cm.

Nota : Nous attirons votre attention sur le fait que ces estimations de tassements ne sont valables que pour des fondations coulées pleine fouille, avec un fond de fouille homogène et propre. Dans le cas contraire, des tassements supplémentaires peuvent s'opérer du fait de la mauvaise qualité du fond de fouille.

#### 5.1.5 Sujétions d'exécution des fondations superficielles

La mise en œuvre d'une solution de fondations par semelles superficielles devra être conforme aux documents en vigueur (NF P 94-261). Plus particulièrement, dans le cadre de cette étude, cela implique les sujétions suivantes :

- Les fondations devront être coulées immédiatement après ouverture des fouilles pour éviter toute altération des parois et du fond de fouille,
- Lors de la réalisation des fondations, l'homogénéité des fonds de fouille devra être soigneusement vérifiée par un géotechnicien. Les poches molles, les remblais et les terrains remaniés éventuellement rencontrés en fond de fouille seront purgés et remplacés par du gros béton,
- En période pluvieuse, il faudra porter une attention particulière en cas de venues d'eau par circulations ou infiltrations dans les terrains superficiels. Il faudra alors évacuer les venues d'eau par la mise en place d'un système de drainage adapté sans remaniement des terrains en fond de fouille,
- Le béton des fondations devra être confectionné avec un ciment résistant aux environnements agressifs XA1,
- L'ensemble des fondations à créer devront respecter les règles de mitoyenneté.

Les techniques mises en œuvre devront recevoir l'aval du Bureau de contrôle.

## 5.2 Terrassement / soutènement

### 5.2.1 Principe des terrassements et mise hors d'eau de la fouille

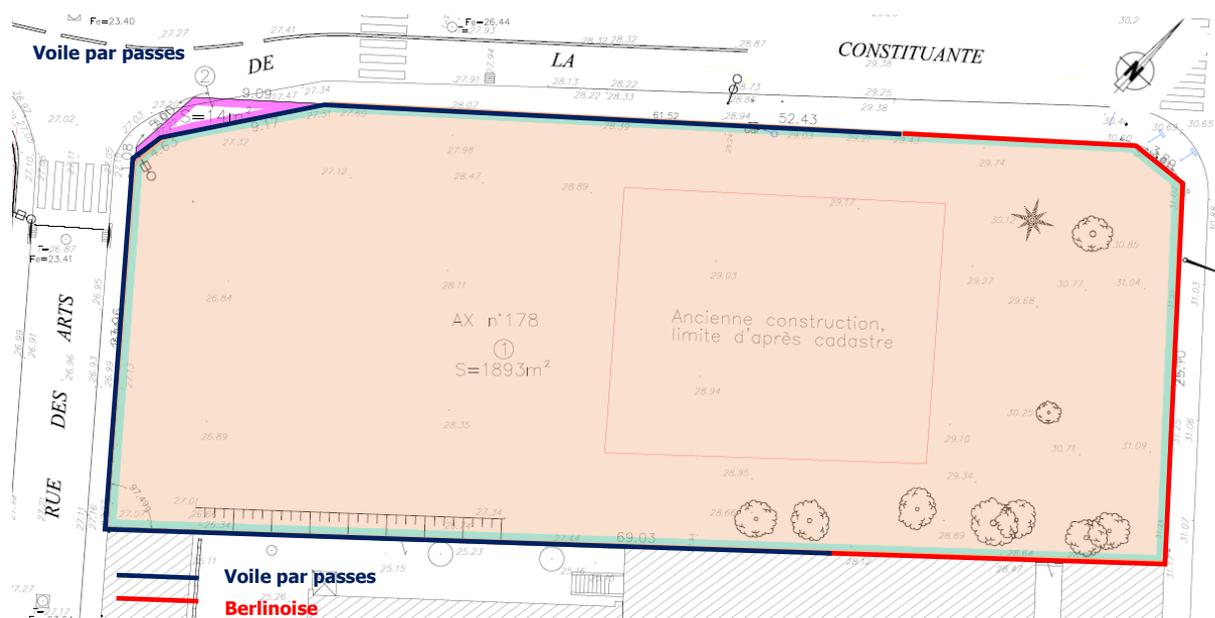
### 5.2.2 Principe des terrassements

Le niveau du terrain naturel se situe entre les cotes de 27,0 NGF au niveau de la rue des Arts et 31,0 NGF au niveau de l'Avenue Maurice Berteaux, soit un dénivelé de près de 4,0 m à l'échelle de la parcelle de l'étude.

Par ailleurs, le niveau bas du projet (Niveau -2) se situe à la cote de 22,66 des terrassements sur environ 8,5 m de hauteur sont donc attendus dans la limite Nord-Est du site.

Compte-tenu du contexte du site et de la présence d'avoisinants, les travaux de terrassements seront effectués selon deux techniques de soutènement :

- Limite Sud, Ouest et Nord-Ouest (hauteurs de terrassements de l'ordre de 6.0 m au maximum) : les terrassements seront effectués par la technique des voiles par passes alternées associés à un butonnage à l'avancement,
- Limite Est (hauteurs de terrassements supérieurs à 6 m) : les terrassements seront effectués à l'abri d'un écran de soutènement provisoire par paroi berlinoise butonnée qui servira de coffrage perdu.



**Figure 11 : Plan de principe du soutènement**

Le niveau de la nappe général a été mesuré le 23/08/2018, vers 6,3 m/TN (20.85 NGF) au sein du Pz1 et au et à **8.80 m/TN (20.84 NGF)** au sein du Pz2. Les terrassements ne devraient donc pas intercepter la nappe. Dans tous les cas, nous recommandons de réaliser un drainage adapté du fond de fouille.

### 5.2.3 Excavation

Les travaux de terrassements intéresseront les horizons des Remblais, Alluvions modernes et des Alluvions anciennes. L'extraction des déblais pourra généralement être réalisée à l'aide d'engin de moyenne puissance. Cependant, l'utilisation de matériel spécifique pourra s'avérer nécessaire en cas de présence de blocs ou d'anciennes structures enterrées au sein des Remblais et en cas de rencontre de blocs au sein des Alluvions Anciennes.

### 5.2.4 Voiles par passes

Nous recommandons d'ouvrir en alternance une passe sur deux (pianotage des passes 1/3) et de réaliser dans la même journée l'ouverture d'une passe, le dressage des armatures et la projection du béton.

Un butonnage à l'avancement devra être mis en place. Les massifs des butons seront ancrés au sein des Alluvions anciennes. Ils seront dimensionnés dans le cadre d'une mission géotechnique d'exécution (Mission G3), en connaissance des efforts dans les butons et lorsque le plan de butonnage sera effectué.

En fonction des conditions de site, les géométries des passes seront limitées à :

- 1,5 m de hauteur
- 2,5 m de largeur

Toute passe ouverte sera ferrillée et projetée dans la journée. Toute passe primaire sera butonnée avant l'ouverture des passes secondaires. Compte-tenu des hauteurs de terrassements prévues, il sera nécessaire de réaliser au moins quatre ceintures successives respectant le phasage suivant :

#### ☛ Jour N

- Terrassement en banquettes inversées et / ou recoupement de talus,

- Ouverture des passes en alternance : 1-4-7...,
- Dressage de la paroi,
- Ferrailage des voiles en respectant les recouvrements nécessaires,
- Projection du béton et mise en place du butonnage.

### ☞ Jour N+1

- Mise en charge du butonnage provisoire avec rondin de bois reposant sur un massif dimensionné pour reprendre la charge,
- Finition sur une épaisseur de 5 cm environ, dressage et réalisation des finitions,
- Terrassements en banquettes inversées et / ou recoupement de talus,
- Ouverture des passes en alternance : 2-5-8...,
- Dressage de la paroi,
- Ferrailage des voiles en respectant les recouvrements nécessaires,
- Réalisation d'une continuité de « béton armé » entre les passes,
- Projection du béton et mise en place / permutation du butonnage.

Le phasage sera identique pour l'ensemble des ceintures. La stabilité de la fouille sera assurée au fur et à mesure par butonnage provisoire et définitif en fond de fouille.

Une procédure spécifique d'exécution sera établie par l'Entreprise en charge de ces travaux.

#### 5.2.4.1 Poussée de terre - Paramètres géomécaniques

Selon l'annexe nationale à l'EC7-1, l'approche de calcul 2 a été adoptée dans le cadre de l'estimation des poussées de terre. Elle utilise la combinaison des facteurs partiels suivants pour les situations permanentes et transitoires : A1 '+' M1 '+' R2.

L'expression pour déterminer les pressions de terre est la suivante :

$$\sigma'_A = \sigma'_v \times k_a - 2c' \times \sqrt{k_a}$$

Les caractéristiques intrinsèques à retenir dans le cadre des travaux de voiles par passes seront les suivantes :

Formation	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$k_a$	$k_0$
Remblais	18,0*	20,0*	0,0*	0,490	0,426
Alluvions Modernes	19,0*	20,0*	5,0*	0,490	0,426
Alluvions anciennes	20,0*	30,0	0,0	0,333	0,500

\* Valeurs prises par défaut, ne sont pas issues de résultats en laboratoire

**Tableau 12 : Paramètres géomécaniques pour la poussée de terre**

Conformément à la norme NF EN 1997-1, lorsqu'il ne se produit aucun mouvement relatif du mur ou écran par rapport au terrain, la pression des terres doit être calculée à partir de l'état de contraintes au repos. La détermination de l'état des contraintes au repos doit tenir compte de l'histoire des contraintes dans le terrain.

Dans les sols normalement consolidés, il convient normalement d'admettre que le terrain est dans les conditions dites de repos derrière un ouvrage de soutènement lorsque le mouvement

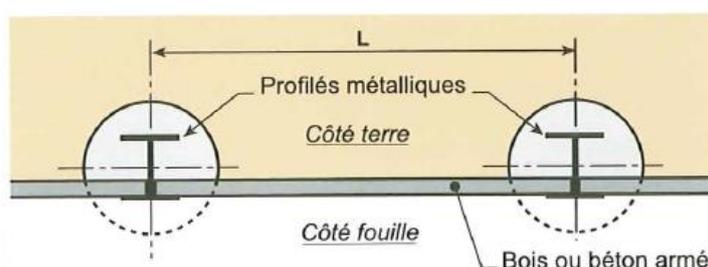
de l'ouvrage est inférieur à  $5.10^{-4} h$ . Ainsi, les voiles définitifs du projet devront être calculés avec la valeur de  $k_0$  si ce critère est respecté.

### 5.3 Paroi berlinoise

#### 5.3.1 Principes constructifs

La paroi berlinoise est un écran discontinu composé :

- D'éléments de fondations profondes type pieux régulièrement espacés et constituant la structure rigide verticale. Ces éléments seront à réaliser avant tout terrassement,
- D'éléments de blindage soutenant les terres en s'appuyant sur ces structures rigides verticales. Ces éléments sont mis en place par passes successives, en descendant, au fur et à mesure de l'excavation. Ils sont en béton armé (projeté, banché ou préfabriqué), ou en bois, ou en acier (type palfeuille).



Notons que cette technique suppose que le terrain soit suffisamment résistant pour tenir verticalement avant que le blindage ne soit mis en place et qu'il soit exempt d'alimentation en eau significative.

La stabilité de cette paroi sera assurée au moyen de butons intérieurs inclinés.

##### 5.3.1.1 Modèle géotechnique de calcul

Les caractéristiques intrinsèques à retenir dans le cadre des travaux de la berlinoise seront les suivantes :

Horizon	$Z_{base}$ [m/TN]	$\gamma_h$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_M$ [MPa]	$PI^*$ [MPa]	$\alpha$	$c'$ [kPa]	$\varphi'$ [°]
Remblais	2,5	18,0	6,50	0,70	2/3	0,0	20,0
Alluvions Modernes	4,5	19,0	2,30	0,20	2/3	5,0	20,0
Alluvions Anciennes	9,0	20,0	45,5	2,95	1/3	0,0	30,0

Tableau 13 : Modèle géotechnique

##### 5.3.1.2 Caractéristiques géotechniques retenues pour la paroi de soutènement

Les caractéristiques géotechniques à retenir pour le dimensionnement de l'écran sont les suivantes :

Horizon	Inclinaison des efforts en poussée		Inclinaison des efforts en butée		$k_a$	$K_p$	$K_h$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$K_f$ [KN/m <sup>3</sup> ]
	$\delta_a/\varphi$	$\beta/\varphi$	$\delta_p/\varphi$	$\beta/\varphi$				
Remblais	2/3	0	-2/3	0	0,430	2,676	22927	24430
Alluvions Modernes	2/3	0	-2/3	0	0,430	2,676	5738	8643
Alluvions Anciennes	2/3	0	-2/3	0	0,282	4,980	450833	207200

**Tableau 14 : Caractéristiques géotechniques pour les écrans de soutènements**

Les coefficients de poussée et de butée des terres sont définis au moyen des tables de Kérisel & Absi.

Nota : pour le calcul du coefficient de poussée, le frottement sol/paroi a été négligé pour la berlinoise  $\delta/\varphi = 0$ .

Les modules de réaction horizontale du sol  $K_h$  introduits dans le modèle élasto-plastique sont calculés suivant la méthode Schmitt.

$$K_h = \frac{2 \times \left(\frac{E_M}{\alpha}\right)^{4/3}}{\left(\frac{EI}{B_0}\right)^{1/3}}$$

Par application de la norme NF P 94-282, article B.3.7, on retiendra pour le calcul des modules de réaction d'un écran composite :

- Les dispositions relatives aux écrans continus au-dessus du fond de fouille pour la poussée des terres,
- Les dispositions relatives au comportement de chaque élément principal à celui d'une fondation profonde isolée et chargée horizontalement pour la butée des terres.

Ainsi, pour l'élément isolé, le coefficient de réaction horizontale du sol, pour des sollicitations de longue durée, est calculé suivant l'expression de la norme NF P 94-262, article I.1.3 :

- Lorsque  $B > B_0$  ( $B_0 = 0,6$  m) :

$$K_f = \frac{12 E_M}{\frac{4}{3} \frac{B_0}{B} \left(2,65 \frac{B}{B_0}\right)^\alpha + \alpha}$$

- Lorsque  $B \leq B_0$  ( $B_0 = 0,6$  m) :

$$K_f = \frac{12 E_M}{\frac{4}{3} (2,65)^\alpha + \alpha}$$

## 5.4 Niveau bas

### 5.4.1 Principe de construction

L'assise du projet se situe au sein de la formation des Alluvions Anciennes présentant de bonnes caractéristiques géomécaniques. Le niveau d'eau a été mesuré à 20.84 NGF le 23/08/2018. Dans ce contexte, une solution de dalle portée sur un réseau de longrines reliées aux fondations devra être retenue.

## 5.5 Protection contre l'eau des niveaux enterrés

Lors de la mesure du niveau d'eau le 23/08/2018, les piézomètres indiquaient un niveau d'eau vers la cote de 20,85 NGF. Nous rappelons que la cote des PHEC au niveau de la zone inscrite au PPRI se situe à la cote de 25,89 NGF, soit environ 3,3 m au-dessus du niveau bas du deuxième sous-sol (22,66 NGF). En première approche, nous recommandons de rendre étanche les niveaux de sous-sol du projet jusqu'à la cote de 25,89 NGF. A ce sujet, nous recommandons d'effectuer une étude hydrogéologique spécifique afin de déterminer la cote des Eaux Exceptionnelles au droit du projet (EE).

L'étanchéité des niveaux de sous-sol sera réalisée au moyen d'un cuvelage pour protéger, des arrivées d'eau, la partie immergée du sous-sol (voiles + radier). Conformément à la norme NF P 11-221, l'arase supérieure du cuvelage devra se situer au niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles (EE).

Nota : le cuvelage comprend la structure résistante et les retours de la partie immergée du projet, et pouvant être associé à un revêtement de cuvelage qui peut être d'imperméabilisation (type enduits hydrofuges ou pelliculaires à base de résine ou revêtement de minéralisation de surface) ou d'étanchéité (type revêtement plastique, élasto-plastique ou élastique) à l'eau à l'état liquide.

Par ailleurs, les parties du sous-sol situées au-dessus de la cote EE devront être protégées vis-à-vis des circulations d'eau superficielles. Ces protections consisteront en la réalisation d'un système de barbacanes et de cunettes périmétriques raccordées à une fosse avec pompe de relevage. L'eau qui pénétrera dans le sous-sol sera canalisée par les cunettes.

Remarque : afin d'apprécier les différents niveaux de nappes et leurs fluctuations, nous recommandons de procéder à un suivi piézométrique associé à une étude hydrogéologique spécifique.

## 5.6 Discussion sur les incertitudes géotechniques

Plusieurs incertitudes géotechniques sont présentes au stade AVP. Ce chapitre a pour but de renseigner sur les différents points énoncés préalablement dans ce rapport :

- Les variations du niveau de la nappe. Nous recommandons d'effectuer une étude hydrogéologique afin de déterminer les niveaux caractéristiques de la nappe et de statuer sur la nécessité de réaliser un cuvelage.

Les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps. C'est au cours de toutes les phases de l'étape 2 (étude géotechnique de conception G2 PRO) qu'il faut étudier les conséquences des risques majeurs et leur réduction éventuelle.

L'Ingénieur chargé de l'étude

*X. KRUTA*

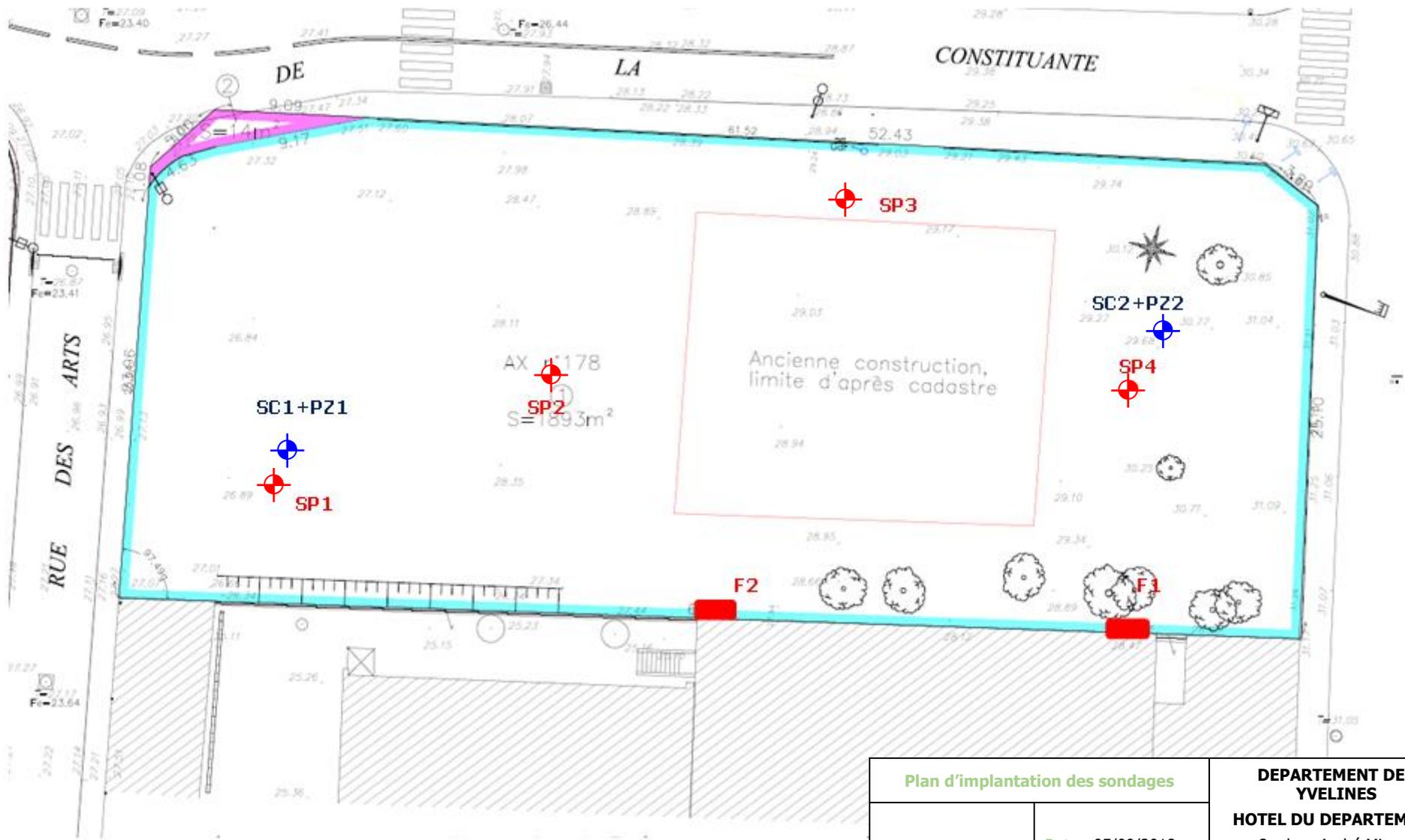
## ANNEXES

<b>Annexe</b>	<b>Nb de pages</b>	<b>Objet de l'annexe</b>
1	1	Plan de localisation
2	1	Plan d'implantation des investigations géotechniques
3	8	Coupes et enregistrement des paramètres des sondages pressiométriques
4	8	Coupes et planches photographiques des sondages carottés
5	2	Coupes et planches photographiques des reconnaissances de fondation
6	10	Résultats des essais en laboratoire
7	3	Classification des missions géotechniques types

## **ANNEXE 1 : Plan de localisation**



## **ANNEXE 2 : Plan d'implantation des investigations géotechniques**



Sondage pressiométrique



Sondage carotté + Piézomètre



Fouille de reconnaissance de fondation

Plan d'implantation des sondages



Date : 05/09/2018

Echelle : /

Annexe : 2

DEPARTEMENT DES  
YVELINES

HOTEL DU DEPARTEMENT

2, place André Mignot  
78012 VERSAILLES CEDEX

Affaire suivi par : X. KRUTA

Réf. SEMOFI : C18-11281

## **ANNEXE 3 : Coupes et enregistrements des sondages pressiométriques**



**CG78**  
**Maison du Territoire Boucle de Seine - 1, rue de la Constituante**  
**SARTROUVILLE (78)**

Contrat C 18-11281

Date début : 21/08/2018

Cote NGF : 27.16

Profondeur : 0,00 - 15,01 m

Machine : EMCI 700

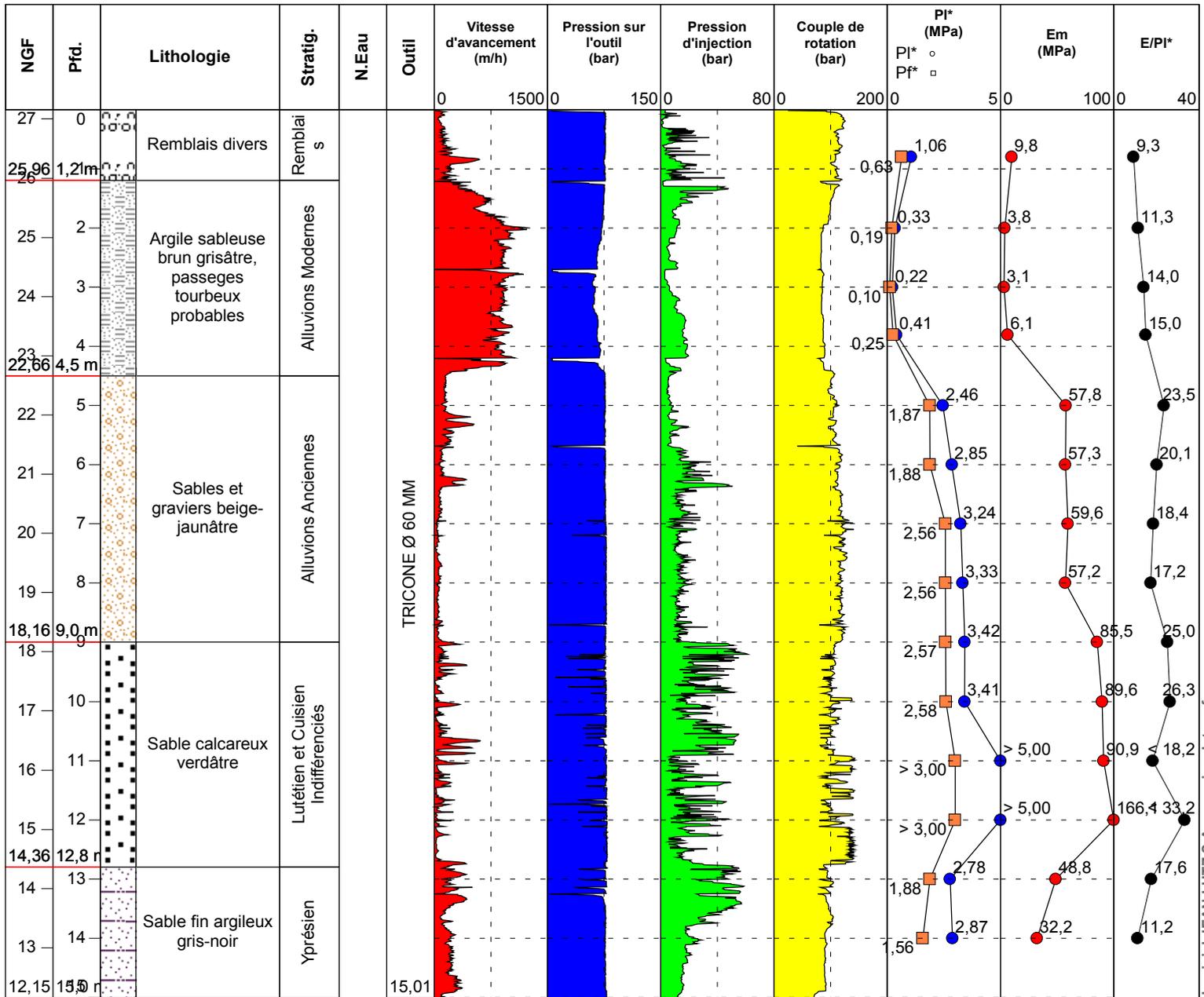
X : 1638521.864

Y : 8193975.471

1/100

**Forage : SP1**

EXGTE 3.18/GTE





CG78  
 Maison du Territoire Boucle de Seine - 1, rue de la Constituante  
 SARTROUVILLE (78)

Contrat C 18-11281

Date début : 21/08/2018

Machine : EMCI 700

Profondeur : 0,00 - 1,92 m

1/100

Forage : SP1 ET

EXGTE 3.18/GTE

Pfd.	NGF	Lithologie	Stratig.	N.Eau	Outil	Fluide	VIA (m/h)			PO (Bar)			PI (bar)			CR (bar)		
							0	750	1500	0	50	100	0	5	10	0	75	150
0	0						[Red area]			[Blue area]			[Green area]			[Yellow area]		
1	-1						[Red area]			[Blue area]			[Green area]			[Yellow area]		



CG78  
1, rue de la Constituante  
SARTROUVILLE (78)

Contrat C 18-11281

Date début : 11/08/2018

Cote NGF : 28.97

Profondeur : 0,00 - 15,23 m

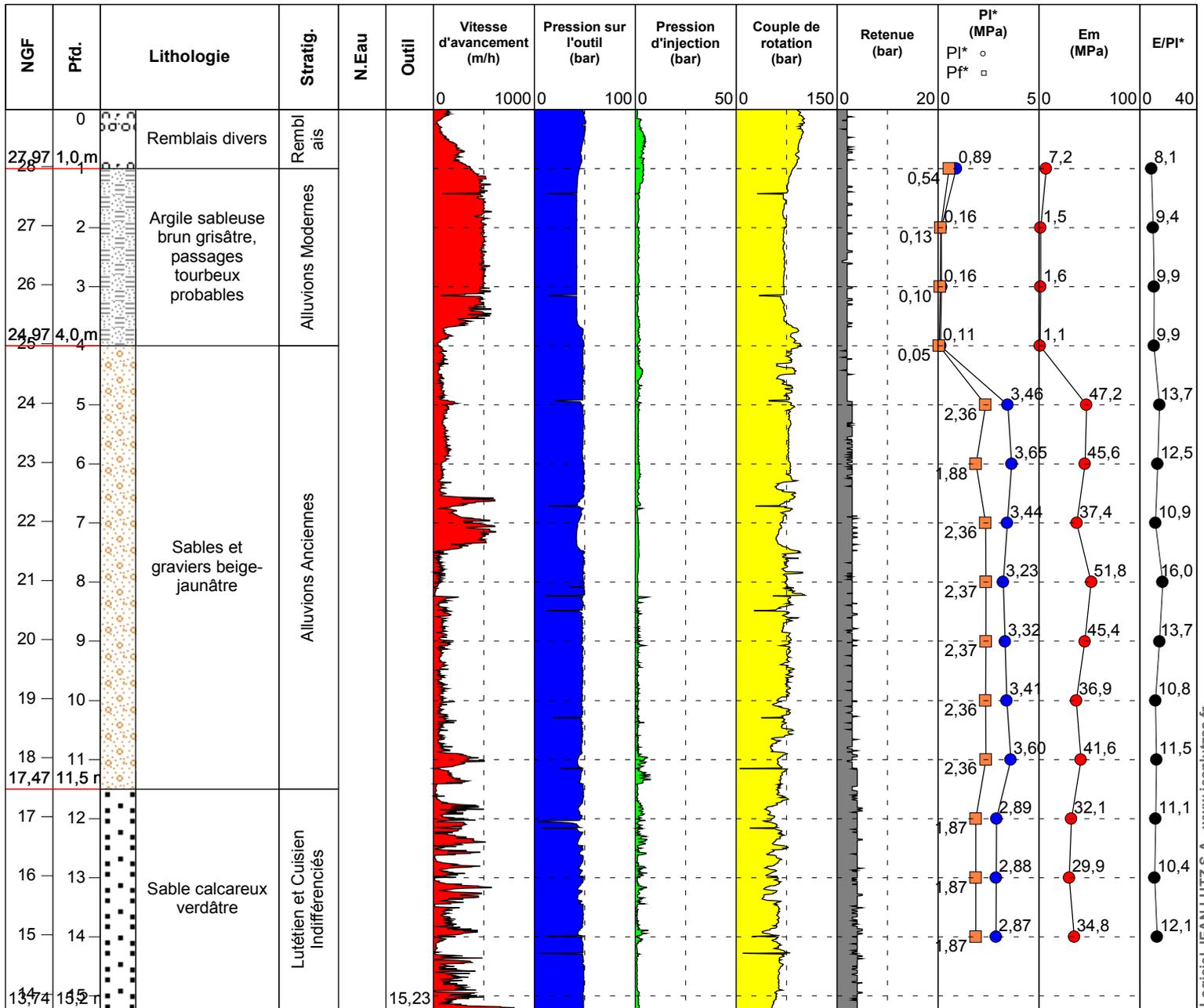
X : 1638528.330

Y : 8193993.109

1/100

Forage : SP2

EXGTE 3.18/GTE





CG78  
1, rue de la Constituante  
SARTROUVILLE (78)

Contrat C 18-11281

Date début : 11/08/2018

Profondeur : 0,00 - 2,37 m

1/100

Forage : SP2 ET2

EXGTE 3.18/GTE

Profondeur	Lithologie	Stratig.	Niveau d'eau	Outil	Fluide	VIA (m/h)		PO (Bar)		PI (Bar)		CR (Bar)		PR (Bar)	
						0	750	1500	0	150	0	15	30	0	100
0															
1															
2															



**CG78**  
**Maison du Territoire Boucle de Seine - 1, rue de la Constituante**  
**SARTROUVILLE (78)**

Contrat C 18-11281

Date début : 21/08/2018

Cote NGF : 29.09

Profondeur : 0,00 - 15,00 m

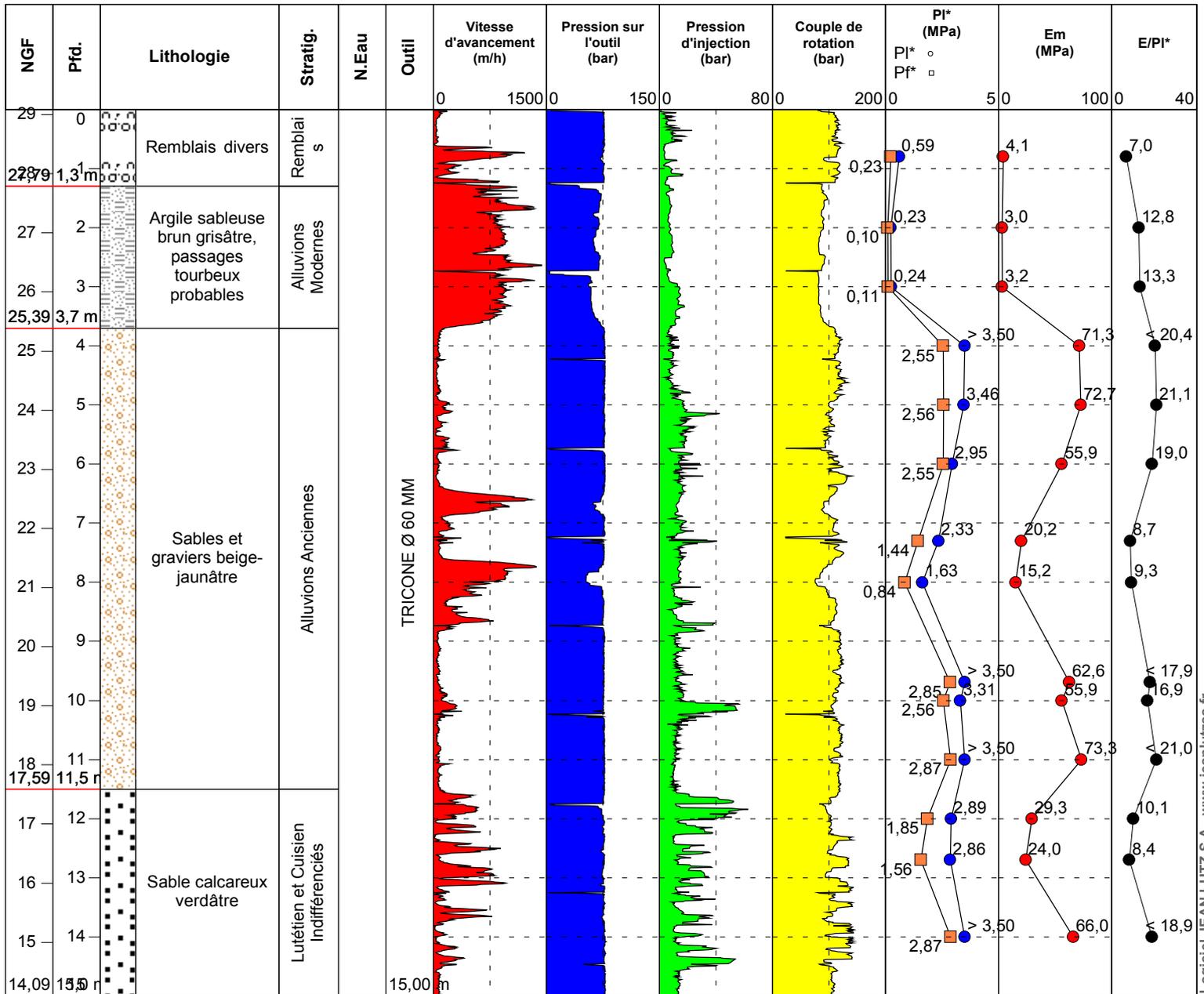
X : 1638531.908

Y : 8194009.097

1/100

**Forage : SP3**

EXGTE 3.18/GTE





CG78  
 Maison du Territoire Boucle de Seine - 1, rue de la Constituante  
 SARTROUVILLE (78)

Contrat C 18-11281

Date début : 21/08/2018

Machine : EMCI 700

Profondeur : 0,00 - 1,93 m

1/100

Forage : SP3 ET

EXGTE 3.18/GTE

Pfd.	NGF	Lithologie	Stratig.	N.Eau	Outil	Fluide	VIA (m/h)			PO (Bar)			PI (bar)			CR (bar)		
							0	750	1500	0	50	100	0	5	10	0	75	150
0	0						[Red bar chart]			[Blue bar chart]			[Green bar chart]			[Yellow bar chart]		
1	-1						[Red bar chart]			[Blue bar chart]			[Green bar chart]			[Yellow bar chart]		



**CG78**  
**Maison du Territoire Boucle de Seine - 1, rue de la Constituante**  
**SARTROUVILLE (78)**

Contrat C 18-11281

Date début : 21/08/2018

Cote NGF : 29.42

Profondeur : 0,00 - 15,02 m

Machine : EMCI 700

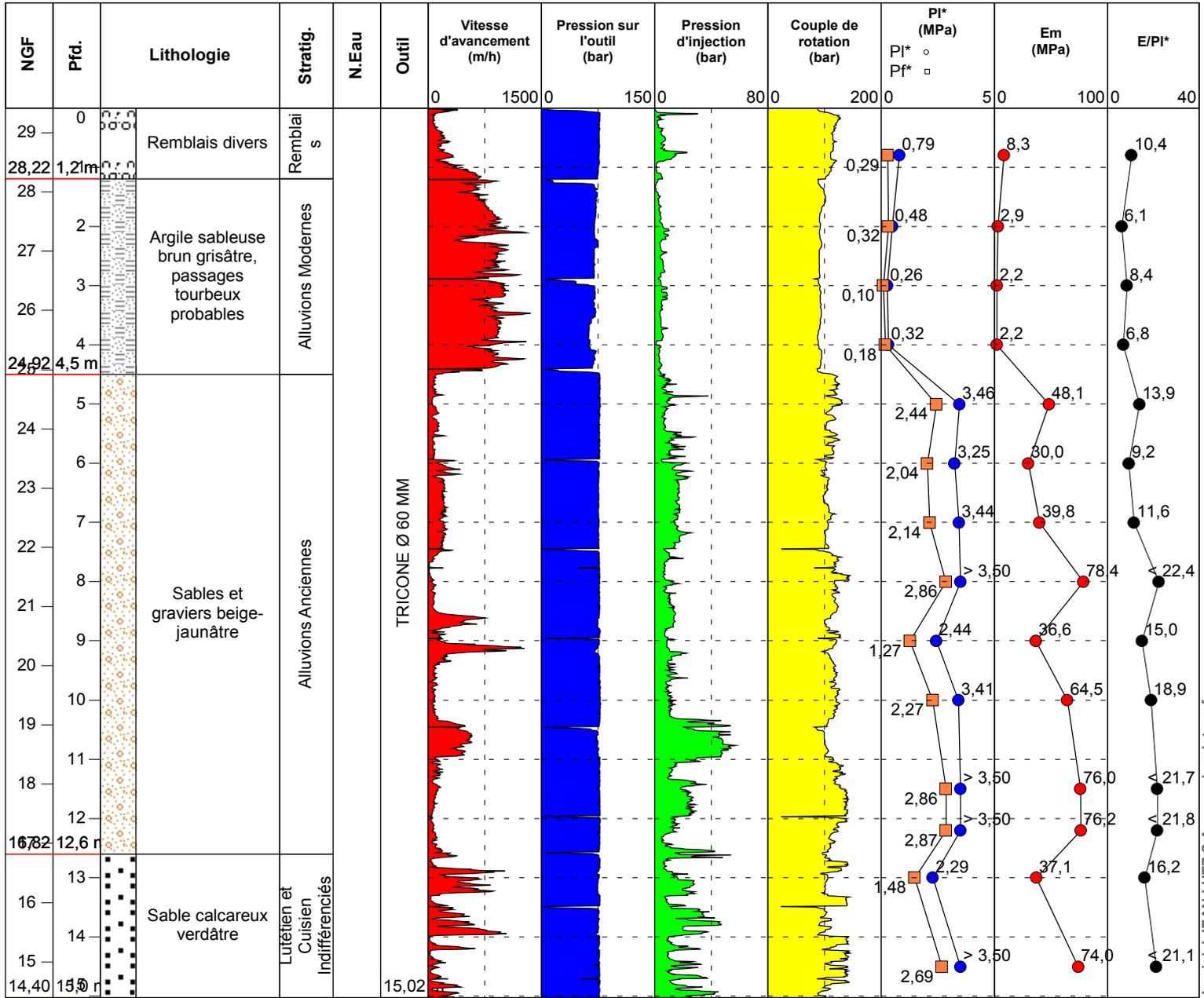
X : 1638546.269

Y : 8194015.795

1/100

**Forage : SP4**

EXGTE 3.18/GTE





CG78  
 Maison du Territoire Boucle de Seine - 1, rue de la Constituante  
 SARTROUVILLE (78)

Contrat C 18-11281

Date début : 21/08/2018

Machine : EMCI 700

Profondeur : 0,00 - 1,60 m

1/100

**Forage : SP4 ET**

EXGTE 3.18/GTE

Pfd.	NGF	Lithologie	Stratig.	N.Eau	Outil	Fluide	VIA (m/h)			PO (Bar)			PI (bar)			CR (bar)		
							0	750	1500	0	50	100	0	5	10	0	75	150
0	0						[Red bar from 0 to ~1000]			[Blue bar from 0 to ~100]			[White bar with dashed lines]			[Yellow bar from 0 to ~75]		
1	-1						[Red bar from 0 to ~1000]			[Blue bar from 0 to ~100]			[White bar with dashed lines]			[Yellow bar from 0 to ~75]		

## **ANNEXE 4 : Coupes et planches photographiques des sondages carottés**



# SARTROUVILLE (78)

Contrat C18-11281

Date début : 24/08/2018

Cote NGF : 27.15

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

X : 1638520.433

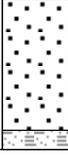
Y : 8193978.021

1/40

## Forage : SC1

EXGTE 3.18/GTE

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage	Tx Récup. (%)
27	0	Béton + graviers + blocs divers	Remblais			60%
	0,15 m	Sable moyen noirâtre + graviers divers + brique				
	0,60 m	Passage sableux ocre à brun clair + cailloutis et graviers divers				
1	0,70 m	passage sable blanc très compact	NGF : 26,15 m			
	0,85 m	sable divers	Alluvions Modernes			
	1,00 m	Sable argileux gris + cailloutis blancs + morceaux de brique				
1,20 m	Sable très légèrement argileux gris foncé à noirâtre + cailloutis divers					
26	1,70 m	Sable légèrement argileux brun clair + cailloutis divers	NGF : 25,15 m			
	2,00 m	Sable fin beigeâtre à ocre + cailloutis divers	Alluvions Anciennes			
25	3,00 m	Sable fin ocre à beige + cailloutis et graviers divers				
	3,90 m	Sable blanchâtre fin + cailloutis, graviers, blocs divers				
24	4,10 m	Sable fin beigeâtre à ocre				
	6,30 m	Sable moyen beige légèrement argileux + graviers				
23	6,60 m	Argile sableuse beige claire + cailloutis et blocs divers				
	7,00 m	Sable moyen à grossier beigeâtre à brun clair + nombreux cailloutis, graviers et blocs divers				
22	8					
	9					
21	9,20 m					
20						
19						
18						

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage	Tx Récup. (%)
	10	 <p>Sable moyen à grossier beigeâtre à brun clair + nombreux cailloutis, graviers et blocs divers</p> <p>9,90 m</p> <p>Sable moyen argileux verdâtre</p> <p>10,00 m</p>	<p>Alluvions Anciennes</p> <p>NGF : 17,15 m</p>			85%



# SARTROUVILLE (78)

Contrat C18-11281

Date début : 24/08/2018

Cote NGF : 29.64

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

X : 1638544.517

Y : 8194018.342

1/40

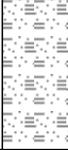
Forage : SC2

EXGTE 3.18/GTE

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage	Tx Récup. (%)
	0	Dalle béton + sable argileux + morceaux de brique				
	0,20 m					
29		Sable moyen gris + graviers, blocs divers + brique	Remblais			60%
1	1,00 m					
28		Sable gris à noirâtre plus ou moins argileux + graviers et blocs divers + brique	Alluvions Modernes			60%
		sable moyen brun à noirâtre + graviers et blocs divers				
		Sable légèrement argileux blanc + cailloutis divers				
27		Sable moyen grisâtre + nombreux graviers et blocs divers + morceaux de briques				50%
26		Sable fin légèrement argileux marronâtre à noirâtre + cailloutis et graviers divers	Alluvions Anciennes			90%
4		Sable grossier beige plus ou moins argileux + nombreux cailloutis				
25		Sable beige ocre fin				90%
24		Sable fin beigeâtre à ocre + cailloutis divers				95%
23		Sable fin ocre				50%
22		Sable fin beigeâtre à ocre + cailloutis divers				100%
21		Sable fin beigeâtre à ocre + cailloutis divers (humide)				100%
9		Sable ocre plus ou moins argileux + nombreux cailloutis et blocs divers				100%

NGF : 27,34 m

NGF : 25,64 m

NGF	Pfd.	Lithologie	Stratig.	Echantillon	Outil de forage	Tx Récup. (%)
20	10	 Sable ocre plus ou moins argileux + nombreux cailloutis et blocs divers	Alluvions Anciennes NGF : 19,64 m			100%

## PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DU SONDAGE CAROTTE SC1

Construction de la maison du territoire Boucle de Seine à Sartrouville (78)



565 rue des Vœux Saint Georges  
94290 VILLENEUVE-LE-ROI  
Tél: 01 49 61 11 88  
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C18-11281	00	03/09/2018	XHK
<b>Maitre d'Ouvrage : DEPARTEMENT DES YVELINES</b>			

## PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DU SONDRAGE CAROTTE SC1

Construction de la maison du territoire Boucle de Seine à Sartrouville (78)



565 rue des Vœux Saint Georges  
94290 VILLENEUVE-LE-ROI  
Tél: 01 49 61 11 88  
Fax : 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C18-11281	00	03/09/2018	XHK
<b>Maitre d'Ouvrage : DEPARTEMENT DES YVELINES</b>			

## PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DU SONDAGE CAROTTE SC2

Construction de la maison du territoire Boucle de Seine à Sartrouville (78)

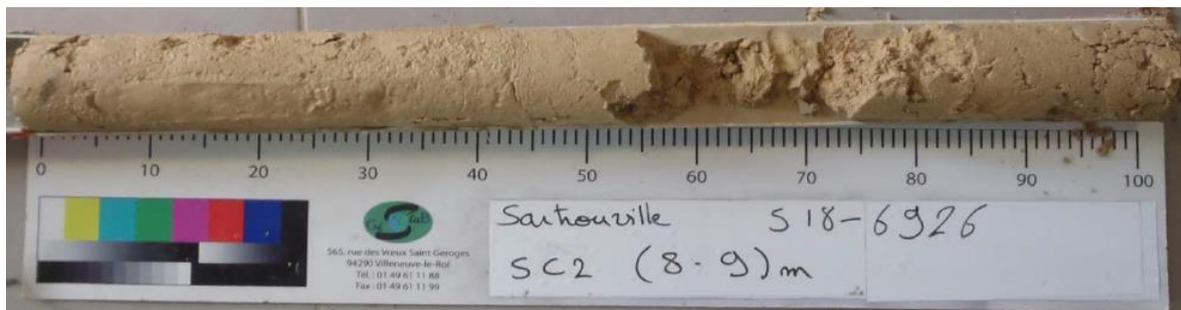
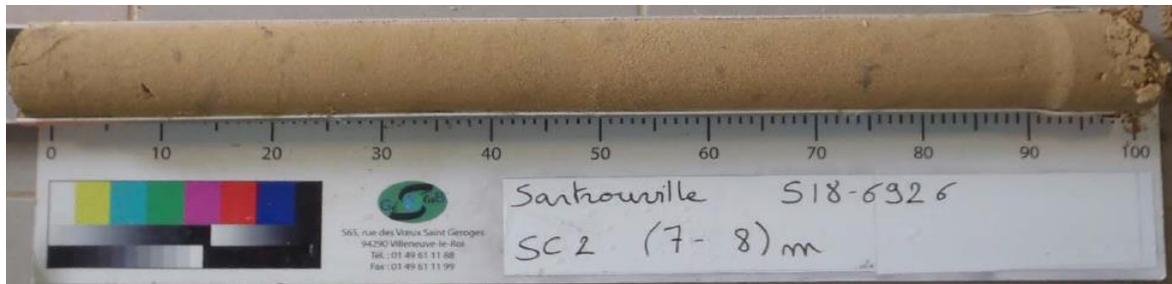


565 rue des Vœux Saint Georges  
94290 VILLENEUVE-LE-ROI  
Tél: 01 49 61 11 88  
Fax: 01 49 68 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C18-11281	00	03/09/2018	XHK
<b>Maitre d'Ouvrage : DEPARTEMENT DES YVELINES</b>			

## PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DU SONDAGE CAROTTE SC2

Construction de la maison du territoire Boucle de Seine à Sartrouville (78)



565 rue des Vœux Saint Georges  
94290 VILLENEUVE-LE-ROI  
Tél: 01 49 61 11 88  
Fax: 01 49 61 11 99

Dossier	Ind.	Date	Etabli par
C18-11281	00	03/09/2018	XHK
<b>Maitre d'Ouvrage : DEPARTEMENT DES YVELINES</b>			

## **ANNEXE 5 : Coupes et planches photographiques des reconnaissances de fondation**



**SEMOFI**

565, rue des Vœux Saint-Georges  
94290 VILLENEUVE-LE-ROI

**FOUILLE DE RECONNAISSANCE A LA PELLE MECANIQUE / DE FONDATION  
SONDAGE F1**

Réf. SEMOFI : C18-11281

Date : 04/09/2018

Echelle : Sans

**DEPARTEMENT DES YVELINES**

**HOTEL DU DEPARTEMENT**

2, place André Mignot  
78012 VERSAILLES CEDEX

**MAISON DU TERRITOIRE BOUCLE DE SEINE**

1 rue de la Constituante – SARTROUVILLE (78)

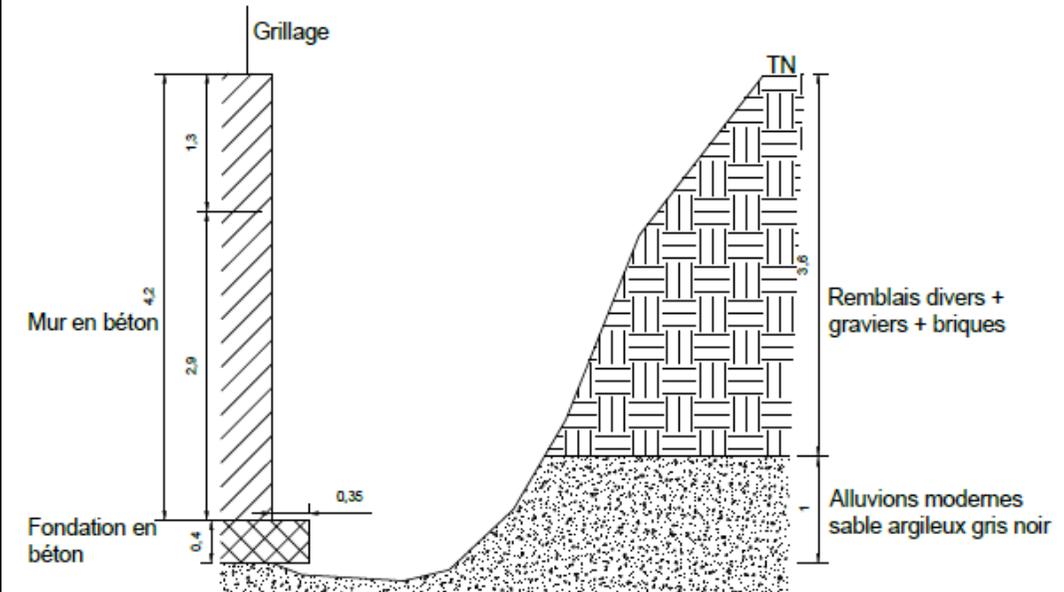
Type de sondage  Pelle mécanique  Fouille manuelle

**COUPE SUR MITOYEN**

**PHOTOS**

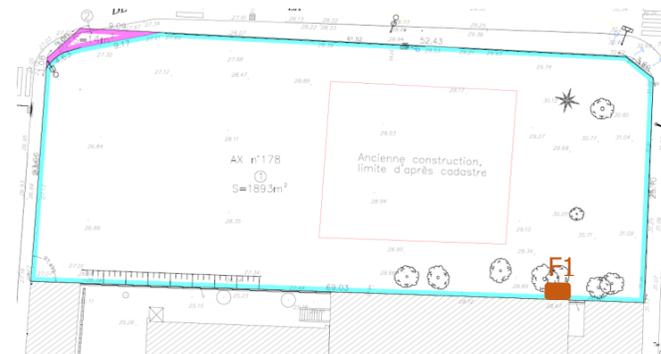


**IMPLANTATION**



**OBSERVATIONS**

La fouille F1 a permis d'identifier une fondation superficielle en béton épaisse de 0.4 m dont l'assise se situe au sein des Alluvions modernes à 4.6 m de profondeur par rapport au TN. Un débord de 0,35 m a également été identifié à une profondeur de 4.2 m/TN.





**SEMOFI**

565, rue des Vœux Saint-Georges  
94290 VILLENEUVE-LE-ROI

**FOUILLE DE RECONNAISSANCE A LA PELLE MECANIQUE / DE FONDATION  
SONDAGE F2**

Réf. SEMOFI : C18-11281

Date : 04/09/2018

Echelle : Sans

**DEPARTEMENT DES YVELINES**

**HOTEL DU DEPARTEMENT**

2, place André Mignot  
78012 VERSAILLES CEDEX

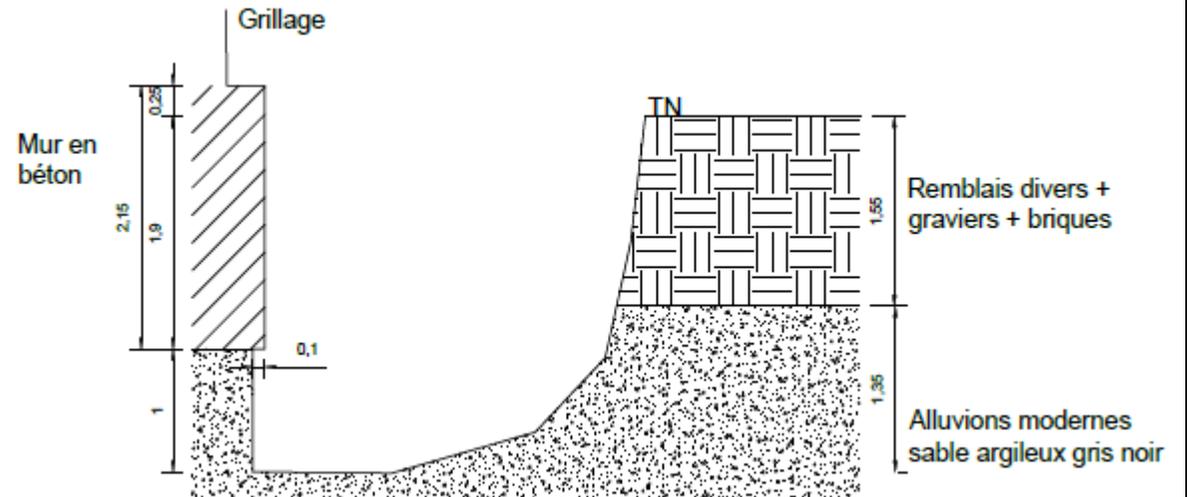
**MAISON DU TERRITOIRE BOUCLE DE SEINE**

1 rue de la Constituante – SARTROUVILLE (78)

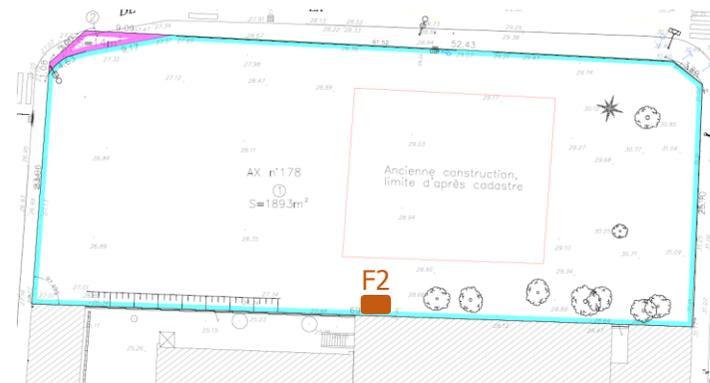
Type de sondage  Pelle mécanique  Fouille manuelle

**COUPE SUR MITOYEN**

**PHOTOS**



**IMPLANTATION**



**OBSERVATIONS**

La fouille F2 a permis de mettre en évidence que le muret ne comporte pas de réel organe de fondation. Son soubassement est assis au sein des Alluvions modernes à 2.15 m/TN..

## **ANNEXE 6 : Résultats des essais en laboratoire**



**Essai consolidé non drainé CU + u à l'appareil triaxial avec mesure de la pression interstitielle réalisé selon la norme NF P 94-074**

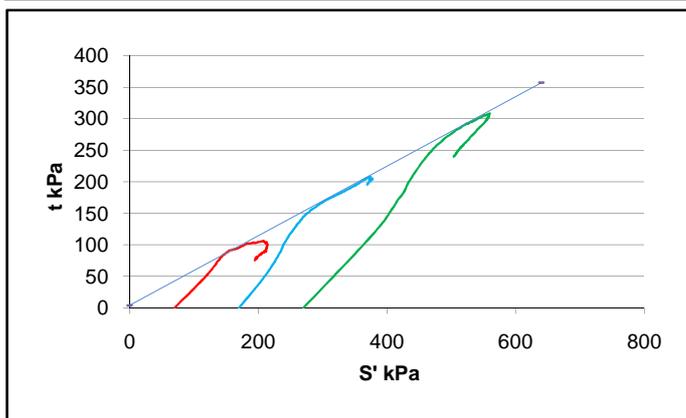
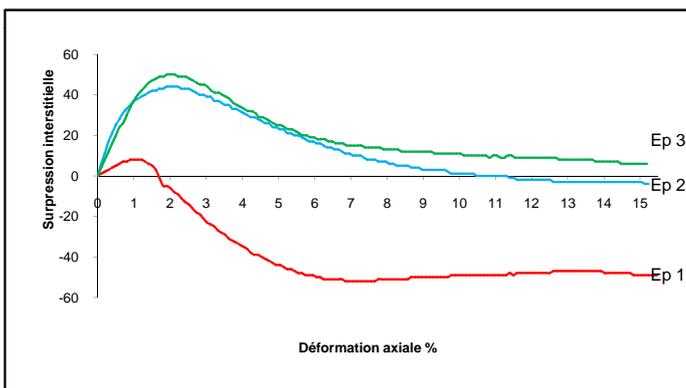
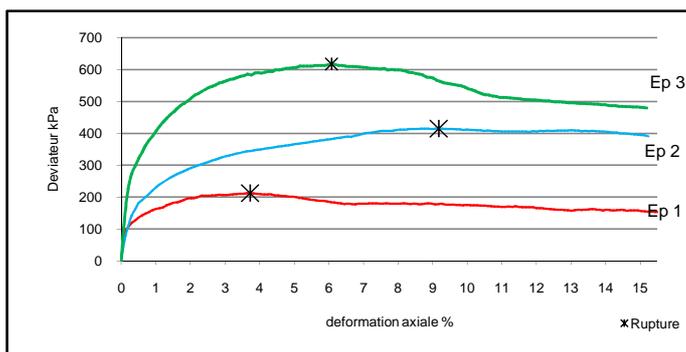
PV | 65998

<b>Site de prélèvement</b>	<b>Sartrouville</b>	<b>Société</b>	<b>Semofi</b>
<b>N° de Sondage</b>	<b>SC 01</b>	<b>Vos références dossier</b>	<b>C18-11281</b>
<b>Profondeur (m)</b>	<b>05.0 - 06.0 m</b>	<b>Nos références dossier</b>	<b>S18-6927</b>
<b><math>\sigma'_{v0}</math> (kPa)</b>	<b>110</b>	<b>Date de réception</b>	<b>21-août-18</b>
<b>Prélèvement effectué par</b>	<b>GeoSond</b>	<b>Date de réalisation de l'essai</b>	<b>21-août-18</b>
<b>Condition de conservation</b>	<b>Gaine PVC</b>	<b>Opérateur:</b>	<b>LAK + AGJ</b>

**Nature de l'échantillon :** Sable fin moyen à beige mou avec des graviers

**Observations de prélèvement / réception**

Caracteristiques des éprouvettes				
Valeur initiales	1	2	3	4
H <sub>0</sub> (mm)	78	78	78	
D <sub>0</sub> (mm)	35	35	35	
Wini (%)	9.7%	9.7%	9.7%	
$\gamma_d$ (T/m <sup>3</sup> )	1.69	1.69	1.71	
$\gamma_s$ estimé (T/m <sup>3</sup> )	2.65	2.65	2.65	
Sr (%)	46%	46%	46%	
U <sub>cp</sub> (kPa)	400	400	400	
$\sigma'_c$ (kPa)	70	170	270	
B	0.98	0.98	0.98	
t100 (min)	1.3	1.8	3.4	
$\Delta V$ Consolidation (cm <sup>3</sup> )	0.7	1.1	1.8	
Valeur après consolidation				
Hs (mm)	77.8	77.6	77.4	
Ds (mm)	34.89	34.82	34.71	-
W (%)	21.0%	20.6%	19.5%	
Sr (%)	100%	100%	100%	
$\gamma_d$ (T/m <sup>3</sup> )	1.71	1.72	1.75	
Critères de rupture				
q = ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) <sub>max</sub> (kPa)	S' (kPa)	208.2	374.4	560.1
	t (kPa)	106.2	207.4	308.1
( $\sigma'_1 / \sigma'_3$ ) <sub>max</sub> (kPa)	S' (kPa)	156.1	306.5	524.7
	t (kPa)	91.1	171.5	292.7
Vitesse d'ecrasement ( $\mu$ m/min)	16	16	16	
Vitesse de déformation (%/min)	0.021	0.021	0.021	
Mode de rupture des éprouvettes *	cr	cr	cr	



Effectif		Total		$\lambda_{cu}$
C' (kPa)	4.5	C <sub>cu</sub> (kPa)	23.0	
$\phi'$ (°)	31.6	$\phi_{cu}$ (°)	31.2	
				1.01

\* cr : Cisaillement rectiligne / cm : Cisaillement multiple / t : Tonneau

**Remarque**

Nota : Ces données sont factuelles issues des différentes normes les régissant, l'interprétation et l'application au site doit être effectué par une ingénierie compétente

**Procés verbal établi à Villeneuve le Roi le :** 27-août-18

  
**Laurent KHEANG**  
 Responsable des essais



Laboratoire WESSLING, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

**SEMOFI**  
Madame Adeline MARTIN  
565, rue des Voeux Saint Georges  
94290 VILLENEUVE LE ROI

Rapport d'essai n° :  
Commande n° :  
Interlocuteur :  
Téléphone :  
eMail :  
Date :

UPA18-029717-1  
UPA-08183-18  
D. Cardon  
+33 164 471 475  
David.Cardon@wessling.fr  
27.08.2018

# Rapport d'essai

## C18-11281 / S18-6926 - BDC 7683

Résultats d'analyses sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling) et du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses.

Les méthodes développées par les laboratoires WESSLING d'Allemagne sont accréditées par le DAR n°DAP-PL-1237.90, reconnu par le COFRAC. Les méthodes développées au laboratoire WESSLING de Lyon sont accréditées par le COFRAC section essais n°1-1364.

Portées d'accréditation DAR et COFRAC communiquées sur demande.

Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes. Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

Villebon-Sur-Yvette, le 27.08.2018

N° d'échantillon		18-133913-01	18-133913-02	18-133913-03	18-133913-04
Désignation d'échantillon	Unité	SC1 5,0 - 6,0	SC1 6,0 - 7,0	SC2 7,0 - 8,0	SC2 8,0 - 9,0

Extrait à l'acide chlorhydrique	MS-A	23.08.18	23.08.18	23.08.18	23.08.18
---------------------------------	------	----------	----------	----------	----------

#### Analyse physique

Matière sèche	% mass MB	95,2	86,9	92,9	89,4
---------------	-----------	------	------	------	------

#### Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité	ml/kg MS-A	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Sulfates (SO4) calc.	mg/kg MS-A	420	540	330	510
Soufre (S)	mg/kg MS-A	140	180	110	170

#### Préparation d'échantillon

Mouture		oui	oui	oui	oui
---------	--	-----	-----	-----	-----

Villebon-Sur-Yvette, le 27.08.2018

## Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	18-133913-01	18-133913-02	18-133913-03	18-133913-04
Date de réception :	22.08.2018	22.08.2018	22.08.2018	22.08.2018
Désignation :	SC1 5,0 - 6,0	SC1 6,0 - 7,0	SC2 7,0 - 8,0	SC2 8,0 - 9,0
Type d'échantillon :	Sol	Sol	Sol	Sol
Date de prélèvement :	21.08.2018	21.08.2018	21.08.2018	21.08.2018
Récipient :	1VB	1VB	1VB	1VB
Température à réception (C°) :	22°C	22°C	22°C	22°C
Début des analyses :	22.08.2018	22.08.2018	22.08.2018	22.08.2018
Fin des analyses :	27.08.2018	27.08.2018	27.08.2018	27.08.2018

Villebon-Sur-Yvette, le 27.08.2018

## Informations sur les méthodes d'analyses

<b>Paramètre</b>	<b>Norme</b>	<b>Laboratoire</b>
Sulfates, HCl extr. B (agress. sur béton et acier)	DIN 4030-2 mod. (2008-06)(A)	Wessling Oppin (D)
Matières sèches	DIN ISO 11465 (1996-12)(A)	Wessling Oppin (D)
Degré d'acidité Baumann-Gully	DIN 4030-2 (2008-06)(A)	Wessling Oppin (D)
Extraction à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons)	DIN 4030-2 (2008-06)(A)	Wessling Oppin (D)
Broyage de solides	DIN ISO 11464 (2006-12)(A)	Wessling Oppin (D)

Commentaires :

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.  
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Signataire Technique

**Célia BARETGE**

Responsable Service Client



Laboratoire WESSLING, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

SEMOFI  
Madame Xhiliola KRUTA  
565, rue des Voeux Saint Georges  
94290 VILLENEUVE LE ROI

Rapport d'essai n° :	UPA18-030131-1
Commande n° :	UPA-08269-18
Interlocuteur :	D. Cardon
Téléphone :	+33 164 471 475
eMail :	David.Cardon@wessling.fr
Date :	31.08.2018

# Rapport d'essai

## C18-11281

Résultats d'analyses sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling) et du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses.

Les méthodes développées par les laboratoires WESSLING d'Allemagne sont accréditées par le DAR n°DAP-PL-1237.90, reconnu par le COFRAC. Les méthodes développées au laboratoire WESSLING de Lyon sont accréditées par le COFRAC section essais n°1-1364.

Portées d'accréditation DAR et COFRAC communiquées sur demande.

Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes. Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

Villebon-Sur-Yvette, le 31.08.2018

N° d'échantillon **18-135426-01**  
Désignation d'échantillon **Unité PZ1**

**Analyse physique**

pH	E/L	8,2
Température de mesure du pH	°C E/L	21

**Cations, anions et éléments non métalliques**

Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F E/L	30
Dioxyde de carbone agressif	mg/l E/L	<3,0
Hydrogénocarbonates (HCO3)	mg/l E/L	370
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	0,36
Azote ammoniacal (NH4-N)	mg/l E/L	0,28
Sulfates (SO4)	mg/l E/L	140
Carbonate (CO3)	mg/l E/L	<6,0

**Divers**

Alcalinité pH 4,3	mmol/l E/L	6,0
-------------------	------------	-----

**Eléments**

Calcium (Ca)	mg/l E/L	500
Magnésium (Mg)	mg/l E/L	20

Villebon-Sur-Yvette, le 31.08.2018

## Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	18-135426-01
Date de réception :	24.08.2018
Désignation :	PZ1
Type d'échantillon :	Eau
Date de prélèvement :	23.08.2018
Heure de prélèvement :	-/-
Récipient :	1L PE
Température à réception (C°) :	19°C
Début des analyses :	24.08.2018
Fin des analyses :	31.08.2018

Villebon-Sur-Yvette, le 31.08.2018

## Informations sur les méthodes d'analyses

<b>Paramètre</b>	<b>Norme</b>	<b>Laboratoire</b>
Sulfates	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)(A)	Wessling Oppin (D)
Carbonate (CO <sub>3</sub> ) sur eau / lixiviat	DIN 38405 D8 (1971)(A)	Wessling Oppin (D)
Dioxyde de carbone agressif sur eau / lixiviat	DIN 38404 C10 (2012-12)(A)	Wessling Oppin (D)
pH sur eau / lixiviat	DIN 38404-5 (2009-07)(A)	Wessling Oppin (D)
Ammonium sur eau / lixiviat	DIN 38406 E5-1 (1983-10)(A)	Wessling Oppin (D)
Métaux / Éléments sur eau / lixiviat (ICP-OES)	DIN EN ISO 11885 (2009-09)(A)	Wessling Oppin (D)
Hydrogénocarbonates	DIN 38405 D8 (1971)(A)	Wessling Oppin (D)
Alcalinité TA, TAC ( Calcul)	NF EN ISO 9963-1	Wessling Paris (F)
Capacité acide/base sur eau/lixiviat	DIN 38409 H7 (2005-12)(A)	Wessling Oppin (D)

Commentaires :

Pour parfaire la lecture de vos résultats, les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice. Les métaux réalisés après minéralisation sont les éléments totaux. Sans minéralisation, il s'agit des éléments dissous.

Signataire Technique

**Célia BARETGE**

Responsable Service Client



## **ANNEXE 7 : Classification des missions géotechniques types**

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

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

### **ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)**

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

#### Phase Étude de Site (ES)

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

### **ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)**

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

#### Phase Avant-projet (AVP)

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

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

#### Phase Projet (PRO)

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

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

#### Phase DCE / ACT

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

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

### **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).