



PALaiseau (91)  
**Étude géotechnique G2 phase AVP**

---

Rapport n° PR.77GT.19.0047 – 001 – 1<sup>ère</sup> diffusion – 19/07/2019

**PREFECTURE DE L'ESSONE**



*Liberté • Égalité • Fraternité*

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

**CONSTRUCTION DE LA SOUS-PREFECTURE DE PALAISEAU**

**ILE-DE-FRANCE EST**

54, rue de la Fontaine  
ZAE de la Fontaine  
77240 CESSON

☎ +33 (0)1 64 10 72 50  
✉ [cesson@fondasol.fr](mailto:cesson@fondasol.fr)

# SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	19/07/2019	77	1 <sup>ère</sup> diffusion	PEREIRA	ZERHOUNI
A					
B					
C					

REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C
1	•				41	•				81				
2	•				42	•				82				
3	•				43	•				83				
4	•				44	•				84				
5	•				45	•				85				
6	•				46	•				86				
7	•				47	•				87				
8	•				48	•				88				
9	•				49	•				89				
10	•				50	•				90				
11	•				51	•				91				
12	•				52	•				92				
13	•				53	•				93				
14	•				54	•				94				
15	•				55	•				95				
16	•				56	•				96				
17	•				57	•				97				
18	•				58	•				98				
19	•				59	•				99				
20	•				60	•				100				
21	•				61	•				101				
22	•				62	•				102				
23	•				63	•				103				
24	•				64	•				104				
25	•				65	•				105				
26	•				66	•				106				
27	•				67	•				107				
28	•				68	•				108				
29	•				69	•				109				
30	•				70	•				110				
31	•				71	•				111				
32	•				72	•				112				
33	•				73	•				113				
34	•				74	•				114				
35	•				75	•				115				
36	•				76	•				116				
37	•				77	•				117				
38	•				78					118				
39	•				79					119				
40	•				80					120				

# SOMMAIRE

<b>A.</b>	<b>Présentation de notre mission</b>	<b>5</b>
A.1.	Mission selon la norme NF P94-500	5
A.2.	Description du projet	6
A.3.	Programme d'investigations géotechniques	10
<b>B.</b>	<b>Descriptif général du site et approche documentaire</b>	<b>11</b>
B.1.	Description générale du site	11
B.2.	Contexte géologique	12
B.3.	Enquête documentaire sur les risques naturels recensés	13
<b>C.</b>	<b>Résultats des investigations in situ</b>	<b>17</b>
C.1.	Résultats des sondages	17
C.2.	Aspects géomécaniques	17
C.3.	Résultats des essais et analyses en laboratoire	18
C.4.	Niveaux d'eau	18
C.5.	Agressivité des eaux et des sols – Analyses chimiques	19
<b>D.</b>	<b>Études des ouvrages géotechniques (G2 AVP)</b>	<b>21</b>
D.1.	Conditions générales de terrassement	21
D.2.	ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS	21
D.2.1.	Fondations superficielles – semelles	22
D.2.2.	Ébauche dimensionnelle d'une fondation profonde par pieux	24
D.2.3.	Sujétions et dispositions pour les fondations profondes	26
D.2.4.	Ébauche dimensionnelle d'une fondation par radier	27
D.3.	Assise des dallages (hors radier)	29
D.3.1.	Principes généraux de mise en œuvre	29
D.3.2.	Modules de déformation des sols sous dallages	30
D.4.	Couche de forme des voiries	31
D.4.1.	Préparation du terrain et définition de la PST et de l'arase	31
D.4.2.	Couche de forme	31
D.4.3.	Structure de chaussée	31
D.4.4.	Sujétions d'exécution	32
	<b>ANNEXES</b>	<b>34</b>
1.	Conditions Générales de service	
2.	Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	
3.	Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	
4.	Plan de situation	
5.	Implantation des sondages	
6.	Descente de charges	
7.	Plan et coupe de projet	

- 8. **Résultats des sondages** \_\_\_\_\_
- 9. **Resultats des essais laboratoire** \_\_\_\_\_
- 10. **Predimensionnement des pieux** \_\_\_\_\_

# A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

Maître d'Ouvrage : Etat / Préfecture de l'Essone

Maître d'œuvre : BATISERF Ingénierie

Devis : DE.IPE.19.03.05I\_revI

Commande : 30/05/2019

## A.1. Mission selon la norme NF P94-500

Mission : G2-AVP selon norme NF P94-500 (Missions d'Ingénierie Géotechnique Types – Révision de novembre 2013)

Objectifs définis dans notre devis :

- L'étude préliminaire du site,
- Le suivi et l'analyse des résultats des investigations,
- La synthèse du contexte géologique et géomécanique du site et l'analyse de son influence sur le projet,
- La caractérisation des aléas géologiques identifiés et risques géotechniques associés.
- La caractérisation de l'agressivité du sol et de la nappe vis-à-vis des bétons
- Les hypothèses géotechniques pour la justification des ouvrages géotechniques, et les principes d'adaptation au site (contraintes de calculs ELS et ELU),
- L'ébauche dimensionnelle géotechnique des éléments de fondation,
- l'ébauche pré-dimensionnelle des structures de chaussées.

Notre mission ne comprend pas :

- l'ébauche dimensionnelle des ouvrages de soutènement
- l'étude détaillée du risque de liquéfaction des sols du site sous séisme.

### Remarque importante :

Nos études géotechniques ne concernent pas les projets géothermiques ; des études géologiques, hydrogéologiques et thermiques spécifiques, aux profondeurs requises pour ces projets, doivent être menées pour analyser les aléas particuliers qui pourraient y être liés (notamment risque de mise en communication de nappes, d'artésianisme, de sols gonflants, etc.).

L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes, ni de définir les filières d'évacuation des déblais. Documents à notre disposition pour cette étude

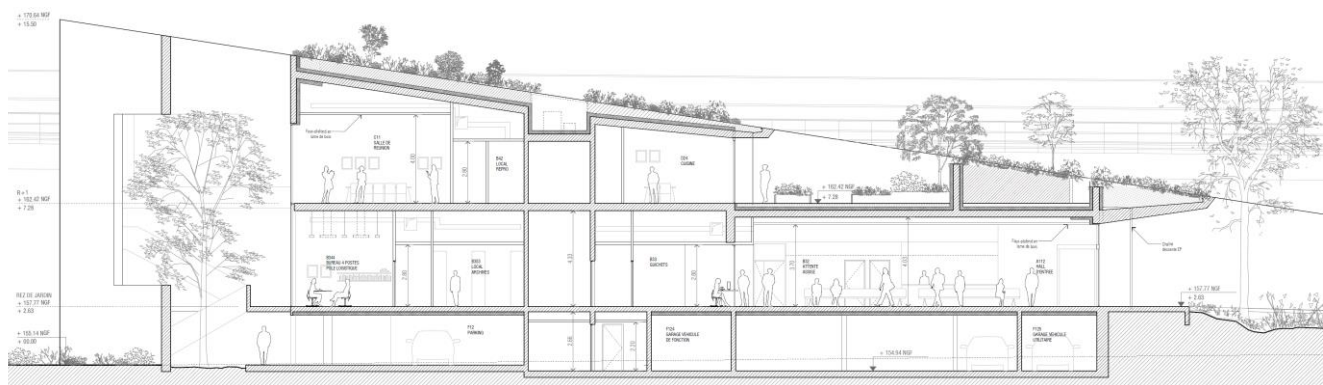
- [1]. Le dossier de cahier des charges de reconnaissances géotechniques (01/03/2019).
- [2]. Etude géotechnique missions G1 + G2 AVP, réalisée par Esiris Ingénierie, réf. N°17.3.1880/I-Ind.0 (27/02/2017).
- [3]. Vues en plan : Assise des ouvrages ST01 – Avant-Projet détaillé, daté 05/2019 échelle 1/100.
- [4]. Coupes sur projet établies par MARS Architectes– Avant-Projet détaillé, daté 05/2019 échelle 1/100.

## A.2. Description du projet

La vue 3D ci-après montre la configuration du bâtiment.



La dalle du niveau bas du projet se trouve à 154.14 NGF. Ceci conduit à un niveau de plateforme du bâtiment vers 153.9 NGF.

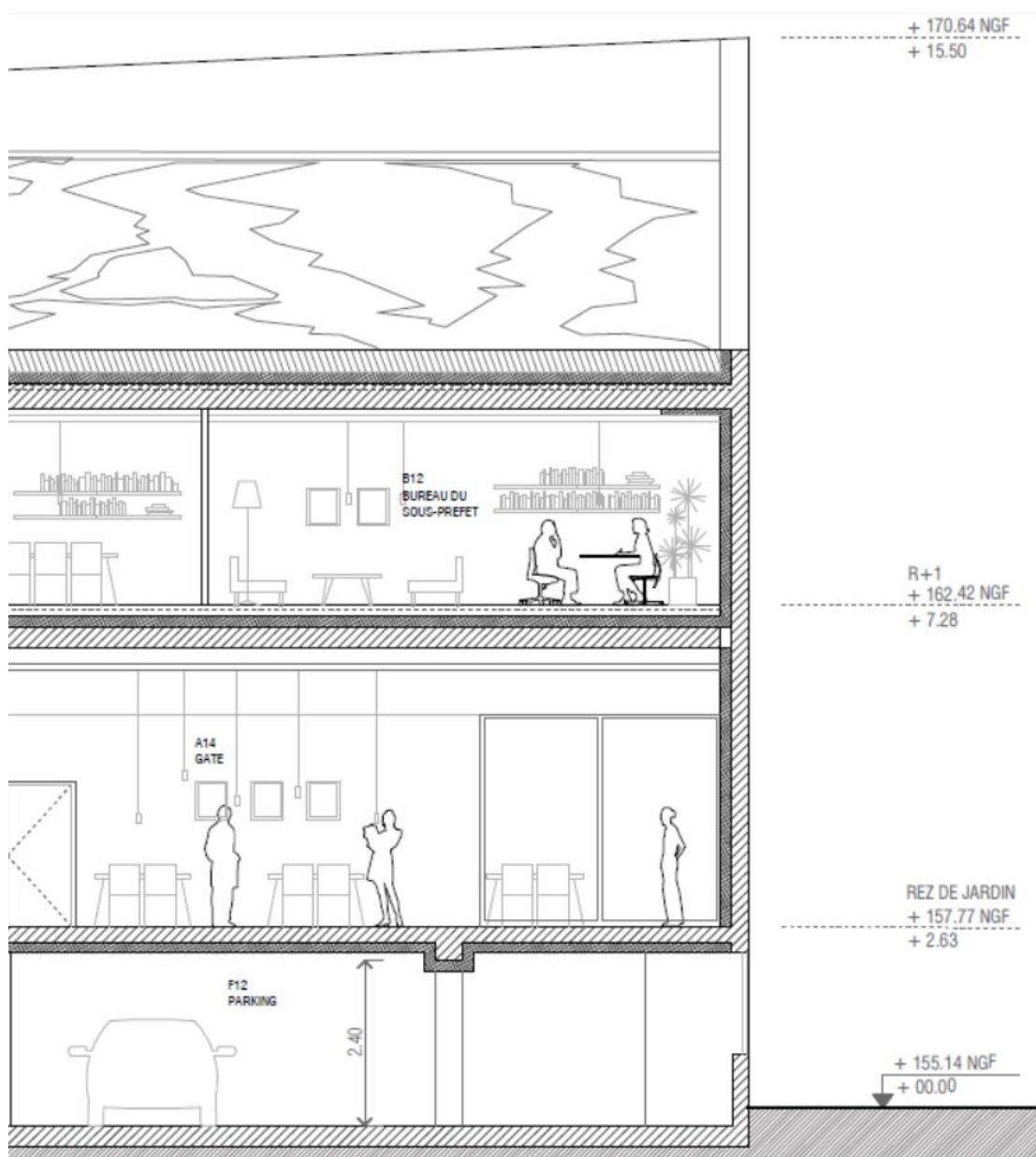


PAGE 6





La position et la cote des différents planchers sont rappelées sur l'extrait de plan ci-après.



La descente de charges (AVP) nous a été transmise en détail par le BET. La synthèse de cette descente de charges est rappelée dans le tableau suivant. Le repérage des appuis figure sur l'extrait de plan donné en annexe.



Synthèse de la DDC (les numéros des appuis sont détaillés en annexe) :

Appui	G (kN)	Q (kN)	G + Q
1	760	200	960
2	760	200	960
3	490	140	630
4	990	290	1280
5	990	290	1280
6	990	290	1280
7	820	240	1060
8	300	140	440
9	140	30	170
10	510	70	580
11	1800	490	2290
12	1140	220	1360
13	880	160	1040
14	790	150	940
15	190	50	240
16	110	20	130
17	130	70	200
18	1660	400	2060
19	250	130	380

Appui	G (kN)	Q (kN)	G + Q
20	2010	890	2900
21	1260	420	1680
22	560	30	590
23	390	50	440
24	240	120	360
25	240	120	360
26	320	170	490
27	360	190	550
28	190	100	290
29	190	100	290
30	1220	210	1430
31	1160	200	1360
32	140	70	210
33	140	70	210
34	190	100	290
35	70	40	110
36	70	40	110
37	100	30	130

### A.3. Programme d'investigations géotechniques

Pour répondre aux objectifs de l'étude, nous avons réalisé les sondages et essais suivants :

#### ESSAIS IN SITU

Sondages	SPI	SP2	SP3	SC4	PM5	PM6
Type	Pressiométrique	Pressiométrique	Pressiométrique	Carotté	Pelle mécanique	Pelle mécanique
Profondeur	16 m	8 m	8 m	6 m	4 m	4 m
Essais	14	7	7	-	-	-
Équipement	-	-	-	Piézomètre	-	-
Nivellement (NGF)	154.8	155.8	154.7	155.6	155.6	156.4

- 3 sondages pressiométriques (SPI à SP3) réalisés au taillant en rotopercussion et descendus entre 8 et 16 m de profondeur/TN, avec réalisation de 28 essais pressiométriques Ménard répartis dans ces forages.
- 1 sondage carotté (SC4) descendu à 6 m de profondeur/TN, avec prélèvement en caisses à carottes, et d'échantillons intacts, photographies, et description lithologique détaillée.
  - L'équipement du sondage SC4 avec un tube piézométrique en PVC D50 mm intérieur, protégé par une tête cadénassée hors sol.
- 2 sondages de reconnaissance géologique au tractopelle (PM5 à PM6) descendus à 4 m de profondeur/TN, avec prélèvement d'échantillons pour essais en laboratoire.

Le nivellement des sondages est noté sur les coupes présentées en annexe.

Note : Nous avons rattaché les cotes des têtes de sondage au nivellement NGF en prenant sur le plan topographique qui nous a été fourni, un repère coté à 154,00 m NGF.

#### ESSAIS AU LABORATOIRE

Le tableau suivant récapitule les essais qui ont été effectués et les profondeurs des échantillons testés.

Essais de laboratoire	Profondeur (m)	W <sub>n</sub> (NF P94-050)	Limites d'Atterberg (NF P94-051 et NF P94-052)	VBS (NF P94-068)	Granulo (NF EN ISO 17892-4)	Poids volumique (NF P94-053)
PM5	0.50 - 1.50	x	x	x	x	x
PM5	1.50 - 3.00	x	x	x	x	x
PM6	1.00 - 2.00	x	x	x	x	x
PM6	3.00 - 4.00	x	x	x	x	x

En outre des analyses chimiques ont été effectués par le laboratoire WESESLING (sous-traitant) sur 2 échantillons de sol et 1 échantillon d'eau souterraine, avec notamment : teneur en chlorures et teneur en sulfates.

Figurent en annexe du rapport :

- un plan de situation,
- un plan d'implantation des sondages,
- les coupes lithologiques,
- les résultats des essais sur site,
- les procès-verbaux des analyses en laboratoire.

## B. DESCRIPTIF GENERAL DU SITE ET APPROCHE DOCUMENTAIRE

### B.1. Description générale du site

Adresse du site : Avenue de la Vauve

Parcelle cadastrale : 187/241

Superficie du terrain : 6500 m<sup>2</sup> environ

Altitude du site selon la carte IGN du secteur : environ 155 m NGF

Au droit de l'emprise du projet, l'altimétrie de nos points de sondage varie entre les cotes 156,4 NGF et 154,7 NGF, soit un dénivelé de 1,7 m entre sondages.

Le terrain présente une légère pente ( $\approx 1$  à 2%) ascendante vers le sud.

Lors de notre intervention, le terrain était vierge de toute construction apparente.

Il est couvert d'une faible végétation.

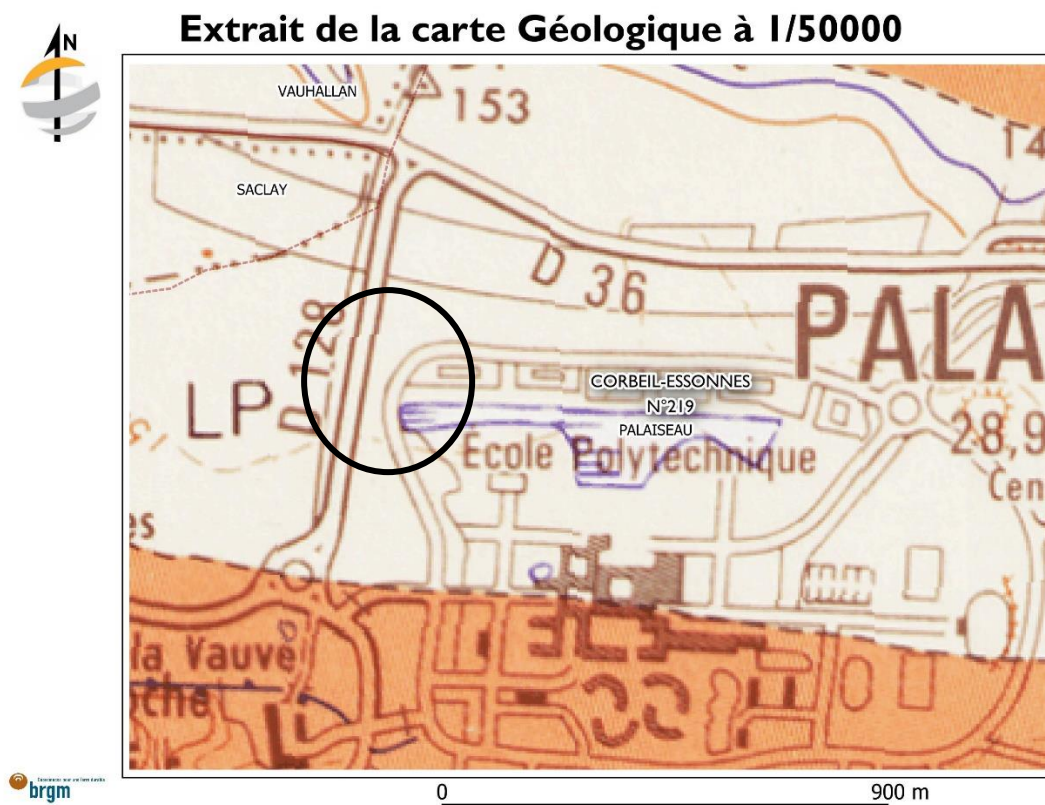


Photographie aérienne du site (Google Maps ©)

## B.2. Contexte géologique

D'après la carte géologique de CORBEIL-ESSONNES au 1/50 000<sup>ème</sup> ([infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)), les sols du site devraient correspondre, de haut en bas, à :

- Limons des Plateaux;
- Argile à Meulière de Montmorency.



Extrait de la carte géologique de CORBEIL-ESSONNES au 1/50 000<sup>ème</sup>

### B.3. Enquête documentaire sur les risques naturels recensés

#### LISTE DES ARRETES DE CATASTROPHE NATURELLE PUBLIES SUR LA COMMUNE

Nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles : 13

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
91PREF19990156	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 8

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
91PREF19880047	23/07/1988	23/07/1988	19/10/1988	03/11/1988
91PREF19920043	31/05/1992	31/05/1992	16/10/1992	17/10/1992
91PREF19950006	21/01/1995	23/01/1995	18/07/1995	03/08/1995
91PREF19980062	05/08/1997	06/08/1997	15/07/1998	29/07/1998
91PREF20000041	07/07/2000	07/07/2000	30/11/2000	17/12/2000
91PREF20000042	23/07/2000	24/07/2000	30/11/2000	17/12/2000
91PREF20160656	28/05/2016	05/06/2016	08/06/2016	09/06/2016
91PREF20190005	11/06/2018	11/06/2018	24/12/2018	30/01/2019

Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
91PREF19910036	01/06/1989	31/12/1990	12/08/1991	30/08/1991

Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : 3

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
91PREF19970015	01/01/1991	31/01/1997	28/05/1997	01/06/1997
91PREF20000065	01/02/1997	31/12/1997	27/12/2000	29/12/2000
91PREF20040009	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004

#### LISTE DES PLANS DE PREVENTION DES RISQUES (PPR) ET DATE DE PRESCRIPTION

- PPRn Inondation pour le risque d'inondation de la vallée de l'Essonne, prescrit le 18/06/2012.

#### RECAPITULATIF DES RISQUES RECENSES SUR LA COMMUNE

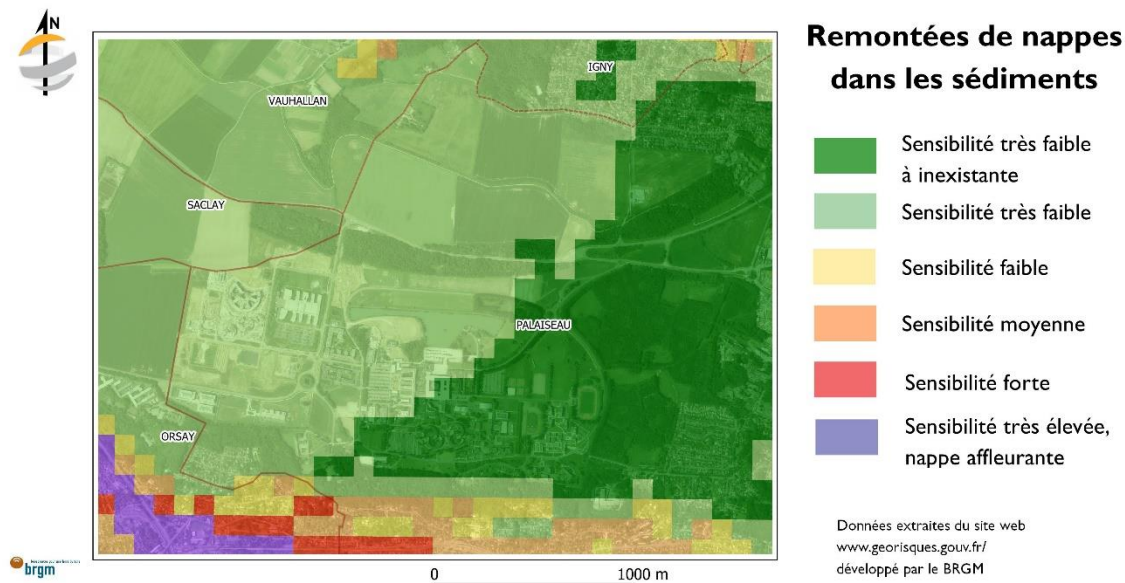
Il appartient aux concepteurs du projet de s'assurer que le projet n'est pas concerné par les risques déjà répertoriés.

Risque	Aléa / sensibilité
Inondations, remontées de nappe	<b>Sensibilité très faible</b> (cf. PPRn)
Retrait-gonflement	Aléa moyen
Cavités	Pas de cavité répertoriée
Glissement de terrain	Pas d'aléa répertorié à moins de 800 m
Risque sismique	Zone de sismicité I



### RISQUE INONDATION / REMONTEE DE NAPPE

Une carte des remontées de nappe est disponible sur le site [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr). Elle indique que le terrain concerné par l'étude est situé dans une zone de sensibilité très faible.



Extrait de la carte des remontées de nappe

### RISQUE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Une carte des argiles sensibles au retrait / gonflement disponible sur le site [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr) indique que le risque d'argiles gonflantes, à l'emplacement du projet est moyen.



Extrait de la carte de sensibilité au retrait-gonflement des argiles

### RISQUE CAVITES

Il n'y a pas de cavités répertoriées dans le secteur (données issues de [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)).



### Cavités Souterraines

- Cave
- Carrière
- Naturelle
- Indéterminée
- Galerie
- Ouvrage civil
- Ouvrage militaire
- Puits
- Souterrain

Données extraites du site web  
[www.georisques.gouv.fr/](http://www.georisques.gouv.fr/)  
développé par le BRGM

Extrait de la carte de localisation des cavités répertoriées

### RISQUE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Il n'existe pas glissements de terrain répertoriés dans le secteur. (données issues de [www.georisques.gouv.fr/](http://www.georisques.gouv.fr/)).



### Mouvements de terrain

- Glissement
- Eboulement
- Coulée
- Effondrement
- Erosion des berges

Données extraites du site web  
[www.georisques.gouv.fr/](http://www.georisques.gouv.fr/)  
développé par le BRGM

Extrait de la carte de localisation des mouvements de terrain connus

### RISQUE SISMIQUE

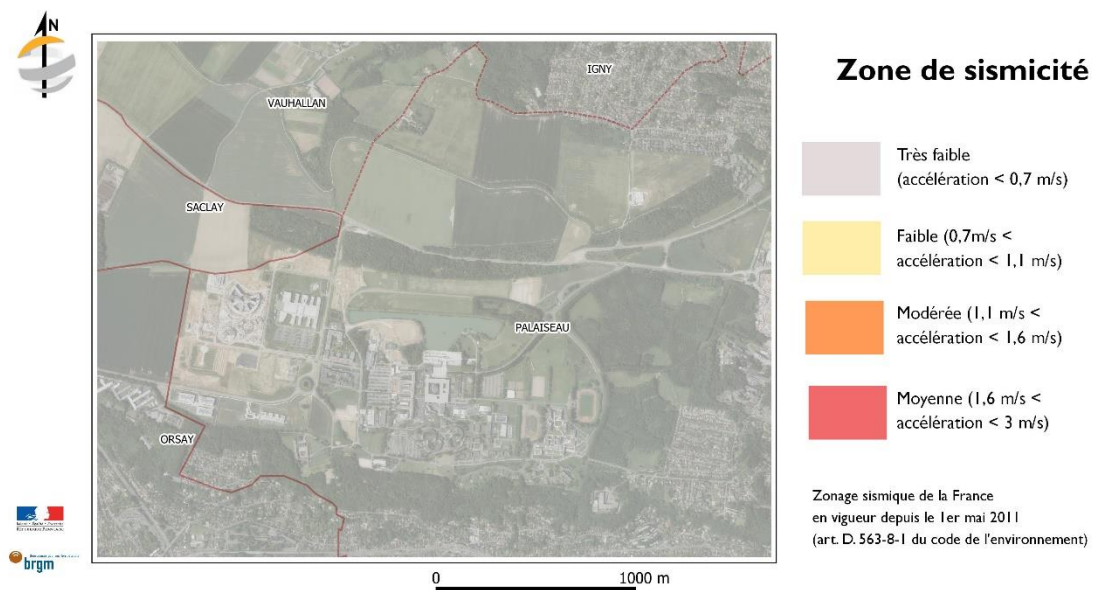
Le gouvernement a publié au journal officiel du 22 octobre 2010 deux décrets relatifs au nouveau zonage sismique national et un arrêté fixant les règles de construction parasismique telles que les règles Eurocode 8. Il s'agit des documents suivants :

- décret n°2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- décret n°2010-1255 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français ;



- arrêté du 22 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

Le site est situé en zone de sismicité très faible.



Extrait de la carte de zonage sismique

# C. RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN SITU

## C.1. Résultats des sondages

Les sondages ont permis de mettre en évidence, après les sols remaniés de surface, la coupe lithologique suivante :

- De 0.0 à 4.0m environ de profondeur moyenne : Des limons argileux à très argileux, pouvant être associés à la formation des **Limons des Plateaux**
- De 4.0 à 11.5 m de profondeur environ : des argiles plus ou moins limoneuses et sableuses avec des graviers, cailloutis et blocs siliceux (blocs de meulière), associés à la formation des **Argile à Meulière**
- À partir de 11.5 m de profondeur/TN : des sables fins à très fins, pouvant être associés aux **Sables de Fontainebleau**. Cette formation peut comporter des niveaux très indurés et des blocs de grès.

Nota : La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. En particulier, ils ne permettent pas de déterminer la granulométrie exacte des horizons ou d'identifier la présence d'éléments grossiers ou blocs.

Nous récapitulons dans le tableau ci-dessous, la profondeur et la cote approximative de la base des formations au droit de chaque sondage :

	SPI	SP2	SP3	SC4	PM5	PM6
Nature de la formation	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)	Prof (cote)
Couche 1 : Limons des Plateaux	3.5 m (151.3)	5.0 m (150.8)	4.0 m (150.7)	E.I.	4.0 m (151.6)	4.0 m (152.4)
Couche 2 : Argile à Meulière	11.5 m (143.3)	>8.0 m* (147.8)	>8.0 m* (146.7)	>6.0 m* (149.6)	>4.0 m*	>4.0 m*
Couche 3 : Sables de Fontainebleau	>16.0 m* (138.8*)	-	-	-	-	-

\*Jusqu'à la base de nos sondages

## C.2. Aspects géomécaniques

Les caractéristiques mécaniques des sols ont été mesurées in situ à partir des essais pressiométriques. Elles sont récapitulées dans le tableau ci-dessous:

		Essais pressiométriques								Consistance / compacité*
N °	Formation	Pression limite nette PI* (MPa)				Module pressiométrique E <sub>M</sub> (MPa)			Nb valeurs	
		Min	Max	Moy arith (1)	Ecart-type	Min	Max	Moy harm (2)		
1	Limons des Plateaux	0.32	1.22	0.62	0.27	2.0	12.2	4.4	13	Très mous à fermes
2	Argile à Meulière	1.33	4.90	2.64	1.17	9.4	263.0	21.3	12	Raides à très raides
3	Sable de Fontainebleau	4.81			-	143.0	168.3	155.4	3	Très denses

(1) Moyenne arithmétique (2) Moyenne harmonique

\* décrite selon la catégorie conventionnelle du tableau A.2.1 de la norme NF P94-261

### C.3. Résultats des essais et analyses en laboratoire

Ces résultats permettent de caractériser les sols testés au sens des normes NF EN ISO 14688-1 et 14688-2 relatives à la classification des sols, et au sens de la norme NF P11-300 relative à l'exécution des terrassements (GTR) :

- Formation n° 1 : des argiles limoneuses peu plastiques ;

La portance de ces sols peut varier en fonction de leur teneur en eau.

Des essais en laboratoire ont été effectués sur les matériaux décrits ci-dessus. Une synthèse des résultats est donnée sur le tableau ci-dessous :

#### Essai d'identification :

Sondage	Profondeur (m)	Faciès	W <sub>n</sub> en %	VBS	Passant à 50mm %	Passant à 80 µm %	GTR
PM5	0.50 – 1.50	Argile limoneuse gravelo-sableuse	18.2	2.32	92.9	47.8	C <sub>1</sub> A <sub>2</sub>
PM5	1.50 – 3.00	Argile limoneuse	18.6	3.36	100.0	83.0	A <sub>2</sub>
PM6	1.00 – 2.00	Argile limoneuse	22.4	3.53	100.0	94.8	A <sub>2</sub>
PM6	3.00 – 4.00	Argile sableuse	23.2	5.66	100.0	85.3	A <sub>2</sub>

Résultats des essais d'identification en laboratoire

Les résultats des essais en laboratoire effectués sur ces matériaux montrent qu'ils sont de type A2/CIA2 selon le GTR.

**Les matériaux de classe A2** sont des sols fins argileux et limoneux. Le guide précise que ce sont des sols qui se prêtent à une large gamme d'outils de terrassement si leur teneur n'est pas trop élevée.

**Les matériaux de classe CIA2** correspondent à des sols comportant des fines et gros éléments. Le comportement de ces matériaux se rapproche de celui de leur fraction fine soit dans notre cas de celui de matériaux de classe A2.

#### Paramètres chimiques :

##### Teneur en sulfate/nitrate :

Sondage	Profondeur (m)	Sulfates (SO <sub>4</sub> )		Nitrates (NO <sub>3</sub> )	
		(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(%)
PM5	3.0 - 4.0	250	0.025	10	0.001
PM6	1.0 - 2.0	140	0.014	10	0.001

Résultats des mesures de taux de nitrate et de sulfate

Pour qu'un sol soit traitable avec un mélange chaux/ciment, il faut que la teneur en sulfates soit inférieure à 0.5% (Catalogue des structures de chaussées de décembre 2003) et la teneur en nitrates inférieure à 3% (Centre de Recherche Routières, Guide pratique amélioration des sols).

D'après les essais effectués, les pourcentages de sulfate et nitrate sont inférieurs au seuil requis. Un traitement des matériaux à un mélange chaux/ciment est a priori envisageable.

### C.4. Niveaux d'eau

Lors de nos investigations, aucun niveau d'eau représentatif n'a été relevé dans les forages SP1, SP2 et SP3, ceux-ci ayant été faits à la boue bentonitique.

En revanche, un niveau d'eau a été relevé le 1 juin 2019, dans le sondage SC4 équipé d'un tube piézométrique, suite à la réalisation d'un air-lift.

Niveau d'eau	SC4	
	Prof. <sup>(1)</sup>	Cote <sup>(2)</sup>
Piézomètre	3.1	152.5

(1) Profondeur en mètre par rapport au niveau actuel du terrain ; (2) Cote NGF.

Il est à noter qu'en février 2017, lors de l'étude réalisée par ESIRIS, un niveau d'eau avait été relevé à 3,5m de profondeur dans le sondage SP2 le plus proche de l'emprise du projet.

Ces relevés indiquent la présence de poches ou de nappes perchées au toit des horizons peu perméables. Ces niveaux peuvent fluctuer en fonction des conditions météorologiques et des saisons.

Notre prestation comprend le suivi du niveau d'eau pendant 12 mois, dans le tube piézométrique installé dans le forage SC4, à raison d'un relevé par mois pendant cette période.

Il est à noter, compte tenu de la configuration du site, qu'en périodes humides, des circulations d'eau pourraient avoir lieu au-dessus des niveaux d'eau mesurés selon des cheminements préférentiels au toit des formations argileuses, comme les argiles à meulière.

Notre intervention ponctuelle dans le cadre de la réalisation de la présente étude ne permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes, dans la mesure où le niveau d'eau mentionné dans le rapport d'étude correspond nécessairement à celui relevé à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

## C.5. Agressivité des eaux et des sols – Analyses chimiques

Des échantillons de sols ont été prélevés entre 1 et 4 m de profondeur en PM5 et PM6 pour effectuer des analyses d'agressivité du sol vis-à-vis des bétons.

Les résultats des essais d'agressivité du sol sur le béton sont présentés dans le tableau suivant :

Sondage	Profondeur (m)	Faciès	Degré d'acidité (ml/kg)	Sulfates (SO <sub>4</sub> ) (mg/kg)
PM5	3.00 – 4.00	Argile limoneuse gravo-sableuse	4.0	250
PM6	1.00 – 2.00	Argile sableuse	13.0	140

Les résultats des essais réalisés sur les échantillons prélevés en PM5 et PM6 sont inférieurs à la limite base de la classe XA1. Ainsi ces sols testés se situent dans la classe d'agressivité XA1, selon la norme NF EN206/CN et constituent un environnement de faible agressivité chimique.

Un échantillon d'eau a été prélevé dans le piézomètre SC4 et des analyses d'agressivité de l'eau vis-à-vis du béton ont été réalisées par le laboratoire WESSLING.

Le résultat des essais effectués sur cet échantillon d'eau conduisent à :

Sondage	pH	Sulfates (mg/l)	CO <sub>2</sub> agressif (mg/l)	Ammonium (NH <sub>4</sub> ) (mg/l)
SC4/PZ	11.7	57	<3.0	0.3

Les résultats des essais réalisés sur l'échantillon d'eau prélevé en SC4 permettent de le classer en classe d'agressivité XA1 vis-à-vis des bétons, selon la norme NF EN206/CN.

Les résultats complets des essais figurent en annexe.

# D. ÉTUDES DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G2 AVP)

## D.1. Conditions générales de terrassement

Compte tenu de la cote de la plateforme du projet et de celle du terrain, les terrassements seront de faible ampleur. Les hauteurs de terrassements seront limitées (moins de 1m) et ne devraient pas poser de problèmes particuliers compte tenu de la nature des terrains.

Toutefois, étant en présence de sols limoneux et argileux très sensibles à l'eau, il est recommandé de prendre des dispositions afin d'assurer, son drainage efficace et la traficabilité de la plateforme et sa portance suffisante. Il est recommandé de faire les travaux en période sèche, plus favorable.

En cas d'évacuation de matériaux hors du site, il conviendra de définir le type de filière adapté.

D'une façon générale, l'entreprise devra adapter sa méthodologie d'exécution des travaux (terrassement, compactage,...) afin d'assurer l'assainissement, la traficabilité et la portance des plateformes et d'éviter de déstabiliser les ouvrages, réseaux et voiries pouvant être influencés par les travaux.

## D.2. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS

Compte tenu du projet et du contexte géotechnique mis en évidence par les reconnaissances, les solutions de fondations a priori envisageables peuvent être :

- Des fondations superficielles ou semi-profondes de types semelles superficielles ou massifs ancrés dans les limons des plateaux. Cette solution apparait suffisante pour des appuis faiblement à modérément chargés ;
- Une fondation superficielle par radier, ancré dans les limons des plateaux et permettant de répartir les charges au sol, notamment en cas d'appuis rapprochés ;
- Des fondations profondes par pieux pour les appuis très chargés et pour lesquels une solution de fondation superficielle s'avère peu adaptée.

Le choix du mode de fondation à retenir devra être examiné avec le Bureau d'études structure en fonction de l'amplitude des charges ramenées au sol et de leur distribution, compte tenu de la configuration de la structure du bâtiment.

## D.2.1. Fondations superficielles – semelles

### D.2.1.1. Modèle géotechnique

Au stade de l'ébauche dimensionnelle, nous avons retenu le modèle géotechnique suivant :

Nature du sol	Prof. de la base (m/TN)	$p_{le}^*$ (MPa)	$E_m$ (MPa)	$\alpha$
Limons des Plateaux	4.0	0.60	5.0	1/2
Argile à meulrières	11.5	2.00	20	2/3
Sables Fontainebleau	16.0	4.00	100	1/2

avec :  $\alpha$  le coefficient rhéologique du sol considéré

### D.2.1.2. Niveaux d'assise

Compte tenu de la nature du projet et du contexte géotechnique du site, on pourra fonder le bâtiment sur semelles ou puits isolés descendus et ancrés dans les limons des plateaux ou dans les argiles à meulrières sous-jacentes.

Une profondeur d'encastrement minimale par rapport au niveau fini extérieur d'au moins 2,0m, soit vers 153.1 NGF, sera à respecter afin d'assurer une assise des fondations dans les sols en place non remaniés et afin de protéger cette assise des effets du gel ou d'une dessiccation/humidification.

Les fondations devront être ainsi descendues au minimum à 2,0 m dans les Limons de Plateaux.

Compte tenu de la cote du niveau bas du projet, le niveau d'assise (ancrage compris) sera au droit de nos sondages de :

Sondage	SP1 (154.8)	SP2 (155.8)	SP3 (154.7)
Cote d'assise NGF	$\leq 153.1$	$\leq 153.1$	$\leq 153.1$
Profondeur (1)	1.7m	2.7m	1.6m

(1) Profondeur par rapport à la cote du sondage .

Le toit du sol d'assise est sujet à des variations altimétriques et le niveau d'assise des fondations sera à adapter afin de respecter l'ancrage prescrit et une assise dans les sols en place compacts et non remaniés. Il faudra provisionner des quantités de béton de rattrapage permettant de prendre en compte cet aléa.

### D.2.1.3. Contraintes de calcul

#### PAR LA METHODE PRESSIOMETRIQUE (SELON NF P94-261)

Pour une fondation isolée (filante) descendue et ancrée de façon homogène dans les limons des plateaux à 2,0 m de profondeur/TN, la pression limite nette  $p_{le}^*$  calculée sous la base de la fondation, et le facteur de portance  $k_p$  sont:

$$\begin{aligned} p_{le}^* &= 0.60 \text{ MPa} \\ k_p &= 1.0 \text{ compte tenu de la profondeur d'encastrement minimale à respecter} \\ q_0 &= 0 \text{ (négligée afin de compenser le poids propre du béton de la fondation)} \end{aligned}$$



Les contraintes de calcul sont alors:

$$q'_{ELS} = 0.21 i_{\delta} i_{\beta} \text{ MPa (Etats limites de service)}$$

$$q'_{ELU} = 0.35 i_{\delta} i_{\beta} \text{ MPa (Etats limites ultimes)}$$

Ces contraintes de calculs s'entendent pour des fonds de fouilles sains et non remaniés.

Nota : dans le cas d'une charge inclinée par rapport à la verticale, ou bien d'une fondation réalisée à proximité d'un talus, les coefficients respectivement  $i_{\delta}$  et  $i_{\beta}$  seront inférieurs à 1.

#### D.2.1.4. Exemples de calcul pour quelques fondations superficielles ou semi-profondes types

Dans le cadre de la phase G2 AVP, nous nous limiterons à un prédimensionnement vis-à-vis de la reprise des charges verticales centrées ; la stabilité au glissement et à l'excentrement des charges ou de charges inclinées devra être étudiée en phase G2 PRO.

Le dimensionnement structurel des fondations et des structures devra être confié à un BET structure spécialisé.

L'application des contraintes de calcul déterminées ci-avant aux charges aux ELS, conduit aux dimensions de fondation suivantes pour quelques charges types, et aux tassements associés suivants :

	Semelles isolées			
Charge ELS QP	250 kN	500 kN	960 kN	1430 kN
Dimensions	1,1m x 1,1 m	1,6m x 1,6m	2,1 m x 2,1 m	2,6 m x 2,6 m
Tassement estimé (cm)	1.0	1.2	1.5	1.7

	Semelles isolées			
Charge ELS QP	1680 kN	2060 kN	2290 kN	2900 kN
Dimensions	2,8m x 2,8 m	3,1m x 3,1m	3,3 m x 3,3 m	3,7 m x 3,7 m
Tassement estimé (cm)	1.8	1.9	2.0	2.1

Les tassements totaux calculés pour les charges ci-dessus sont de l'ordre de 2 centimètres et les tassements différentiels seront estimés de l'ordre du centimètre.

## D.2.2. Ébauche dimensionnelle d'une fondation profonde par pieux

### D.2.2.1. Exemple de type de pieux envisageable

Compte tenu du contexte géotechnique et de la descente des charges du projet, une solution de fondation profonde par pieux ancrés dans la base des argiles à meulrières (raides à très raides) ou ancrés dans le sable de fontainebleau très compact pourra également être envisagée.

L'étude des fondations profondes se fera conformément à l'EUROCODE 7 et à la norme d'application nationale NF P94-262 de Juillet 2012.

Pour l'ébauche dimensionnelle, nous utiliserons l'approche « modèle de terrain » et la méthode pressiométrique.

Dans le cadre de la phase AVP, nous nous limiterons à la reprise des charges verticales centrées ; la prise en compte d'efforts horizontaux devra être étudiée en G2 phase PRO.

A titre d'exemple, nous proposons des pieux de type foré à la tarière creuse (FTC), donc de classe 2 et de catégorie 6, selon la norme NF P94-262. Deux exemples de diamètres seront considérés : 720 et 820mm.

Les pieux devront être ancrés dans les argiles à meulrières raides à très raides que l'on rencontre dans nos sondages jusqu'à 11.5 m de profondeur/TN ou dans les sables de Fontainebleau sous-jacents.

### D.2.2.2. Modèle géotechnique et ébauche dimensionnelle

Conformément à la norme NF P94-262 d'application de l'EUROCODE 7, les valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques pris en compte (estimation prudente) permettent de retenir le modèle géotechnique suivant, pour le type de pieu proposé au § précédent :

Cote du terrain actuel : 155 m NGF

N°	Terrain	Cote de la base (NGF)	Classe de sols (NF P94-262)	pl* (MPa)	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	f <sub>sol</sub>	Frottement			Pointe	
							Courbe type	q <sub>s cal</sub> (kPa)	q <sub>s max</sub> (kPa)	k <sub>p</sub>	pl <sub>e</sub> * MPa
1	Limons des Plateaux	151.0	Argiles fermes	0.60	1.50	37	QI	55	90	-	-
2	Argile à meulrières	143.5	Argiles très Raides	2.0	1.50	46	QI	68	90	1.3	2.0
3	Sable de Fontainebleau	< 140	Sables très denses	4.8	1.80	46	QI	170	170	1.65	4.8

### Justification vis-à-vis des états limites de résistance du béton (STR)

Pour un béton de qualité f<sub>ck</sub> = 30 MPa, la résistance à la compression du béton de calcul retenue vaut :

#### Aux ELS

$$\sigma_{\text{moy}} = 0.3 \times k_3 \times f_{\text{ck}}^*$$

$$\sigma_{\text{moy}} = 6,67 \text{ MPa}$$

Avec :

$$f_{ck}^* = \inf (f_{ck}(t) ; C_{max} ; f_{ck}) / (k_1 \times k_2)$$

$k_1 = 1,35$  en pieux à la tarière creuse,

$k_2 = 1,00$  ( $\phi 720$  à  $\phi 820$ mm)

$k_3 = 1,00$

$C_{max} = 30$  MPa.

### Aux ELU

$$f_{cd} = \min (\alpha_{cc} \times k_3 \times f_{ck}^* / \gamma_c ; \alpha_{cc} \times f_{ck}(t) / \gamma_c ; \alpha_{cc} \times C_{max} / \gamma_c)$$

$f_{cd} = 17,72$  MPa

Avec :

$f_{ck}^*$  = définie dans le paragraphe précédent

$f_{cd}$  = contrainte de calcul du béton,

$\gamma_c = 1.5$  en situation durable et transitoire,

$\alpha_{cc} = 1.0$  pour un pieu armé sur toute sa hauteur.

## Prédimensionnement de la capacité portante des pieux (GEO)

### RESULTATS DES CALCULS (VOIR CALCULS EN ANNEXE)

Les calculs ont été effectués pour des pieux de type FTC (foré tarière creuse), de diamètre 720mm ancrés dans les argiles à meulrières ou dans le Sable de Fontainebleau, ou de 820mm ancrés dans le sable de Fontainebleau pour les charges élevées.

Les tableaux ci-après récapitulent les principaux résultats, dont le détail est fourni en annexe.

Diamètre pieu FTC : $\Phi 720$		
Profondeur(m) à compter de la cote 155 NGF	Portance ELS Caractéristiques $R_{c;cr;d}$ en kN	Portance ELS Quasi Permanent $R_{c;cr;d}$ en kN
9.0m (ancrage = Argile à meulrières)	1244	1018
12.5m (ancrage = Sable de Fontainebleau)	2665	2181

Diamètre pieu FTC : $\Phi 820$		
Profondeur(m) à compter de la cote 155 NGF	Portance ELS Caractéristiques $R_{c;cr;d}$ en kN	Portance ELS Quasi Permanent $R_{c;cr;d}$ en kN
13.5m (ancrage = Sable de Fontainebleau)	3521	2890

### D.2.3. Sujétions et dispositions pour les fondations profondes

L'étude détaillée du projet et des principes d'exécution relève de la phase PRO de l'étude géotechnique G2. Nous nous limiterons dans le cadre de la G2 AVP à lister les principes généraux.

La profondeur d'ancrage réelle des pieux devra être adaptée en fonction des variations des horizons géologiques.

La technique d'exécution retenue (outils et méthodes de forage) devra permettre d'atteindre les fiches et niveaux d'ancrage demandés en tenant compte de la résistance des terrains traversés mais aussi de la présence de blocs et de niveaux indurés dans les argiles à Meulières (blocs de meulières) et dans les sables de Fontainebleau (blocs de grès) et de la présence d'eau dans le sol.

La rencontre de blocs pourra gêner le forage des pieux et nécessiter l'utilisation d'outils ou de techniques adaptés.

Afin d'éviter la prise en compte d'un effet de groupe pour les pieux, on respectera une distance entraxe supérieure à trois fois le diamètre de pieu utilisé.

Il est obligatoire selon la norme d'application de l'Eurocode 7 sur les fondations profondes NF P94-262 d'envisager la réalisation d'essais de contrôle sur les pieux.

Le phasage de réalisation du projet sera soigneusement étudié par l'entrepreneur titulaire du marché au stade des études d'exécution et ceci afin de tenir compte des interfaces avec les travaux et l'existant.

## D.2.4. Ébauche dimensionnelle d'une fondation par radier

### D.2.4.1. Modèle géotechnique

Les calculs de capacité portante et de tassements des radiers (fondations superficielles) dans le cadre de la présente ébauche dimensionnelle respectent les prescriptions de la norme NF P94-261.

Au stade de l'ébauche dimensionnelle, nous avons retenu le modèle géotechnique suivant pour un radier établi vers la cote 154.5 m NGF et assis sur les Limons de Plateaux par l'intermédiaire d'une couche de forme soigneusement réalisée de 40cm d'épaisseur au moins :

Nature du sol	profondeur de la base sous le radier	Module de young E (MPa)
Couche de forme	0.4m	45
Limons des Plateaux	4.0m	10
Argile à meulière	11.5m	30
Sables Fontainebleau	> 16m	200

### D.2.4.2. Contrainte de calcul et tassement associé

Compte tenu du nombre de niveaux du bâtiment projeté et des charges envisagées, on estime la contrainte maximale répartie sollicitant le sol à la base du radier à :

$$\sigma_{ELS} \leq 0.06 \text{ MPa (60 kPa)}$$

La contrainte admissible de calcul peut être évaluée à partir des caractéristiques pressiométriques conformément à la norme NF P94-261, comme suit :

$$\begin{aligned} p_{le}^* &= 0.60 \text{ MPa} \\ k_p &= 0.8 \end{aligned}$$

d'où :

$$q'_{ELS} = 0.17 \text{ MPa (Etats limites de service)}$$

Cette valeur de calcul, largement supérieure à la contrainte apportée par le radier, permet de justifier la capacité portante du sol d'assise du radier.

L'estimation du tassement sous le radier peut se faire en première approche en considérant le sol comme élastique et avec une diffusion de la contrainte apportée par le radier sur les couches sous jacentes de Limon des Plateaux et des argiles à meulière, à partir de l'expression :

$$s = \sigma_{ELS} \cdot \sum (H_i/E_i) \times 0.7$$

avec  $H_i$  et  $E_i$  respectivement : l'épaisseur et le module de la couche de sol  $i$

Ainsi évalué le tassement calculé s'élève à :  $s \approx 2.6$  cm.

Cette valeur paraît admissible pour un radier sous réserve de l'appréciation du BET Structures.

Il conviendra en phase PRO de la mission G2, d'évaluer plus précisément les tassements sous radier, en tenant compte de sa rigidité, et de la répartition des descentes de charge et en tenant compte de l'interaction sol-structure.

#### D.2.4.3. Dispositions constructives

Afin de protéger les sols d'assise contre les effets du gel, il conviendra de prévoir :

- Soit la réalisation d'un bêche périphérique descendue jusqu'à la profondeur de hors gel ;
- Soit la réalisation d'une purge et d'une substitution par des matériaux d'apports non gélifs, surmontée de la couche de forme sous radier, de manière à reconstituer une assise portante et insensible au gel ou aux variations de teneur en eau ;
- Soit d'assurer une profondeur d'encastrement du radier par rapport au niveau du sol fini extérieur supérieure à la profondeur de garde hors gel, estimée ici à 0.7m.

## D.3. Assise des dallages (hors radier)

### D.3.1. Principes généraux de mise en œuvre

Pour le plancher bas, on pourra envisager de réaliser un dallage sur terre-plein sous réserve de respecter les recommandations ci-après:

- Travailler par temps sec;
- Décaper la terre végétale et les sols comportant des racines sur toute leur épaisseur ;
- Décaper les remblais et sols remaniés et surépaisseur de sols jusqu'à une cote minimale de 40 cm sous la sous-face des futurs dallages ; On réalisera une fermeture (léger recompactage) du sol support sans remanier le fond de forme.
- Prévoir un drainage permettant d'assurer la pérennité de la portance de plate-forme ;
- Réalisation d'un drainage périphérique permettant de capter et collecter les eaux d'infiltrations superficielles et de ruissellement et de les éloigner de la plateforme d'assise du bâtiment et des dallages, les sols d'assise étant sensibles aux variations de teneur en eau ;
- Pour atteindre la cote projet, la mise en œuvre d'un remblai d'apport granulaire et correctement compacté par couches d'épaisseur adaptée suivant le GTR ; Il est recommandé au préalable de disposer un géotextile de séparation et filtration en fond de forme.
- Mettre en œuvre une couche de forme en matériaux granulaires non évolutifs (par exemple grave non traitée GNT ou concassé de roche dure 0/40 mm avec moins de 12 % de passant à 80  $\mu$ m et VBS  $\leq 0,1$ , insensible à l'eau), soigneusement compactée.

On n'utilisera pas de graves issues de la filière du recyclage sous l'emprise du futur bâtiment (cf DTU 13.3).

L'entreprise devra adapter les modes de mise en œuvre et de compactage aux caractéristiques du site, au matériau retenu et au matériel dont elle dispose, afin d'obtenir les critères de réception demandés.

- L'épaisseur de couche de forme sous dallage sera de **30 cm minimum**, à adapter selon l'état hydrique et la portance du sol support au moment des travaux.
- La plate-forme d'assise des dallages devra nécessairement être contrôlée par des essais à la plaque pour vérifier la mise en œuvre des remblais et de la couche de forme. On cherchera à obtenir au minimum (cf. DTU13-3) :

- Module de Westergaard :  $K_w \geq 50 \text{ MPa/m}$  (DTU 13.3)

- Module de second cycle EV2 :  $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$

Si l'on cherche à obtenir des valeurs de réception de plate-forme plus élevées que ci-dessus, ou bien en cas de pluie, il faudra augmenter l'épaisseur de la couche de forme.

- Désolidariser la dalle des structures verticales adjacentes.



### **Remarques :**

- La présence d'eau en fond de forme pourra nécessiter un drainage provisoire et un pompage d'évacuation.
- Toute hauteur de remblai supplémentaire, y compris des remblais paysagers périphériques au bâtiment, est à éviter sous peine de tassements supplémentaires.
- L'épaisseur de la couche de forme dépendra des conditions météorologiques au moment de sa mise en œuvre. C'est pourquoi au démarrage du chantier nous recommandons la réalisation de planches d'essais (vérifiées par essais de plaque) afin de préciser l'épaisseur de la couche de forme pour atteindre les objectifs de portance.
- la mise en œuvre de la couche de forme devra se faire au fur et à mesure du décapage et des décaissements éventuels afin de ne pas exposer les arases aux conditions météorologiques.

### **D.3.2. Modules de déformation des sols sous dallages**

Les modules de déformation du sol  $E_s$  à retenir pour le calcul des dallages sont estimés à partir du module pressiométrique  $E_M$  et du coefficient rhéologique  $\alpha$ .

Nous avons relevé un profil géomécanique-type :

	Sondage	Profil géotechnique
N°	Type de sol et profondeur correspondante	profondeur correspondante <b>module <math>E_s</math></b>
-	Couche de forme graveleuse compactée et contrôlée par essais de plaque	<b><math>E_s = 45 \text{ MPa}</math></b>
1	Limons des Plateaux	De 0.5 à 4.0 m <b><math>E_{s1} = 10 \text{ MPa}</math></b>
2	Argile à meulrières	De 4.0 à 11.5 m <b><math>E_{s2} = 30 \text{ MPa}</math></b>
3	Sables Fontainebleau	De 11.5 à >16 m <b><math>E_{s3} = 200 \text{ MPa}</math></b>

Nota : L'hétérogénéité devra être prise en compte et les calculs de dallages devront être menés avec l'ensemble de ces valeurs et profils géomécaniques.

## D.4. Couche de forme des voiries

### D.4.1. Préparation du terrain et définition de la PST et de l'arase

Compte tenu des matériaux rencontrés (limons, limons argileux de classe A2) et selon le GTR 92, la partie Supérieure des terrassements sera a priori de type PST N° 2. La classe d'arase devrait être de type ARI.

On mettra en œuvre une couche de forme en matériau naturel, inerte et non évolutif (matériaux graveleux de classe D2I ou D3I) de 0,50 m d'épaisseur. On intercalera un géotextile de séparation entre la couche de forme et le sol en place.

Le compactage sera réalisé par couches unitaires de faible épaisseur. Il sera contrôlé en réalisant des essais à la plaque sur la couche de forme et à mi-hauteur dès que l'épaisseur de remblai de rehausse dépasse 1 m. On exigera en couche finale :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$ .
- $EV2/EV1 < 2$ ,

La réalisation de planches d'essai vérifiées par des essais à la plaque permettra d'optimiser les épaisseurs de couche de forme.

Les matériaux retenus devront être insensibles à l'eau, conformes à la norme NF P11-300 et en particulier répondre aux exigences suivantes :  $VBS < 0,1$ ,  $MDE < 45$  et passant à  $80 \mu\text{m} < 12 \%$ .

### D.4.2. Couche de forme

Afin d'obtenir une plateforme de type PF2 ( $EV2 > 50 \text{ MPa}$ ), il sera nécessaire de mettre en œuvre une couche de forme en matériaux sains, non évolutifs (avec un passant à  $80 \mu\text{m}$  inférieur à 12 %) de type D2I ou D3I, écrêtés à 80 mm, mis en œuvre par couches minces et soigneusement compactées.

Le module de déformabilité sur la plate-forme support de chaussée sera vérifié par des essais à la plaque, on exigera  $EV2 > 50 \text{ MPa}$ .

A titre indicatif, on pourra retenir que dans les conditions à la date de notre intervention (période estivale très sèche), l'épaisseur de couche de forme en matériaux insensibles à l'eau de type D3I soigneusement mis en œuvre, pour obtenir les objectifs ci-dessus, est de 40 cm suivant le GTR 92 avec l'intercalation d'un géotextile anti contaminant à l'interface PST – couche de forme (ou de 50 cm sans géotextile).

Ces épaisseurs ne sont données que comme ordre de grandeur. Elles sont fortement variables, en fonction des conditions climatiques, de drainage, l'exposition du fond de forme, et de la mise en œuvre, en période pluvieuse des épaisseurs de

Les épaisseurs devront être adaptées sur le chantier en fonction des résultats des contrôles effectués (planche d'essais préalable) et du trafic prévu sur chaussée.

### D.4.3. Structure de chaussée

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution et ne constituent pas un dimensionnement du projet.

Nous avons étudié le cas d'une structure de chaussée souple avec un revêtement bitumineux (GB3/GB3) pour un trafic TCI, soit 100 000 à 200 000 PL sur 20 ans (les hypothèses de trafic devront être validées par la maîtrise d'ouvrage) :

Tableau I : Structure de la voirie

Structure de chaussée		
Epaisseur (cm)	Couche superficielle	6 cm de BBS
	Couche de base	9 cm de GB3
	Couche de fondation	
	Couche de forme	40 cm (cf paragraphe précédent)

#### D.4.4. Sujétions d'exécution

Pour réaliser la couche de forme sous la voirie, il faudra :

- Travailler par temps sec.
- Décaper la terre végétale et les sols comportant des racines sur toute leur épaisseur.
- Refermer le fond de forme.
- Disposer un géosynthétique de séparation en fond de forme.
- Mettre en œuvre une couche de forme en matériaux sains et non évolutifs (grave non traitée GNT ou concassé de roche dure 0/40 mm avec moins de 12 % de passant à 80  $\mu$ m pour qu'il soit insensible à l'eau), soigneusement compactée.

L'entreprise devra adapter les modes de mise en œuvre et de compactage aux caractéristiques du site (notamment l'état hydrique du sol support au moment des travaux), au matériau retenu et au matériel dont elle dispose, afin d'obtenir les critères de réception demandés.

L'épaisseur de couche de forme sera, selon l'état hydrique du sol support, pour obtenir une plateforme PF2 ( $EV2 \geq 50$  MPa) : **40 cm minimum avec l'application d'un géotextile entre la plateforme de support de terrassement (PST) et la couche de forme.**

Des mesures de l'état hydrique du sol support seront indispensables au démarrage des travaux, pour caractériser l'épaisseur adaptée à l'objectif recherché.

- Il faudra contrôler la portance par des essais à la plaque (NF P94-117-1) ou à la dynaplaque (NF P94-117-2).
- Si l'on cherche à obtenir des valeurs de réception de plate-forme plus élevées que ci-dessus, ou si l'état hydrique du support le nécessite, il faudra augmenter l'épaisseur de la couche de forme.
- Au-dessus de la couche de forme, il faut réaliser la structure de chaussée proprement dite (couche de fondation éventuelle, couche de base et couche de roulement).



---

**Le présent rapport conclut la phase G2-AVP de la mission d'étude géotechnique confiée à FONDASOL.**

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution et ne constituent pas un dimensionnement du projet.

Plusieurs solutions de fondations apparaissent envisageables. Le choix de la solution à retenir en phase Projet va dépendre notamment de l'importance des descentes de charges et de leur distribution et de leur répartition sur les appuis de la structure du bâtiment.

La solution de fondation superficielle par semelles continues ou massifs isolées est adaptée pour des charges faibles à modérées. Au-delà, pour des charges élevées, il conviendra soit d'adapter l'infrastructure du bâtiment afin d'optimiser la répartition des charges, par exemple en redistribuant les charges élevées sur les appuis voisins, soit d'envisager un mode de fondation par radier ou par des fondations profondes (pieux).

Dans l'hypothèse où la solution de fondations profondes est retenue, et conformément à l'Eurocode 7-2, il conviendra de réaliser des sondages complémentaires avec des essais pressiométriques atteignant une profondeur d'au moins 5m sous la base des pieux.

Selon la norme NF P94-500, la phase G2-AVP est insuffisante pour consulter les entreprises ; elle doit être suivie des phases PRO de prédimensionnement des ouvrages géotechniques, et ACT visant notamment à vérifier avant l'envoi du DCE aux entreprises, que les préconisations de l'étude G2 sont bien prises en compte dans les paragraphes du CCTP relatifs aux ouvrages géotechniques.

Il conviendra également de missionner un géotechnicien pour la supervision d'exécution des travaux géotechniques dans le cadre d'une mission G4. L'étude et le suivi d'exécution de ces travaux est à confier à l'entreprise dans le cadre d'une mission G3.

FONDASOL est à la disposition du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre pour réaliser les missions d'étude G2 phase PRO et la mission G4.

# ANNEXES



# I. CONDITIONS GENERALES DE SERVICE

## 1. Formation du Contrat

Toute commande par le co-contractant (« le Client »), qui a reçu un devis de la part de FONDASOL, ou l'une quelconque de ses filiales (ci-après le « Prestataire »), quelle qu'en soit la forme (par exemple bon de commande, lettre de commande, ordre d'exécution ou acceptation de devis, sans que cette liste ne soit exhaustive) et ses avenants éventuels, constituent l'acceptation totale et sans réserve des présentes conditions générales par ledit Client, que ce dernier ait contresigné les conditions générales ou non, ou qu'il ait émis des conditions contradictoires. Tout terme de la commande, quelle qu'en soit la forme, et de ses avenants éventuels, qui serait en contradiction avec les présentes conditions générales ou le devis, serait réputé de nul effet et inapplicable, sauf s'il a fait l'objet d'une acceptation écrite expresse non équivoque par le Prestataire. Cette acceptation ne peut pas résulter de l'exécution des Prestations prévues au devis et/ou à la commande, quelle qu'en soit la forme, et/ou avenant éventuel, ou de l'absence de réponse du Prestataire sur ledit terme.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres conditions y compris contenues dans la commande (quelle que soit sa forme) du Client ou dans les accusés de réception des échanges de données informatisés, sur portail électronique, dans la gestion électronique des achats ou dans les courriers électroniques du Client. Aucune exception ou dérogation n'est applicable sauf si elle est émise par le Prestataire ou acceptée expressément, préalablement et de manière non équivoque par écrit par le Prestataire. À ce titre, toute condition de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit exprès et non-équivoque du Prestataire. Le contrat est constitué par le dernier devis émis par le Prestataire, les présentes conditions générales, la commande ou l'acceptation de devis ou lettre de commande du Client et, à titre accessoire et complémentaire les conditions de la commande expressément acceptées et spécifiquement indiquées par écrit par le Prestataire comme acceptées (le « Contrat »).

## 2. Entrée en vigueur

Le Contrat n'entrera en vigueur qu'à la réception par le Prestataire de l'acompte prévu au Contrat ou suivant les conditions particulières du devis, ou, le cas échéant, de l'accusé de réception de commande et/ou de réception de paiement émis par le Prestataire. Sauf disposition contraire des conditions particulières du devis, les délais d'exécution par le Prestataire de ses obligations au titre du Contrat commencent quinze (15) jours ouvrés après la date d'entrée en vigueur du Contrat.

## 3. Prix

Les prix sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement du devis. Préalablement au Contrat, les prix sont valables selon la durée mentionnée au devis et au maximum pendant deux (2) mois à compter de la date du devis. À l'entrée en vigueur du Contrat, les prix sont fermes et définitifs pour une durée de six (6) mois mis à jour tous les six (6) mois par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant le dernier indice publié à la date d'émission du devis.

Les prix mentionnés dans le Contrat ou le devis ne comprennent pas la TVA, les taxes sur les ventes, les droits, les prélèvements, les taxes sur le chiffre d'affaires, les droits de douane et d'importation, les surtaxes, les droits de timbre, les impôts retenus à la source et toutes les autres taxes similaires qui peuvent être imposées au Prestataire, à ses employés, à ses sociétés affiliées et/ou à ses représentants, dans le cadre de l'exécution du Contrat (les « Impôts »), qui seront supportés par le Client en supplément des prix indiqués. Le Prestataire restera toutefois responsable du paiement de tous les impôts applicables en France.

Au cas où le Prestataire serait obligé de payer l'un des Impôts mentionnés ci-dessus, le Client remboursera le Prestataire dans les trente (30) jours suivant la réception des documents correspondants justifiant le paiement de celui-ci. Au cas où ce remboursement serait interdit par toute législation applicable, le Prestataire aura le droit d'augmenter les prix indiqués dans le devis ou spécifiés dans le Contrat du montant des Impôts réellement supportés.

Sauf indication contraire dans le devis, les prix des Prestations relatifs à des quantités à réaliser, quelle qu'en soit l'unité (notamment sans que cela ne soit exhaustif, profondeurs, mètres linéaires, nombre d'essais, etc) ne sont que des estimatifs sur la base des informations du Client, en conséquence seules les quantités réellement réalisées seront facturées sur la base des prix unitaires du Contrat.

## 4. Obligations générales du Client

**4.1** Le terme « Prestations » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire comme étant comprises dans le devis à la charge du Prestataire. Toute prestation non comprise dans les Prestations, ou dont le prix unitaire n'est pas indiqué au Contrat, fera l'objet d'un prix nouveau à négocier.

**4.2** Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigation est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude, d'ingénierie ou de conseil, ce que le Client reconnaît et accepte expressément.

La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés expressément par écrit.

**4.3** Sauf disposition contraire expresse du devis, le Client obtiendra à ses propres frais, dans un délai permettant le respect du délai d'exécution du Contrat, tous les permis et autorisations d'importation nécessaires pour l'importation des matériels et équipements et l'exécution des Prestations dans le pays où les matériels et équipements doivent être livrés et où les Prestations doivent être exécutées. En plus de ce qui précède et sauf à ce que l'une ou plusieurs des obligations suivantes soient expressément et spécifiquement intégrées aux Prestations et au bordereau de prix, le Client devra également, notamment, sans que cela ne soit exhaustif :

- Payer au Prestataire les Prestations conformément aux conditions du Contrat ;
- Communiquer en temps utile toutes les informations et/ou documentations nécessaires pour l'exécution du Contrat et notamment, mais pas seulement, tout élément qui lui paraîtrait de nature à compromettre la bonne exécution des Prestations ou devant être pris en compte par le Prestataire ;
- Permettre un accès libre et rapide au Prestataire à ses locaux et/ou au site où sont réalisées les Prestations y compris pour la livraison des matériels et équipements nécessaires à la réalisation des Prestations et notamment, mais pas seulement, les machines de forage ;
- Approuver tous les documents du Prestataire conformément au devis et à défaut dans un délai de deux jours au plus ;
- Préparer ses installations pour l'exécution du Contrat, et notamment, sans que cela ne soit exhaustif, décider et préparer les implantations des forages, fournir eau et électricité, et veiller, le Client étant toujours responsable de ses installations, à ce que le Prestataire

dispose en permanence de toutes les ressources nécessaires pour exécuter le Contrat, sauf accord spécifique contraire dans le Contrat. Si le Personnel du Client est tenu d'exécuter un travail lié au Contrat incluant, mais sans s'y limiter, l'assemblage ou l'installation d'équipements, ce personnel sera qualifié et restera en permanence sous la responsabilité du Client. Le Client conservera le droit exclusif de diriger et de superviser le travail quotidien de son personnel. Dans ce cas, le Prestataire ne sera en aucun cas responsable d'une négligence ou d'une faute du personnel du Client dans l'exécution de ses tâches, y compris les conséquences que cette négligence ou faute peut avoir sur le Contrat. Par souci de clarté, tout sous-traitant du Prestataire imposé ou choisi par le Client restera sous l'entière responsabilité du Client ;

- fournir, conformément aux articles R.554-I et suivants du même chapitre du code de l'environnement, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles déclarations d'intentions de commencement de travaux (DICT) (le délai de réponse, est de 7 à 15 jours selon les cas, hors jours fériés) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur le domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles ou des avant-trous à la pelle mécanique pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

- Déclarer aux autorités administratives compétentes tout forage réalisé, notamment, sans que cela ne soit exhaustif, de plus de 10 m de profondeur ou lorsqu'ils sont destinés à la recherche, la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

**4.4** La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en aucun cas pour quelque dommage que ce soit à des ouvrages publics ou privés (notamment, à titre d'exemple, des ouvrages, canalisations enterrés) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à l'émission du dernier devis et intégrés au Contrat.

## 5. Obligations générales du Prestataire

Le Prestataire devra :

- Exécuter avec le soin et la diligence requis ses obligations conformément au Contrat, toujours dans le respect des spécifications techniques et du calendrier convenus entre les Parties par écrit ;
- Respecter toutes les règles internes et les règles de sécurité raisonnables qui sont communiquées par le Client par écrit et qui sont applicables dans les endroits où les Prestations doivent être exécutées par le Prestataire ;
- S'assurer que son personnel reste à tout moment sous sa supervision et direction et exercer son pouvoir de contrôle et de direction sur ses équipes ;
- Procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre, étant entendu qu'il s'agit d'une obligation de moyen et en aucun cas d'une obligation de résultat ou de moyens renforcée ;
- Faire en sorte que son personnel localisé dans le pays de réalisation des Prestations respecte les lois dudit pays.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement prévue et expressément agréée dans le devis et dans ce cas la solidarité ne s'exerce que sur la durée de réalisation sur site du Client du Contrat.

En cas d'intervention du Prestataire sur site du Client, si des éléments de terrain diffèrent des informations préalables fournies par le Client, le Prestataire peut à tout moment décider que la protection de son personnel n'est pas assurée ou adéquate et suspendre ses Prestations jusqu'à ce que les mesures adéquates soient mises en œuvre pour assurer la protection du personnel, par exemple si des traces de pollution sont découvertes ou révélées. Une telle suspension sera considérée comme un Imprévu, tel que défini à l'article 14 ci-dessous.

## 6. Délais de réalisation

À défaut d'engagement précis, ferme et expresse du Prestataire dans le devis sur une date finale de réalisation ou une durée de réalisation fixe et non soumise à variations, les délais d'intervention et d'exécution données dans le devis sont purement indicatifs et, notamment du fait de la nature de l'activité du Prestataire, dépendante des interventions du Client ou de tiers, ne sauraient en aucun cas engager le Prestataire. Les délais de réalisation sont soumis aux ajustements tels qu'indiqués au Contrat. À défaut d'accord exprès spécifique contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard. Nonobstant toute clause contraire, les pénalités de retard, si elles sont prévues, sont plafonnées à un montant total maximum et cumulé pour le Contrat de 5% du montant total HT du Contrat.

- Le Prestataire réalise le Contrat sur la base des informations communiquées par le Client. Ce dernier est seul responsable de l'exactitude et de la complétude de ces données et transmettra au Prestataire toute information nécessaire à la réalisation des Prestations. En cas d'absence de transmission, d'inexactitude de ces données ou d'absence d'accès au(x) site(s) d'intervention, quelles que soient les hypothèses que le Prestataire a pu prendre, notamment en cas d'absence de données ou d'accès, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité et les délais de réalisation sont automatiquement prolongés d'une durée au moins équivalente à la durée de correction de ces données et de reprise des Prestations correspondantes.

## 7. Formalités, autorisations et accès, obligations d'information, dégâts aux ouvrages et cultures

À l'exception d'un accord contraire dans les conditions spécifiques du devis ou dans les cas d'obligations législatives ou réglementaires non transférable par convention à la charge du Prestataire, toutes les démarches et formalités administratives ou autres, pour l'obtention des autorisations et permis de pénétrer sur les lieux et/ou d'effectuer les Prestations sont à la charge du Client. Le Client doit obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public. Le Client doit également fournir tous les documents et informations relatifs aux dangers et aux risques de toute nature, notamment sans que cela ne soit exhaustif, ceux cachés, liés aux réseaux, aux obstacles enterrés, à l'histoire du site et à la pollution des sols, sous-sols et des nappes. Le Client communiquera les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité, hygiène et respect de l'environnement. Il assure également en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, sur les règles propres à son site, avant toute intervention sur site. Le Client sera responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel, consécutif ou non-



consécutif, résultant des événements mentionnés au présent paragraphe et qui n'aurait pas été mentionné au Prestataire.

Lorsque les Prestations consistent à mesurer, relever voire analyser ou traiter des sols pollués, le Prestataire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger son personnel dans la réalisation desdites Prestations, sur la base des données fournies par le Client.

Les forages et investigations de sols et sous-sols peuvent par nature entraîner des dommages sur le site en ce compris tout chemin d'accès, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part du Prestataire. Ce dernier n'est en aucun cas tenu de remettre en état ou réparer ces dégâts, sauf si la remise en état et /ou les réparations font partie des Prestations, et n'est en aucun cas tenu d'indemniser le Client ou les tiers pour lesdits dommages inhérents à la réalisation des Prestations.

## 8. Implantation, nivellement des sondages

À l'exception des cas où l'implantation des sondages fait partie des Prestations à réaliser par le Prestataire, ce dernier est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation et est tenu indemne des conséquences liées à la décision d'implantation, tels que notamment, sans que cela ne soit exhaustif, le retard de réalisation, les surcoûts et/ou la perte de forage. Les Prestations ne comprennent pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais.

## 9. Hydrogéologie - Géotechnique

**9.1** Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport final d'exécution des Prestations correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et au moment précis du relevé. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études et Prestations. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

**9.2** L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés et de bien d'autres facteurs telle que la variation latérale de faciès. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment à titre d'exemple glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

**9.3** L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des Prestations de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

## 10. Pollution - dépollution

Lorsque l'objet de la Prestation est le diagnostic ou l'analyse de la pollution de sols et/ou sous-sols, ou l'assistance à la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'œuvre de prestations de dépollution, le Client devra désigner un coordonnateur de Sécurité et de Protection de la Santé sur le site (SPS), assister le Prestataire pour l'obtention des autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes, fournir au Prestataire toute information (notamment visite sur site, documents et échantillons) nécessaire à l'obtention des Certificats d'Acceptation Préalable de Déchets ainsi que pour l'obtention des autorisations nécessaires au transport, au traitement et à l'élimination des terres, matériaux, effluents, rejets, déchets, et plus généralement de toute substance polluante.

Sauf s'il s'agit de l'objet des Prestations tel que précisé au devis, notre devis est réalisé sur la base d'un site sur lequel il n'existe aucun danger potentiel lié à la présence de produits radioactifs.

Les missions d'assistance à maîtrise d'œuvre ou de maîtrise d'œuvre seront exercées conformément à l'objectif de réhabilitation repris dans le devis. À défaut d'une telle définition d'objectif, ces missions ne pourront commencer.

## 11. Rapport de mission, réception des Prestations par le Client

Sauf disposition contraire du Contrat et sous réserve des présentes conditions générales, la remise du dernier document à fournir dans le cadre des Prestations marque la fin de la réalisation des Prestations. La fin de la réalisation des Prestations sur site du Client est marquée par le départ autorisé du personnel du Prestataire du site. L'approbation du dernier document fourni dans le cadre des Prestations doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client. À défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans ce délai, le document sera considéré comme approuvé. L'émission de commentaires ne vaut pas rejet et n'interrompt pas le délai d'approbation. Le Prestataire répondra aux commentaires dans les dix (10) jours de leur réception. À défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans les cinq (5) jours de la réception des réponses aux commentaires ou du document modifié, le document sera considéré comme approuvé. Si le Client refuse le document et que le document n'est toujours pas approuvé deux (2) mois après sa remise initiale, les Parties pourront mettre en œuvre le processus de règlement des litiges tel que défini au Contrat. À défaut de mise en œuvre de ce processus, le rapport sera considéré comme approuvé définitivement trois mois après la date de sa remise initiale au Client.

## 12. Réserve de propriété, confidentialité

Les coupes de sondages, plans et documents établis par le Prestataire dans le cadre des Prestations ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable exprès du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour tout autre objectif que celui prévu au Contrat ou pour le compte de tiers, toute information se rapportant au savoir-faire, techniques et données du Prestataire, que ces éléments soient brevetés ou non, dont le Client a pu avoir connaissance au cours des Prestations ou qui ont été acquises ou développées par le Prestataire au cours du Contrat, sauf accord préalable écrit exprès du Prestataire.

## 13. Propriété Intellectuelle

Si dans le cadre du Contrat, le Prestataire met au point, développe ou utilise une nouvelle technique, celle-ci est et/ou reste sa propriété exclusive. Le Prestataire est libre de déposer tout brevet s'y rapportant. Le Prestataire est titulaire des droits d'auteur et de propriété sur les résultats et/ou données compris, relevés ou utilisés dans les ou, au cours des, Prestations et/ou développés, générés, compilés et/ou traités dans le cadre du Contrat. Le Prestataire concède au Client, sous réserve qu'il remplace ses obligations au titre du Contrat, un droit non exclusif de reproduction des documents remis dans le cadre des Prestations pour la seule utilisation des besoins de l'exploitation, la maintenance et l'entretien du site Client concerné.

En cas de reproduction des documents remis par le Prestataire dans le cadre des Prestations, le Client s'engage à indiquer la source en portant sur tous les documents diffusés intégrant lesdits documents du Prestataire, quelle que soit leur forme, la mention suivante en caractères apparents : « *source originelle : Groupe Fondasol – date du document : JJ/MM/AAAA* » sans que ces mentions ne puissent être interprétées comme une quelconque garantie donnée par le Prestataire. Le Client s'engage à ce que tout tiers à qui il aurait été dans l'obligation de remettre l'un ou les documents, se conforme à l'obligation de citation de la source originelle telle que prévue au présent article.

## 14. Modifications du contenu des Prestations en cours de réalisation

La nature des Prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le Client et ceux recueillis lors de l'établissement du devis. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement du devis touchant à la géologie et éléments de terrains et découvertes imprévues, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant au cours de la réalisation des Prestations (l'ensemble désigné par les « Imprévus ») pourront conduire le Prestataire à proposer au Client un ou des avenant(s) avec notamment application des prix du bordereau du devis, ou en leur absence, de nouveau prix raisonnables et des délais de réalisation mis à jour. À défaut d'un refus écrit exprès du Client dans un délai de sept (7) jours à compter de la réception de la proposition d'avenant ou de modification des Prestations, ledit avenant ou modification des Prestations devient pleinement effectif et le Prestataire est donc rémunéré du prix de cet avenant ou de cette modification des Prestations, en sus. En cas de refus écrit exprès du Client, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution des Prestations jusqu'à confirmation écrite expresse du Client des modalités pour traiter de ces Imprévus et accord des deux Parties sur lesdites modalités. Les Prestations réalisées à cette date sont facturées et rémunérées intégralement, sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Le temps d'immobilisation du personnel du Prestataire est rémunéré selon le prix unitaire indiqué dans le bordereau de prix du devis. Dans l'hypothèse où le Prestataire notifie qu'il est dans l'impossibilité d'accepter les modalités de traitement des Imprévus telles que demandées par le Client, ce dernier aura le droit de résilier le Contrat selon les termes prévus à l'article 19.2 (Résiliation).

## 15. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport de fin de mission, quel que soit son nom, constitue une synthèse des Prestations telle que définie au Contrat. Ce rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou totale, ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou conseil desdits maître d'ouvrage, constructeur ou maître d'œuvre pour un projet différent de celui objet du Contrat est interdite et ne saurait en aucun cas engager la responsabilité du Prestataire à quelque titre que ce soit. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet, au site, à l'ouvrage et/ou à son environnement non révélé expressément au Prestataire lors de la réalisation des Prestations ou dont il lui a été demandé de ne pas tenir compte, rend le rapport caduc, dégage la responsabilité du Prestataire et engage celle du Client. Le Client doit faire actualiser le dernier rapport émis dans le cadre du Contrat en cas d'ouverture du chantier (pour lequel le rapport a été émis) plus d'un an après remise dudit rapport. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

## 16. Force Majeure

Le Prestataire ne sera pas responsable, de quelque manière que ce soit, de la non-exécution ou du retard d'exécution de ses obligations à la suite d'un événement de Force majeure. La Force majeure sera définie comme un événement qui empêche l'exécution totale ou partielle du Contrat et qui ne peut être surmonté en dépit des efforts raisonnables de la part de la Partie affectée, qui lui est extérieure. La Force Majeure inclura, notamment les événements suivants: catastrophes naturelles ou climatiques, pénurie de main d'œuvre qualifiée ou de matières premières, incidents majeurs affectant la production des agents ou sous-traitants du Prestataire, actes de guerre, de terrorisme, sabotages, embargos, insurrections, émeutes ou atteintes à l'ordre public.

Tout événement de Force Majeure sera notifié par écrit à l'autre Partie dès que raisonnablement possible. Si l'événement de Force Majeure se poursuit pendant plus de deux (2) mois et que les Parties ne se sont pas mises d'accord sur les conditions de poursuite du Contrat, l'une ou l'autre des Parties aura le droit de résilier le Contrat, sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours adressé à l'autre Partie, auquel cas la stipulation de la clause de Résiliation du Contrat s'appliquera.

Quand l'événement de Force Majeure aura cessé de produire ses effets, le Prestataire reprendra l'exécution des obligations affectées dès que possible. Le délai de réalisation sera automatiquement prolongé d'une période au moins équivalente à la durée réelle des effets de l'événement de Force Majeure. Tous frais supplémentaires raisonnablement engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure seront remboursés par le Client au Prestataire contre présentation de la preuve de paiement associée et de la facture correspondante.

## 17. Conditions de paiement, acompte, retenue de garantie

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur les paiements des Prestations.

Dans le cas où le Contrat nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies et envoyées par le Prestataire pour paiement par le Client. Les paiements interviennent à réception et sans escompte. L'acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières du devis est déduit de la facture ou décompte final(e).

En cas de sous-traitance par le Client au Prestataire dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité sera exigible sans qu'un rappel ou mise en demeure soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinaire et légalement à sa charge et des dommages-intérêts éventuels, une indemnité fixée à 15% du montant TTC de la créance avec un minimum de 500 euros. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date de paiement. Les Parties reconnaissent expressément qu'elle constitue une évaluation raisonnable de l'indemnité de recouvrement et de l'indemnisation des frais de recouvrement.

Un désaccord quelconque dans le cadre de l'exécution des Prestations ne saurait en aucun cas constituer un motif de non-paiement des Prestations réalisées et non soumises à contestation précise et documentée. La compensation est formellement exclue. En conséquence, le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue du prix des Prestations facturé ou de retenir les paiements.

## 18. Suspension

L'exécution du Contrat ne peut être suspendue par le Prestataire que dans les cas suivants :

- (i) En cas d'Imprévus,
- (ii) En cas de violation par le Client d'une ou plusieurs de ses obligations contractuelles,
- (iii) En cas de Force Majeure.



Quand l'un des événements mentionnés ci-dessus se produit, le Prestataire a le droit de notifier au Client son intention de suspendre l'exécution du Contrat. Dans ce cas, le délai de réalisation sera prolongé d'une période équivalente à la durée de cette suspension et tous les frais associés engagés par le Prestataire suite à cette suspension seront remboursés par le Client contre présentation des preuves de paiement associées, en ce compris l'indemnité d'immobilisation au taux prévu au devis. Le Prestataire peut soumettre la reprise des obligations suspendues au remboursement par le Client au Prestataire des sommes mentionnées ci-dessus. Si l'exécution du Contrat est suspendue pendant une période de plus de deux (2) mois, le Prestataire aura le droit de résilier le Contrat immédiatement sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours, auquel cas les stipulations de l'article « Résiliation » (19.2 et suivants) du Contrat s'appliqueront. À partir du moment où les obligations du Prestataire ou le Contrat sont suspendus pendant une durée égale ou supérieure à deux (2) mois, les Prestations seront considérées comme finies et acceptées par le Client.

## 19. Résiliation

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de négociation et résolution amiable du différend.

### 19.1 Résiliation pour manquement

Si l'une des Parties commet une violation substantielle du Contrat, l'autre Partie peut demander, par écrit, que la Partie défaillante respecte les conditions du Contrat. Si dans un délai de trente (30) jours, ou dans un autre délai dont les Parties auront convenu, après la réception de cette demande, la Partie défaillante n'a pas pris de mesures satisfaisantes pour respecter le Contrat, la Partie non défaillante peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la Partie défaillante une notification écrite à cet effet.

### 19.2 Résiliation pour insolvabilité ou événement similaire ou après suspension prolongée

Si l'une ou l'autre des Parties est en état de cessation des paiements ou devient incapable de répondre à ses obligations financières, ou après une suspension supérieure à deux (2) mois, l'autre Partie peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la première une notification à cet effet. Cette résiliation entrera en vigueur à la date où ladite notification de résiliation est reçue par la première Partie.

### 19.3 Indemnisation pour résiliation

En cas de résiliation du Contrat en totalité ou en partie par le Client ou le Prestataire, conformément aux stipulations des Articles 19.1 ou 19.2, le Client paiera au Prestataire :

- Le solde du prix des Prestations exécutées conformément au Contrat, à la date de résiliation non encore payées, et
- Les coûts réellement engagés par le Prestataire jusqu'à la date de résiliation pour la réalisation des Prestations y compris si certaines Prestations ne sont pas terminées,
- les coûts engagés par le Prestataire suite à la résiliation, y compris, mais sans s'y limiter, tous les frais liés à l'annulation de ses contrats de sous-traitance ou de ses contrats avec ses propres fournisseurs et les frais engagés pour toute suspension prolongée (le cas échéant), et
- un montant raisonnable pour compenser les frais administratifs et généraux du Prestataire du fait de la résiliation, qui ne sera en aucun cas inférieur à quinze (15) pour cent du prix des Prestations restant à effectuer à la date de résiliation.

En cas de résiliation du Contrat due à un événement de Force Majeure conformément à l'Article 16, le Client paiera au Prestataire les montants mentionnés aux alinéas (i), (ii) et (iii) ci-dessus et tous les autres frais raisonnables engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure et à la suspension associée.

### 19.4 Effets de la résiliation

La résiliation du Contrat en totalité ou en partie, pour quelque raison que ce soit, n'affectera pas les stipulations du présent article et des articles concernant la propriété intellectuelle, la confidentialité, la limitation de responsabilité, le droit applicable et le règlement des différends.

## 20. Répartition des risques, responsabilités

**20.1** Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte-tenu de sa compétence. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution des Prestations spécifiquement confiées. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la réalisation des Prestations doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une prestation complémentaire. À défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la prestation complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir des données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des Prestations possède une représentativité limitée et donc incertaine par rapport à l'ensemble du site pour lequel elles seraient extrapolées.

**20.2** Le Prestataire est responsable des dommages qu'il cause directement par l'exécution de ses Prestations, dans les conditions et limites du Contrat. À ce titre, il est responsable de ses Prestations dont la défectuosité lui est imputable. Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, la responsabilité totale et cumulée du Prestataire au titre du ou en relation avec le Contrat sera plafonnée au prix total HT du Contrat et à dix mille (10 000) euros pour tout Contrat dont le prix HT serait inférieur à ce montant, quel que soit le fondement de la responsabilité (contractuelle, délictuelle, garantie, légale ou autre). Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs et/ou non-consécutifs à un dommage matériel et ne sera pas responsable des dommages tels que, notamment, la perte

d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements, que ceux-ci soient considérés directs ou non.

**20.3** Le Prestataire sera garanti et indemnisé en totalité par le Client contre tous recours, demandes, actions, procédures, recherches en responsabilité de toute nature de la part de tiers au Contrat à l'encontre du Prestataire du fait des Prestations.

## 21. Assurances

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-I du Code des assurances. **A ce titre et en toute hypothèse y compris pour les ouvrages non soumis à obligation d'assurance, les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire.** Il est expressément convenu que le Client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Au-delà de 15 M€ HT de valeur de l'ouvrage, le Client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Le Client prendra en charge toute éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inhabituels sont exclus du contrat d'assurance en vigueur et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. À défaut de respecter ces engagements, le Client en supportera les conséquences financières. Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le Client.

## 22. Changement de lois

Si à tout moment après la date du devis du Prestataire au Client, une loi, un règlement, une norme ou une méthode entre en vigueur ou change, et si cela augmente le coût de réalisation des Prestations, ou si cela affecte plus généralement l'une des conditions du Contrat, tel que, mais sans que ce ne soit limitatif, le délai de réalisation ou les garanties, le prix du Contrat sera ajusté en fonction de l'augmentation des coûts subie par le Prestataire du fait de ce changement et supporté par le Client. Les autres conditions du Contrat affectées seront ajustées de bonne foi pour refléter ce/ces changement(s).

## 23. Interprétation, langue

En cas de contradiction ou de conflit entre les termes des différents documents composant le Contrat tel qu'indiqué en article 1, les documents prévalent l'un sur l'autre dans l'ordre dans lequel ils sont énoncés audit article 1. Sauf clause contraire spécifique dans le devis, tout rapport et/ou document objet des Prestations sera fourni en français. Les titres des articles des présentes conditions générales n'ont aucune valeur juridique ni interprétative.

## 24. Cessibilité de Contrat, non-renonciation

Le Contrat ne peut être cédé, en tout ou en partie, par le Client ou le Prestataire à un tiers sans le consentement exprès, écrit, préalable de l'autre Partie. La sous-traitance par le Prestataire n'est pas considérée comme une cession au titre du présent article. Le fait que le Prestataire ne se prévale pas à un moment donné de l'une quelconque des stipulations du Contrat et/ou tolère un manquement par le Client à l'une quelconque des obligations visées dans le Contrat ne peut en aucun cas être interprété comme valant renonciation par le Prestataire à se prévaloir ultérieurement de l'une quelconque desdites stipulations.

## 25. Divisibilité

Si une stipulation du Contrat est jugée par une autorité compétente comme nulle et inapplicable en totalité ou en partie, la validité des autres stipulations du Contrat et le reste de la stipulation en question n'en sera pas affectée. Le Client et le Prestataire remplaceront cette stipulation par une stipulation aussi proche que possible de la stipulation rendue invalide, produisant les mêmes effets juridiques que ceux initialement prévus par le Client et le Prestataire.

## 26. Litiges - Attribution de juridiction

LE PRÉSENT CONTRAT EST SOUMIS AU DROIT FRANÇAIS ET TOUT LITIGE RELATIF AUDIT CONTRAT (SA VALIDITÉ, SON INTERPRÉTATION, SON EXISTENCE, SA RÉALISATION, DÉFECTUEUSE OU TOTALE, SON EXPIRATION OU SA RÉSILIATION NOTAMMENT) SERA SOUMIS EXCLUSIVEMENT AU DROIT FRANÇAIS.

À DÉFAUT D'ACCORD AMIABLE DANS UN DÉLAI DE 30 JOURS SUIVANT L'ENVOI D'UNE CORRESPONDANCE FAISANT ÉTAT D'UN DIFFÉREND, TOUT LITIGE SERA SOUMIS POUR RÉSOLUTION AUX JURIDICTIONS DU RESSORT DU SIÈGE SOCIAL DU PRESTATAIRE QUI SONT SEULES COMPÉTENTES, ET AUXQUELLES LES PARTIES ATTRIBUENT COMPÉTENCE EXCLUSIVE, MÊME EN CAS DE DEMANDE INCIDENTE OU D'APPEL EN GARANTIE OU DE PLURALITÉ DE DÉFENDEURS. LA LANGUE DU CONTRAT ET DE TOUT RÈGLEMENT DES LITIGES EST LE FRANÇAIS.

NOVEMBRE 2018

## 2. ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés ci-après. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
<b>Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)</b>		<b>Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)</b>		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	<b>Études géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
<b>Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)</b>	APD/AVP	<b>Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)</b>		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 ( <i>choix constructifs</i> )
	PRO	<b>Études géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	DCE/ACT	<b>Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
<b>Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/ISA	<b>Étude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase suivi)</b>	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)</b>	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 ( <i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i> )	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	<b>Étude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Étude)</b>	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)</b>	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
<b>À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant</b>	Diagnostic	<b>Diagnostic géotechnique (G5)</b>		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

# 3. MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500)

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

## ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

## ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

### Phase Avant-projet (AVP)

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

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

### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

### Phase DCE / ACT

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

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

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

### ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

#### Phase Étude

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

#### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- 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 GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

#### Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposés 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.

### A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

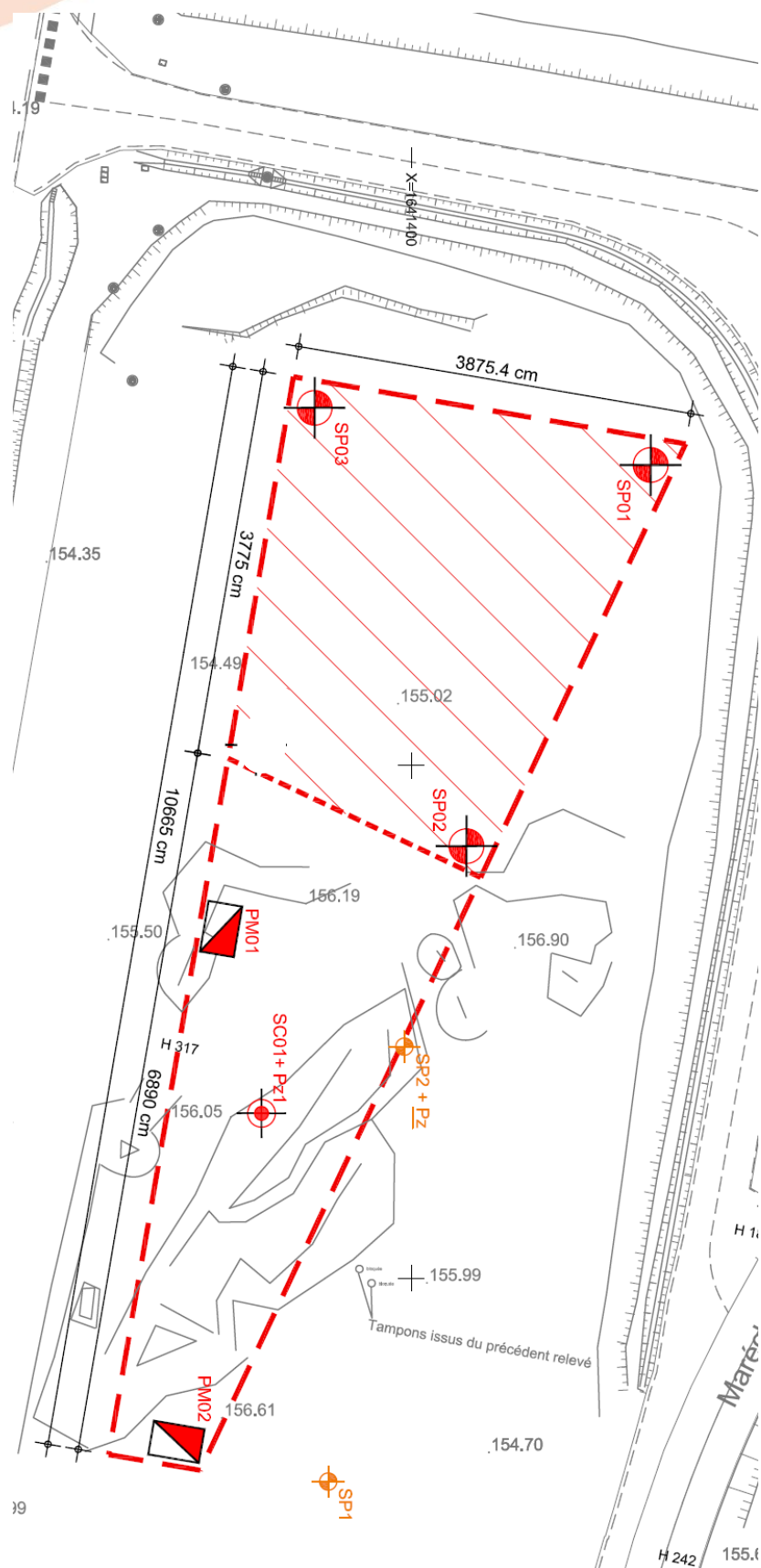
Février 2014

## 4. PLAN DE SITUATION

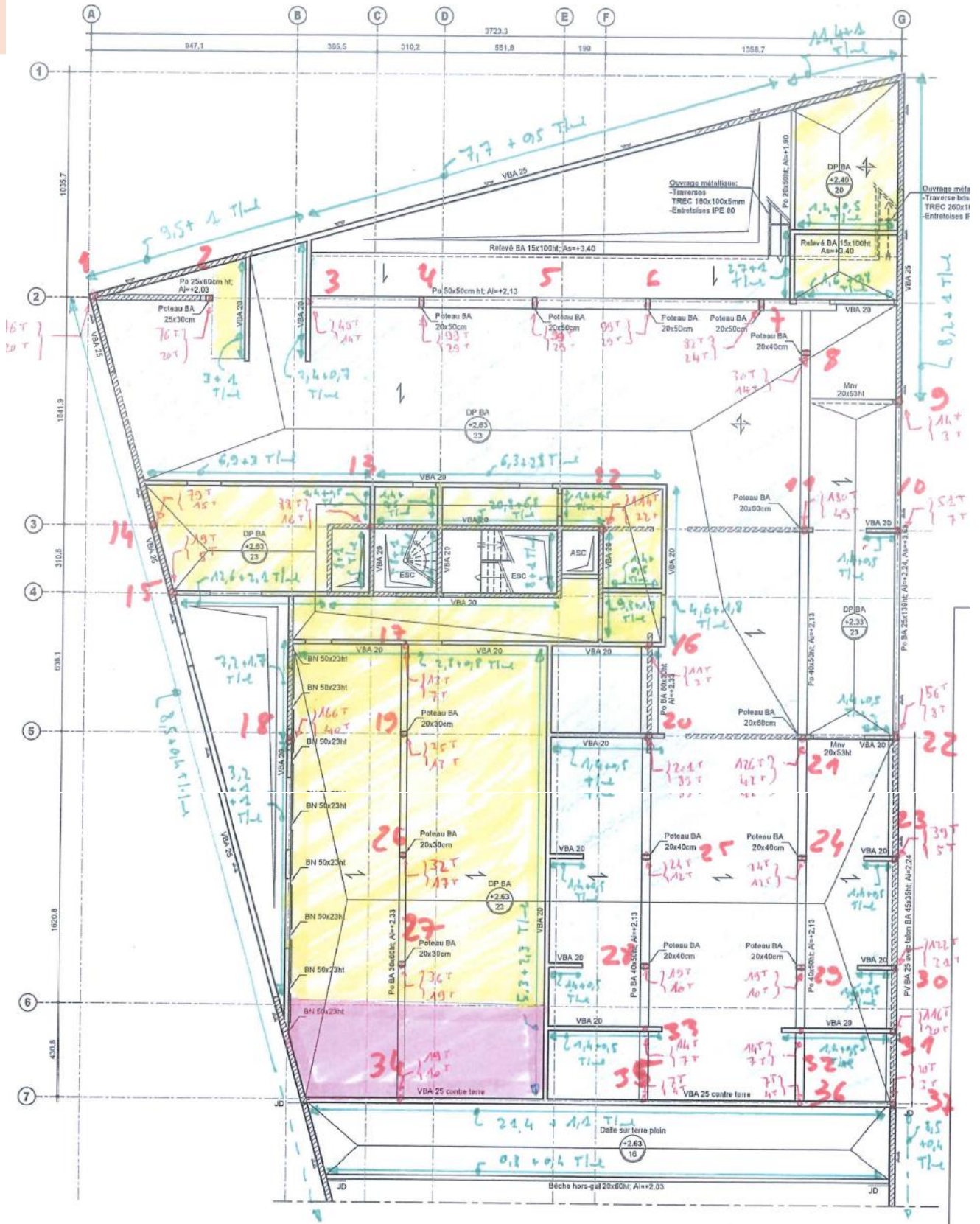




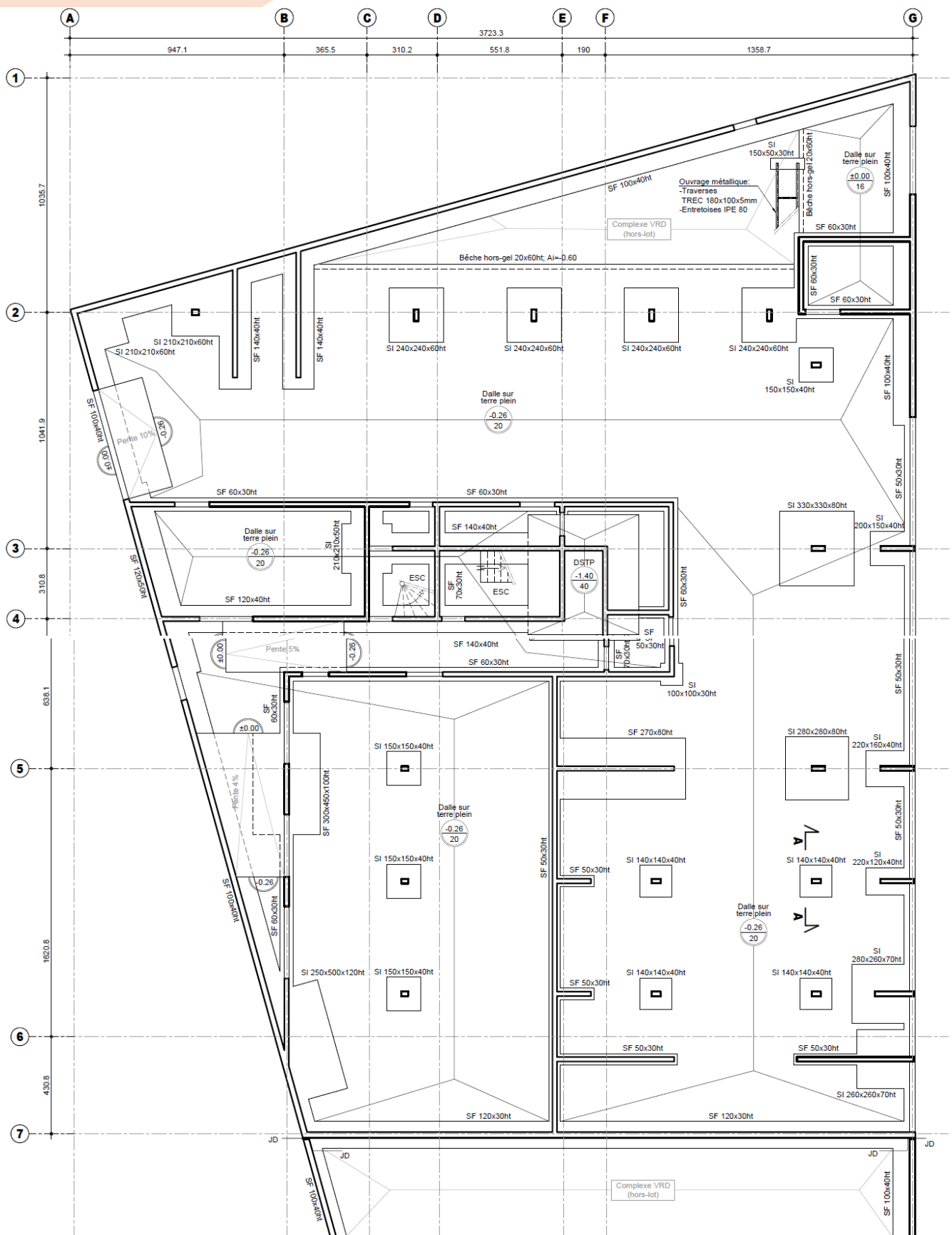
## 5. IMPLANTATION DES SONDAGES



## 6. DESCENTE DE CHARGES



## 7. PLAN ET COUPE DE PROJET









## **8. RESULTATS DES SONDAGES**

Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Profondeur (m)	EM (MPa)	pl-p0 (MPa)	p <sub>f</sub> -p0 (MPa)	EM / (pl-p0)
					0	0 100 200	0 5 10		
154 153.80 m	Argiles limoneuses bariolé				1	4.6	0.67	0.30	6.9
153	Argiles limoneuse marron				2	5.5	0.40	0.20	13.7
152					3	5.8	0.55	0.38	10.5
151.30 m					4	4.3	0.64	0.48	6.7
151	Argiles sableuse à graviers ocre foncé				5	20.0	3.06	1.79	6.5
149					6	29.2	4.30	2.56	6.8
148.30 m					7	9.4	1.59	1.00	5.9
148	Argile sableuse beige				8	26.1	3.65	2.54	7.2
147 146.80 m									

taillant rotoperçusion 64mm

bentonite

Cote NGF		Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Profondeur (m)	EM (MPa)		pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	EM / (pl-p0)			
							0	100	200	0	5	10	2.54	7.2
						8	26.1			3.65				
146						9	25.5			2.94			1.62	8.7
		Argiles caillouteuses bariolé				10	15.0			1.33			0.84	11.3
144						11	26.3			1.95			1.26	13.5
143.30 m			11.50 m											
143				taillant rotoperçusion 64mm	bentonite	12		143.0		4.81			4.32	29.7
142						13		168.3		4.81			4.31	35.0
141		Sables beige				14		156.9		4.81			4.32	32.6
140						15								
139						16								
138.80 m														

# PALAISEAU, PALAISEAU

Date : 28/05/2019

Cote NGF (m) : 155.8

Profondeur : 0.00 - 8.00 m

Machine : EMC170-1

1/40

## Forage : SP\_2

EXGTE B3.20.11/GTE

Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Profondeur (m)	EM (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	EM / (pl-p0)
					0	0 100 200	0 5 10		
155	Argiles caillouteuses marron claire				0				
154	Argiles caillouteuses bariolé				1	8.6	1.11	0.66	7.7
153	Limon argilo-cailloteux marron				2	6.2	0.64	0.43	9.7
152					3	3.8	0.51	0.31	7.5
151					4	4.8	0.58	0.41	8.3
150	Argiles sableuses marron				5	9.2	1.22	0.66	7.5
149					6	10.1	1.56	0.72	6.5
148	Sable argileux beige				7	19.6	2.34	1.39	8.4
					8				

# PALAISEAU, PALAISEAU

Date : 27/05/2019

Cote NGF (m) : 154.7

Profondeur : 0.00 - 8.00 m

Machine : EMC170-1

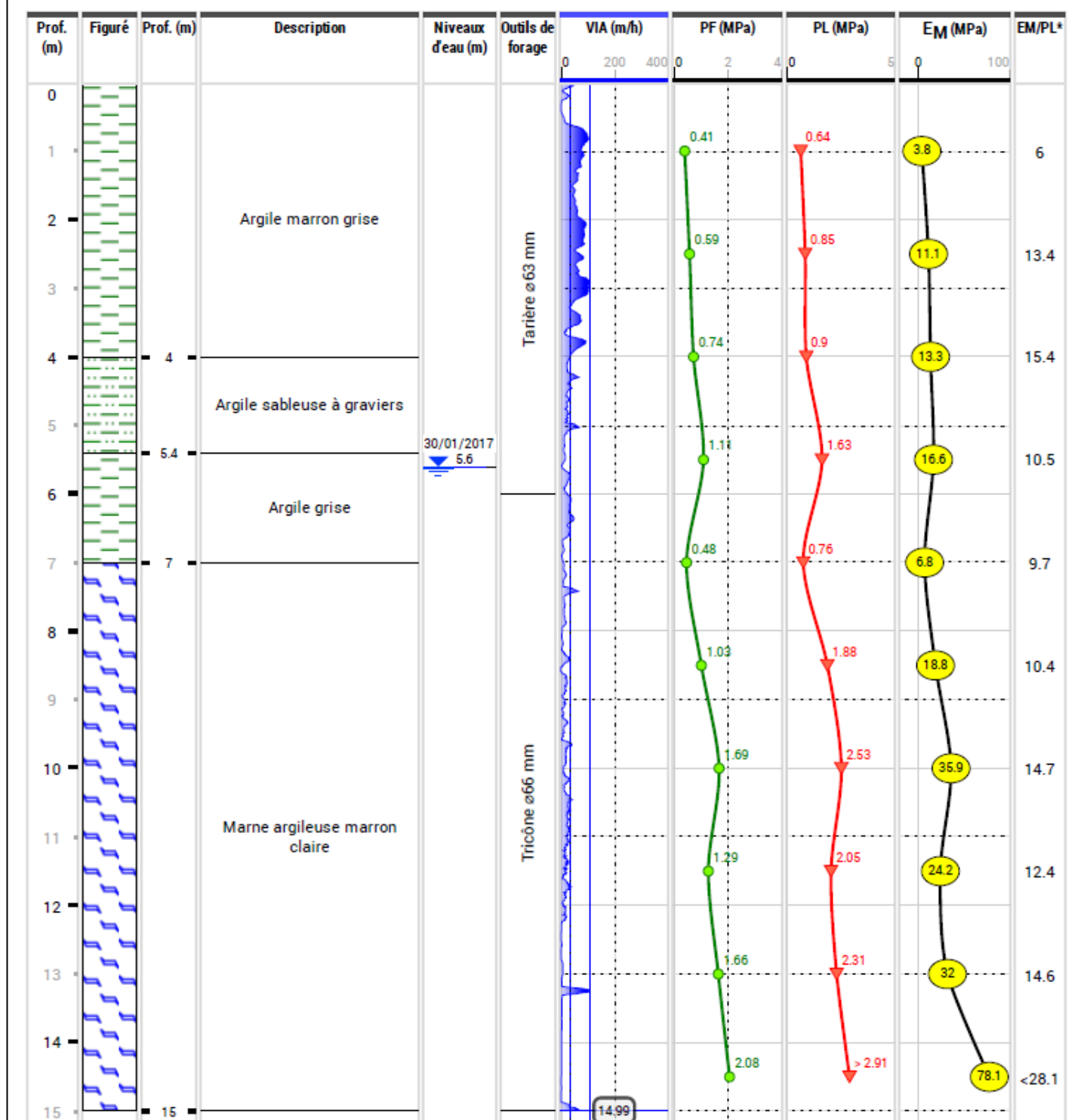
1/40

## Forage : SP\_3

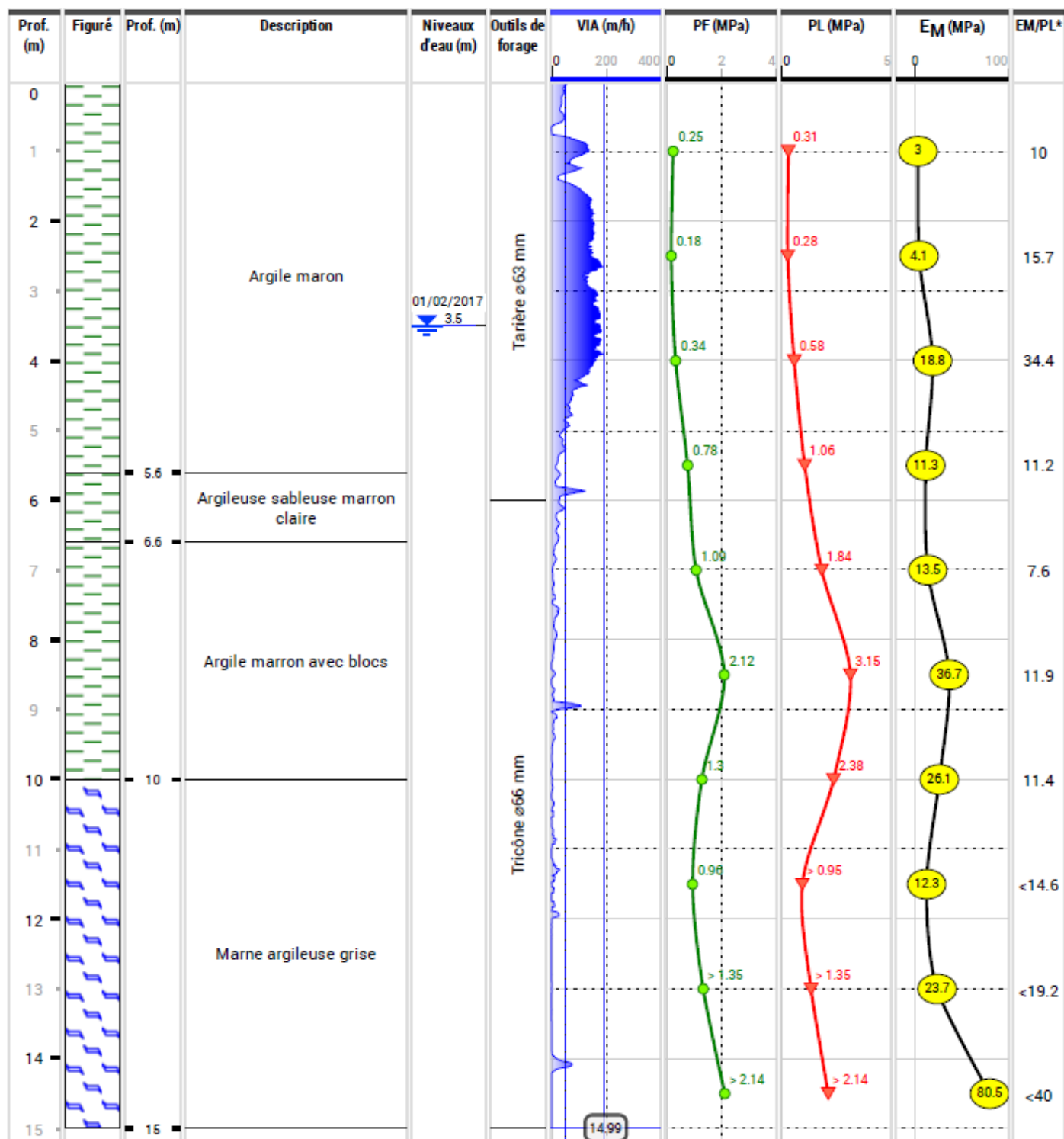
EXGTE B3.20.11/GTE

Cote NGF	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Profondeur (m)	EM (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	EM / (pl-p0)
					0	0 100 200	0 5 10		
154	Argiles caillouto-graveleuses bariolé				1	2.7	0.32	0.18	8.6
153	Argile limoneuse marron				2	3.2	0.46	0.21	6.9
152	Argiles graveleuses marron				3	2.0	0.57	0.36	3.4
151	Argiles graveleuses marron				4	12.2	0.90	0.46	13.5
150	Argiles graveleuses marron				5	28.3	2.73	1.20	10.4
149	Argiles graveleuses marron				6	48.2	4.03	2.59	12.0
148	Argile graveleuse				7	50.2	4.90	2.99	10.3
147	Argile graveleuse				8				

Cote (m)	Prof (m)	Lithologie	Stratigraphie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Tubage	Equipement forage	Echantillons
152.1	0	3.50 m			carottier rotation carbure	eau		piézomètre ouvert	Echantillons intacts
	1								1.50 m
	2								Echantillons intacts
	3								2.50 m
	4								Echantillons intacts
	5								3.50 m
	6								Echantillons intacts










## **9. RESULTATS DES ESSAIS LABORATOIRE**

## RÉCAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE

Affaire N° : IPE,190051		Nom de l'affaire : PALAISEAU				Ingénieur d'étude, visa : H.PEREIRA				RESPONSABLE DU LABORATOIRE : S. BEYELER															Page 1 / 1								
Indice mémo :										Date 09/07/2019			Nom S. BEYELER										Visa 										
Forage	Prof. moyenne (m)	Nature	Wn	ρ	ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	VBS	Ca CO <sub>3</sub>	D <sub>max</sub>	Passant à				Passant à				Proctor		Proctor+IPI		IPI	LA	MDE	FS	SE	FR	DG	Classification	
			%	T/m <sup>3</sup>	T/m <sup>3</sup>	T/m <sup>3</sup>	%	%	%	(-)	%	mm	50 mm 0 / D	2 mm 0 / D	80 µm 0 / D	63 µm 0 / D	2 µm 0 / D	2 mm 0 / 50	80 µm 0 / 50	W <sub>opn</sub> %	ρ <sub>dopn</sub> t/m <sup>3</sup>	W <sub>opn</sub> %	ρ <sub>dopn</sub> t/m <sup>3</sup>										
		Normes		94-050	94-053	94-053	94-054	94-051 & 52			94-068	94-048	94-056 & 57							94-093				94-078	1097-1	1097-2	18-576	933-8	94-066	94-067	11-300		
Remarques:		*Wn = teneur en eau sur 0/20 (NF P11-300)				*Ic ne peut être calculé uniquement si le matériau < 400µm (NF P94-051)																											
Nombre d'essais			4	2	2		4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4															
PM5	1.00 2.25	argile limoneuse gravelo sableuse argile limoneuse	18.2				37	23	15	2.32		150	92.9	69.4	47.8	46.7	0.0	74.7	51.5													C1A2 A2	
			18.6					24	13	3.36			18	100.0	94.3	83.0	0.0	94.3	83.0														
PM6	1.50 3.50	argile limoneuse argile sableuse	22.4	1.99	1.62		40	23	17	3.53		11	100.0	98.9	94.8	94.2	0.0	98.9	94.8													A2 A2	
			23.2	1.97	1.60		46	26	20	5.66			11	100.0	95.7	85.3	84.4	0.0	95.7														85.3

**IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE**

**Nom de l'affaire :** PALAISEAU  
**N° d'affaire :** 77GT,190047 **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: non  
**Sondage :** PM5 **Date de prélèvement :** 31/05/2019  
**Profondeur (m) :** 0.50 à 1.50 **Date de réception :** 04/06/2019  
**Cote (m) :** à **Mode de prélèvement :** Pelle mécanique  
**Profondeur moyenne :** 1.00 m  
**Nature matériau :** argile limoneuse gravelo sableuse **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

**TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)**

**Date de l'essai :** 19/06/2019  
**Observations :** **Résultat :**  
**Teneur en eau :**  
**w<sub>n</sub> =** 18.2 %

**MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU**

**Date de l'essai :** **Résultats :**  
**Conditions :** **ρ =** t/m<sup>3</sup>  
Conditions de conservations : **Autres paramètres :**  
Conditions de préparation : immersion dans l'eau **ρ<sub>d</sub> =** t/m<sup>3</sup>  
Température de la salle d'essai : °C **γ =** kN/m<sup>3</sup>  
**Observations :** **γ<sub>d</sub> =** kN/m<sup>3</sup>  
**Nom de l'opérateur :**

**LIMITES D'ATTERBERG**

*Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)*

**Limite de liquidité W<sub>L</sub>:** **Date de l'essai :** 25/06/2019

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)	15.8	17.8	20.2	23.5
w (%) (NF P 94-050)	36.7	38.0	39.4	41.1

**Limite de plasticité W<sub>p</sub>:** **Résultats :**

Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)	22.2	23.1	23.0

**Observations :** **W<sub>L</sub> =** 37 %  
**W<sub>p</sub> =** 23 %  
**I<sub>p</sub> =** 15

**ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)**


**Date de l'essai :** 27/06/2019 **Fraction 0/5mm dans la fraction**  
**Proportion : C =** 83.97  
**Observations :** **Résultat :**  
**Valeur de bleu du sol :**  
**VBS =** 2.32

**ÉQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8)**

**Date de réception de l'échantillon :** **Résultats :**  
**Observations :** **SE<sub>1</sub> =** %  
**SE<sub>2</sub> =** %  
**Équivalent de sable :**  
**SE =** %

**COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)**

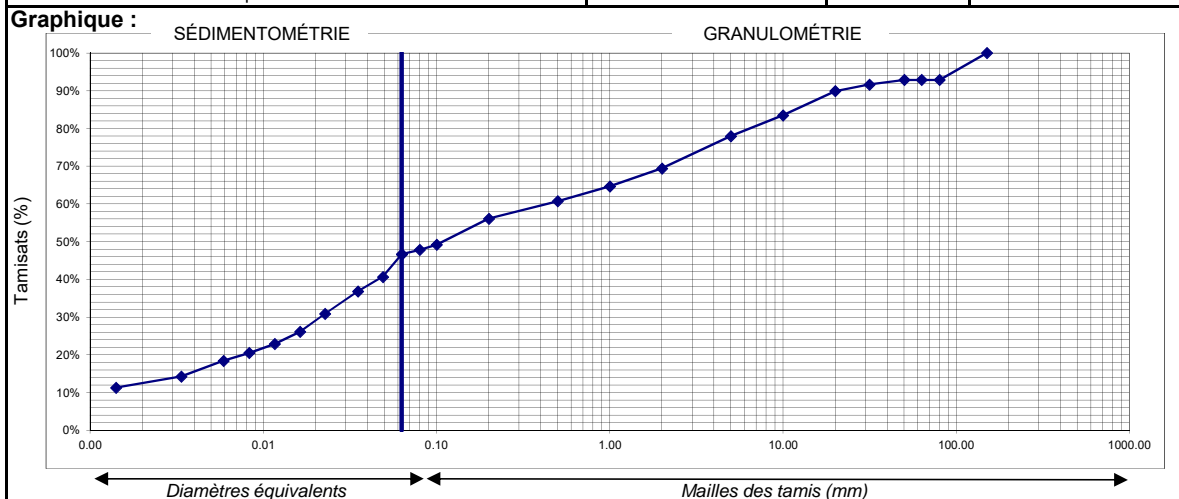
**Observations :** **Résultat :**  
**F<sub>s</sub> =** %

 <p><b>FTQ 243-104</b> V7 du 30/11/2018</p>	<p><b>PROCÈS-VERBAL D'ESSAI</b></p> <p><b>ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC</b> <b>APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION</b> (réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)</p>
--	--

<b>Nom de l'affaire :</b>	PALAISEAU
<b>N° d'affaire :</b>	77GT,190047 <span style="float: right;"><b>Laboratoire :</b> ARGENTEUIL</span>

Quantité de matériau Normalisée:		non	
<b>Sondage :</b>	PM5	<b>Date d'essai granulométrie :</b>	24/06/2019
<b>Profondeur (m)</b>	0.50 à 1.50	<b>Date d'essai sédimentométrie :</b>	25/06/2019
<b>Cote (m) :</b>	à	<b>Mode de prélèvement :</b>	Pelle mécanique
<b>Profondeur moyenne :</b>	1 m	<b>Date de réception :</b>	04/06/2019

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :			
<b>Classification NF P 11-300 :</b>	C1A2	<b>Nature du sol selon Classification granulométrique</b>	argile limoneuse gravelo sableuse
<b>Nature du sol</b>		<b>Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :</b>	<b>Température d'étuvage :</b>
<b>% de passant à :</b>			105°C
50 mm = 92.88%      2 mm = 69.41%			<b>Plus gros élément</b>
20 mm = 89.89%      63 µm = 46.67%		dm = 150 mm	Dmax = 150 mm
5 mm = 77.99%      2 µm = 12.46%			



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer    Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer    \* calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)														
Résultats :														
Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	92.88	92.88	92.88	91.66	89.89	83.50	77.99	69.41	64.67	60.72	56.07	49.19	47.81	46.67
Refus %	7.12	7.12	7.12	8.34	10.11	16.50	22.01	30.59	35.33	39.28	43.93	50.81	52.19	53.33

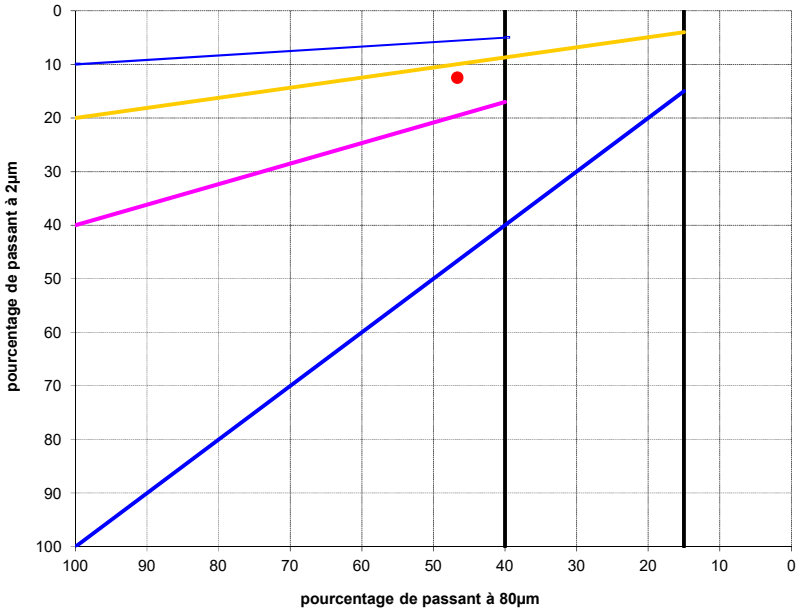
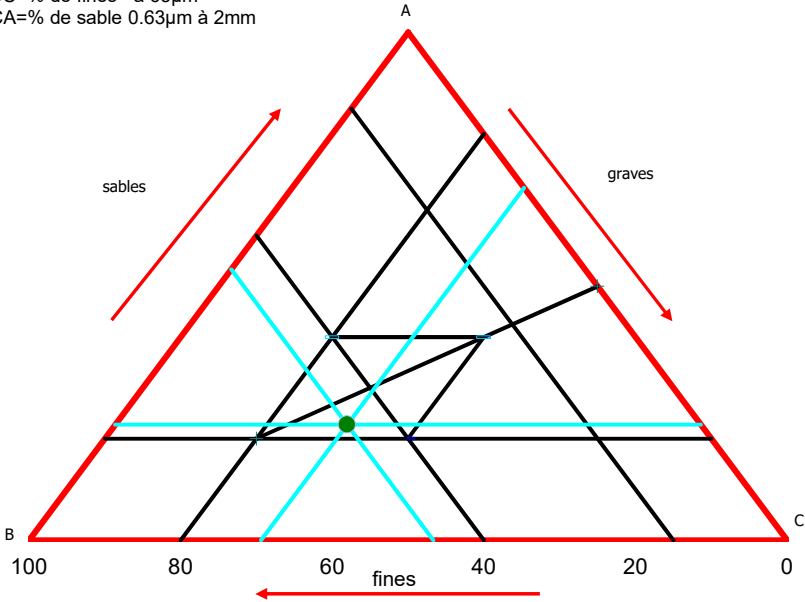
DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)								
Paramètres :		Résultats :						
Densimètre :		Temps (h:min:s)	Lecture R <sub>h</sub>	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H <sub>t</sub> (mm)	K <sub>c</sub> (%)
h = 133.9 mm		00:01:00	14.9	25.1	0.9	13.70	148.16	40.6%
V <sub>h</sub> = 41.91 ml		00:02:00	13.6	25.1	0.9	12.40	152.28	36.8%
N = 25.3 mm		00:05:00	11.6	25.1	0.9	10.40	158.63	30.9%
Facteurs correcteurs :		00:10:00	10.0	25.1	0.9	8.80	163.70	26.1%
C <sub>m</sub> = -0.2		00:20:00	8.9	25.1	0.9	7.70	167.19	22.8%
R' <sub>0</sub> = 1.20		00:40:00	8.1	25.1	0.9	6.90	169.73	20.5%
Éprouvette : L = 311.50 mm		01:20:00	7.4	25.1	0.9	6.20	171.95	18.4%
<b>Masse volumique :</b>		04:05:30	6.0	26.4	0.9	4.80	176.39	14.2%
ρ <sub>s</sub> = 2.687 Mg/m <sup>3</sup>		00:10:30	5.0	25.6	0.9	3.80	179.56	11.3%
Conventionnelle								
Mesurée :								

<b>Observations :</b>
-----------------------

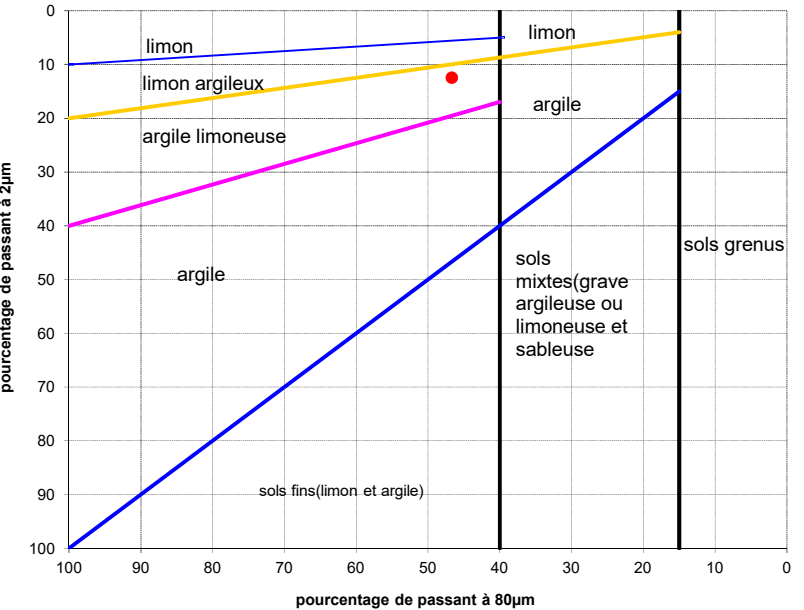
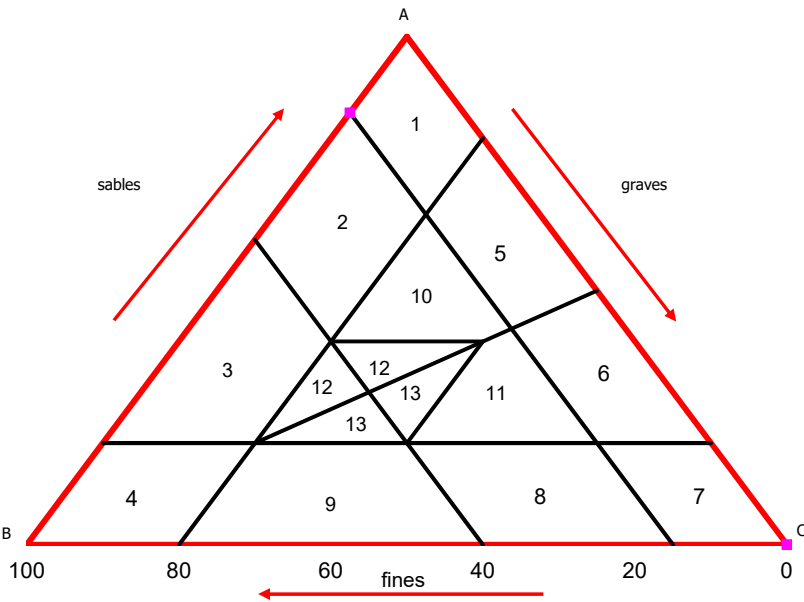
Classification granulométrique

Graphique ternaire

AB=% de grave 2mm à 63mm  
BC=% de fines< à 63µm  
CA=% de sable 0.63µm à 2mm



Graphique ternaire



Classification GTR NF P 11-300 :

C1A2

13.3 e limoneuse gravele sab

- 1.0 sable
- 2.1 sable limoneux
- 2.2 sable argileux
- 3.1 limon sableux
- 3.2 limon argilo sableux
- 3.3 argile limono sableuse
- 3.4 argile sableuse
- 4.1 limon
- 4.2 limon argileux
- 4.3 argile limoneuse
- 4.4 argile
- 5.0 sable graveleux
- 6.0 grave sableuse
- 7.0 grave
- 8.1 grave limoneuse
- 8.2 grave argileuse
- 9.1 limon graveleux
- 9.2 limon argilo graveleux
- 9.3 argile limono graveleuse
- 9.4 argile graveleuse
- 10.1 sable limono graveleux
- 10.2 sable argilo graveleux
- 11.1 grave limono sableuse
- 11.2 grave argilo sableuse
- 12.1 limon sablo graveleux
- 12.2 limon argileux sablo graveleux
- 12.3 argile limono graveleuse
- 12.4 argile sablo graveleuse
- 13.1 limon graveleux sableux
- 13.2 limon argileux graveleux sableux
- 13.3 argile limoneuse graveleux sableuse
- 13.4 argile graveleux sableuse

Résultats

VBS		
LA	W <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>
	37	15
ρ <sub>n</sub> t/m <sup>3</sup>		
w en %	18.2	

**IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE**

**Nom de l'affaire :** PALAISEAU  
**N° d'affaire :** IPE,190051 **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: oui  
**Sondage :** PM5 **Date de prélèvement :** 31/05/2019  
**Profondeur (m) :** 1.50 à 3.00 **Date de réception :** 04/06/2019  
**Cote (m) :** à **Mode de prélèvement :** Pelle mécanique  
**Profondeur moyenne :** 2.25 m  
**Nature matériau :** argile limoneuse **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

**TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)**

**Date de l'essai :** 21/06/2019  
**Observations :** **Résultat :**  
**Teneur en eau :**  
**w<sub>n</sub> =** 18.6 %

**MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU**

**Date de l'essai :** **Résultats :**  
**Conditions :** **ρ =** t/m<sup>3</sup>  
Conditions de conservations : **Autres paramètres :**  
Conditions de préparation : immersion dans l'eau **ρ<sub>d</sub> =** t/m<sup>3</sup>  
Température de la salle d'essai : °C **γ =** kN/m<sup>3</sup>  
**Observations :** **γ<sub>d</sub> =** kN/m<sup>3</sup>  
**Nom de l'opérateur :**

**LIMITES D'ATTERBERG**

*Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)*

**Limite de liquidité W<sub>L</sub> :** **Date de l'essai :** 25/06/2019  

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)	16	18.5	21.3	23.7
w (%) (NF P 94-050)	36.4	37.3	38.3	39.2

  
**Limite de plasticité W<sub>p</sub> :** **Résultats :**  

Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)	23.8	23.7	23.4

  
**Observations :** **W<sub>L</sub> =** 37 %  
**W<sub>p</sub> =** 24 %  
**I<sub>p</sub> =** 13

**ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)**

**Date de l'essai :** 25/06/2019 **Fraction 0/5mm dans la fraction**  
**Proportion : C =** 98.32  
**Observations :** **Résultat :**  
**Valeur de bleu du sol :**  
**VBS =** 3.36


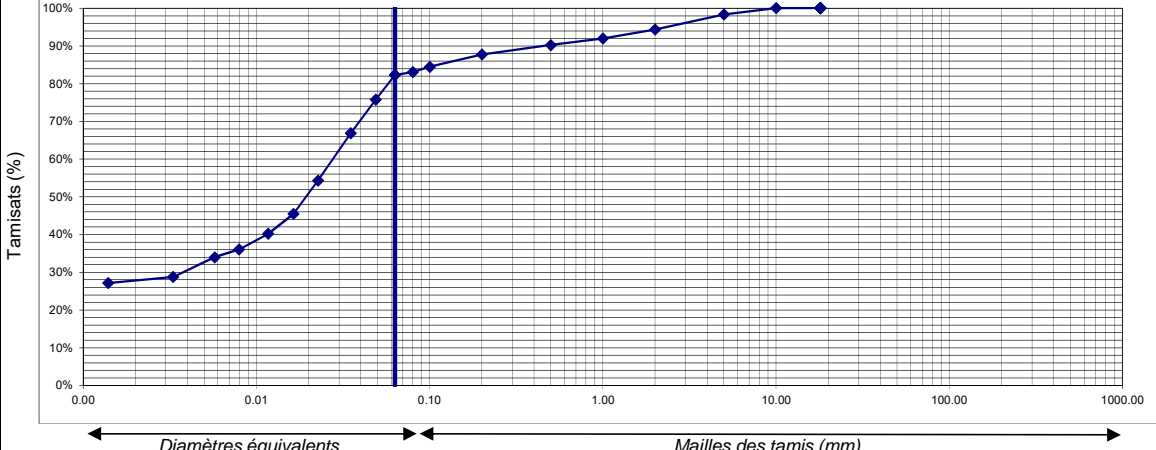
**ÉQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8)**

**Date de réception de l'échantillon :** **Résultats :**  
**Observations :** **SE<sub>1</sub> =** %  
**SE<sub>2</sub> =** %  
**Équivalent de sable :**  
**SE =** %

**COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)**

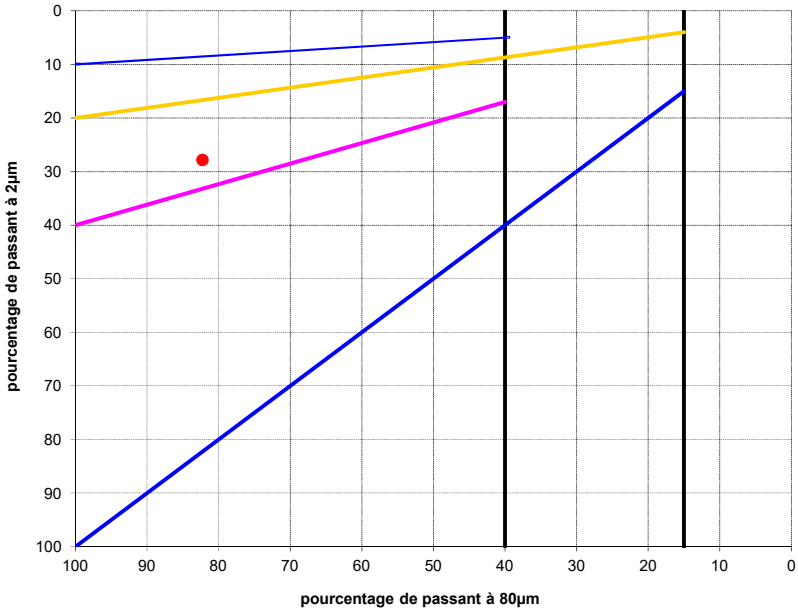
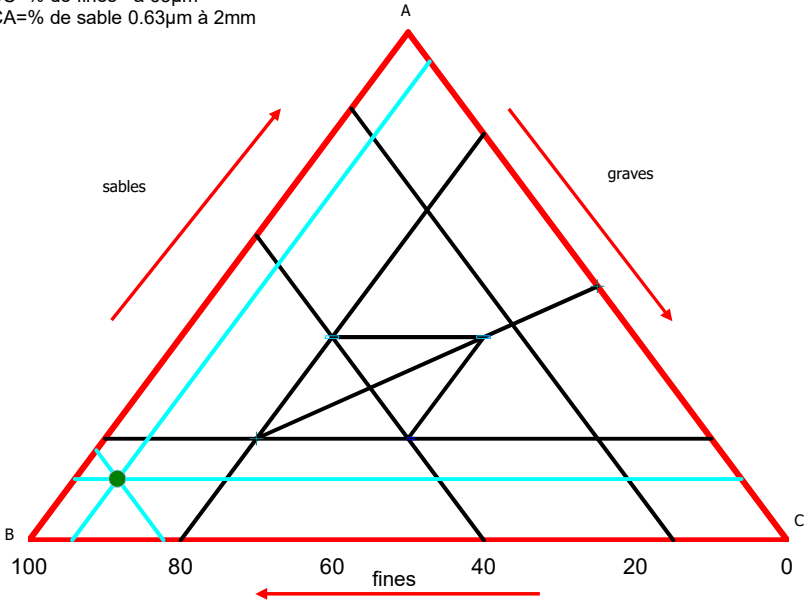
**Observations :** **Résultat :**  
**F<sub>s</sub> =** %



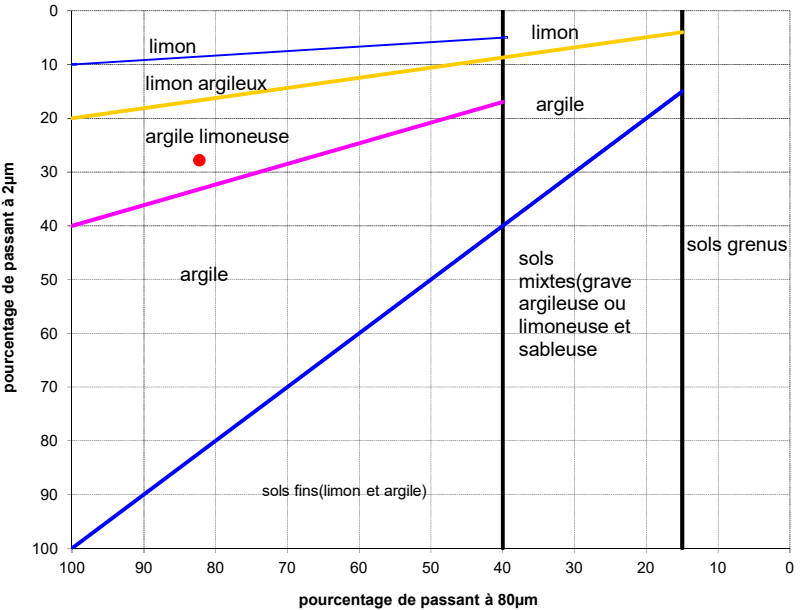
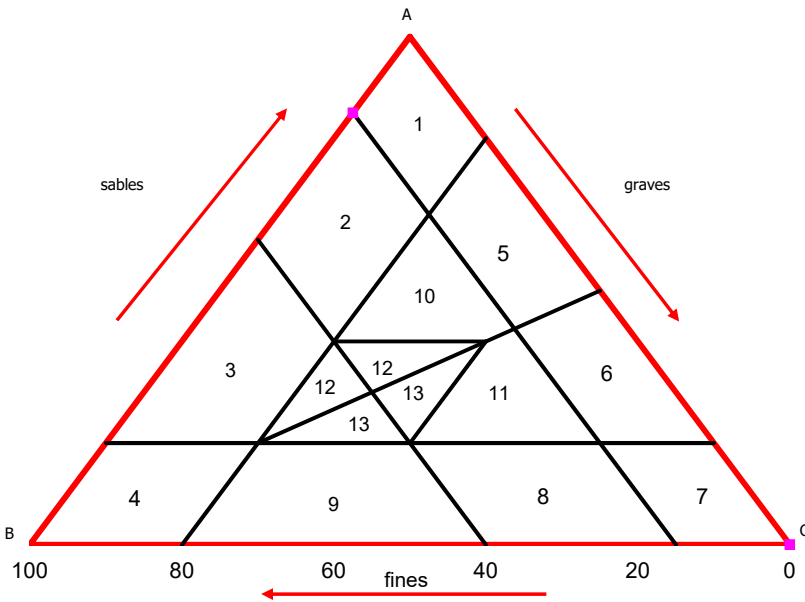
 <p><b>FTQ 243-104</b> V7 du 30/11/2018</p>	<b>PROCÈS-VERBAL D'ESSAI</b>  <b>ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC</b> <b>APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION</b> (réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)																																																																																
<b>Nom de l'affaire :</b> PALAISEAU																																																																																	
<b>N° d'affaire :</b> IPE,190051 <span style="float: right;"><b>Laboratoire :</b> ARGENTEUIL</span>																																																																																	
Quantité de matériau Normalisée: oui																																																																																	
<b>Sondage :</b> PM5 <b>Profondeur (m)</b> 1.50 à 3.00 <b>Cote (m) :</b> à <b>Profondeur moyenne :</b> 2.25 m	<b>Date d'essai granulométrie :</b> 24/06/2019 <b>Date d'essai sédimentométrie :</b> 25/06/2019 <b>Mode de prélèvement :</b> Pelle mécanique <b>Date de réception :</b> 04/06/2019																																																																																
<b>NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :</b>																																																																																	
<b>Classification NF P 11-300 :</b> A2	<b>Nature du sol selon Classification granulométrique</b> argile limoneuse																																																																																
<b>Nature du sol</b> argile limoneuse <b>% de passant à :</b> 50 mm = 100.00%      2 mm = 94.33% 20 mm = 100.00%      63 µm = 82.26% 5 mm = 98.32%      2 µm = 27.81%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :</td> <td style="width: 20%;">% estimé d'éléments &gt; d<sub>m</sub></td> <td style="width: 40%;">Température d'étuvage : 105°C</td> </tr> <tr> <td>dm = 10 mm</td> <td></td> <td>Plus gros élément</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Dmax = 18 mm</td> </tr> </table>	Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :	% estimé d'éléments > d <sub>m</sub>	Température d'étuvage : 105°C	dm = 10 mm		Plus gros élément			Dmax = 18 mm																																																																							
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :	% estimé d'éléments > d <sub>m</sub>	Température d'étuvage : 105°C																																																																															
dm = 10 mm		Plus gros élément																																																																															
		Dmax = 18 mm																																																																															
<b>Graphique :</b> SÉDIMENTOMÉTRIE      GRANULOMÉTRIE																																																																																	
																																																																																	
Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer      Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer      * calculé sur la fraction fine																																																																																	
<b>DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)</b>																																																																																	
<b>Résultats :</b>																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>Mailles (X) mm</th> <th>80</th> <th>63.0</th> <th>50</th> <th>31.5</th> <th>20</th> <th>10</th> <th>5</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>0.5</th> <th>0.2</th> <th>0.1</th> <th>0.08</th> <th>0.063</th> </tr> <tr> <td>Passant %</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td>98.32</td> <td>94.33</td> <td>91.97</td> <td>90.22</td> <td>87.74</td> <td>84.45</td> <td>83.03</td> <td>82.26</td> </tr> <tr> <td>Refus %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.68</td> <td>5.67</td> <td>8.03</td> <td>9.78</td> <td>12.26</td> <td>15.55</td> <td>16.97</td> <td>17.74</td> </tr> </table>		Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063	Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.32	94.33	91.97	90.22	87.74	84.45	83.03	82.26	Refus %							1.68	5.67	8.03	9.78	12.26	15.55	16.97	17.74																																			
Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063																																																																			
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.32	94.33	91.97	90.22	87.74	84.45	83.03	82.26																																																																			
Refus %							1.68	5.67	8.03	9.78	12.26	15.55	16.97	17.74																																																																			
<b>DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)</b>																																																																																	
<b>Paramètres :</b> Densimètre : h = 133.9 mm V <sub>h</sub> = 41.91 ml N = 25.3 mm Facteurs correcteurs : C <sub>m</sub> = -0.2 R' <sub>0</sub> = 1.20 Éprouvette : L = 311.50 mm <b>Masse volumique :</b> ρ <sub>s</sub> = 2.687 Mg/m <sup>3</sup> Conventionnelle <input checked="" type="checkbox"/> X Mesurée : <input type="checkbox"/>	<b>Résultats :</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>Temps (h:min:s)</th> <th>Lecture R'<sub>h</sub></th> <th>Température (°C)</th> <th>η (mPa.s)</th> <th>Lecture corrigée Rd</th> <th>H<sub>t</sub> (mm)</th> <th>K<sub>c</sub> (%)</th> <th>σ équiv D (µm)</th> </tr> <tr><td>00:01:00</td><td>15.7</td><td>24.8</td><td>0.9</td><td>14.50</td><td>145.62</td><td>75.7%</td><td>48.69</td></tr> <tr><td>00:02:00</td><td>14.0</td><td>24.8</td><td>0.9</td><td>12.80</td><td>151.01</td><td>66.8%</td><td>35.06</td></tr> <tr><td>00:05:00</td><td>11.6</td><td>24.8</td><td>0.9</td><td>10.40</td><td>158.63</td><td>54.3%</td><td>22.72</td></tr> <tr><td>00:10:00</td><td>9.9</td><td>24.8</td><td>0.9</td><td>8.70</td><td>164.02</td><td>45.4%</td><td>16.34</td></tr> <tr><td>00:20:00</td><td>8.9</td><td>24.8</td><td>0.9</td><td>7.70</td><td>167.19</td><td>40.2%</td><td>11.66</td></tr> <tr><td>00:44:00</td><td>8.1</td><td>24.8</td><td>0.9</td><td>6.90</td><td>169.73</td><td>36.0%</td><td>7.92</td></tr> <tr><td>01:24:00</td><td>7.7</td><td>25.0</td><td>0.9</td><td>6.50</td><td>171.00</td><td>33.9%</td><td>5.74</td></tr> <tr><td>04:10:00</td><td>6.7</td><td>26.5</td><td>0.9</td><td>5.50</td><td>174.17</td><td>28.7%</td><td>3.30</td></tr> <tr><td>00:15:00</td><td>6.4</td><td>25.6</td><td>0.9</td><td>5.20</td><td>175.12</td><td>27.2%</td><td>1.39</td></tr> </table>	Temps (h:min:s)	Lecture R' <sub>h</sub>	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H <sub>t</sub> (mm)	K <sub>c</sub> (%)	σ équiv D (µm)	00:01:00	15.7	24.8	0.9	14.50	145.62	75.7%	48.69	00:02:00	14.0	24.8	0.9	12.80	151.01	66.8%	35.06	00:05:00	11.6	24.8	0.9	10.40	158.63	54.3%	22.72	00:10:00	9.9	24.8	0.9	8.70	164.02	45.4%	16.34	00:20:00	8.9	24.8	0.9	7.70	167.19	40.2%	11.66	00:44:00	8.1	24.8	0.9	6.90	169.73	36.0%	7.92	01:24:00	7.7	25.0	0.9	6.50	171.00	33.9%	5.74	04:10:00	6.7	26.5	0.9	5.50	174.17	28.7%	3.30	00:15:00	6.4	25.6	0.9	5.20	175.12	27.2%	1.39
Temps (h:min:s)	Lecture R' <sub>h</sub>	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H <sub>t</sub> (mm)	K <sub>c</sub> (%)	σ équiv D (µm)																																																																										
00:01:00	15.7	24.8	0.9	14.50	145.62	75.7%	48.69																																																																										
00:02:00	14.0	24.8	0.9	12.80	151.01	66.8%	35.06																																																																										
00:05:00	11.6	24.8	0.9	10.40	158.63	54.3%	22.72																																																																										
00:10:00	9.9	24.8	0.9	8.70	164.02	45.4%	16.34																																																																										
00:20:00	8.9	24.8	0.9	7.70	167.19	40.2%	11.66																																																																										
00:44:00	8.1	24.8	0.9	6.90	169.73	36.0%	7.92																																																																										
01:24:00	7.7	25.0	0.9	6.50	171.00	33.9%	5.74																																																																										
04:10:00	6.7	26.5	0.9	5.50	174.17	28.7%	3.30																																																																										
00:15:00	6.4	25.6	0.9	5.20	175.12	27.2%	1.39																																																																										
<b>Observations :</b>																																																																																	

Graphique ternaire

AB=% de grave 2mm à 63mm  
BC=% de fines< à 63µm  
CA=% de sable 0.63µm à 2mm



Graphique ternaire



Classification GTR NF P 11-300 :

A2

4.3

argile limoneuse

- 1.0 sable
- 2.1 sable limoneux
- 2.2 sable argileux
- 3.1 limon sableux
- 3.2 limon argilo sableux
- 3.3 argile limono sableuse
- 3.4 argile sableuse
- 4.1 limon
- 4.2 limon argileux
- 4.3 argile limoneuse
- 4.4 argile
- 5.0 sable graveleux
- 6.0 grave sableuse
- 7.0 grave
- 8.1 grave limoneuse
- 8.2 grave argileuse
- 9.1 limon graveleux
- 9.2 limon argilo graveleux
- 9.3 argile limono graveleuse
- 9.4 argile graveleuse
- 10.1 sable limono graveleux
- 10.2 sable argilo graveleux
- 11.1 grave limono sableuse
- 11.2 grave argilo sableuse
- 12.1 limon sablo graveleux
- 12.2 limon argileux sablo graveleux
- 12.3 argile limono graveleuse
- 12.4 argile sablo graveleuse
- 13.1 limon graveleux sableux
- 13.2 limon argileux graveleux sableux
- 13.3 argile limoneuse graveleux sableux
- 13.4 argile graveleux sableux

Résultats

VBS		
LA	W <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>
	37	13
ρ <sub>n</sub> t/m <sup>3</sup>		
w en %	18.6	

**IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE**

**Nom de l'affaire :** PALAISEAU  
**N° d'affaire :** IPE,190051 **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: oui  
**Sondage :** PM6 **Date de prélèvement :** 31/05/2019  
**Profondeur (m) :** 1.00 à 2.00 **Date de réception :** 04/06/2019  
**Cote (m) :** à **Mode de prélèvement :** Pelle mécanique  
**Profondeur moyenne :** 1.50 m  
**Nature matériau :** argile limoneuse **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

**TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)**  
**Date de l'essai :** 20/06/2019  
**Observations :** **Résultat :**  
**Teneur en eau :**  
**w<sub>n</sub> =** 22.4 %

**MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU**  
**Date de l'essai :** 21/06/2019 **Résultats :**  
**Conditions :** **ρ =** 1.99 t/m<sup>3</sup>  
Conditions de conservations : **Autres paramètres :**  
Conditions de préparation : immersion dans l'eau **ρ<sub>d</sub> =** 1.62 t/m<sup>3</sup>  
Température de la salle d'essai : 19.8°C **γ =** 19.50 kN/m<sup>3</sup>  
**Observations :** **γ<sub>d</sub> =** 15.92 kN/m<sup>3</sup>  
essais réalisés sur échantillon remanié **Nom de l'opérateur :** Boris

**LIMITES D'ATTERBERG**  
**Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)**  
**Limite de liquidité W<sub>L</sub> :**

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)	15	17.2	19.2	21.2
w (%) (NF P 94-050)	38.6	39.9	40.9	41.9

**Date de l'essai :** 25/06/2019  
**Limite de plasticité W<sub>p</sub> :**


Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)	22.8	22.7	23.3

**Résultats :**  
**W<sub>L</sub> =** 40 %  
**W<sub>p</sub> =** 23 %  
**I<sub>p</sub> =** 17  
**Observations :**

**ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)**  
**Date de l'essai :** 27/06/2019 **Fraction 0/5mm dans la fraction**  
Proportion : C = 99.48  
**Observations :** **Résultat :**  
**Valeur de bleu du sol :**  
**VBS =** 3.53

**ÉQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8)**  
**Date de réception de l'échantillon :** **Résultats :**  
**Observations :** **SE<sub>1</sub> =** %  
**SE<sub>2</sub> =** %  
**Équivalent de sable :**  
**SE =** %

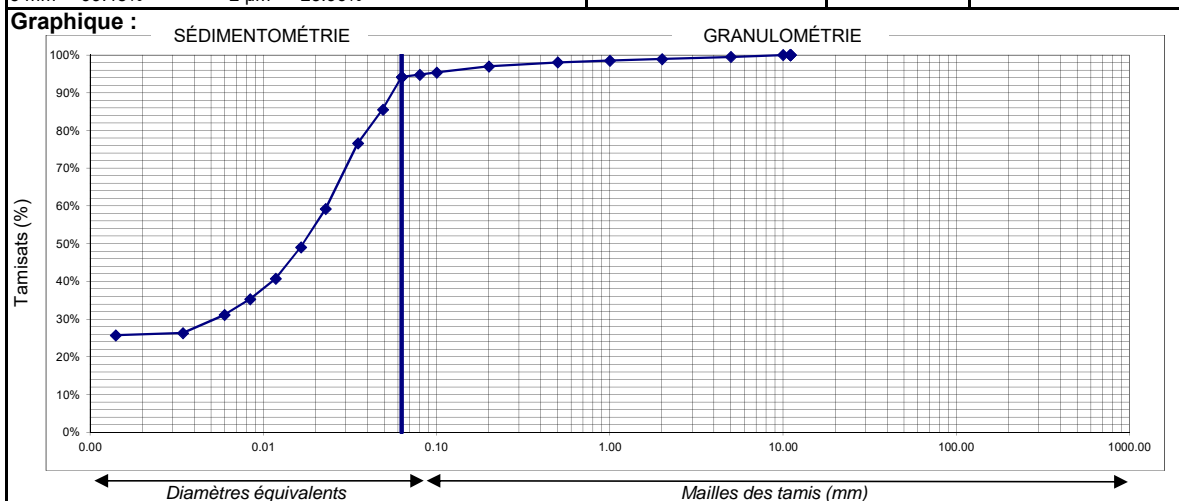
**COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)**  
**Observations :** **Résultat :**  
**F<sub>s</sub> =** %

 <p><b>FTQ 243-104</b> V7 du 30/11/2018</p>	<p><b>PROCÈS-VERBAL D'ESSAI</b></p> <p><b>ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC</b> <b>APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION</b> (réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)</p>
--	--

<b>Nom de l'affaire :</b>	PALAISEAU
<b>N° d'affaire :</b>	IPE,190051 <span style="float: right;"><b>Laboratoire :</b> ARGENTEUIL</span>

Quantité de matériau Normalisée: oui	
<b>Sondage :</b> PM6	<b>Date d'essai granulométrie :</b> 24/06/2019
<b>Profondeur (m)</b> 1.00 à 2.00	<b>Date d'essai sédimentométrie :</b> 25/06/2019
<b>Cote (m) :</b> à	<b>Mode de prélèvement :</b> Pelle mécanique
<b>Profondeur moyenne :</b> 1.5 m	<b>Date de réception :</b> 04/06/2019

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :			
<b>Classification NF P 11-300 :</b> A2	<b>Nature du sol selon Classification granulométrique</b>	argile limoneuse	
<b>Nature du sol</b> argile limoneuse <b>% de passant à :</b> 50 mm = 100.00%      2 mm = 98.95% 20 mm = 100.00%      63 µm = 94.19% 5 mm = 99.48%      2 µm = 25.96%	<b>Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :</b>  dm = 10 mm	<b>% estimé d'éléments &gt; d<sub>m</sub></b>	<b>Température d'étuvage :</b> 105°C
		<b>Plus gros élément</b>	
		Dmax = 11 mm	



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer    Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer    \* calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)														
<b>Résultats :</b>														
Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.48	98.95	98.50	98.05	96.97	95.37	94.81	94.19
Refus %							0.52	1.05	1.50	1.95	3.03	4.63	5.19	5.81

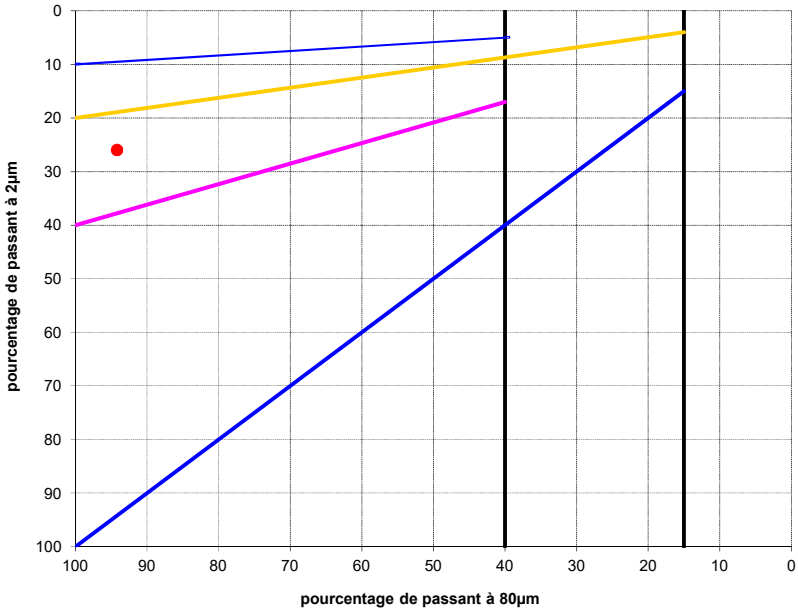
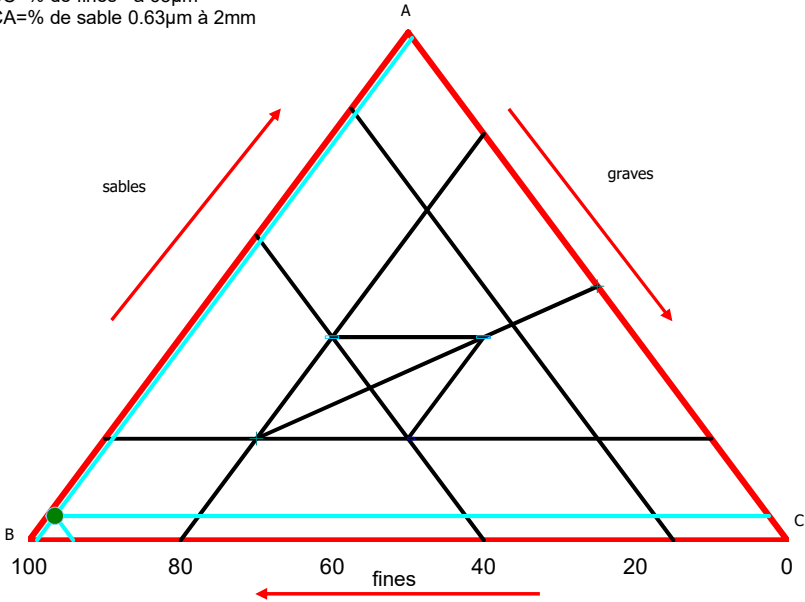
DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)								
<b>Paramètres :</b>		<b>Résultats :</b>						
Densimètre :		Temps (h:min:s)	Lecture R <sub>h</sub>	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H <sub>t</sub> (mm)	K <sub>c</sub> (%)
h = 133.9 mm		00:01:00	15.5	24.6	0.9	14.30	146.26	85.5%
V <sub>h</sub> = 41.91 ml		00:02:00	14.0	24.6	0.9	12.80	151.01	76.6%
N = 25.3 mm		00:05:00	11.1	24.6	0.9	9.90	160.21	59.2%
Facteurs correcteurs :		00:10:00	9.4	24.6	0.9	8.20	165.60	49.1%
C <sub>m</sub> = -0.2		00:20:00	8.0	24.7	0.9	6.80	170.05	40.7%
R' <sub>0</sub> = 1.20		00:40:00	7.1	24.7	0.9	5.90	172.90	35.3%
Éprouvette : L = 311.50 mm		01:20:00	6.4	25.0	0.9	5.20	175.12	31.1%
<b>Masse volumique :</b>		03:56:00	5.6	26.5	0.9	4.40	177.66	26.3%
ρ <sub>s</sub> = 2.687 Mg/m <sup>3</sup>		00:01:00	5.5	25.6	0.9	4.30	177.97	25.7%
Conventionnelle <input checked="" type="checkbox"/>								
Mesurée : <input type="checkbox"/>								

<b>Observations :</b>
-----------------------

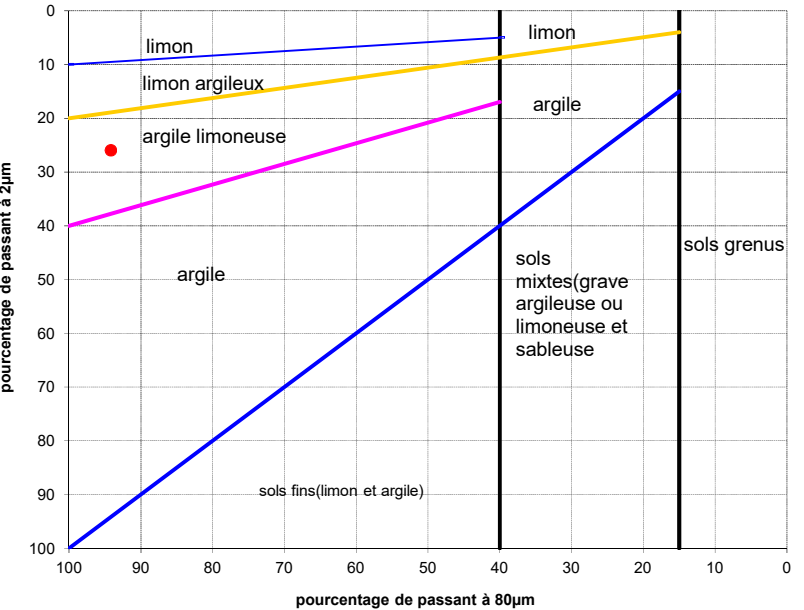
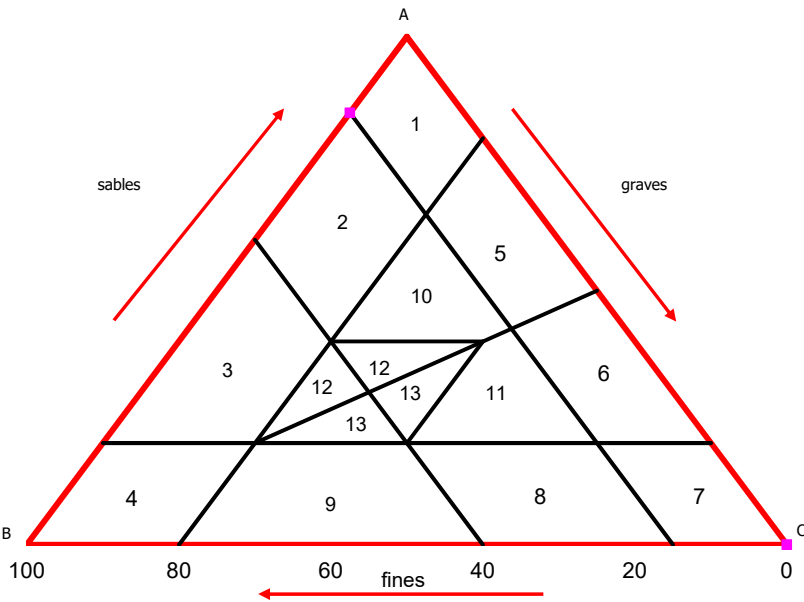
Classification granulométrique

Graphique ternaire

AB=% de grave 2mm à 63mm  
BC=% de fines< à 63µm  
CA=% de sable 0.63µm à 2mm



Graphique ternaire



Classification GTR NF P 11-300 :

A2

4.3

argile limoneuse

- 1.0 sable
- 2.1 sable limoneux
- 2.2 sable argileux
- 3.1 limon sableux
- 3.2 limon argilo sableux
- 3.3 argile limono sableuse
- 3.4 argile sableuse
- 4.1 limon
- 4.2 limon argileux
- 4.3 argile limoneuse
- 4.4 argile
- 5.0 sable graveleux
- 6.0 grave sableuse
- 7.0 grave
- 8.1 grave limoneuse
- 8.2 grave argileuse
- 9.1 limon graveleux
- 9.2 limon argilo graveleux
- 9.3 argile limono graveleuse
- 9.4 argile graveleuse
- 10.1 sable limono graveleux
- 10.2 sable argilo graveleux
- 11.1 grave limono sableuse
- 11.2 grave argilo sableuse
- 12.1 limon sablo graveleux
- 12.2 limon argileux sablo graveleux
- 12.3 argile limono graveleuse
- 12.4 argile sablo graveleuse
- 13.1 limon graveleux
- 13.2 limon argileux graveleux
- 13.3 argile limoneuse graveleux
- 13.4 argile graveleux

Résultats

VBS		
LA	W <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>
	40	17
ρ <sub>n</sub> t/m <sup>3</sup>	1.99	
w en %	22.4	

**IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE**

**Nom de l'affaire :** PALAISEAU  
**N° d'affaire :** IPE,190051 **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: oui  
**Sondage :** PM6 **Date de prélèvement :** 31/05/2019  
**Profondeur (m) :** 3.00 à 4.00 **Date de réception :** 04/06/2019  
**Cote (m) :** à **Mode de prélèvement :** Pelle mécanique  
**Profondeur moyenne :** 3.50 m  
**Nature matériau :** argile sableuse **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

**TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)**

**Date de l'essai :** 20/06/2019  
**Observations :** **Résultat :**  
**Teneur en eau :**  
**w<sub>n</sub> =** 23.2 %

**MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU**

**Date de l'essai :** 21/06/2019 **Résultats :**  
**Conditions :** **ρ =** 1.97 t/m<sup>3</sup>  
Conditions de conservations : **Autres paramètres :**  
Conditions de préparation : immersion dans l'eau **ρ<sub>d</sub> =** 1.60 t/m<sup>3</sup>  
Température de la salle d'essai : 19.8°C **γ =** 19.30 kN/m<sup>3</sup>  
**Observations :** **γ<sub>d</sub> =** 15.67 kN/m<sup>3</sup>  
essais réalisés sur échantillon remanié **Nom de l'opérateur :** Boris

**LIMITES D'ATTERBERG**

**Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)**

**Limite de liquidité W<sub>L</sub>:**

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)	12	15.7	19.8	22.9
w (%) (NF P 94-050)	42.1	45.7	48.4	51.1

**Date de l'essai :** 25/06/2019  
**Limite de plasticité W<sub>p</sub> :**

Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)	26.5	26.3	26.3

**Résultats :**  
**W<sub>L</sub> =** 46 %  
**W<sub>p</sub> =** 26 %  
**I<sub>p</sub> =** 20  
**Observations :**

**ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)**

**Date de l'essai :** 25/06/2019 **Fraction 0/5mm dans la fraction**  
**Proportion : C =** 99.22  
**Observations :** **Résultat :**  
**Valeur de bleu du sol :**  
**VBS =** 5.66

**ÉQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8)**

**Date de réception de l'échantillon :** **Résultats :**  
**Observations :** **SE<sub>1</sub> =** %  
**SE<sub>2</sub> =** %  
**Équivalent de sable :**  
**SE =** %

**COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)**

**Observations :** **Résultat :**  
**F<sub>s</sub> =** %

<b>fondasol</b> # LABORATOIRE GÉOTECHNIQUE  <b>FTQ 243-104</b> V7 du 30/11/2018	<b>PROCÈS-VERBAL D'ESSAI</b>  <b>ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC</b> <b>APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION</b> (réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)
---	---

<b>Nom de l'affaire :</b>	PALAISEAU
<b>N° d'affaire :</b>	IPE,190051 <span style="float: right;"><b>Laboratoire :</b> ARGENTEUIL</span>

Quantité de matériau Normalisée: oui

**Sondage :** PM6 **Date d'essai granulométrie :** 24/06/2019  
**Profondeur (m)** 3.00 à 4.00 **Date d'essai sédimentométrie :** 25/06/2019  
**Cote (m) :** à **Mode de prélèvement :** Pelle mécanique  
**Profondeur moyenne :** 3.5 m **Date de réception :** 04/06/2019

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :			
<b>Classification NF P 11-300 :</b> A2	<b>Nature du sol selon Classification granulométrique</b>	argile	
<b>Nature du sol</b> argile sableuse <b>% de passant à :</b> 50 mm = 100.00%      2 mm = 95.71% 20 mm = 100.00%      63 µm = 84.40% 5 mm = 99.22%      2 µm = 42.44%	<b>Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :</b>  dm = 10 mm	<b>% estimé d'éléments &gt; d<sub>m</sub></b>	<b>Température d'étuvage :</b> 105°C
		<b>Plus gros élément</b>	
		Dmax = 11 mm	

**Graphique :**

SÉDIMENTOMÉTRIE
GRANULOMÉTRIE

Diamètres équivalents      Mailles des tamis (mm)

Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer    Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer    \* calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)														
<b>Résultats :</b>														
Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.22	95.71	93.44	92.33	90.09	86.51	85.32	84.40
Refus %							0.78	4.29	6.56	7.67	9.91	13.49	14.68	15.60

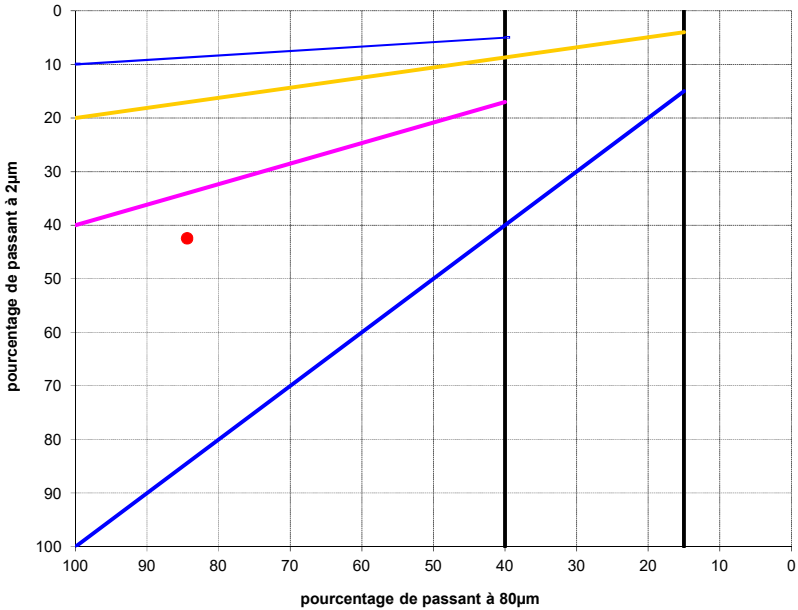
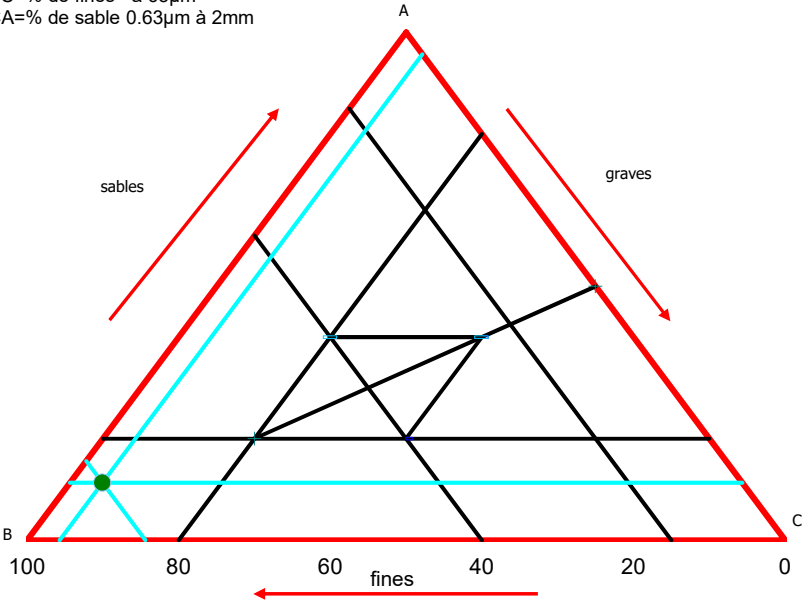
DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)																																																																																								
<b>Paramètres :</b> Densimètre : h = 133.9 mm V <sub>h</sub> = 41.91 ml N = 25.3 mm Facteurs correcteurs : C <sub>m</sub> = -0.1 R' <sub>0</sub> = 1.20 Éprouvette : L = 311.50 mm <b>Masse volumique :</b> ρ <sub>s</sub> = 2.687 Mg/m <sup>3</sup> Conventionnelle <input checked="" type="checkbox"/> X Mesurée : <input type="checkbox"/>			<b>Résultats :</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Temps (h:min:s)</th> <th>Lecture R'<sub>h</sub></th> <th>Température (°C)</th> <th>η (mPa.s)</th> <th>Lecture corrigée Rd</th> <th>H<sub>r</sub> (mm)</th> <th>K<sub>c</sub> (%)</th> <th>σ équiv D (µm)</th> </tr> <tr><td>00:01:00</td><td>15.1</td><td>24.5</td><td>0.9</td><td>13.90</td><td>147.21</td><td>74.5%</td><td>49.12</td></tr> <tr><td>00:02:00</td><td>14.4</td><td>24.5</td><td>0.9</td><td>13.20</td><td>149.43</td><td>70.7%</td><td>34.99</td></tr> <tr><td>00:05:00</td><td>13.1</td><td>24.5</td><td>0.9</td><td>11.90</td><td>153.55</td><td>63.8%</td><td>22.43</td></tr> <tr><td>00:10:00</td><td>11.9</td><td>24.5</td><td>0.9</td><td>10.70</td><td>157.36</td><td>57.3%</td><td>16.06</td></tr> <tr><td>00:20:00</td><td>11.0</td><td>24.6</td><td>0.9</td><td>9.80</td><td>160.21</td><td>52.5%</td><td>11.44</td></tr> <tr><td>00:45:00</td><td>10.1</td><td>24.7</td><td>0.9</td><td>8.85</td><td>163.23</td><td>47.4%</td><td>7.69</td></tr> <tr><td>01:25:00</td><td>10.0</td><td>24.8</td><td>0.9</td><td>8.80</td><td>163.38</td><td>47.2%</td><td>5.59</td></tr> <tr><td>04:01:00</td><td>9.4</td><td>26.4</td><td>0.9</td><td>8.20</td><td>165.29</td><td>43.9%</td><td>3.28</td></tr> <tr><td>00:06:00</td><td>8.9</td><td>25.6</td><td>0.9</td><td>7.70</td><td>166.87</td><td>41.3%</td><td>1.36</td></tr> </table>						Temps (h:min:s)	Lecture R' <sub>h</sub>	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H <sub>r</sub> (mm)	K <sub>c</sub> (%)	σ équiv D (µm)	00:01:00	15.1	24.5	0.9	13.90	147.21	74.5%	49.12	00:02:00	14.4	24.5	0.9	13.20	149.43	70.7%	34.99	00:05:00	13.1	24.5	0.9	11.90	153.55	63.8%	22.43	00:10:00	11.9	24.5	0.9	10.70	157.36	57.3%	16.06	00:20:00	11.0	24.6	0.9	9.80	160.21	52.5%	11.44	00:45:00	10.1	24.7	0.9	8.85	163.23	47.4%	7.69	01:25:00	10.0	24.8	0.9	8.80	163.38	47.2%	5.59	04:01:00	9.4	26.4	0.9	8.20	165.29	43.9%	3.28	00:06:00	8.9	25.6	0.9	7.70	166.87	41.3%	1.36
Temps (h:min:s)	Lecture R' <sub>h</sub>	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H <sub>r</sub> (mm)	K <sub>c</sub> (%)	σ équiv D (µm)																																																																																	
00:01:00	15.1	24.5	0.9	13.90	147.21	74.5%	49.12																																																																																	
00:02:00	14.4	24.5	0.9	13.20	149.43	70.7%	34.99																																																																																	
00:05:00	13.1	24.5	0.9	11.90	153.55	63.8%	22.43																																																																																	
00:10:00	11.9	24.5	0.9	10.70	157.36	57.3%	16.06																																																																																	
00:20:00	11.0	24.6	0.9	9.80	160.21	52.5%	11.44																																																																																	
00:45:00	10.1	24.7	0.9	8.85	163.23	47.4%	7.69																																																																																	
01:25:00	10.0	24.8	0.9	8.80	163.38	47.2%	5.59																																																																																	
04:01:00	9.4	26.4	0.9	8.20	165.29	43.9%	3.28																																																																																	
00:06:00	8.9	25.6	0.9	7.70	166.87	41.3%	1.36																																																																																	

**Observations :**

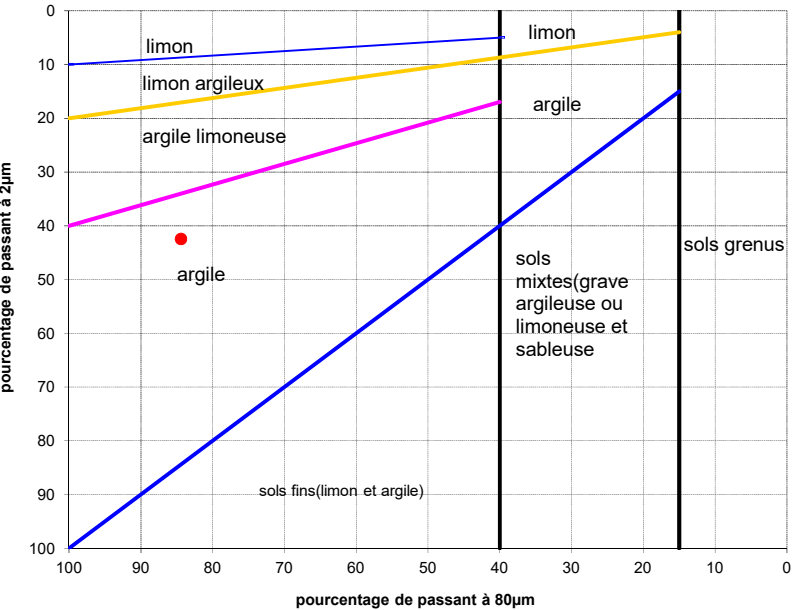
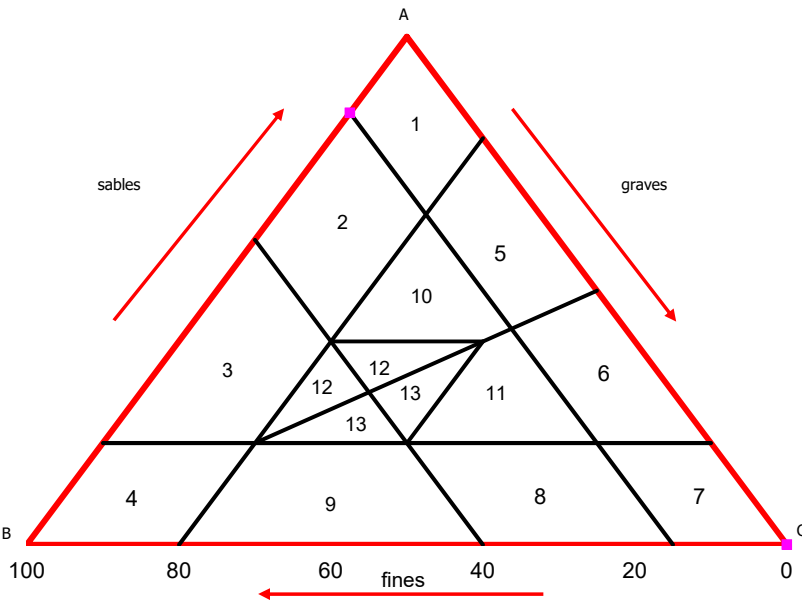


Graphique ternaire

AB=% de grave 2mm à 63mm  
BC=% de fines< à 63µm  
CA=% de sable 0.63µm à 2mm



Graphique ternaire



Classification GTR NF P 11-300 :

A2

4.4

argile

- 1.0 sable
- 2.1 sable limoneux
- 2.2 sable argileux
- 3.1 limon sableux
- 3.2 limon argilo sableux
- 3.3 argile limono sableuse
- 3.4 argile sableuse
- 4.1 limon
- 4.2 limon argileux
- 4.3 argile limoneuse
- 4.4 argile
- 5.0 sable graveleux
- 6.0 grave sableuse
- 7.0 grave
- 8.1 grave limoneuse
- 8.2 grave argileuse
- 9.1 limon graveleux
- 9.2 limon argilo graveleux
- 9.3 argile limono graveleuse
- 9.4 argile graveleuse
- 10.1 sable limono graveleux
- 10.2 sable argilo graveleux
- 11.1 grave limono sableuse
- 11.2 grave argilo sableuse
- 12.1 limon sablo graveleux
- 12.2 limon argileux sablo graveleux
- 12.3 argile limono graveleuse
- 12.4 argile sablo graveleuse
- 13.1 limon graveleux
- 13.2 limon argileux graveleux
- 13.3 argile limoneuse graveleux
- 13.4 argile graveleux

Résultats

VBS		
LA	W <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>
	46	20
ρ <sub>n</sub> t/m <sup>3</sup>	1.97	
w en %	23.2	

WESSLING France S.A.R.L, Parc d'activité de la Gare, 181 rue Jean Monnet, 59170 Croix

FONDASOL  
Madame Lisa LEGENTIL  
60 Rue de la fontaine  
77240 CESSON

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

ULI19-001267-1  
ULI-01266-19  
D. Paris  
+33 328 342 332  
d.paris@wessling.fr  
17.06.2019

# Rapport d'essai

**DE.IPE.19..03.051 PALAISEAU**  
**Date de prélèvement 31/05/2019**

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.

Les méthodes couvertes par l'accréditation COFRAC NF EN ISO/CEI 17025 – 2005 sont marquées d'un A au niveau de la norme.

Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.

Les portées d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire Wessling de Lyon (St Quentin Fallavier) et COFRAC n°1-5578 du laboratoire Wessling de Paris (Villebon-sur Yvette) et COFRAC n°1-6579 du laboratoire Wessling de Lille (Croix) sont disponibles sur le site [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling FRANCE.

Les essais effectués par les laboratoires allemands, hongrois et polonais sont accrédités respectivement par le DAKKS D-PL-14162-01-00, le NAT-1-1009/2012 et le PCA Nr AB 918. Ces documents d'accréditation sont disponibles sur demande.

Les rapports d'essai pour les analyses sous-traitées émis par les laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

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

Croix, le 17.06.2019

N° d'échantillon	Unité	19-092791-01 PM5 ou 1 3m à 4m	19-092791-02 PM6 ou 2 1m à 2m
------------------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Extrait à l'acide chlorhydrique		11.06.2019	11.06.2019
---------------------------------	--	------------	------------

#### Analyse physique

Matière sèche	% mass MB	82,0	82,6
---------------	-----------	------	------

#### Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité	ml/kg MS-A	4,0	13
Sulfates (SO4) calc.	mg/kg MS-A	250	140
Soufre (S)	mg/kg MS-A	85	47

#### Cations, anions et éléments non métalliques

Nitrates (NO3)	mg/kg MS-A	<10	<10
----------------	------------	-----	-----

Croix, le 17.06.2019

## Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	19-092791-01	19-092791-02
Date de réception :	07.06.2019	07.06.2019
Désignation :	PM5 ou 1 3m à 4m	PM6 ou 2 1m à 2m
Type d'échantillon :	Sol	Sol
Date de prélèvement :	31.05.2019	31.05.2019
Récipient :		
Température à réception (C°) :		
Début des analyses :	07.06.2019	07.06.2019
Fin des analyses :	14.06.2019	14.06.2019

Croix, le 17.06.2019

## Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre	Norme	Laboratoire
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)
Nitrate sur solide	DIN 4030-2 mod. (2008-06)	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

**Rémy FOURNIER**

Chargé de Clientèle



WESSLING France S.A.R.L., Parc d'activité de la Gare, 181 rue Jean Monnet, 59170 Croix

FONDASOL  
Madame Lisa LEGENTIL  
54 Rue de la fontaine  
77240 CESSON

Rapport d'essai n° :	ULI19-001360-1
Commande n° :	ULI-01283-19
Interlocuteur :	D. Paris
Téléphone :	+33 328 342 332
eMail :	d.paris@wessling.fr
Date :	25.06.2019

# Rapport d'essai

**DE.IPE.19.03.051**  
**PR.77GT.19.0047**

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.  
Les méthodes couvertes par l'accréditation COFRAC NF EN ISO/CEI 17025 – 2005 sont marquées d'un A au niveau de la norme.  
Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.  
Les portées d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire Wessling de Lyon (St Quentin Fallavier) et COFRAC n°1-5578 du laboratoire Wessling de Paris (Villebon-sur Yvette) et COFRAC n°1-6579 du laboratoire Wessling de Lille (Croix) sont disponibles sur le site [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling FRANCE.  
Les essais effectués par les laboratoires allemands, hongrois et polonais sont accrédités respectivement par le DAKKS D-PL-14162-01-00, le NAT-1-1009/2012 et le PCA Nr AB 918. Ces documents d'accréditation sont disponibles sur demande.  
Les rapports d'essai pour les analyses sous-traitées émis par les laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.  
Ce rapport d'essai ne peut-être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

Croix, le 25.06.2019

N° d'échantillon 19-093695-01  
Désignation d'échantillon Unité PZ- 05/06/19

**Analyse physique**

pH 11,7

**Cations, anions et éléments non métalliques**

Dioxyde de carbone agressif	mg/l E/L	<3,0
Fluorures (F)	mg/l E/L	2,2
Sulfates (SO4)	mg/l E/L	57
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	0,3
Azote ammoniacal (NH4-N)	mg/l E/L	0,23

**Divers**

Alcalinité pH 4,3 mmol/l E/L 4,8

**Préparation d'échantillon**

Minéralisation à l'eau régale 17/06/2019

**Eléments**

Magnésium (Mg) mg/l E/L 1,1

Croix, le 25.06.2019

## Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	19-093695-01
Date de réception :	11.06.2019
Désignation :	PZ- 05/06/19
Type d'échantillon :	Eau résiduaire
Date de prélèvement :	05.06.2019
Heure de prélèvement :	-/-
Récipient :	2x1LPE
Température à réception (C°) :	
Début des analyses :	11.06.2019
Fin des analyses :	25.06.2019



Croix, le 25.06.2019

## Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre	Norme	Laboratoire
Dioxyde de carbone agressif sur eau / lixiviat	DIN 38404-10-M4 (1995-04)(A)	Wessling Oppin (D)
Métaux sur eau / lixiviat (ICP-MS)	NF EN ISO 17294-2(A)	Wessling Lyon (F)
Anions dissous (filtration à 0,2 µ)	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)(A)	Wessling Oppin (D)
Minéralisation à l'eau régale pour métaux totaux	NF EN ISO 15587-1(A)	Wessling Lyon (F)
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	DIN EN ISO 11732 (2005-05)(A)	Wessling Oppin (D)
pH	DIN EN ISO 10523 (2012-04)(A)	Wessling Oppin (D)
Capacité acide/base sur eau/lixiviat	DIN 38409 H7 (2005-12)(A)	Wessling Oppin (D)

Commentaires :

19-093695-01

Commentaires des résultats:

Métaux (E/L), Magnésium (Mg): Résultat hors champ d'accréditation

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

Rémy FOURNIER

Chargé de Clientèle





## **I 0. PREDIMENSIONNEMENT DES PIEUX**

## PIEUX FTC 720mm ancrés dans les ARGILES A MEULIERES (L=9m)



Fondations\_Profondes v6.1

Calcul de la résistance d'un pieu selon les prescriptions de la norme NF P94-262 (2ème tirage) + A1  
Procédure "modèle de terrain" et méthode pressiométrique (annexe F)

**Affaire :** PALAISEAU  
**Référence :**  
**Commentaires :** Pieux FTC - exemple de prédimensionnement

### 1. Caractéristiques du pieu

Données relatives au pieu :

Données pour le calcul de la résistance intrinsèque (pieu béton) :

1ère dimension transversale : B = 720 mm (diamètre si circulaire)

Type d'ouvrage = Autre que pont

Section de la pointe de calcul :  $A_b = 4\,072 \text{ cm}^2$

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Périmètre frottant de calcul :  $P_s = 226 \text{ cm}$

Longueur du pieu dans le terrain : D = 9.00 m

Reduction sur  $k_1 = 0.0$

Cote de la tête du pieu :  $z_{tête} = 155.00 \text{ m}$

Pieu armé = Non

Cote de la base du pieu :  $z_{base} = 146.00 \text{ m}$

$k_3 = 1.00$

Catégorie du pieu = 6 FTC, FTCD

$k_1 = 1.35$

Classe = 2

$k_2 = 1.00$

Technique = Foré tarière creuse simple rotation ou double rotation

Norme = NF EN 1536

Mise en œuvre = Sans refoulement du sol

Effet de groupe = Non

### 2. Modèle géotechnique

N°	Couche	Catégorie de sol (selon B.2.1)	$z_{inf}$ (m)	$pl^*$ (MPa)	ép. couche (m)	long. pieu (m)	$pl_e^*$ (MPa)	$k_p$ (-)	$q_s$ (kPa)
-	-	-	155.0	-	-	-	-	-	-
1	Limons des plateaux	argiles et limons	151.0	0.60	4.0	4.0			55
2	Argile à meulière	argiles et limons	143.5	2.00	7.5	5.0	2	1.30	68
3	Sable de fontainebleau	sables et graves	135.0	4.80	8.5				

### 3. Résultats

Etat limite		Portance (compression)	Résistance de traction	Résistance intrinsèque (***)
ELS	Caractéristiques	$R_{c;cr;d} = 1\,244 \text{ kN}$	$R_{t;cr;d} = -523 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELS}^* = 2\,714 \text{ kN}$
	Quasi-permanents	$R_{c;cr;d} = 1\,018 \text{ kN}$	$R_{t;cr;d} = -384 \text{ kN}$	sans objet
ELU	Fondamentaux	$R_{c;d} = 1\,671 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -715 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELU}^* = 4\,825 \text{ kN}$
	Sismiques	$R_{c;d} = 1\,671 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -715 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELU}^* = 5\,568 \text{ kN}$
	Accidentels	$R_{c;d} = 1\,838 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -783 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELU}^* = 6\,032 \text{ kN}$

(\*\*\*) : Effort axial maximal en compression

## PIEUX FTC 720mm ancrés dans les SABLES DE FONTAINEBLEAU (L=12.5m)



Fondations\_Profondes v6.1

Calcul de la résistance d'un pieu selon les prescriptions de la norme NF P94-262 (2ème tirage) + A1  
Procédure "modèle de terrain" et méthode pressiométrique (annexe F)

Affaire : PALAISEAU  
Référence :  
Commentaires : Pieux FTC - exemple de prédimensionnement

### 1. Caractéristiques du pieu

#### Données relatives au pieu :

1ère dimension transversale : B = 720 mm (diamètre si circulaire)

#### Données pour le calcul de la résistance intrinsèque (pieu béton) :

Type d'ouvrage = Autre que pont

Section de la pointe de calcul :  $A_b = 4\,072 \text{ cm}^2$   $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$   
Périmètre frottant de calcul :  $P_s = 226 \text{ cm}$   
Longueur du pieu dans le terrain :  $D = 12.50 \text{ m}$  Réduction sur  $k_1 = 0.0$   
Cote de la tête du pieu :  $z_{tête} = 155.00 \text{ m}$  Pieu armé = Non  
Cote de la base du pieu :  $z_{base} = 142.50 \text{ m}$   $k_3 = 1.00$   
Catégorie du pieu = 6 FTC, FTCD  $k_1 = 1.35$   
Classe = 2  $k_2 = 1.00$   
Technique = Foré tarière creuse simple rotation ou double rotation  
Norme = NF EN 1536  
Mise en œuvre = Sans refoulement du sol

Effet de groupe = Non

### 2. Modèle géotechnique

N°	Couche	Catégorie de sol (selon B.2.1)	$z_{inf}$ (m)	$pl^*$ (MPa)	ép. couche (m)	long. pieu (m)	$pl_e^*$ (MPa)	$k_p$ (-)	$q_s$ (kPa)
-	-	-	155.0	-	-	-	-	-	-
1	Limons des plateaux	argiles et limons	151.0	0.60	4.0	4.0			55
2	Argile à meulrières	argiles et limons	143.5	2.00	7.5	7.5			68
3	Sable de fontainebleau	sables et graves	135.0	4.80	8.5	1.0	4.8	1.65	170

### 3. Résultats

Etat limite	Portance (compression)	Résistance de traction	Résistance intrinsèque (***)
ELS			
Caractéristiques	$R_{c,cr;d} = 2\,665 \text{ kN}$	$R_{t,cr;d} = -841 \text{ kN}$	$R_{c,d;ELS}^* = 2\,714 \text{ kN}$
Quasi-permanents	$R_{c,cr;d} = 2\,181 \text{ kN}$	$R_{t,cr;d} = -617 \text{ kN}$	sans objet
ELU			
Fondamentaux	$R_{c;d} = 3\,776 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -1\,149 \text{ kN}$	$R_{c,d;ELU}^* = 4\,825 \text{ kN}$
Sismiques	$R_{c;d} = 3\,776 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -1\,149 \text{ kN}$	$R_{c,d;ELU}^* = 5\,568 \text{ kN}$
Accidentels	$R_{c;d} = 4\,154 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -1\,259 \text{ kN}$	$R_{c,d;ELU}^* = 6\,032 \text{ kN}$

(\*\*\*) : Effort axial maximal en compression

## PIEUX FTC 820mm ancrés dans les SABLES DE FONTAINEBLEAU (L=13.5m)



Fondations\_Profondes v6.1

Calcul de la résistance d'un pieu selon les prescriptions de la norme NF P94-262 (2ème tirage) + A1  
Procédure "modèle de terrain" et méthode pressiométrique (annexe F)

Affaire : PALAISEAU  
Référence :  
Commentaires : Pieux FTC - exemple de prédimensionnement

### 1. Caractéristiques du pieu

Données relatives au pieu :

Données pour le calcul de la résistance intrinsèque (pieu béton) :

1ère dimension transversale : B = 820 mm (diamètre si circulaire) Type d'ouvrage = Autre que pont

Section de la pointe de calcul :  $A_b = 5\,281 \text{ cm}^2$   $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$   
 Périmètre frottant de calcul :  $P_s = 258 \text{ cm}$   
 Longueur du pieu dans le terrain : D = 13.50 m Reduction sur  $k_1 = 0.0$   
 Cote de la tête du pieu :  $z_{tête} = 155.00 \text{ m}$  Pieu armé = Non  
 Cote de la base du pieu :  $z_{base} = 141.50 \text{ m}$   $k_3 = 1.00$   
 Catégorie du pieu = 6 FTC, FTCD  $k_1 = 1.35$   
 Classe = 2  $k_2 = 1.00$   
 Technique = Foré tarière creuse simple rotation ou double rotation  
 Norme = NF EN 1536  
 Mise en œuvre = Sans refoulement du sol

Effet de groupe = Non

### 2. Modèle géotechnique

N°	Couche	Catégorie de sol (selon B.2.1)	$z_{inf}$	$pl^*$	ép. couche	long. pieu	$pl_e^*$	$k_p$	$q_s$
			(m)	(MPa)	(m)	(m)	(MPa)	(-)	(kPa)
-	-	-	155.0	-	-	-	-	-	-
1	Limons des plateaux	argiles et limons	151.0	0.60	4.0	4.0			55
2	Argile à meulrières	argiles et limons	143.5	2.00	7.5	7.5			68
3	Sable de fontainebleau	sables et graves	135.0	4.80	8.5	2.0	4.8	1.65	170

### 3. Résultats

Etat limite		Portance (compression)	Résistance de traction	Résistance intrinsèque (***)
ELS	Caractéristiques	$R_{c,cr;d} = 3\,532 \text{ kN}$	$R_{t,cr;d} = -1\,139 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELS}^* = 3\,521 \text{ kN}$
	Quasi-permanents	$R_{c,cr;d} = 2\,890 \text{ kN}$	$R_{t,cr;d} = -835 \text{ kN}$	sans objet
ELU	Fondamentaux	$R_{c;d} = 4\,987 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -1\,556 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELU}^* = 6\,259 \text{ kN}$
	Sismiques	$R_{c;d} = 4\,987 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -1\,556 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELU}^* = 7\,222 \text{ kN}$
	Accidentels	$R_{c;d} = 5\,485 \text{ kN}$	$R_{t;d} = -1\,705 \text{ kN}$	$R_{c;d;ELU}^* = 7\,824 \text{ kN}$

(\*\*\*) : Effort axial maximal en compression



**fondasol**

[www.groupefondasol.com](http://www.groupefondasol.com)

**VOTRE AGENCE**

54, rue de la Fontaine  
ZAE de la Fontaine  
77240 CESSON

 **+33 (0)1 64 10 72 50**

 **cession@fondasol.fr**