

Saint-Pierre-du-Perray, le 27 Février 2017



Dossier : 17.3.1880

**TEAM CONCEPT**  
31, avenue Jean Moulin  
77200 TORCY

**ETUDE GEOTECHNIQUE**  
**Mission G1+G2AVP selon NF P 94-500**

**dans le cadre de la construction d'un bâtiment tertiaire**  
**Avenue de la Vauve à Palaiseau (91)**

**RAPPORT D'ETUDE N°17.3.1880/1**

0	27/02/2017	S SABLON	C. SCORIANZ	28 + 2 annexes	1 <sup>ère</sup> diffusion
Indice	Date	Etabli par	Contrôlé par	Nb pages	Modifications - Observations

Raison sociale : I.C.I.  
Nom commercial : ESIRIS **INGENIERIE**  
T. : 01 69 13 80 20 - F. : 01 69 13 00 11  
contact.ingenierie@esiris.fr  
4, rue de Mare à Tissier - ZAC de Villepècle  
91280 **SAINT-PIERRE DU PERRAY**



OBJET :													PAGE																								
ASSURANCE QUALITE																																					
PAGE	Ind	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	PAGE	Ind	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	PAGE	Ind	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1		X										41												41													
2		X										42												42													
3		X										43												43													
4		X										44												44													
5		X										45												45													
6		X										46												46													
7		X										47												47													
8		X										48												48													
9		X										49												49													
10		X										50												50													
11		X										51												51													
12		X										52												52													
13		X										53												53													
14		X										54												54													
15		X										55												55													
16		X										56												56													
17		X										57												57													
18		X										58												58													
19		X										59												59													
20		X										60												60													
21		X										61												61													
22		X										62												62													
23		X										63												63													
24		X										64												64													
25		X										65												65													
26		X										66												66													
27		X										67												67													
28		X										68												68													
29												69												69													
30												70												70													
31												71												71													
32												72												72													
33												73												73													
34												74												74													
35												75												75													
36												76												76													
37												77												77													
38												78												78													
39												79												79													
40												80												80													

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PLAN DE SITUATION .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE.....</b>	<b>5</b>
2.1	DONNEES GENERALES .....	5
2.2	DESCRIPTION DU SITE .....	6
2.2.1	Situation – Contexte .....	6
2.2.2	Existants et avoisinants .....	6
2.2.3	Géologie locale .....	6
2.2.4	Risques et aléas .....	7
2.3	CARACTERISTIQUES DE L'AVANT-PROJET .....	9
2.3.1	Description de l'ouvrage .....	9
2.3.2	Sollicitations appliquées aux fondations et au niveau bas.....	9
2.4	MISSION D'ESIRIS INGENIERIE .....	9
<b>3</b>	<b>INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....</b>	<b>10</b>
3.1	IMPLANTATION DES SONDAGES.....	10
3.2	SONDAGES ET ESSAIS IN SITU.....	10
<b>4</b>	<b>ANALYSE ET SYNTHESE GEOTECHNIQUE .....</b>	<b>11</b>
4.1	SYNTHESE GEOLOGIQUE.....	11
4.2	RESULTATS DES SONDAGES & ESSAIS SUR SITE .....	13
4.3	SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE .....	14
<b>5</b>	<b>PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION.....</b>	<b>15</b>
5.1	ANALYSE DU CONTEXTE ET PRINCIPES D'ADAPTATION .....	15
5.1.1	Analyse du contexte .....	15
5.1.2	Principes d'adaptation .....	15
5.2	FONDATIONS DE LA STRUCTURE .....	16
5.2.1	Principe et justification des fondations superficielles dans le cas d'un bâtiment avec sous-sol.....	16
5.2.2	Principe et justification des fondations superficielles dans le cas d'un bâtiment sans sous-sol.....	21
5.2.3	Terrassements généraux.....	22
5.3	TALUS .....	22
5.4	SOUTÈNEMENT SOUS-SOL – MITOYENS .....	22
5.5	NIVEAU BAS – DALLAGE.....	25
5.5.1	Réglementation.....	25
5.5.2	Couche de forme .....	25
5.5.3	Paramètres de dimensionnement.....	25
5.6	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES.....	26
5.6.1	Fondations superficielles par semelles.....	26
5.6.2	Fondations superficielles par radier .....	26
5.6.3	Dallage.....	27
<b>6</b>	<b>ALEAS RESIDUELS ET PRINCIPES DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES</b>	<b>28</b>
6.1	GENERALITES .....	28
6.2	RISQUES MAJEURS IDENTIFIES A CE STADE DU PROJET.....	28

## ANNEXES

- ANNEXE 1** PLAN D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES  
**ANNEXE 2** RESULTATS DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

## 1 Plan de situation



## 2 Contexte de l'étude

### 2.1 **DONNEES GENERALES**

#### Opération

#### **Construction d'un bâtiment tertiaire**

Avenue de la Vauve à Palaiseau 91120

#### Maître d'ouvrage

#### **Préfecture de l'Essonne**

Boulevard de France

91010 EVRY

Représenté par Mme DARRENOUGUE

#### Maître d'œuvre

#### **TEAM CONCEPT**

31, avenue Jean Moulin

77200 TORCY

Représenté par M AMETEPT

#### BET Géotechnique

#### **ESIRIS Ingénierie**

4, rue de la Mare à Tissier

91280 Saint Pierre du Perray

#### Documents communiqués

Référence	Document	Echelle	Origine - référence	Indice	Date
DOC 1	Plan de situation	1/1500	Direction Générale des Finances Publiques	-	24/11/2016

#### Normes & documents de références

- ☐ Carte géologique de la France, échelle 1/50 000<sup>ème</sup>, Feuille N°219 - CORBEIL-ESSONNES,
- ☐ Norme NF EN 1997-1, Eurocode 7 : Calcul géotechnique - Partie 1 : Règles générales (indice de classement : P 94-251-1) et son annexe nationale NF P 94-251-2,
- ☐ Norme NF EN 1997-2, Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais (indice de classement : P 94-252-1).
- ☐ Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés de prestations intellectuelles approuvé par le décret n° 78-1306 du 26 décembre 1978 modifié,
- ☐ Norme NF P94-500 (décembre 2006) : Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications (Indice de classement : P94-500)
- ☐ Normes AFNOR concernant les différents essais in situ (NF P 94-110, notamment),
- ☐ Fondations superficielles bâtiments NF P 94-261 (Eurocode 7).



## 2.2 DESCRIPTION DU SITE

### 2.2.1 Situation – Contexte

Le projet consiste en la création d'un bâtiment tertiaire de type R+2 avec ou sans sous-sol, avenue de la Vauve face à l'entreprise Danone Research à PALAISEAU.

Au moment de notre intervention, le site était accessible, ce qui n'a pas modifié notablement l'implantation prévue pour les sondages de reconnaissance.

### 2.2.2 Existants et avoisinants

Aucun mitoyen ou avoisinant ne sont à même d'influencer la construction du projet tel que prévu.

### 2.2.3 Géologie locale

D'après les éléments de la Banque du Sous-Sol et de notre connaissance régionale, la géologie locale est représentée de haut en bas, par la présence de :

- ➔ **Argiles à meulière de Montmorency** (formation g3a), constitués d'argile brun rougeâtre compact, de blocs de calcaire silicifié et de meulière compact gris-beige à blanc,
- ➔ **Sables et grès de Fontainebleau** (formation g2b), composées de sable siliceux légèrement micacés et fins de couleur blanc à grisâtre et de grès.



Détail de carte géologique de Palaiseau au 1/50 000ème

Dans ce contexte, les aléas géologiques principaux concerneront :

- ➔ les variations d'épaisseur et d'hétérogénéité toujours possibles des formations superficielles,
- ➔ la présence d'une nappe dans les formation superficielles.

## 2.2.4 Risques et aléas

### Risque de mouvements de terrain

La commune de Palaiseau ne dispose pas de Plan de Prévention des Risques Mouvement de terrain. La parcelle étudiée ne semble pas être dans une zone de mouvements de terrain.

La commune fait tout de même l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles du fait de :

- Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse : arrêtés du 12/08/1991,
- Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : arrêtés des 18/05/1997, 27/12/2000 et 25/08/2004.

### • Risque d'inondations

La commune de Palaiseau dispose de Plan de Prévention des Risques Inondation approuvé le 26/09/2006.

Le site d'étude n'est à priori pas concerné par cet aléas.

La commune fait également l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles, du fait de :

- Inondations et coulées de boue : arrêtés des 19/10/1988, 16/10/1992, 18/07/1995, 15/07/1998, 30/11/2000 et 08/06/2016,
- Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : arrêté du 29/12/1999

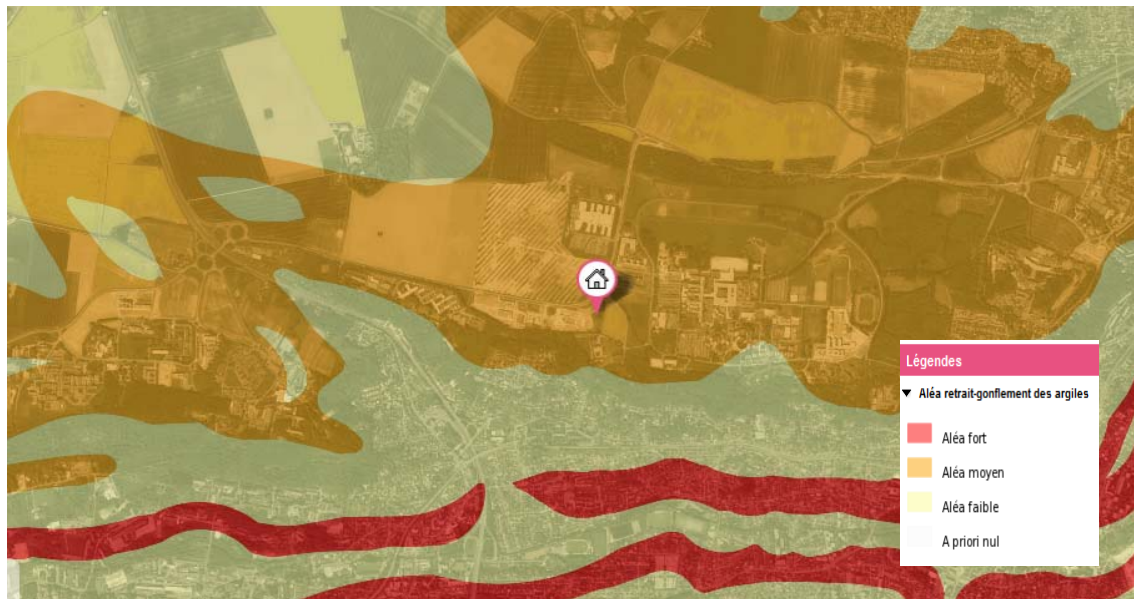
Il est à noter que le régime hydrogéologique (débit et niveau) peut varier en fonction de la saison et de la pluviosité. Les informations du site [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr) indiquent un risque de sensibilité faible aux remontées de nappes.



**Extrait de la carte de remontées de nappes – commune Palaiseau**

- **Aléa retrait-gonflement**

La zone du projet se situe en aléa moyen vis-à-vis du phénomène de retrait / gonflement des argiles.



*Extrait de la carte aléa gonflement des argiles – commune Palaiseau*

- **Risques sismiques**

- **Exigences parasismiques (Eurocode 8)**

Selon les nouvelles réglementations parasismiques en vigueur à compter du 1er mai 2011, et défini par le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, applicables aux bâtiments et en référence à l'Eurocode 8, aucune disposition parasismique n'est à retenir pour le projet car le site est classé en zone 1 de sismicité très faible.

- **Classe de conséquence et catégorie géotechnique du projet (Eurocodes 0 et 7)**

La définition de la classe de conséquence, au sens de l'Eurocode 0 (3 classes : CC1, CC2 et CC3), relève généralement de la compétence du Maître d'ouvrage ou du Maître d'œuvre. Elle exprime l'impact de la défaillance ou du mauvais fonctionnement de la structure sur les vies humaines, et les conséquences économiques, sociales ou environnementales.

La catégorie géotechnique du projet, au sens de l'Eurocode 7 (3 catégories : 1, 2 et 3), dépend d'une part de la précédente classe de conséquence, et d'autre part de la complexité géotechnique du projet. Elle définit les ouvrages simples en contexte géotechnique simple (catégorie 1) et les autres ouvrages géotechniques « habituels » (catégorie 2) pour lesquels les études géotechniques peuvent rester conventionnelles. Elle distingue enfin, les ouvrages « grands » ou « inhabituels » ou bien les conditions de terrains très complexes ou très sismiques (catégorie 3).



Compte tenu des éléments disponibles, on retiendra :

Classe de conséquence :	Hypothèse – <b>CC3</b>
Catégorie géotechnique du projet :	® <b>2</b>

## 2.3 CARACTERISTIQUES DE L'AVANT-PROJET

### 2.3.1 Description de l'ouvrage

D'après les informations communiquées par le client, le projet prévoit la construction d'un bâtiment tertiaire de type R+2 avec ou sans sous-sol à l'avenue de la Vauve sur la commune de Palaiseau.

### 2.3.2 Sollicitations appliquées aux fondations et au niveau bas

Les sollicitations appliquées aux fondations ne sont pas connues au stade actuel de l'étude. Il conviendra donc de s'assurer que les systèmes de fondations préconisés et les dispositions retenues sont compatibles avec les charges réellement apportées et les caractéristiques de l'ouvrage.

## 2.4 MISSION D'ESIRIS INGENIERIE

En référence à la norme NF P 94-500, il s'agit d'une mission géotechnique de type :

### Etape 1 : Etude géotechnique préalable G1

- Phase étude de site (ES)
- Phase principes Généraux de Construction (PGC).

### Etape 2 : Etude de conception G2

- **Phase Avant-Projet (AVP)**
- Phase Projet (PRO)
- Phase DCE / ACT

### Etape 3 : Etude géotechnique de réalisation

- Etude et Suivi Géotechnique d'Exécution G3
  - Phase étude
  - Phase Suivi
- Supervision Géotechnique d'Exécution G4
  - Phase Supervision de l'étude d'Exécution
  - Phase Supervision du Suivi d'Exécution

### Diagnostic Géotechnique G5

Pour rester conforme à la demande du client, notre intervention porte sur les points suivants :

- procéder à une campagne de reconnaissance des sols locale à l'échelle du projet,
- définir le modèle géotechnique local,
- exposer des conditions hydrogéologiques du site et géomécaniques en place des sols,
- définir des types de fondations du projet en fonction des éléments communiqués le concernant,
- fournir des suggestions d'exécution des travaux de terrassement et de fondations liées aux conditions géotechniques du site.

Ils permettent de réduire les conséquences des risques géologiques et hydrogéologiques majeurs identifiables à l'échelle du site, et d'orienter les choix techniques du projet en fonction des conditions géotechniques.

Il convient cependant de rappeler que les aspects suivants ne font pas partie de la mission :

- l'étude des ouvrages de soutènements éventuels,
- la présence de cavités,
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale,
- les anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise de la reconnaissance,
- l'historique du site.

### 3 Investigations géotechniques

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par nos soins en accord avec le demandeur lors de notre offre. Ces investigations ont toutes été réalisées.

#### 3.1 IMPLANTATION DES SONDAGES

Au moment de notre intervention, l'ensemble du site était accessible. L'accessibilité du site a permis d'implanter la reconnaissance de manière homogène sur la totalité de l'assiette du Projet.

Le schéma d'implantation des sondages et essais réalisés est présenté en ANNEXE 1 sur la base des documents graphiques communiqués.

Les profondeurs des différents ensembles lithologiques sont décrites par rapport au niveau du terrain naturel relevé au moment des reconnaissances (Janvier 2017).

#### 3.2 SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

Au titre de la prestation d'investigations géotechniques, il a été effectué les sondages suivants :

Type de sondage	Code	Côte de démarrage	Profondeur (m)	Nombre d'essais
Sondages pressiométriques	SP1	TN	15	10
	SP2	TN		10
Sondage piézométrique	PZ (SP2)	TN	15	-

La profondeur des sondages est conforme à celle définie au contrat.

Les coupes des sondages sont présentées en ANNEXE 2, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Forages à la tarière 63 mm et tricône 66 mm pour sondages pressiométriques :**
  - coupe des sols,
  - formation géologique correspondante,

Les essais mécaniques de type **essais pressiométriques** ont été réalisés dans les sondages précédents.

Les résultats sont portés sur les coupes de forage, avec pour chaque essai :

- |                            |        |       |
|----------------------------|--------|-------|
| ○ module pressiométrique   | EM     | (MPa) |
| ○ pression limite nette    | pl*    | (MPa) |
| ○ pression de fluage nette | pf*    | (MPa) |
| ○ rapport                  | EM/pl. |       |

Les forages étant du type semi-destructif, l'interprétation a été faite uniquement d'après l'examen des cuttings et des diagraphies de forage.

Nota : Les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, incidents de forage, etc.

## 4 Analyse et synthèse géotechnique

### 4.1 **SYNTHESE GEOLOGIQUE**

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique la plus probable du site.

En l'absence de sondages carottés, les limites de couches restent approximatives. Des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles mais difficiles à détecter compte tenu du rapport infiniment petit entre la surface investiguée par un sondage et la surface à étudier. De ce fait, les caractéristiques gardent un caractère assez représentatif, mais jamais absolu.

L'analyse de l'ensemble des sondages permet d'établir, ci-après, le zonage ainsi que les horizons rencontrés de haut en bas :

FORMATION N°	1a			
Nature	Argile marron			
Stratigraphie	Argiles à meulières de Montmorency			
Profondeur / TA	jusqu'à 4 à 5.6 m de profondeur / TA			
SINGULARITES	1. Caractéristiques géomécaniques moyenne à bonnes.			
<u>Pression limite pl*</u>				
pl min (Mpa)	pl max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne géométrique (MPa)
0.28	1.06	0.66	0.30	0.59
<u>Module pressiométrique</u> <u>Em</u>				
Em min (Mpa)	Em max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne harmonique (MPa)
3.00	18.80	9.34	5.92	6.10
<u>Pression de fluage pf</u>				
pf min (Mpa)	pf max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne géométrique (MPa)
0.18	41.00	6.27	15.32	0.80
<u>Em/pl</u>				
	Em/pl min	Em/pl max	moyenne	
	5.94	32.41	10.27	

Formation N°	1b			
Nature	Argile sableuse			
Stratigraphie	Argiles à meulières de Montmorency			
Profondeur / TA	jusqu'à 7 à 10 m de profondeur / TA			
SINGULARITES	1. Caractéristiques géomécaniques bonnes.			
<u>Pression limite pl*</u>				
pl min (Mpa)	pl max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne géométrique (MPa)
0.76	3.15	1.95	0.79	1.76
<u>Module pressiométrique Em</u>				
Em min (Mpa)	Em max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne harmonique (MPa)
6.8	36.7	19.9	10.4	14.4
<u>Pression de fluage pf*</u>				
pf min (Mpa)	pf max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne géométrique (MPa)
0.11	2.12	1.02	0.69	0.69
		<u>Em/pl</u>		
	Em/pl min	Em/pl max	moyenne	
	7.34	11.65	8.17	



Formation N°	1c			
Nature	Marne argileuse			
Stratigraphie	Argiles à meulières de Montmorency			
Profondeur / TA	jusqu'à la fin des sondages			
SINGULARITES	1. Caractéristiques géomécaniques globalement bonnes.			
<u>Pression limite pl*</u>				
pl min (Mpa)	pl max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne géométrique (MPa)
0.95	2.91	2.02	0.59	1.91
<u>Module pressiométrique</u>				
<u>Em</u>				
Em min (Mpa)	Em max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne harmonique (MPa)
12.3	80.5	38.18	24.67	26.46
<u>Pression de fluage pf*</u>				
pf min (Mpa)	pf max (Mpa)	moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type	Moyenne géométrique (MPa)
0.96	2.14	1.53	0.42	1.47
<u>Em/pl*</u>				
	Em/pl min	Em/pl max	moyenne	
	10.00	37.62	13.83	

## 4.2 RESULTATS DES SONDAGES & ESSAIS SUR SITE

Les coupes de sondages sont établies à l'aide des cuttings extraits au droit des sondages destructifs, réalisés à l'enfoncement. La méthode destructive utilisée pour la réalisation de ces sondages permet d'obtenir des matériaux déstructurés qui ne donnent qu'une indication sur la nature des terrains traversés.

Les résultats détaillés des sondages pressiométriques sont reportés à l'ANNEXE 2.

Ce tableau de synthèse a pour seul but de fixer les hypothèses de calcul retenues pour la justification au stade du pré-dimensionnement.

Sondage/N° Formation	Cotes	SP1	SP2	Valeurs géomécaniques		
				$E_M$ (MPa)	$pl^*$ (MPa)	Coef. $\alpha$
1a - Argile marron	P	0.0	0.0	$6.1 \pm 5.9$	$0.59 \pm 0.30$	2/3
	C	-	-			
	E	<b>4.0</b>	<b>5.6</b>			
1b - Argile sableuse	P	4.0	5.6	$14.4 \pm 10.4$	$1.76 \pm 0.79$	1/2
	C	-	-			
	E	<b>3.0</b>	<b>4.4</b>			
1c - Marne argileuse	P	7.0	10.0	$26.5 \pm 24.6$	$1.91 \pm 0.59$	2/3
	C	-	-			
	E	<b>&gt; 8</b>	<b>&gt; 5</b>			

Avec :  
 prof. : profondeur du toit de la couche en m  
 cote : cote du toit de la couche / au niveau de référence  
 ép. : épaisseur de la couche en m  
 $E_M$  : module pressiométrique  
 $pl$  : pression limite

### 4.3 SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE

Un niveau d'eau a été observé en fin de forage dans le sondage SP1 à 5,6 m de profondeur / TN et à 4,10 m dans le sondage piézométrique PZ (SP2), au moment des reconnaissances.

Le niveau d'eau observé dans le sondage SP1 s'agit d'observations faite dans le trou au moment de notre intervention et hors suivi piézométrique (hors mission).

## 5 Principes généraux de construction

### 5.1 ANALYSE DU CONTEXTE ET PRINCIPES D'ADAPTATION

#### 5.1.1 Analyse du contexte

Il ressort les points essentiels suivants à prendre en compte pour conduire les choix d'adaptation :

- Contexte géotechnique :
  - Argile marron (formation N°1a) supposés homogènes en épaisseur, présente jusqu'à 4 à 5.6 m de profondeur, aux caractéristique géomécanique moyenne à bonne,
  - Argile sableuse (formation N°1b) présente jusqu'à 7 à 10 m de profondeur aux caractéristique géomécanique bonne,
  - Marne argileuse (formation N°1c) présente jusqu'à la fin des sondages aux caractéristique géomécanique bonne,
  - Présence de niveau de nappe de 3.5 à 5.6 m en phase de chantier (30/01/2017)
- Projet :

Le projet prévoit la construction d'un bâtiment tertiaire à usage public de type R+2 avec ou sans sous-sol.

Les sollicitations appliquées aux fondations ne sont pas connues au stade actuel de l'étude. Il conviendra donc de s'assurer que les systèmes de fondations préconisés et les dispositions retenues sont compatibles avec les charges réellement apportées et les caractéristiques de l'ouvrage.

***Nous rappelons que toute modification du projet ou des sols peut entraîner une modification de ces adaptations. La mission G2pro, qu'ESIRIS Ingénierie pourra réaliser, devra en particulier réactualiser la présente étude au stade projet sur la base d'éléments techniques plus précis***

#### 5.1.2 Principes d'adaptation

Dans ce contexte et compte tenu des points précédents, les principes généraux de construction pourront s'orienter vers :

- un mode de fondations superficielles par semelles isolées ou filantes dans le cas d'un bâtiment avec sous-sol ;
- une mode fondation superficielles par radier avec ou sans bêche périphérique dans le cas d'un bâtiment sans sous-sol ;
- un dallage sur terre-plein dans le cas d'un bâtiment avec sous-sol;
- un terrassement du sous-sol par talutage ;
- un soutènement par voile par passe.

## 5.2 FONDATIONS DE LA STRUCTURE

### 5.2.1 Principe et justification des fondations superficielles dans le cas d'un bâtiment avec sous-sol.

#### 5.2.1.1 Modèle géomécanique

Le tableau suivant présente le modèle géomécanique retenu pour la justification au stade du pré-dimensionnement.

Sondage/N° Formation	Cotes	SP1	SP2	Valeurs géomécaniques		
				$E_M$ (MPa)	$pl^*$ (MPa)	Coef. $\alpha$
1a - Argile marron	P	0.0	0.0	$6.1 \pm 5.9$	$0.59 \pm 0.30$	2/3
	C	-	-			
	E	4.0	5.6			
1b - Argile sableuse	P	4.0	5.6	$14.4 \pm 10.4$	$1.76 \pm 0.79$	1/2
	C	-	-			
	E	3.0	4.4			
1c - Marne argileuse	P	7.0	10.0	$26.5 \pm 24.6$	$1.91 \pm 0.59$	2/3
	C	-	-			
	E	> 8	> 5			

Avec :

- prof. : profondeur du toit de la couche en m
- cote : cote du toit de la couche / au niveau de référence
- ép. : épaisseur de la couche en m
- $E_M$  : module pressiométrique
- $pl$  : pression limite
- $\alpha$  : coefficient rhéologique du sol

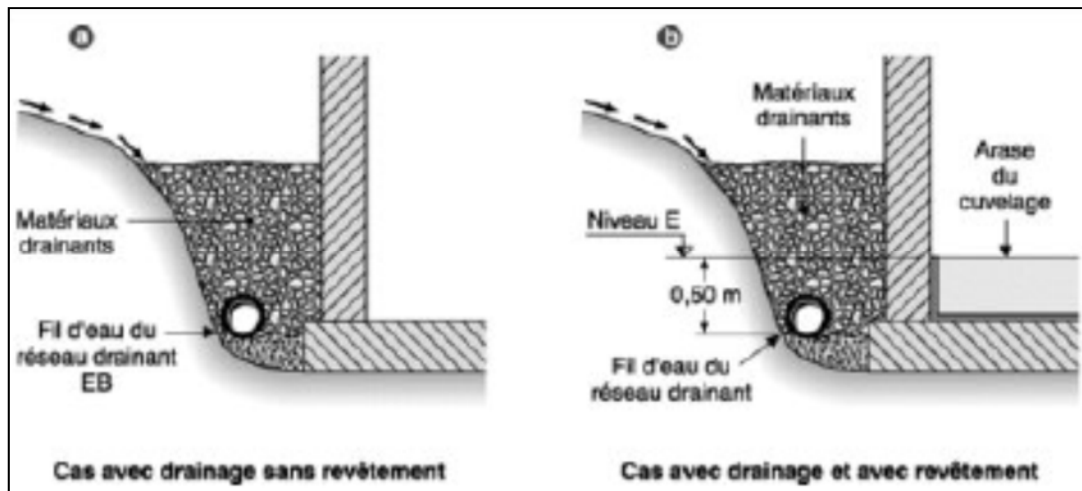
#### 5.2.1.2 Protection de l'ouvrage vis-à-vis de l'eau

Il a été dit précédemment que la nappe phréatique avait été repérée dans le sondage piézométrique vers 4,10 m de profondeur / TA et que la profondeur supposée du sous-sol était de 3,00 m de profondeur / TA. Le risque d'inondation du niveau bas par des remontés de la nappe apparaît probable.

Plusieurs solutions sont envisageables pour se prémunir contre l'action de l'eau :

- Etanchéité relative associée à des cunettes périphériques avec forme de pente, et évacuation par pompage des eaux de suintement recueillies. Les drainages seront raccordés à une évacuation adaptée (gravitaire ou pompe de relevage), et rejetés dans les réseaux sous réserve de l'autorisation des Services compétents concernés. Dans tous les cas, un entretien régulier des ouvrages de drainage est nécessaire afin d'assurer la pérennité de son fonctionnement





- Cuvelage étanche sur toute la hauteur (le D.T.U. 14-1 sur les cuvelages fait l'obligation de prévoir ces derniers jusqu'à 0,5 m minimum au-dessus du niveau de référence). Rappelons que le niveau d'eau retenu pour le projet doit être le Niveau Eaux Exceptionnel (niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles), qui sera conventionnellement appelé niveau EE. Le niveau d'hautes eaux probable retenu est imposé par le PPRI.

Il est donc fortement recommandé au Maître d'Œuvre de se renseigner sur ce sujet auprès des services compétents (Agence de l'eau, DIREN, etc....) afin d'adapter le projet, à savoir un cuvelage sur toute la hauteur du projet.

Pour préciser le niveau EE, une enquête hydrogéologique complétée par un suivi piézométrique sera à réaliser si nécessaire.

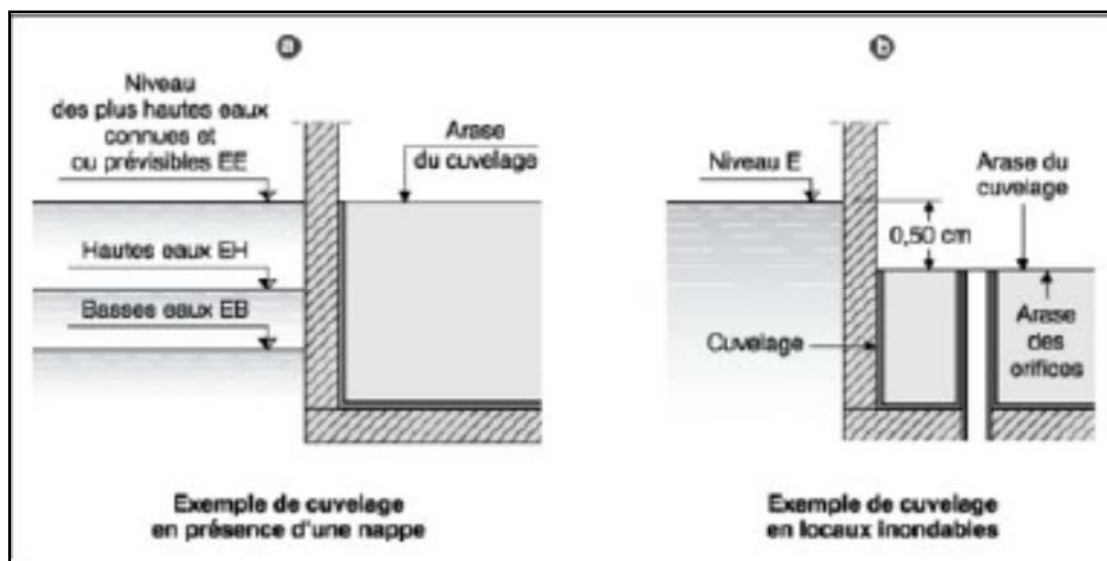
Ces niveaux sont à prendre en compte pour l'évaluation des efforts dus aux sous pressions correspondantes.

En phase définitive des dispositions constructives seront à prendre de type cuvelage.

Les travaux de cuvelage font l'objet de la norme NF P 11-221-1 (référence : DTU 14.1).

Le cuvelage sera soit :

- cuvelage à structure relativement étanche, qui ne comporte pas de revêtement de cuvelage,
- cuvelage avec revêtement d'imperméabilisation, celui-ci constituant un écran intérieur, adhérent au support, pouvant assurer l'étanchéité, en association avec le support.



Exemples de cuvelage

### 5.2.1.3 Principe de dimensionnement

Les éléments de résistance des sols de fondation et d'estimation des tassements fournis par la suite constituent uniquement une approche de la faisabilité d'une solution de fondation superficielle (Mission G2 phase AVP).

Au sens de l'Eurocode 7, et selon les normes NF P 94-261 de juin 2013 et NF P 94-500 de novembre 2013, les justifications des fondations superficielles devront, au stade projet (mission G2 PRO) et préalablement à leur exécution (mission G3 et G4), être élargies à l'ensemble des vérifications minimales suivantes :

Etat limite aux ELU			Situation de projet	Combinaison d'action
Tous les projets	GEO	Stabilité générale du site	Exécution (transitoire) Et Exploitation (durable) Et/ou Exploitation (transitoire)	Fondamentale
	GEO	Poinçonnement		
	GEO	Excentrement du chargement		
	GEO	Glissement		
	STR	Structure de la fondation		
Selon le cas	GEO	Tassement / rotation		
	UPL	Soulèvement		
Selon le cas	GEO / STR		Accidentelle (choc)	Accidentelle
Selon le cas	GEO / STR		Sismique	Sismique
Etat limite aux ELS			Situation de projet	Combinaison d'action
Tous les projets	GEO	Tassement / Rotation / Tassement différentiel	Exploitation	Quasi-permanent Et/ou caractéristique
	GEO	Excentrement du chargement		
	GEO	Limitation de la charge transmise au terrain		
	STR	Structure de la fondation		

#### 5.2.1.4 Résistance du sol de fondation (ELU – ELS)

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

Dans le cas de descentes de charge permettant de respecter les contraintes de calcul définies ci-après avec des dimensions de semelles raisonnables, il est proposé une solution de fondations superficielles par semelles isolées et/ou filantes avec un ancrage minimum de 0.8 m (cas R+2 sans sous-sol) ou 3.8 m (cas R+2 avec sous-sol) de profondeur dans la formation argileuse (formation N°1a) afin de garantir la garde hors gel.

Dans ces conditions et pour les profondeurs définies, les paramètres à prendre en compte pour les fondations sont les suivant :

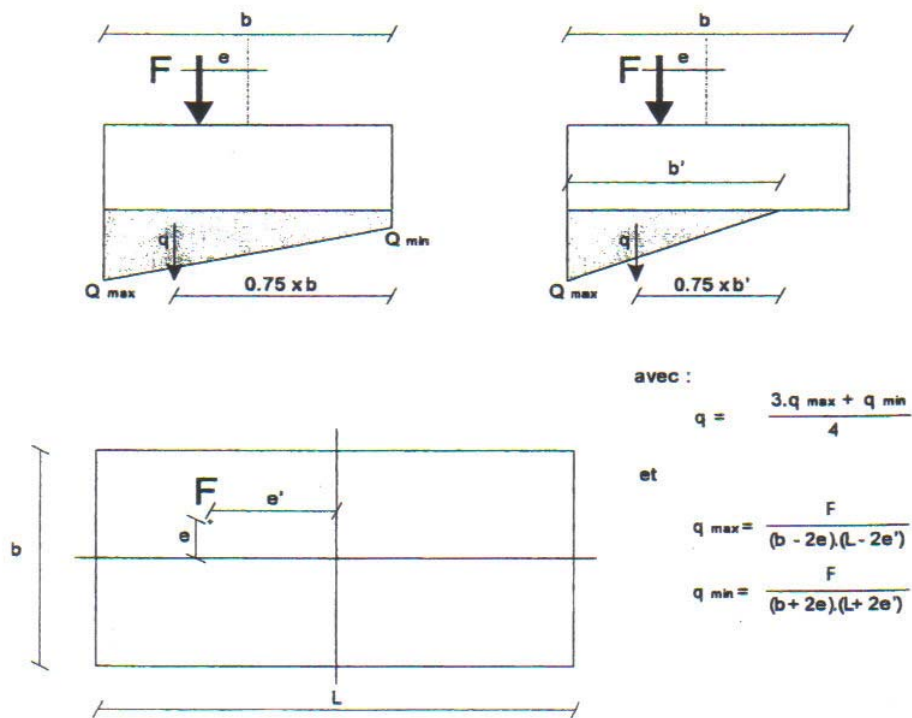
Caractéristiques de la fondation			Caractéristique d'ancrage		Hypothèses géotechniques				Résistances		Tassement (mm)
N°de sondages	Type	Géométrie (m)	Sol d'ancrage	Ancrages (m)/côte référence	Ple (kPa)	Kp	iδiβ	q <sub>0</sub> (kN)	R <sub>v,d</sub> ELU (kN)	R <sub>v,d</sub> ELS (kN)	
SP2	Semelle carré	1x1	Argile marron	3.8/TN	742	1.11	1	Négligé	490	298	3.2
		1.30x1.30			809	1.07	1		872	531	3.9
	Semelle filante	0.5			633	1.02	1		192	117	3.2
		0.8			699	1.02	1		340	207	4.2

Les contraintes sur les fondations sont les suivantes :

- une contrainte de calcul max (ELU)  $q_{ELU} = 270 \text{ kPa}$  (2.70 bars),
- une contrainte de service max (ELS)  $q_{ELS} = 200 \text{ kPa}$  (2.00 bars),

Il s'agit de contraintes admissibles sous charge verticale centrée. En cas de charge inclinée, les valeurs de contraintes admissibles devront être minorées en fonction de l'angle d'incidence de la charge.

En cas de charge excentrée, on vérifiera que les contraintes appliquées conformément au diagramme triangulaire sont inférieures aux contraintes de calcul données ci-avant :



La surface de sol comprimée sous la fondation devra être au moins égale à 10% de la surface totale de celle-ci sous sollicitations aux ELU.

Aux ELS cette surface devra être au moins égale à 75%.

Par ailleurs, on vérifiera que la condition de glissement est respectée :

$$\Rightarrow H \leq (F \cdot \tan \phi' / 1.2) + (c' \cdot A' / 1.5)$$

Avec	H	effort horizontal
	F	effort vertical
	$\phi'$	angle de frottement interne (ici 15°)
	$c'$	cohésion (ici sécuritairement conseillée égale à 20 kPa)
	$A'$	surface comprimée de la semelle



## 5.2.2 Principe et justification des fondations superficielles dans le cas d'un bâtiment sans sous-sol.

### 5.2.2.1 Modèle géomécanique

Le tableau suivant présente le modèle géomécanique retenu pour la justification au stade du pré-dimensionnement.

Sondage/N° Formation	Cotes	SP1	SP2	Valeurs géomécaniques		
				$E_M$ (MPa)	$pl^*$ (MPa)	Coef. $\alpha$
1a - Argile marron	P	0.0	0.0	$6.1 \pm 5.9$	$0.59 \pm 0.30$	2/3
	C	-	-			
	E	<b>4.0</b>	<b>5.6</b>			
1b - Argile sableuse	P	4.0	5.6	$14.4 \pm 10.4$	$1.76 \pm 0.79$	1/2
	C	-	-			
	E	<b>3.0</b>	<b>4.4</b>			
1c - Marne argileuse	P	7.0	10.0	$26.5 \pm 24.6$	$1.91 \pm 0.59$	2/3
	C	-	-			
	E	<b>&gt; 8</b>	<b>&gt; 5</b>			

Avec :

- prof. : profondeur du toit de la couche en m
- cote : cote du toit de la couche / au niveau de référence
- ép. : épaisseur de la couche en m
- $E_M$  : module pressiométrique
- $pl$  : pression limite
- $\alpha$  : coefficient rhéologique du sol

### 5.2.2.2 Fondation par radier

#### Estimation des tassements – Module de réaction

Catégorie de sol E7 :	Argile et limon	
Terrains fini :	Terrain naturel	
Ancrage / T.fini :	1,10 m	
Largeur	5,00 m	
Longueur	5,00 m	
Coef. de forme ( $\lambda_d, \lambda_s$ )	(1,10, 1,12)	
Modules ( $E_s, E_d$ )	(4.670, 11.038)	MPa
Modules harmoniques	E2 = 14.063	Mpa
	E3/6 = 20.098	Mpa
	E6/8 = 60.739	MPa

Soit un tassement absolu pour un coefficient rhéologique du sol de 2/3 :

<b>W = 0,25 cm</b>	<b>sous <math>E_{LS}</math> = 20 kPa</b>
<b>W = 0,6 cm</b>	<b>sous <math>E_{LS}</math> = 50 kPa</b>
<b>W = 0,8 cm</b>	<b>sous <math>E_{LS}</math> = 70 kPa</b>

VALEUR PERMETTANT DE RETENIR UN MODULE DE REACTION VERTICAL DE :  
 **$K_v = 7,0 \text{ MPa/m}$**

Cette valeur est valable pour la géométrie définie ci-dessus.

Il est nécessaire de rappeler que les contraintes exprimées pour les tassements à l'ELS intègrent :

- la charge permanente de l'ouvrage,
- la charge d'exploitation.

Dans ces conditions, les contraintes de calcul à prendre en compte pour le dimensionnement du radier seront :

- une contrainte de calcul (ELU)  $q_{ELU} = 94,5 \text{ kPa}$  (0,945 bars),
- **une contrainte de service (ELS)**  $q_{ELS} = 70 \text{ kPa}$  (0,70 bars).

La charge appliquée devra être centrée.

Le radier devra présenter un béton de propreté ou une couche de forme minimale de 50 cm d'épaisseur.

### 5.2.3 Terrassements généraux

D'après les éléments en notre possession, la réalisation du projet implique des terrassements supposés de 3,00 m de profondeur / TN en déblais. Dans les zones en déblais des fondations, seules la formation en place N° 1a devrait être concernée.

D'après ce qui a pu être observé lors des reconnaissances, le projet comporte des déblais dans des matériaux argileux (formation N°1a). Les terrassements pourront être exécutés dans ce type de matériaux avec des engins classiques de moyenne puissance.

Par contre s'agissant de sols argileux, des problèmes de traficabilité pourront se poser en période climatique défavorable. Dans ce cas, la réalisation d'accès par mise en œuvre de graves primaires silico-calcaires pourra s'avérer indispensable pour conduire les travaux dans de bonnes conditions.

## 5.3 TALUS

Dans le cas d'un bâtiment avec sous-sol, les talus provisoires, hors contexte de mitoyenneté, de 3 m de hauteur maximum pourront être dressés avec une pente de 3 de base pour 2 de hauteur, à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

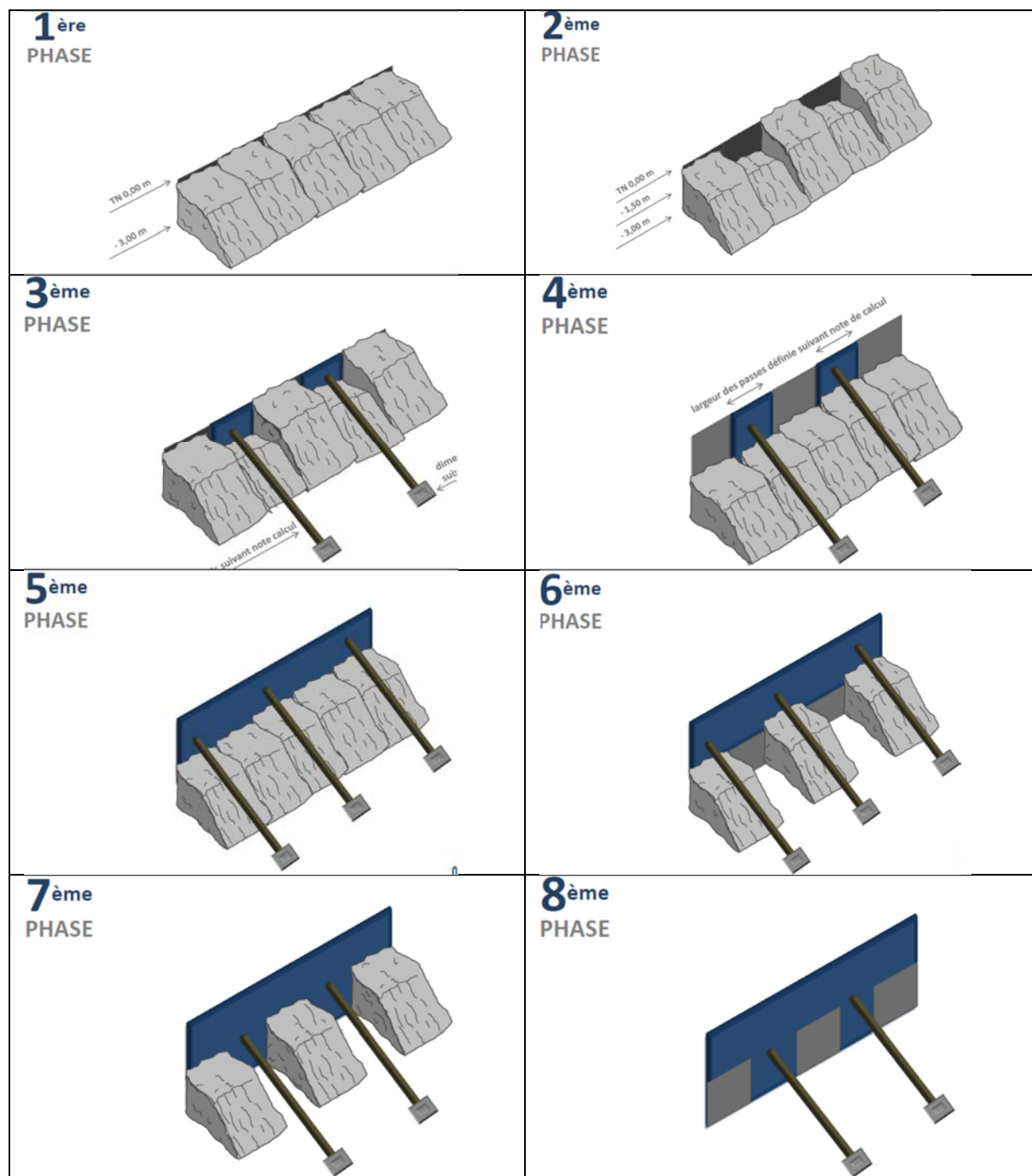
Pour des talus de hauteur supérieure, la stabilité pourra faire l'objet de calculs spécifiques lors de la mission G2 phase projet.

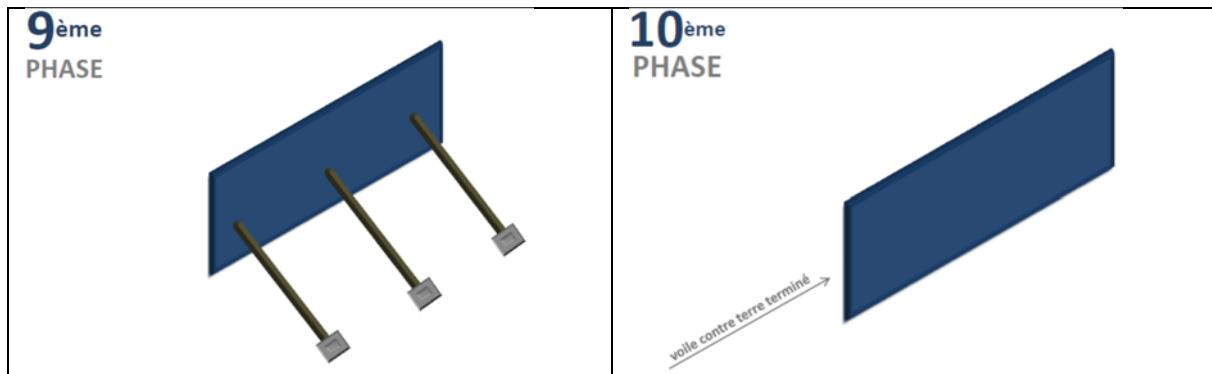
L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries, par exemple par des feuilles de Polyane soigneusement fixées, des cunettes étanches en tête de talus, etc. Pour des hauteurs plus importantes ou pour des talus plus raides, un confortement est à prévoir. Son dimensionnement fera l'objet d'une étude particulière.

## 5.4 SOUTÈNEMENT SOUS-SOL – MITOYENS

Dans le cas d'un bâtiment avec sous-sol de 3 m de hauteur supposé et en contexte de mitoyenneté avec la route, les déblais nécessiteront un traitement particulier pour assurer la stabilité de la fouille en phase provisoire. La solution optimisée en technique et coût pourra

consister en la réalisation de voiles par passes alternées et butonnage. Le dimensionnement des voiles par passe alternées fera l'objet d'une étude particulière en phase projet. Le principe d'exécution de ce type de soutènement est présenté sous la forme de schéma ci-dessous :





A noter que pour le dimensionnement des fondations superficielles des butons, il sera pris en compte le modèle géotechnique du § 5.2.1.

#### ▪ Surveillances sur avoisinants

Les mitoyens avoisinants constituent une zone sensible qu'il convient d'instrumenter pour prévenir tout désordre irréversible.

L'ouvrage concerné dans la zone d'influence géotechnique (ZIG) est l'avenue de la Vauve.

Pendant ces travaux, l'Entreprise fera une surveillance quotidienne de ces ouvrages. La pose de témoins sur fissures remarquables sera effectuée.

Des mesures de vibrations sur les constructions existantes seront conduites aux phases critiques des travaux, soit durant les opérations de forages.

Les mesures s'appuieront sur les recommandations de la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement pour les engins mécaniques.

Les contrôles vibratoires seront réalisés par journées de mesures en continu de la manière suivante :

- Intervention au démarrage des travaux de forages des micropieux de la paroi pour fixer les seuils et modalités d'exécution des travaux (soit deux interventions d'essais).
- Quatre interventions en cours de travaux de forages et d'excavation.

Les mesures de vitesses particulières seront conduites selon trois directions orthogonales avec traitement des oscillations significatives en fréquence, amplitude et durée.

En complément, les mitoyens sensibles feront l'objet d'un monitoring par capteurs de déplacement ou de cibles topographiques avant qu'ils ne soient sujet à déformation, c'est-à-dire avant qu'il y ait une circulation d'engins lourds.



## 5.5 NIVEAU BAS – DALLAGE

### 5.5.1 Réglementation

Compte tenu de la qualité du sol support (formation 1a), la réalisation d'un dallage sur terre-plein est envisageable avec interposition d'une couche de forme.

Le dallage prévu sera armé de type autre qu'industriel ou assimilé compte tenu de sa destination.

Sa conception réalisation devra répondre à la norme NFP 11-213 partie 2 de 2005 sous réserve de surcharges d'exploitations inférieures ou égales à 10 kN/m<sup>2</sup> réparties ou 10 kN concentrées.

### 5.5.2 Couche de forme

Dans le cadre d'un bâtiment avec sous-sol et compte tenu de la qualité et de la sensibilité prévisible des matériaux de plate-forme et de la destination des dallages, il peut être envisagé une constitution classique sur terre-plein moyennant la composition minimale suivante, de bas en haut :

- Après réglage compactage du fond de forme, mise en place d'un géotextile répondant au rôle de séparation/filtration selon les recommandations du CFG,
- Mise en œuvre d'une grave naturelle ou reconstituée 0.31<sup>5</sup> sur 30 cm compacté.

La mise en œuvre de la couche de forme sera réalisée avec les précautions minimales suivantes :

- Décapage réglage,
- Purge des éventuelles poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,
- Compactage du fond de forme à 95 % de l'Optimum Proctor Normal (OPN),
- Compactage de la couche de forme à 95 % de l'OPM.

La réception de la couche de forme fera l'objet d'essais à la plaque ou à la dynaplaque II avec pour critères minima de validation avant coulage du corps de dalle :

- Un module EV2 > 50 MPa
- Un module de Westergaard K > 50 MPa/m
- Un module dynamique E > 50 MPa

### 5.5.3 Paramètres de dimensionnement

Dans ces conditions, le Bureau d'Etudes chargé du dimensionnement du dallage pourra prendre en hypothèse le modèle géotechnique suivant :

Nature du sol	Epaisseur (m)	Module élastique (*) E (MPa)	$\nu$
Couche de forme	0,30	50	0,35
Argile marron	2.30	9	0,35
Argile sableuse	4.40	29	0.35
Marne argileuse	>8.00	40	0.35

(\*) :  $E = E_m/\alpha$

## 5.6 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

### 5.6.1 Fondations superficielles par semelles

Les choix ne peuvent être faits que par le B.E.T. Structure, mais nous devons signaler les points suivants :

- Pour des raisons de bonne exécution, il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0,45 m pour des semelles continues (cette largeur permet d'assurer un enrobage correct des armatures standard).
- Il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants.
- En cas de deux bâtiments, ou de deux parties d'un même bâtiment fondées de façons différentes, ou présentant un nombre de niveaux assez différents, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels risquant de se produire. **Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes.**
- Des fondations établies à des niveaux différents, doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations (D.T.U. 13-1), à moins de dispositions particulières.
- Les fondations doivent être coulées à pleine fouille impérativement et non coffrées sur une plate-forme préterrassée ou reconstituée (sauf cas exceptionnel : graviers insensibles aux intempéries et à la décompression par exemple). Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, ce dernier devra être protégé immédiatement et au minimum par un béton de propreté.
- Tout sol impropre ou de portance localement faible sera purgé et remplacé par un béton maigre ou similaire,
- Eviter tout épandage d'eau à proximité de la construction,
- Entourer les façades par un étanchement des surface suffisamment large pour éviter les infiltrations jusqu'au niveau des fondations,

### 5.6.2 Fondations superficielles par radier

Les choix ne peuvent être faits que par le B.E.T. Structure, mais nous devons signaler les points suivants :

- Pour le déblai, se conformer aux règles de blindage réglementaires afin d'éviter toute décompression des sols avoisinants,
- Les fondations successives descendues à des niveaux différents devront être établies en redent tel qu'une pente maximale de 3/2 (3 de base pour 2 de hauteur) relie les arêtes voisines,
- La mise en œuvre de la couche de forme sera réalisée avec les précautions minimales suivantes :
  - Vérification des fonds de fouille et purge soigneuse de toute poche altérée et substitution en matériaux nobles.
  - En cas de remaniement du fond de fouille lors des terrassements, prévoir une purge.
  - Toute purge sera substituée par une grave naturelle propre.
- Une couche de forme de 0,50 m d'épaisseur au moins sera soigneusement mise en œuvre et compactée après interposition d'un géotextile anti-contaminant. Elle sera réceptionnée par des essais à la plaque. On s'assurera d'obtenir :

$EV_2 > 50 \text{ MPa}$   
 $EV_2 / EV_1 < 2$   
 $k > 50 \text{ MPa/m}$

- On choisira de préférence les matériaux suivants :
  - sols sablo graveleux (classes B1, B2, B3)
    - D < 50 mm
    - tamisa à  $80 \mu\text{m} < 7\%$
    - ES > 20
  - sols et roches insensibles à l'eau (classe D)
    - D < 250 mm
    - tamisa à  $80 \mu\text{m} < 5\%$
- On contrôlera le bon compactage de chaque couche :
  - par référence densitométrique aux Optimum Proctor du matériau : 100 % de l'Optimum Proctor Normal (OPN) ou 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (OPM),
  - par des essais de plaques de type « LCPC » permettant de déterminer les deux modules de déformation, EV1 et EV2 et leur rapport  $K = EV_2/EV_1$ .

Signalons, à titre indicatif :

- pour les matériaux de classe B :  $EV_2 > 50 \text{ MPa}$  et  $K < 2$
- pour les matériaux de classe D :  $EV_2 > 100 \text{ MPa}$  et  $K < 2,5$

En cas d'arrivée d'eau ponctuelle, prévoir un moyen d'épuisement en pleine fouille.

### 5.6.3 Dallage

- Dans le cas d'un dallage armé ou non et ayant un usage autre qu'industriel ou assimilé, l'épaisseur minimale de dalle sera de 13 cm.
- Le béton aura un dosage minimum de  $300 \text{ kg/m}^3$  et, dans certains cas, il peut être utile d'employer des plastifiants et entraîneurs d'air pour diminuer la fissuration et la perméabilité du béton.
- Les armatures seront employées dans tous les cas de dallage et la plus appropriée sera le treillis soudés. Pour des raisons de facilité de mise en œuvre, il est préférable d'utiliser les panneaux en rouleaux. L'enrobage sera au minimum de 2 cm et conforme aux règles BAEL.
- Pour un dallage armé ayant un usage autre qu'industriel ou assimilé, la section mini des aciers sera  $5 \text{ cm}^2$  dans les deux sens, et  $3 \text{ cm}^2$  si la surface des panneaux est inférieure à  $50 \text{ m}^2$  et que le coulage de deux panneaux adjacents est séparé d'au moins un mois.
- Pour un dallage non armé ayant un usage autre qu'industriel ou assimilé, il est nécessaire de conjuguer les joints par un treillis soudé général dans le cas de charges roulantes ou de revêtement de sol. Aucun pourcentage mini n'est imposé.
- Les principales causes de désordres rencontrés dans un dallage sont dues au retrait et aux effets thermiques. Pour lutter contre ces phénomènes, il est indispensable de prévoir des joints de retrait / construction, de désolidarisation et de dilatation en fonction des conditions de coulage et des particularités de l'ouvrage.

## 6 Aléas résiduels et principes des investigations complémentaires

### 6.1 GENERALITES

Les reconnaissances de sol procédant par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement exploitables à l'ensemble du site et conservent donc des aléas qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être du ressort du géotechnicien.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe Norme NF P 94 500 novembre 2013.

Nous vous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude géotechnique d'avant-projet (G2 AVP) et que conformément à la norme NF P 94 500 de novembre 2013, une étude de conception phase avant-projet (G2 PRO) doit être envisagée en collaboration avec l'équipe de conception pour permettre notamment la définition du projet avec la prise en compte des interactions sol/structure.

### 6.2 RISQUES MAJEURS IDENTIFIES A CE STADE DU PROJET

La mission G2 AVP a pour but de réduire les risques géotechniques importants et définir les adaptations nécessaires, à savoir :

- Risques géotechniques :
  - Présence possible de poches décomprimées au sein de la formation N°1a ;
  - Présence d'une nappe superficielle selon les conditions hydrogéologiques saisonnières;
  - Caractéristiques intrinsèques des matériaux.
- Adaptations nécessaires :
  - Etude hydrogéologique basée sur un suivi piezométrique annuel et plus particulièrement en période de hautes eaux ;
  - Etude environnemental pour évacuation des terres excavées
  - Purge des terrains décomprimés au droit d'éventuelles poches peu porteuses ;
  - Adaptation des procédures de terrassement et de gestion provisoire et définitive des eaux
  - Sondages géotechniques complémentaires pour essais laboratoire spécifique.

Fait à Saint-Pierre-du-Perray  
Le 27 Février 2017

**Sidney SABLON**  
Chargé d'affaires

**Charlotte SCORIANZ**  
Responsable géotechnique

**Bruno ROSA**  
Responsable Suivi Qualité

## **UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE**

### **CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

#### **1. Cadre de la mission**

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- ☐ les missions d'étude géotechnique préalable (G1), d'étude géotechnique de conception (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif,
- ☐ exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique,
- ☐ l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- ☐ toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport,
- ☐ toute mission d'étude géotechnique préalable, d'étude géotechnique de conception phase AVP / PRO ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de conception phase DCE / ACT lui est confiée,
- ☐ une mission d'étude géotechnique de conception G2 phase PRO engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

#### **2. Recommandations**

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

#### **3. Rapport de la mission**

Le rapport géotechnique constitue le compte rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

## **Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013**

### **4. Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique**

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet: en effet, les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.



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

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

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

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases</p> <p><i>Phase Etude de Site (ES)</i></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visée du site et des alentours</li> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire. Les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs</li> </ul> <p><i>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</i></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols)</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><i>Phase Avant-projet (AVP)</i></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des 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.</li> </ul> <p><i>Phase Projet (PRO)</i></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités</li> </ul> <p><i>Phase DCE 1ACT</i></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assiste le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Etablir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel)</li> <li>— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.</li> </ul>

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

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

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

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

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

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

**DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

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

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

## **ANNEXE 1**

-----

### **Plan d'implantation des reconnaissances**

PLAN DE SITUATION

Département :  
ESSONNE

Commune :  
PALAISEAU

Section : H  
Feuille : 000 H 01

Échelle d'origine : 1/2500  
Échelle d'édition : 1/1500

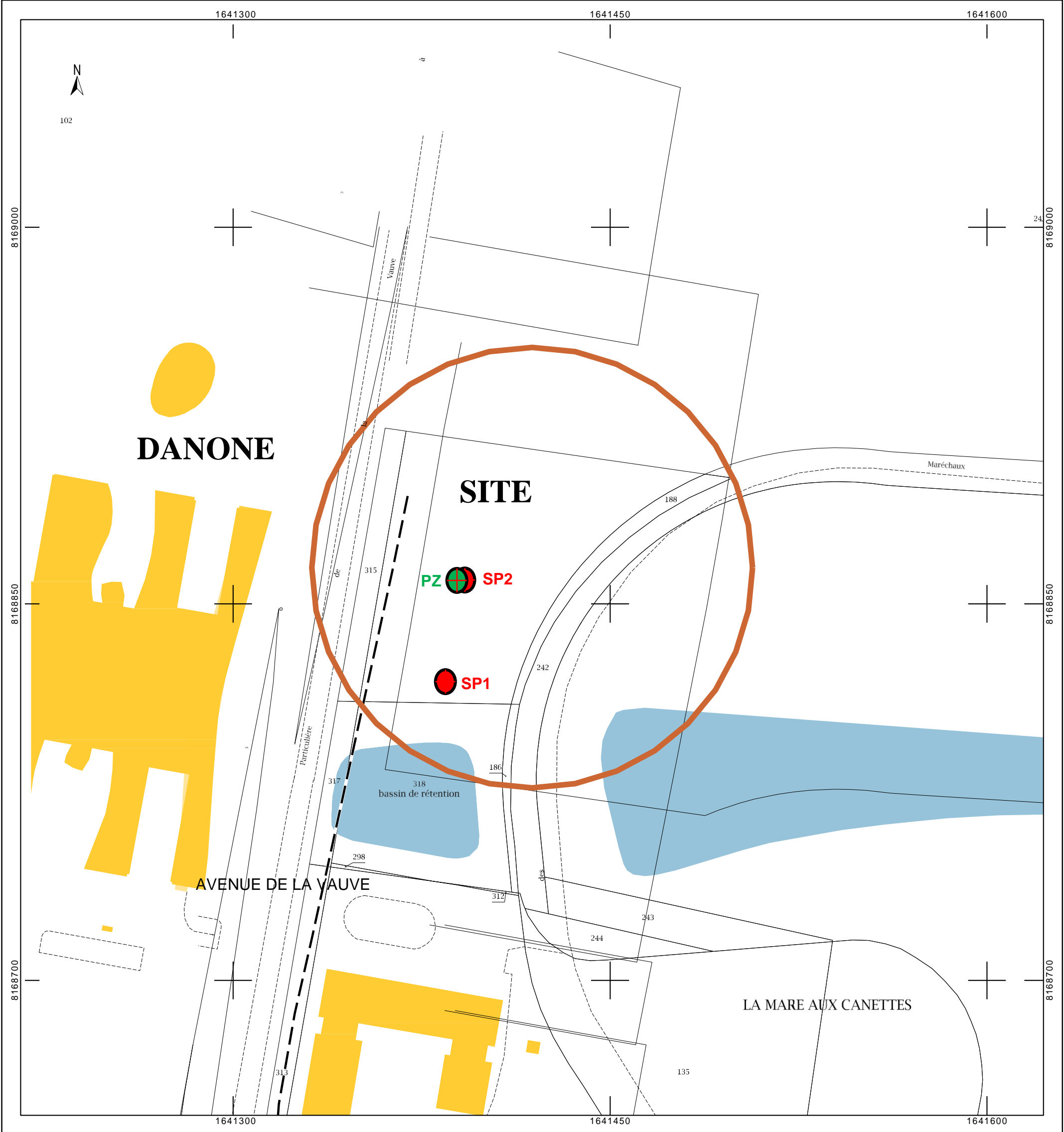
Date d'édition : 24/11/2016  
(fuseau horaire de Paris)

Coordonnées en projection : RGF93CC49  
©2016 Ministère des Finances et des Comptes  
publics

Le plan visualisé sur cet extrait est géré par le  
centre des impôts foncier suivant :  
Corbeil  
75-79 rue Feray 91107  
91107 Corbeil-Essonnes Cedex  
tél. 01 60 90 51 00 -fax 01 60 90 51 28  
cdif.corbeil@dgfip.finances.gouv.fr

Cet extrait de plan vous est délivré par :

cadastre.gouv.fr



## **ANNEXE 2**

-----

### **Résultats des sondages pressiométriques**



