

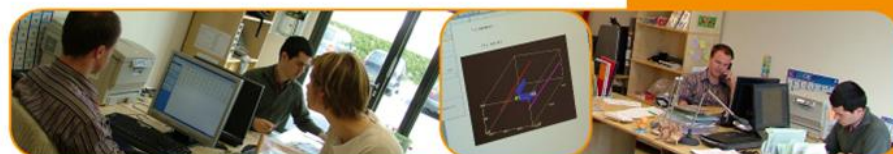
ETABLISSEMENT PUBLIC DE PARIS
SACLAY

CREATION D'UNE ZAC SUR LE CAMPUS DE L'ECOLE
POLYTECHNIQUE
VOIRIES
PALAISEAU (91)



ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET

MISSION G12



REFERENCE DOSSIER : 03629-1 VERSION 01

DATE : 28 SEPTEMBRE 2012



SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
INTRODUCTION	5
1. GENERALITES.....	5
2. MISSION CONFIEE ET TEXTES REGLEMENTAIRES.....	5
3. CONTEXTE DU PROJET.....	6
3.1. DESCRIPTION DU PROJET	6
3.2. DOCUMENTS TRANSMIS	6
4. CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE.....	7
4.1. CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE	7
4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE	7
4.3. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	7
CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE	9
5. IMPLANTATION DES SONDAGES.....	9
6. TRAVAUX REALISES	9
6.1. ESSAIS IN SITU	9
6.2. ESSAIS DE LABORATOIRE	12
RESULTATS ET SYNTHESE DES INVESTIGATIONS.....	13
7. SYNTHESE LITHOLOGIQUE	13
8. SYNTHESE GEOMECHANIQUE.....	14
9. SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE	16
10. CAROTTAGE DE VOIRIES	16
11. ESSAIS DE DEFLEXION DE CHAUSSEE	18
12. RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE	19
INTERPRETATIONS ET RECOMMANDATIONS	22
13. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	22
14. VOIRIE	23

14.1. VOIRIE EXISTANTE	23
14.2. VOIRIE PROJETEE	23
14.2.1. Analyses	23
14.2.2. Portance du fond de forme	24
14.2.3. Prédimensionnement des voiries	24
ALEAS GEOTECHNIQUES - CONDITIONS CONTRACTUELLES	26

Table des annexes

ANNEXE 1 EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500
ANNEXE 2 PLAN DE SITUATION
ANNEXE 3 PLAN D'IMPLANTATION
ANNEXE 4-1 COUPES DES SONDAGES A LA TARIERE ET CAROTTES
ANNEXE 5-1 COUPES DES SONDAGES PENETROMETRIQUES
ANNEXE 6-1 PHOTOGRAPHIES DES SONDAGES CAROTTES
ANNEXE 7-1 PROCES VERBAUX DES ESSAIS DE LABORATOIRE

INTRODUCTION

1. Généralités

Maître d'Ouvrage : Etablissement Public de Paris Saclay (EPPS),

Projet : Création d'une ZAC sur le campus de l'école polytechnique,

Adresse du chantier : Palaiseau (91).

2. Mission confiée et textes réglementaires

Le présent rapport d'étude s'inscrit dans le cadre de la norme AFNOR NF P 94 500 du 05/12/2006 dont un extrait est joint en Annexe n°1.

Les différentes missions confiées à SAGA étaient les suivantes :

Mission	Définition et description
Investigations géotechniques	<ul style="list-style-type: none"> ○ Exécuter les sondages, essais et mesures in situ selon un programme défini dans la mission de type G12, ○ Exécuter les essais en laboratoire selon un programme défini dans la mission de type G12.
G12	<ul style="list-style-type: none"> ○ Déterminer, en fonction du contexte géologique et géotechnique du site, les principes généraux d'adaptation du projet au site : niveau d'assise, fondations, terrassement, réutilisation des sols excavés, etc.

Les textes réglementaires suivants ont été utilisés pour définir les prédimensionnements et recommandations fournis :

- Normes AFNOR en vigueur, ou notes techniques particulières existantes concernant les travaux de sondages et essais in-situ et de laboratoire.
- Guide des Terrassements Routiers (GTR) et Classification des sols suivant la norme NFP 11-300.

- Guide Technique SETRA-LCPC « réalisation des remblais et des couches de formes » Fascicule II.
- Guide Technique pour l'utilisation des matériaux régionaux de l'Ile-de-France, Catalogue des structures de chaussées.

3. Contexte du projet

3.1. Description du projet

Dans le cadre de la création d'une ZAC sur le campus du quartier de l'école Polytechnique, il est prévu la réhabilitation de la voirie existante, ainsi que la création d'infrastructures (voirie de desserte) nouvelles sur toute la ZAC.

3.2. Documents transmis

L'ensemble des documents et plans contenus dans le DCE nous ont été transmis lors de la consultation.

4. Contexte géomorphologique et géologique

4.1. Contexte géomorphologique

Le site se trouve à l'Est de la commune de Palaiseau au Nord du bois de la Vauve entre les cotes 155,0 et 159,0 NGF. Il se place en contexte de plateau avec une géomorphologie relativement subhorizontale. Cependant, le secteur présente une pente générale orientée vers le nord en direction du ruisseau du *Rigole des Granges*.

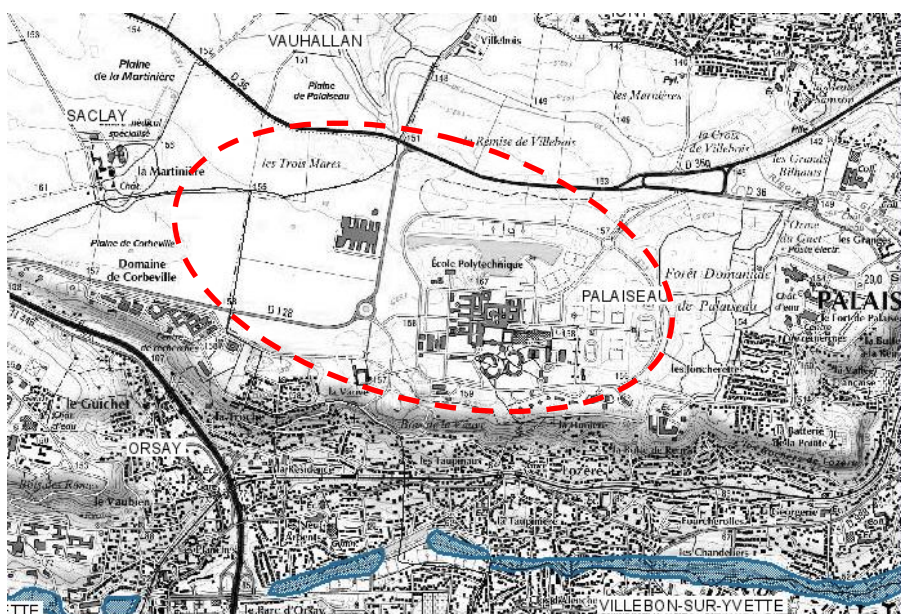
4.2. Contexte géologique

D'après les documents consultés (carte géologique de Corbeil-Essonnes au 1/50 000^{ème}) et notre expérience locale, les horizons que l'on devrait normalement rencontrer dans ce secteur sont, de haut en bas :

- *Limons de Plateaux,*
- *Argiles à Meulière de Montmorency,*
- *Sables et Grès de Fontainebleau.*

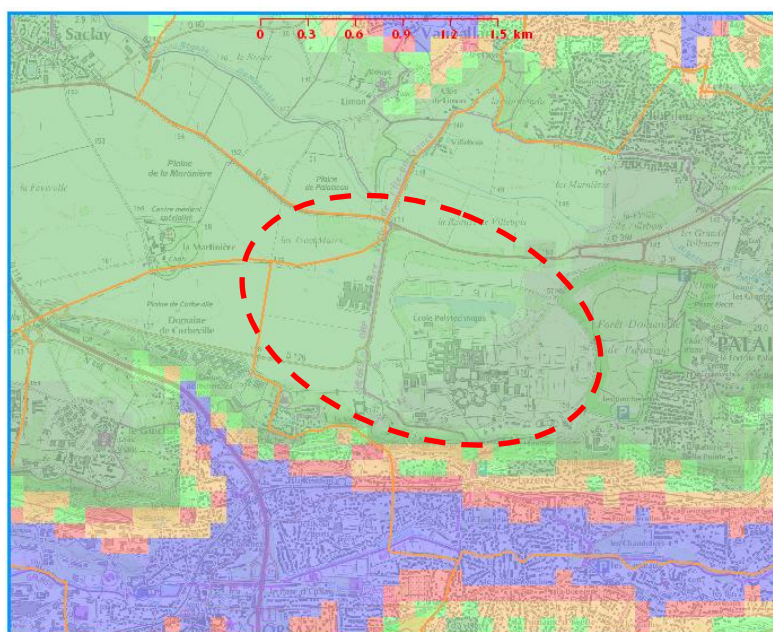
4.3. Risques naturels et anthropiques

D'après le site du Ministère de l'écologie et du développement durable, le site se trouve hors zone historiquement inondable (cf. carte ci-dessous).



Carte de risque d'inondation extraite de prim.net.

L'aléa remonté de nappe est classé très faible à faible (cf. carte ci-après extrait du site du BRGM).

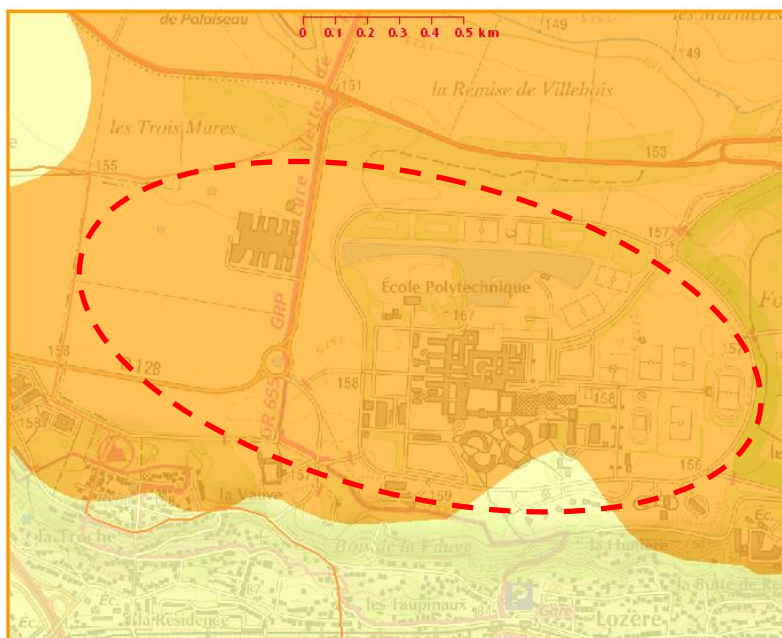


Légende des remontées de nappes

- Nappe sub-affleurante
- Sensibilité très forte
- Sensibilité forte
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité faible
- Sensibilité très faible
- Non réalisé

Carte de remontée de nappe extraite du site du BRGM.

Concernant le retrait-gonflement des argiles, le site se trouve en zone d'aléa moyen d'après le site du BRGM. En effet, bien que les argiles à meulière de Montmorency soient sensibles au phénomène de retrait-gonflement, elles se placent sous le recouvrement limoneux (cf. carte ci-dessous).



Légende des argiles

- Argiles
- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible
- Aléa à priori nul
- Argiles non réalisé

Carte de risque retrait-gonflement extraite du site du BRGM

Depuis le 1^{er} mai 2011, d'après le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune de Palaiseau est classée en zone de **sismicité très faible (zone 1)**.

CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE

5. Implantation des sondages

L'implantation des sondages a été réalisée par nos soins en accord avec la Maîtrise d'Œuvre et en fonction des réseaux existants. Elle est reportée en annexe n°3.

L'ensemble des points de sondage ont été nivelés par un géomètre expert. Ces points sont rattachés dans le système RGF93 (projection CC49) avec une précision de 0,1 m. Les cotes sont indiquées en tête des coupes de sondage.

6. Travaux réalisés

6.1. Essais in situ

Les profondeurs des sondages, sont comptées à partir du niveau du terrain naturel au moment de la reconnaissance.

Carottage – Voirie existante				
Sondages de reconnaissance	Référence	Cote (NGF)	Profondeur (m/TN)	Essais in-situ / Remarques
Sondage carotté Norme XP P 94-202	SC1	157,81	-1,0	1 essai de déflexion de chaussée
	SC2	154,46	-1,0	1 essai de déflexion de chaussée
	SC3	155,94	-1,0	-
	SC4	156,78	-1,0	-
	SC5	157,35	-1,0	-
	SC6	157,62	-1,0	-
	SC8	158,37	-1,0	-
	SC9	158,36	-1,0	-
	SC10	158,43	-1,0	-
	SC11	158,51	-1,0	-
	SC12	157,68	-1,0	-
	SC13	157,58	-1,0	-

Reconnaissance Lithologique à la tarière – Voirie projetée				
Sondages de reconnaissance	Référence	Cote (NGF)	Profondeur (m/TN)	Essais in-situ / Remarques
Sondage à la tarière	TH1	155,68	-5,0	-
	TH3	156,52	-6,0	-
	TH4	155,94	-5,0	-
	TH6	156,31	-6,0	-
	TH7	156,16	-5,0	-
	TH8	154,85	-6,0	-
	TH9	153,51	-5,0	-
	TH11	156,40	-6,0	-
	TH12	157,03	-5,0	-
	TH13	157,13	-6,0	-
	TH14	157,76	-5,0	-
	TH15	157,32	-6,0	-
	TH22	156,11	-5,0	-
	TH23	156,99	-6,0	-
	TH24	158,46	-5,0	-
	TH25	158,67	-6,0	-

Sondages de reconnaissance	Référence	Cote (NGF)	Profondeur (m/TN)	Essais in-situ / Remarques
Sondage Pénétrométrique type B Norme NF P 94-115	P1	155,94	-10,0	-
	P2	156,63	-10,0	-
	P3	157,52	-10,0	-
	P4	157,01	-10,0	-
	P5	157,44	-10,0	-
	P6	159,01	-10,0	-
	P7	158,15	-10,0	-
	P8	159,22	-10,0	-
	P9	158,41	-10,0	-
	P10	158,42	-10,0	-
	P11	158,50	-10,0	-
	P12	158,26	-10,0	-

Reconnaissance Lithologique à la tarière – Voirie existante				
Sondages de reconnaissance	Référence	Cote (NGF)	Profondeur (m/TN)	Essais in-situ / Remarques
Sondage à la tarière	ST1	155,95	-6,0	-
	ST2	156,62	-6,0	-
	ST3	157,51	-6,0	-
	ST4	157,05	-6,0	-
	ST5	157,43	-6,0	-
	ST6	159,07	-6,0	-
	ST7	158,36	-6,0	-
	ST8	159,22	-6,0	-
	ST9	158,37	-6,0	-
	ST10	158,43	-6,0	-
	ST11	158,49	-6,0	-
	ST12	158,26	-6,0	-

Les sondages de reconnaissance lithologique ont été effectués avec la tarière de diamètre 63, 102 et 110 mm avec prélèvement d'échantillons remaniés pour essais routiers en laboratoire.

Concernant les sondages carottés, ils ont été réalisés par le biais d'un carottier 116 T6.

Enfin, les sondages pénétrométriques sont réalisés par le biais d'un pénétromètre dynamique type B (SEDIDRILL-GEOTOOL - CR-T 75).

Les trous de forage ont été rebouchés en tête avec de la grave et/ou de l'enrobé à froid.

Les coupes de sondages sont reportées en annexe n°4-1 et les photographies des carottes en annexe n°6.

6.2. Essais de laboratoire

A partir des échantillons prélevés au droit des sondages à la tarière de diamètre 102 mm, les essais de laboratoire suivants ont été réalisés :

Essais d'identification des sols	Quantité	Référence de la norme
Teneur en eau wn	13	NF P94-050
Analyse granulométrique par tamisage	13	NF P94-056
Valeur au bleu	6	NF P94-068
Limites d'Atterberg	7	NF P94-051
Essai Proctor	2	NF P11-093
IPI	2	NF P11-078
Classification G.T.R.	13	NF P11-300

Les procès-verbaux des essais de laboratoire sont reportés en annexe 7-1.

RESULTATS ET SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS

7. Synthèse lithologique

Les coupes des sondages sont jointes en annexe n°4-1. Il en ressort la lithologie suivante :

- 1. Recouvrement Superficiel** : sous une structure de chaussée constituée de béton bitumineux d'épaisseur comprise entre 0,06 et 0,1 m, une couche de forme sablo-graveleuse marron beige à grise renfermant quelques blocs de silex a été identifiée sous les voiries et parking existants. L'épaisseur de cette couche de forme est comprise entre 0,1 et 0,5 m. La nature et l'épaisseur de ce recouvrement peuvent varier d'un point à l'autre du site.
- 2. Limons de Plateaux** : il s'agit de limon argileux marron à brun parfois légèrement sableux marron verdâtre renfermant des débris de meulières à leur base. Ils ont été reconnus jusqu'à l'arrêt de certains sondages carottés de voirie à 1,0 m de profondeur, soit à la cote 157,51/155,78 NGF. Au droit des sondages à la tarière, cet horizon a été observé jusqu'à 1,2 /4,5 m de profondeur, soit à la cote 157,29/151,81 NGF.
- 3. Argiles à Meulières de Montmorency** : cette formation se présente sous forme d'argile sableuse bariolée marron rougeâtre renfermant des blocs de calcaire silicifié et des bancs de meulière compact. Ce faciès, affleurant sur la partie sud du site, a été rencontré jusqu'à l'arrêt de certains sondages carottés de voirie à 1,0 m de profondeur, soit à la cote 157,36/153,46 NGF. Elles ont également été reconnues jusqu'à l'arrêt volontaire des sondages à la tarière à 8,0 m de profondeur, soit à la cote 148,62 NGF. Des refus sur blocs et/ou bancs indurés ont été observés à différente profondeur au sein de ce faciès.

8. Synthèse géomécanique

Les diagrammes de pénétration dynamique donnent les valeurs de la résistance dynamique de pointe (R_d) en fonction de la profondeur. Nous rappelons que les sondages pénétrométriques P1 à P5 ont été réalisés, respectivement, à côté des sondages à la tarière ST1 à ST5.

Les valeurs de résistance dynamique (R_d) mesurées au droit des sondages peuvent être interprétées de la façon suivante :

- 0 à 2 MPa : résistance très faible à faible,
- 2 à 4 MPa : résistance médiocre,
- 4 à 8 MPa : résistance moyenne,
- 8 à 15 MPa : résistance élevée,
- >15 MPa : résistance très élevée.

Les diagrammes de pénétration dynamique, portant en fonction de la profondeur les valeurs de la résistance dynamique de pointe (R_d), peuvent être commentés comme suit :

P1	
Prof. (m)	R_d (MPa)
0,0 à 0,6	Elevée à très élevée
0,6 à 4,4	Médiocre
4,4 à 6,0	Elevée
6,0	Refus

P2	
Prof. (m)	R_d (MPa)
0,0 à 0,6	Elevée à très élevée
0,6 à 4,5	Médiocre
4,5 à 6,7	Elevée
6,7	Refus

P3	
Prof. (m)	R_d (MPa)
0,0 à 0,3	Moyenne à élevée
0,3 à 4,3	Médiocre
4,3 à 6,4	Moyenne
6,4 à 8,4	Elevée
8,4	Refus

P4	
Prof. (m)	R_d (MPa)
0,0 à 0,6	Elevée à très élevée
0,6 à 2,7	Médiocre
2,7 à 5,4	Moyenne
5,4 à 7,7	Elevée à très élevée
7,7	Refus

P5	
Prof. (m)	R_d (MPa)
0,0 à 0,4	Moyenne à élevée
0,4 à 2,1	Médiocre
2,1 à 4,0	Moyenne
3,0 à 5,0	Elevée à très élevée
5,0	Refus

P6	
Prof. (m)	R_d (MPa)
0,0 à 1,3	Elevée à très élevée
1,3 à 2,3	Médiocre
2,3 à 10,0	Moyenne

P7	
Prof. (m)	R _d (MPa)
0,0 à 0,5	Elevée à très élevée
0,5 à 2,3	Médiocre à moyenne
2,3 à 3,7	Elevée
3,7 à 9,0	Moyenne à élevée
9,0	Refus

P8	
Prof. (m)	R _d (MPa)
0,0 à 0,6	Elevée à très élevée
0,6 à 4,2	Moyenne
4,2 à 9,5	Elevée à très élevée

P9	
Prof. (m)	R _d (MPa)
0,0 à 0,5	Elevée à très élevée
0,5 à 2,0	Médiocre à Moyenne
2,0 à 4,0	Elevée à très élevée
4,0	Refus

P10	
Prof. (m)	R _d (MPa)
0,0 à 0,4	Elevée à très élevée
0,4 à 1,7	Médiocre à Moyenne
1,7 à 3,0	Moyenne à élevée
3,0 à 8,5	Elevée à très élevée
8,5	8,5

P11	
Prof. (m)	R _d (MPa)
0,0 à 0,5	Elevée à très élevée
0,5 à 3,0	Médiocre à moyenne
3,0 à 4,2	Médiocre à moyenne
4,2	Refus

P12	
Prof. (m)	R _d (MPa)
0,0 à 1,0	Elevée à très élevée
1,0 à 2,5	Moyenne à élevée
2,5 à 4,0	Elevée à très élevée
4,0	Refus

Les sondages pénétrométriques réalisés traversent le *Recouvrement Superficiel*, les *Limons de Plateaux* et la *formation de Montmorency*. Les résultats obtenus mettent en évidence les compacités suivantes :

- Elevée à très élevée dans la couche de forme sablo-graveleuse,
- faible à moyenne dans les *Limons de Plateaux*,
- élevée à très élevée dans la formation de *Montmorency*.

Des refus sur bancs et/ou blocs de meulière indurée ont été observés au niveau de la formation de *Montmorency* notamment en P5, P9, P11 et P12. Les variations de compacité observées en fonction de la profondeur et d'un sondage à l'autre correspondent à des passées plus argileuses de moindre compacité et des zones plus indurées (bancs et/ou blocs de meulière) dans les différentes formations.

Les procès-verbaux des essais sont reportés en annexe 5-1.

9. Synthèse hydrogéologique

Aucun niveau d'eau n'a été mise en évidence jusqu'à la profondeur d'arrêt de nos sondages. Cependant, nous avons constaté une remontée du niveau d'eau dans les sondages piézométriques placés au droit du site. Ces niveau, relevé le 24/09/2012 s'établissent comme suit :

Relevé effectué le 24/09/2012					
Sondage	PZ-ICF (à côté de PZE4)	SC15/PZ	PZ1	PZ2	PZ3
Niveau d'eau (m/TN)	-1,8	-2,6	-2,2	-3,4	-3,3
Cote NGF	151,45-	154,13	151,58	150,71	153,71

Il n'existe pas d'aquifère établi dans les *Limons de Plateaux* et les *Argiles à Meulière de Montmorency*. Toutefois, il peut exister dans ces horizons notamment dans la formation de Montmorency et à la base des Limons de Plateaux, des venues d'eau en relation avec les intempéries. Ces venues d'eau s'établissent dans les passées sableuses et graveleuses contenues dans la matrice argileuse imperméable.

Le suivi des piézomètres placés sur site pourra statuer sur ses fluctuations saisonnières.

10. Carottage de voiries

Les carottages de voiries ont été réalisés par nos soins conformément au plan d'implantation fourni par le Maître d'Ouvrage. Les photographies de la structure de chaussée découvertes sont reportées en annexe n°6-1.

Les observations faites sur ces carottes sont résumées dans le tableau suivant :

Carottage	Voie	Prof. (m/TN)	Nature de la structure	Epaisseur (m)
SC1	D128	1,0	BB 0/14	0,10
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,40
SC2	Av, de la Vauve	1,0	Structure détruite par le carottage	0,50
SC3	Av, de la Vauve	1,0	BB 0/14	0,07
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,30
SC4	Av, de la Vauve	1,0	BB 0/14	0,10
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,30
SC5	Chemin du rocher de la Vauve/Corbeville à la Vauve	1,0	Structure détruite par le carottage	0,5
SC6	D128	1,0	BB 0/6	0,06
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,40
SC8	Entrée du parking bâtiment 67	1,0	BB 0/6	0,03
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,27
SC9	Av, Fresnel/Bd des Maréchaux	1,0	BB 0/6	0,03
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,27
SC10	Parc véhicules élèves, devant bâtiment ENSAE	1,0	BB 0/14	0,04
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,26
SC11	Bd des Maréchaux	1,0	BB 0/6	0,06
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,24
SC12	Av, Becquerel	1,0	BB 0/6	0,10
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,30
SC13	Av, Becquerel	1,0	BB 0/6	0,08
			Couche de forme sablo-graveleuse	0,32

Les carottes ont mis en évidence une structure de chaussée constituée d'une couche de surface en béton bitumineux de type (BB 0/6, et BB 0/14) de 3,0 à 10,0 cm d'épaisseur puis, d'une couche de forme sablo-graveleuse beige à gris d'une épaisseur comprise entre 24 et 40 cm. L'ensemble repose sur le terrain naturel constitué par les *Limons de Plateaux* et les *Argiles à Meulière de Montmorency*.

Le relevé visuel de l'état de la chaussée effectué sur le site, témoigne d'une dégradation de certaines voies existantes, avec l'apparition de fissures longitudinales, transversales et anarchiques ainsi que des orniérages notamment dans l'école polytechniques. Toutefois, certaines voiries sont neuves malgré quelques imperfections au niveau de leur couche de surface.

11. Essais de déflexion de chaussée

Les essais au déflectomètre ont été effectués respectivement au droit des sondages carottés SC1 et SC13 permettant ainsi de corréler les résultats obtenus. Ces résultats sont présentés dans le tableau récapitulatif suivant :

Voie	Déflexion moyenne M (1/100mm)	Ecart type (σ)	Déflexion caractéristique ($M+2*\sigma$) 1/100 mm
D128	46,1	11,3	68,7
Av, de la Vauve	57,9	21,3	100,4

Ces valeurs mettent en évidence un bon état de la voirie. Cependant, ces deux mesures ont été réalisées au droit de la chaussée neuve, ainsi, elles ne sont pas représentatives de la voirie ancienne existante au sein de l'école polytechnique.

12. Résultats des essais de laboratoire

Les résultats des essais menés en laboratoire sur les échantillons prélevés au droit des sondages à la tarière sont présentés dans le tableau récapitulatif suivant :

Sond	Prof. (m/TN)	Nature	w (%)	Granulométrie		Limites d'Atterberg		VBS	IPI	Classe NFP11-300
				D _{max} (mm)	C80 mm (%)	IP	I _c			
TH4	1,3 à 3,0	Argile à meulière gris rougeâtre	18,6	16,0	75,2	54,4	1,13	-		A4
TH6	0,0 à 2,0	Limon marron	20,6	4,0	96,4	-	-	4,0	10	A2m
TH7	2,0 à 4,0	Argile à meulière rougeâtre	22,5	2,0	86,4	42,7	1,06	-		A4
TH9	4,0 à 5,0	Sable argileux à meulière rougeâtre	16,4	18,0	48,2	-	-	3,1		A2
TH11	0,0 à 1,5	Limon marron	18,8	6,0	94,0	-	-	4,3		A2
TH12	3,0 à 4,5	Argile à meulière rougeâtre	20,4	14,0	58,9	52,4	1,17	-		A4
SC12	0,5 à 0,9	Argile à meulière rougeâtre	9,5	13,0	89,8	25,2	1,36	-		A3
SC13	0,5 à 0,7	Limon marron	9,2	5,0	28,7	-	-	1,6		B6
TH14	0,0 à 1,5	Limon marron	12,3	5,5	89,2	-	-	1,5		A1
TH15	0,0 à 1,5	Argile à meulière rougeâtre	24,7	12,0	93,5	44,3	1,05	-		A4
TH22	0,3 à 1,8	Limon marron	14,2	18,0	89,9	-	-	2,1	22	A1s
TH24	1,5 à 3,0	Argile à meulière rougeâtre	25,0	17,0	58,9	46,5	1,06	-		A4
TH25	1,5 à 3,0	Argile à meulière rougeâtre	13,6	12,0	74,3	39,0	1,29	-		A3

Légende :

w : teneur en eau naturelle

C80 : pourcentage d'éléments fins passant au tamis de 80 microns,

VBS: valeur au bleu de méthylène,

Sond	Prof. (m/TN)	Nature	Proctor		Classe NFP11-300
			W _{OPN} (%)	Y _{dOPN} g/cm ³	
TH6	0,0 à 2,0	Limon marron	16,0	1,7	A2m
TH22	0,3 à 1,8	Limon marron	16,5	1,7	A1s

Légende :

WOPN : Teneur en eau à l'Optimum Proctor Normal,

YdOPN : Densité sèche à l'Optimum Proctor Normal

Ces essais permettent de classer les échantillons selon le GTR (Guide Technique des Terrassements Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes, LCPC, SETRA, 1992) et la norme qui en découle NF P 11-300.

Les échantillons ont été prélevés au niveau des *Limons de Plateaux* et des *Argiles à Meulière de Montmorency*. Les résultats des essais de laboratoire mettent en évidence des sols de classe « A_i/B_i ». Il s'agit de sols fins dont leur utilisation en remblai est fonction de leur état hydrique. Nous rappelons que dans un état « th » ou « ts » respectivement très humide et très sec, ces matériaux ne sont pas réutilisables en l'état. Autrement, ils peuvent être mis en œuvre selon les conditions de prélèvements au moment du chantier (météorologie) tout en respectant les règles de la GTR. Les teneurs en eau seront ainsi vérifiées pendant toute la durée des travaux de terrassements. Leur réemploi en l'état en couche de forme nécessite un traitement aux liants hydrauliques associé éventuellement à la chaux

- *Limons de Plateaux* : les échantillons prélevés au sein de ce faciès sont de classe « A₁, A₂ et B₆ ». Il s'agit de sols fins sensibles à la variation de la teneur en eau avec des chutes de consistance pour une augmentation de celle-ci. Ainsi, une attention particulière devra être portée à la sensibilité à l'eau de ces sols lors des travaux de terrassement.
- *Argiles à Meulière de Montmorency* : ces sols sont de classe « A₃ et A₄ ». Il s'agit de sols très cohérents, plastiques et sensibles à l'eau. Ils sont à la fois très difficiles à mettre en œuvre et leur réutilisation comporterait de grands risques de retrait gonflement et d'instabilité. Leur réemploi en remblai ou en couche de forme n'est normalement pas envisageable mais il peut éventuellement être décidé à l'appui d'une étude spécifique s'appuyant notamment sur des essais en vrai grandeur.

Cependant, avant toute étude de traitement, il est nécessaire de vérifier la teneur en sulfates et en matière organique des sols locaux (seuils critiques 0,50 % pour les sulfates

et 5 % pour la matière organique) ainsi que leur aptitude aux traitements, en vérifiant les critères de portance et de gonflement.

INTERPRETATIONS ET RECOMMANDATIONS

13. Contextes géologique et hydrogéologique

De l'analyse des résultats des sondages et des essais, il ressort les points suivants :

Terrains traversés :

- Recouvrement Superficiel : constitué d'une couche de forme sablo-graveleuse marron beige à grise, reconnu jusqu'à 0,1/0,6 m de profondeur, sous la structure béton bitumineux de la voirie. Les essais pénétrométriques témoignent d'un horizon de compacité élevée à très élevée. Nous rappelons que l'épaisseur et la nature de ce recouvrement peuvent varier d'un point à l'autre du site.
- Limons de Plateaux : sous forme de limon argileux marron à brun parfois légèrement sableux marron verdâtre, observé jusqu'à 1,2 /4,5 m de profondeur, soit à la cote 157,29/151,81 NGF. Il s'agit de sols fins de classe A₁/B₆, sensibles à la variation de la teneur en eau et de compacité médiocre à moyenne.
- Argiles à Meulière de Montmorency : reconnues jusqu'à l'arrêt volontaire de nos sondages à 8,0 m de profondeur, soit à la cote 148,62 NGF, il s'agit de sols argileux rougeâtre très cohérents avec un potentiel de retrait-gonflement non négligeable. Les refus observés à la tarière à différentes profondeurs témoignent de la présence de bancs et/ou de blocs indurés au sein de ce faciès. Les sondages pénétrométriques mettent en évidence une compacité très élevée dans cette formation.

Hydrogéologie :

- Aucun niveau d'eau n'a été détecté au droit de nos sondages pendant le forage. Cependant, les piézomètres posés sur site mettent en évidence une remontée du niveau d'eau jusqu'à 1,8/3,4 m de profondeur (septembre 2012), soit à la cote 151,45/150,71 NGF. Toutefois, il n'existe pas d'aquifère établi dans les formations des *Limons de Plateaux* et des *Argiles à Meulière de Montmorency*. Cependant, des circulations erratiques peuvent exister au niveau des passées sableuses et graveleuses contenues dans la matrice argileuse imperméable.

14. Voirie

14.1. Voirie existante

Il a été observé une structure de chaussée constituée :

- en tête, d'une couche d'enrobé bitumineux noirâtre (BB 0/6, BB 0/14) sur 0,03 à 0,1 m,
- puis, d'une couche de forme sablo-graveleuse marron beige jusqu'à -0,1/-0,6 m/TN.

L'ensemble repose sur le terrain naturel constitué par les *Limons de Plateaux* et les *Argiles à Meulière de Montmorency*.

D'autre part, le relevé de dégradation en surface effectué témoigne du mauvais état de certaines voies existantes dans l'école polytechnique. Cependant, la plupart des voies sont neuves malgré quelques imperfections au niveau de leur couche de surface.

Ainsi, compte tenu de l'état de certaines voirie existante, nous recommandons de :

- Raboter et purger les structures de chaussées défectueuses existantes,
- au niveau des poches molles ou décomprimées, purger les matériaux en place sur une épaisseur adaptée à la nouvelle structure de voirie retenue et de les remplacer par un matériau d'apport sablo-graveleux insensible à l'eau.

14.2. Voirie projetée

14.2.1. Analyses

En périodes pluvieuses défavorables, la circulation des engins au niveau des *Limons de Plateaux* ou *Argiles à Meulière de Montmorency* sera délicate en raison de la sensibilité de ces matériaux fins aux variations de teneur en eau (chute de consistance, phénomène de matelassage, rainures...).

Ainsi, il sera nécessaire de prévoir une piste provisoire, soit en matériaux d'apport, soit par traitement des sols du site, sous réserve de confirmer leur aptitude au traitement.

14.2.2. Portance du fond de forme

En conditions météorologiques favorables, ce qui était le cas au moment de notre intervention, le fond de fouille peut être classé en PST1 / AR1. Ainsi, pour obtenir une plateforme de type PF2 il conviendra de prévoir l'une de deux propositions suivantes :

A- Une couche de forme en GNT de 0,35 à 0,50 m au niveau du fond de forme avec intercalation d'un géotextile.

B- Un traitement aux liants hydrauliques éventuellement associés à la chaux des sols en place sur 0,35 m d'épaisseur, sous réserve que les résultats des essais d'aptitude confirment la possibilité de traiter ces sols.

Dans tous les cas, la portance en PST sera vérifiée par le biais d'essais à la plaque ou dynaplaque en obtenant : $K_w \geq 50 \text{ MPa/m}$ et/ou $E_{v2} > 50 \text{ MPa}$.

Compte tenu de la sensibilité des sols locaux à la variation de la teneur en eau (sols fins), on veillera à protéger la plateforme des intempéries après réception. Cette protection sera de type émulsion superficielle gravillonnée et imperméable.

14.2.3. Prédimensionnement des voiries

Les hypothèses prises pour le dimensionnement des chaussées sont les suivantes :

Destination	MJA (véh/j)	Classe de Plateforme requise	Classe de trafic
Circulation interne de véhicules légers et lourds	250 à 500	PF2 : $E_{v2} \geq 50 \text{ MPa}$	TC1

Ainsi, les deux structures envisageables sont résumées dans le tableau suivant :

	Structure en grave bitume GB3	Structure en grave non traitée GNT
Couche de surface	6 cm*	6 cm*
Couche de Base	9 cm	9 cm
Couche de fondations		
Couche de forme	Géotextile + 35 à 50 cm de GNT ou 35 cm de MTC (obtention de EV2 ≥ 50 MPa)	
Sol en place	Limons de Plateaux/Argiles à Meulières de Montmorency	

Légende :

GB3 : Grave Bitume de type 3.

- (*) Cette épaisseur correspond à l'épaisseur totale de la couche de surface (une couche de roulement et éventuellement une à deux couches de liaison). Celle-ci a été définie selon le trafic estimé et la nature de la couche de base. La combinaison « couche de roulement + couche(s) de liaison » dépend des objectifs recherchés vis-à-vis des caractéristiques d'usage (adhérence, bruit...).

La chaussée devra être vérifiée à la sensibilité au gel. Les granulats utilisés devront être non gélifs.

L'épaisseur de la couche de forme devra être adaptée à l'hydrométrie et la portance au moment des travaux.

Les entreprises pourront proposer des structures variantes, sous réserves de justificatifs fiables (dimensionnement ALIZE).

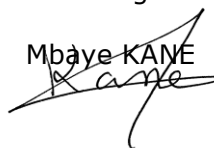
Dans tous les cas, les dimensionnements de la future chaussée pourront être validés et contrôlés par nos soins dans le cadre d'une mission G4 selon la norme NFP94-500.

Aléas géotechniques - Conditions contractuelles

1. Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéités locales) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
2. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager SAGA.
3. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie «Présentation» du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à SAGA afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
4. De même des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau etc.) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
5. Au moment de l'ouverture des fouilles, il est conseillé de faire procéder à une visite de chantier par un géotechnicien de SAGA. Cette visite donne lieu à avis écrit portant sur la conformité de la méthode d'exécution des fondations. Cette visite doit faire l'objet d'une commande préalable.

A Grigny, le 28 septembre 2012

L'Ingénieur Chargé du dossier

Mbaye KANE


SAGA
22 rue des Carriers Italiens
91350 GRIGNY
Tél. : 01 75 30 25 20 - Fax : 01 69 06 08 64

Contrôle Interne

Laurent GLANDUT


ANNEXE 1

EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES (version de décembre 2006)

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 préliminaire de site (G11), d'étude géotechnique d'avant projet (G12), d'étude géotechnique de projet (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 géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant projet 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 projet lui est confiée;
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 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 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 entamer des poursuites judiciaires.

Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (extrait du chapitre 4 de la norme NF P 94-500 du 5 décembre 2006).

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 de 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.

Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Tableau 1 de la norme NF P 94-500 du 5 décembre 2006)

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

* NOTE : À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.

Classification des missions types d'ingénierie (Tableau 2 de la norme NF P 94-500 du 5 décembre 2006)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.

Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PRÉALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques 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 un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir 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, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

Phase Projet

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

Phase Assistance aux Contrats de Travaux

- Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

Phase Étude

- Définir 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 validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

Phase Suivi

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

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.

- 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, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.
- Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

ANNEXE 2

PLAN DE SITUATION

ANNEXE 3

PLAN D'IMPLANTATION

ANNEXE 4-1

COUPES DES SONDAGES A LA TARIERE ET CAROTTES

ANNEXE 5-1

COUPES DES SONDAGES PENETROMETRIQUES

ANNEXE 6-1

PHOTOGRAPHIES DES SONDAGES CAROTTES

ANNEXE 7-1

PROCES VERBAUX DES ESSAIS DE LABORATOIRE