



Ingénierie géotechnique



PILOTER



TESTER



MESURER



SONDER



CALCULER

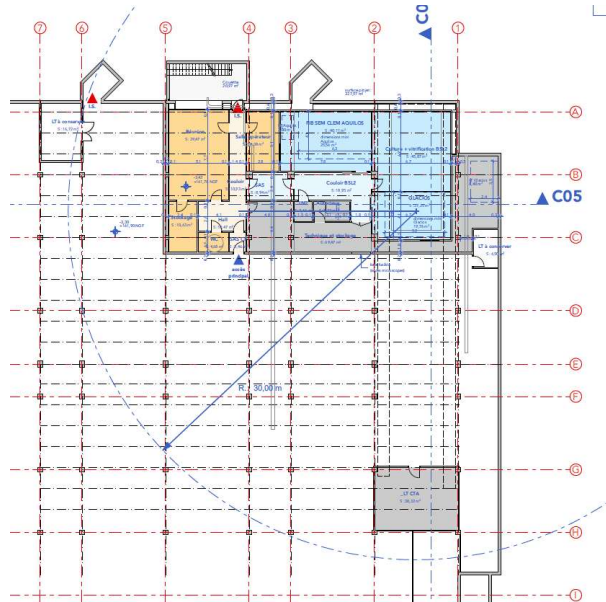


CONSEILLER

**ÉCOLE
NORMALE
SUPÉRIEURE
DE LYON**

CONSTRUCTION CRYOMICROSCOPE

LYON (69007)



ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE AVANT-PROJET G2AVP

Référence : NT1_2503140L_V01_LYON_CONSTRUCTION
CRYOMICROSCOPE_G2AVP

V03				
V02				
V01	22/05/2025	P.PEZARD	S.PEREIRA	Etablissement du rapport
Indice	Date	Rédacteur	Vérificateur	Observations

SARL au capital de 19.000 €

RCS de Bourg-en-Bresse

Code APE 7112B

SIRET 493 774 111 00071

AGENCE LYON :
93 rue de la Villette
69003 LYON

Tél. : 04 20 10 28 23
lyon@beconfluence.com
www.beconfluence.com

MASE
AMÉLIORER LA PERFORMANCE SSE

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	3
2. DOCUMENTS ET DONNEES A DISPOSITION.....	4
3. CONTEXTE GENERAL	4
4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE GENERAL.....	5
5. ALEAS ET RISQUES NATURELS	7
6. PROFONDEUR DE MISE HORS GEL DES INFRASTRUCTURES.....	10
7. DESCRIPTION DU PROJET.....	10
8. PROGRAMME DES INVESTIGATIONS	13
8.1. Programme des investigations in situ	13
8.2. Lithologie.....	13
8.3. Conditions hydrologiques et hydrogéologiques	14
8.4. Reconnaissance des fondations actuelles et/ou des ouvrages mitoyens	15
9. SYNTHESE GEOTECHNIQUE DE NIVEAU AVANT-PROJET	16
10. CONTEXTE SISMIQUE.....	17
11. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE DU PROJET (Z.I.G)	18
12. ADAPTATION GENERALE DU PROJET AU SITE – CONTRAINTES.....	18
13. INSERTION DU PROJET SUR LE TERRAIN, CALAGE GENERAL DE LA PLATE-FORME, TERRASSEMENTS GENERAUX	19
13.1. Conception générale	19
13.2. Réalisation des terrassements (création de la cour anglaise).....	20
13.2.1. Terrassements généraux en déblais	20
13.2.2. Terrassements généraux en remblais.....	21
13.2.3. Pentes des talus en déblais et remblais.....	22
14. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS SUPERFICIELLES.....	23
14.1. Fondations superficielles de types semelles ponctuelles ou filantes	23
14.1.1. Conception.....	23
14.1.2. Pré-dimensionnement.....	23
14.2. Recommandations générales	23
14.3. Recommandations spécifiques pour les fondations le long d'ouvrages existants	25
15. TRAITEMENT DU NIVEAU BAS	26
15.1. Dallages	26
15.1.1. Conception générale	26
15.1.2. Portances	26
15.1.3. Modules Es	26
15.1.4. Tassements	26
15.1.5. Recommandations générales	27
16. PROTECTION DES NIVEAUX ENTERRES.....	27
17. CATEGORIE GEOTECHNIQUE DE L'OUVRAGE, ETUDES GEOTECHNIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES COMPLEMENTAIRES	28
18. RECOMMANDATIONS GENERALES	29

ANNEXES

ANNEXE 1 : Missions géotechniques normalisées

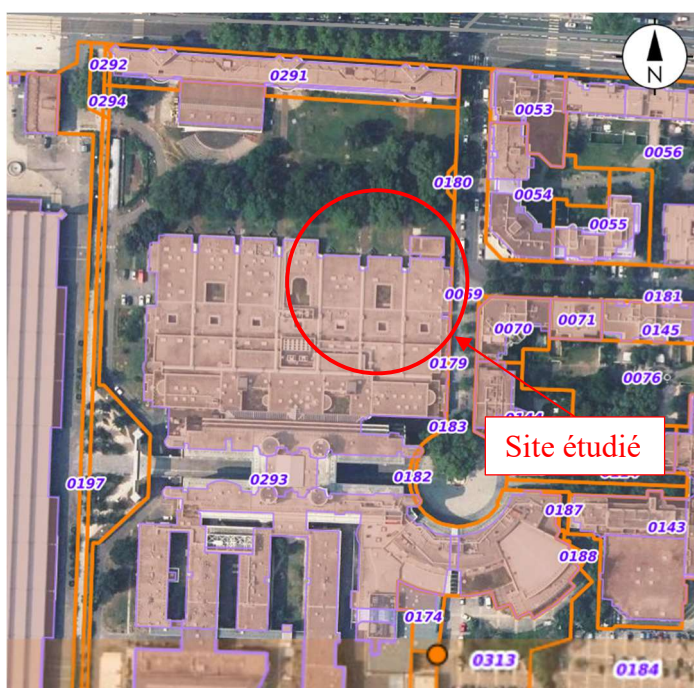
ANNEXE 2 : Plan d'implantation et résultats des sondages

1. INTRODUCTION

L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE LYON projette la construction d'un Cryo microscope sur la commune de LYON (69007). Dans ce cadre, l'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE LYON souhaite engager une étude géotechnique afin :

- d'évaluer le contexte par le biais d'une enquête documentaire,
- d'établir une première définition du contexte géologique et géotechnique avec la nature des terrains superficiels, et les éventuelles circulations d'eaux sub-superficielles,
- de définir les premiers principes généraux d'adaptation du projet au site, pour les fondations, les terrassements, et les éventuels soutènements.

La situation du projet est précisée ci-dessous :



Dans le cadre de ce projet, l'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE LYON a confié à CONFLUENCE une **mission d'étude géotechnique de conception – Phase Avant-Projet (G2AVP) au sens de la norme NFP 94-500 de novembre 2013**, qui fait l'objet du présent rapport.

Nous fournissons quelques extraits de cette norme en annexe 1 pour faciliter la compréhension des missions géotechniques et de la nécessité de leur enchaînement.

2. DOCUMENTS ET DONNEES A DISPOSITION

Dans l'état actuel du projet, et à la date de rédaction du présent rapport, les documents en notre possession pour réaliser l'étude sont les suivants :

- Un cahier des charges pour une mission géotechnique G2AVP transmis par le bureau d'étude CETIS ;
- Un plan du projet au format A3 échelle 1/200 en format PDF.

Les hypothèses issues de ces différents documents seront à confirmer aux stades ultérieurs du projet et pourront engendrer une modification ou une adaptation des recommandations formulées dans le présent rapport.

3. CONTEXTE GENERAL

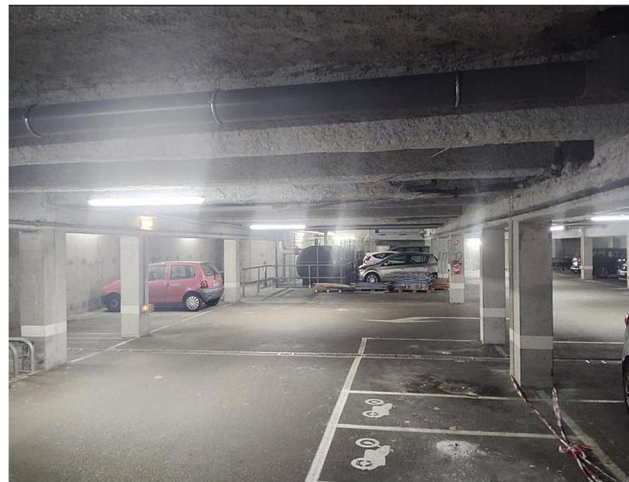
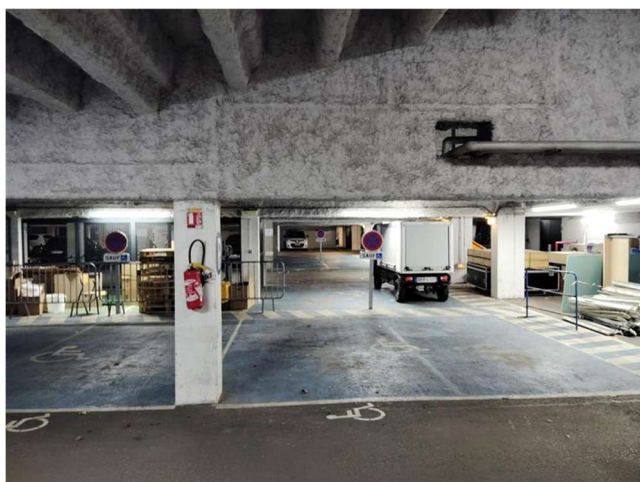
Le projet est implanté sur le site de l'ENS LYON avenue Debourg sur la commune de Lyon (69007). Le site étudié concerne la parcelle n°293 de la section BZ.

Les parcelles sont actuellement occupées par :

- Aménagement existant (bâtiment, parking, poteaux de fondations...).

Le site est globalement plat. Le TN est actuellement compris entre les cotes approximatives 165.00 et 165.20 mNGF. D'après les plans topographiques fournis, le niveau du sous-sol est à -3.30m/TN soit à une cote de 161.90 NGF.

Pour ce projet il a été procédé à une inspection visuelle sommaire du secteur étudié à l'occasion de notre intervention sur site au mois de mars 2024. Les photographies suivantes illustrent la configuration des lieux à cette période :



On note les points particuliers suivants :

- Projet en niveau de sous-sol à -3.30m/TN ;
- Parking véhicule léger occupé actuel ;
- Présence de nombreux poteaux de fondation ;
- Hauteur sous plafond limitée dans certain secteur.

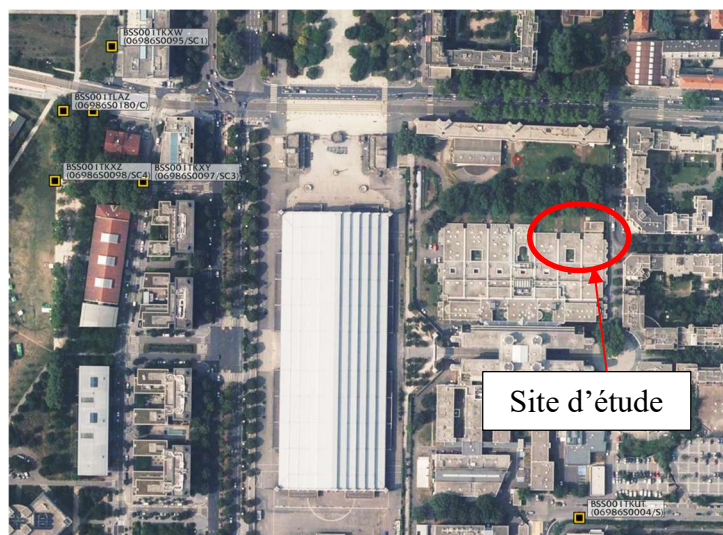
4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE GENERAL

Le secteur étudié s'inscrit dans un contexte d'Alluvions fluviales modernes.

Un extrait de la carte géologique au 1/50 000^e et de la légende associée sont présentés ci-après :



La consultation de la base de données BSS sur le site infoterre.brgm.fr indique la présence de sondages à proximité du site étudié. Le repérage de ces sondages est présenté schématiquement ci-dessous :



Les coupes de ces sondages sont les suivantes :

- Sondage référence n°BSS001TKUT, situé à 280 m au Sud du site

Nombre de niveaux : 2

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 17,6 m	ALLUV: DEPOT	QUATERNAIRE
De 17,6 à 17,7 m	MOLASSE	MIOCENE

Un niveau d'eau avait été relevé durant ce sondage à 6.2m de profondeur en date du 1 janvier 1965.

- Sondage référence n°BSS001TKXY, situé à 280 m à l'Ouest du site

COTES	Profondeurs	SCHEMA	EAU	COUPE LITHOLOGIQUE	Outil de sondage	Tubage	Echantillons	Piezomètre	% Carottage	OBSERVATIONS
164,30	0,00									
	0,25									
	0,30	R		Enrobage rouge						
	1,30			Sable fin venant cailloux-R						
				Sable limoneux graviers						
				Limon beige sec, cailloux di-						
				vers, traces brigue, pas-						
				Sables noirâtre-R						
				Sable fin beige						
	3,00									
	3,60			Sable fin beige, très légè-						
				rement limoneux						
	4,90		1	Grave Ø 50mm légèrement						
	5,30		2	sableuse						
				Sable fin gris						
				Grave sableuse Ø 80mm						
	8,50									

Du point de vue hydrogéologique et hydrologique, on peut noter les informations générales suivantes :



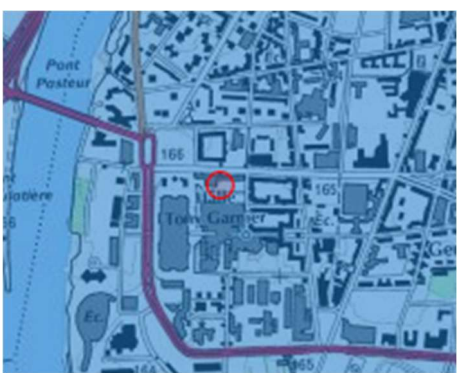
- nappe d'accompagnement du fleuve du Rhône (situé à une distance de l'ordre de 350 m à l'Ouest du site).

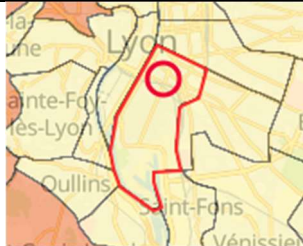
Dans ce contexte de nappe alluviale, on peut s'attendre à rencontrer des circulations d'eaux :

- dans les terrains de recouvrement,
- au sein des alluvions.

5. ALEAS ET RISQUES NATURELS

Pour ce projet il a été effectué une enquête documentaire en relation avec les risques naturels susceptibles d'affecter le secteur ; les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

ALEAS	CARTE	Légende/information	Influence potentielle sur le projet
Retrait-gonflement des Argiles (*)		<div> <div>1 : Exposition faible</div> <div>2 : Exposition moyenne</div> <div>3 : Exposition fort</div> </div>	NON
Sismicité		<div> <div>1 - très faible</div> <div>2 - faible</div> <div>3 - modéré</div> <div>4 - moyen</div> <div>5 - fort</div> </div>	NON (§10)
Cavités	Aucune cavité n'est répertoriée à moins de 1 km du site étudié. Cependant la commune comprend des cavités non localisées.		NON
Mouvements de terrain	Aucun mouvement de terrain n'est répertorié à moins de 1 km du site.		NON
Inondation et coulées de boue	PPRN du Grand Lyon – secteur Lyon-Villeurbanne, approuvé le 02/03/2009	Terrain concerné par le risque d'inondation d'après le PPRN.	OUI
Amiante (**)		<p>Susceptibilité variable</p> <div> <div>Susceptibilité nulle à très faible</div> <div>Susceptibilité faible</div> <div>Susceptibilité moyenne</div> <div>Susceptibilité forte à très forte</div> <div>Zones non-investiguées</div> <div>Susceptibilité variable (Alluvions, Alluvions et indifférenciées, Dépôts glaciaires)</div> <div>Susceptibilité variable (Colluvions et éboulis)</div> </div>	Hors mission

Radon		<div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <p>1 : potentiel radon faible</p> <p>2 : potentiel radon moyen</p> <p>3 : potentiel radon significatif</p> </div>	Hors mission
-------	---	--	--------------

Arrêts de reconnaissance de catastrophe naturelle

Nombre d'arrêts de catastrophes naturelles (CAT-NAT) : 23

Source : CCR

Inondations et/ou Coulées de Boue : 17

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE0000045A	22/10/1999	24/10/1999	07/02/2000	26/02/2000
INTE0000391A	10/06/2000	10/06/2000	03/08/2000	23/08/2000
INTE0100232A	20/03/2001	23/03/2001	27/04/2001	28/04/2001
INTE9300601A	05/10/1993	10/10/1993	19/10/1993	24/10/1993
INTE9400065A	05/10/1993	10/10/1993	02/02/1994	18/02/1994
INTE9400220A	18/10/1993	18/10/1993	27/05/1994	10/06/1994
INTE9400269A	07/01/1994	21/01/1994	06/06/1994	25/06/1994
INTE9400424A	07/01/1994	21/01/1994	08/09/1994	25/09/1994
INTE9500304A	10/10/1993	10/10/1993	18/07/1995	03/08/1995
INTE9500748A	07/09/1995	07/09/1995	08/01/1996	28/01/1996
INTE9600255A	05/10/1993	10/10/1993	17/06/1996	09/07/1996
IOCE0800746A	06/08/2007	06/08/2007	10/01/2008	13/01/2008
MDIE900017A	29/07/1990	29/07/1990	04/12/1990	15/12/1990
NOR19821118	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
NOR19830111	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983
NOR19830621	01/04/1983	30/04/1983	21/06/1983	24/06/1983
NOR19830621	01/05/1983	31/05/1983	21/06/1983	24/06/1983

Inondations Remontée Nappe : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE0200011A	18/03/2001	28/03/2001	23/01/2002	09/02/2002

Mouvement de Terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE0500697A	17/04/2005	18/04/2005	06/10/2005	14/10/2005

Tempête : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
NOR19821118	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982

Poids de la Neige : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
NOR19821215	26/11/1982	28/11/1982	15/12/1982	22/12/1982

Glissement de Terrain : 2

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
NOR19830621	01/04/1983	30/04/1983	21/06/1983	24/06/1983
NOR19830621	01/05/1983	31/05/1983	21/06/1983	24/06/1983

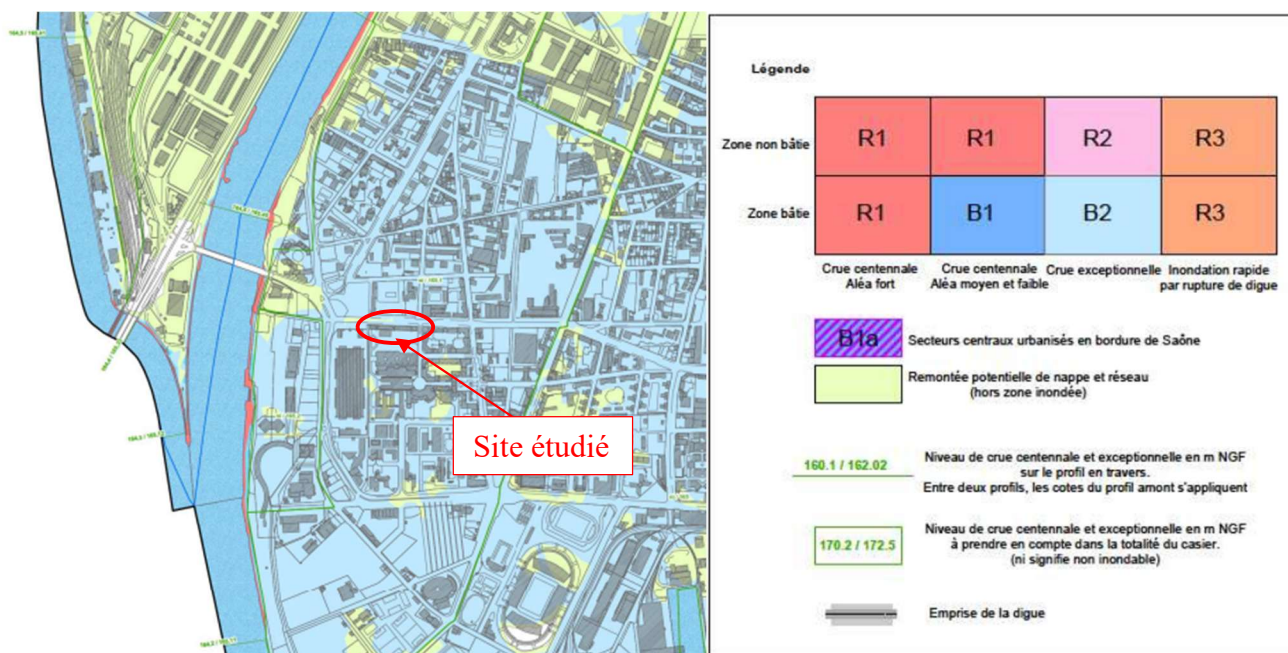
Remarques importantes :

- (*) Quelle que soit la zone d'aléa, le risque de retrait gonflement des argiles ne doit pas être négligé à priori. Néanmoins, au vu de la lithologie rencontrée, ce risque est considéré négligeable au droit du site.
- (**) cette recherche ne porte pas sur le risque de présence d'amiante lié aux activités anthropiques. Il doit faire l'objet d'une étude environnementale/diagnostic de pollution spécifique, qui n'entre pas dans le cadre de notre mission géotechnique ;
- cette recherche ne prend pas en compte les risques « avalanche », « tempête », « ruptures de barrages », qui nécessitent des études spécifiques et ne sont pas en lien direct avec la conception géotechnique du projet objet du présent rapport.

- Il convient de préciser que cet état des lieux des risques naturels évolue régulièrement, il n'est donc exact qu'à la date de rédaction du présent rapport.

A la date de rédaction du présent rapport, la commune de Lyon dispose d'un Plan de Protection contre les Risques Naturels (PPRn), et d'un Plan de Protection contre les Risques d'Inondation (PPRi) approuvé le 02/03/2009. La parcelle objet de cette étude est -d'après l'extrait de carte de zonage du PPR - située en zone B2. Cette zone est exposée à des aléas d'inondation par crue exceptionnelle.

Un extrait de la carte de zonage de ce PPR est présenté ci-dessous :



Un extrait du règlement des zones soumises au risque est présenté ci-dessous :

I.6.2.2. La zone bleue B2

C'est la partie du territoire, inondable à la crue exceptionnelle, dont l'enjeu principal est de réglementer l'implantation des établissements présentant les plus forts enjeux.

La zone bleue B2 délimite le champ d'inondation de la crue exceptionnelle au-delà du champ d'expansion de la crue centennale, en zone urbanisée.

IV. REGLEMENTATION DE LA ZONE BLEUE B2

Elle est délimitée sur les cartes de zonage réglementaire annexées.

Dans la zone bleue B2 sont autorisés tous les travaux, constructions, installations relatifs à des projets nouveaux ou à des biens existants sous réserve des prescriptions définies au chapitre IV.1.

IV.1. Prescriptions

Les établissements à enjeux devront prendre en compte les effets prévisibles de la crue exceptionnelle, dans leur conception et dans leur fonctionnement afin de limiter au maximum les dommages subis ou provoqués jusqu'à cette occurrence de crue.

Les établissements contribuant à la sécurité publique et civile ne pourront être réalisés que sous les conditions suivantes :

- Leur réalisation hors zone inondable n'est pas envisageable pour des raisons techniques et/ou relatives à l'organisation de la sécurité publique et civile.
- Ils devront pouvoir être opérationnels (notamment hors d'eau et accessibles) jusqu'à la crue exceptionnelle.

Les plans et règlements sont consultables sur le site de la préfecture.

6. PROFONDEUR DE MISE HORS GEL DES INFRASTRUCTURES

Sans objet en niveau de sous-sol.

7. DESCRIPTION DU PROJET

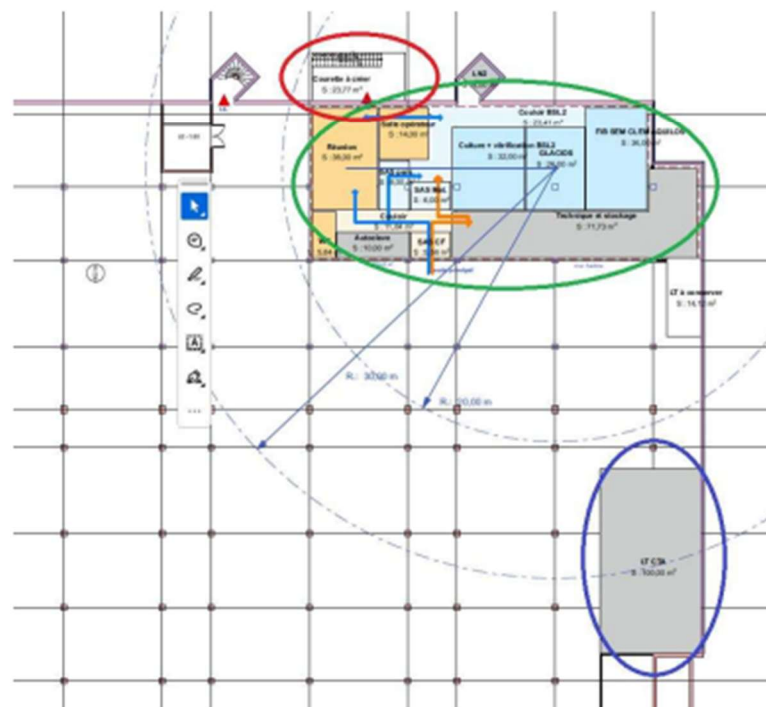
Le projet prévoit la réalisation d'un Cryo-microscope au droit d'un présent parking de véhicule léger en sous-sol à -3.30m/TN.

Les éléments qui nous ont été fournis pour ce projet sont les suivants :

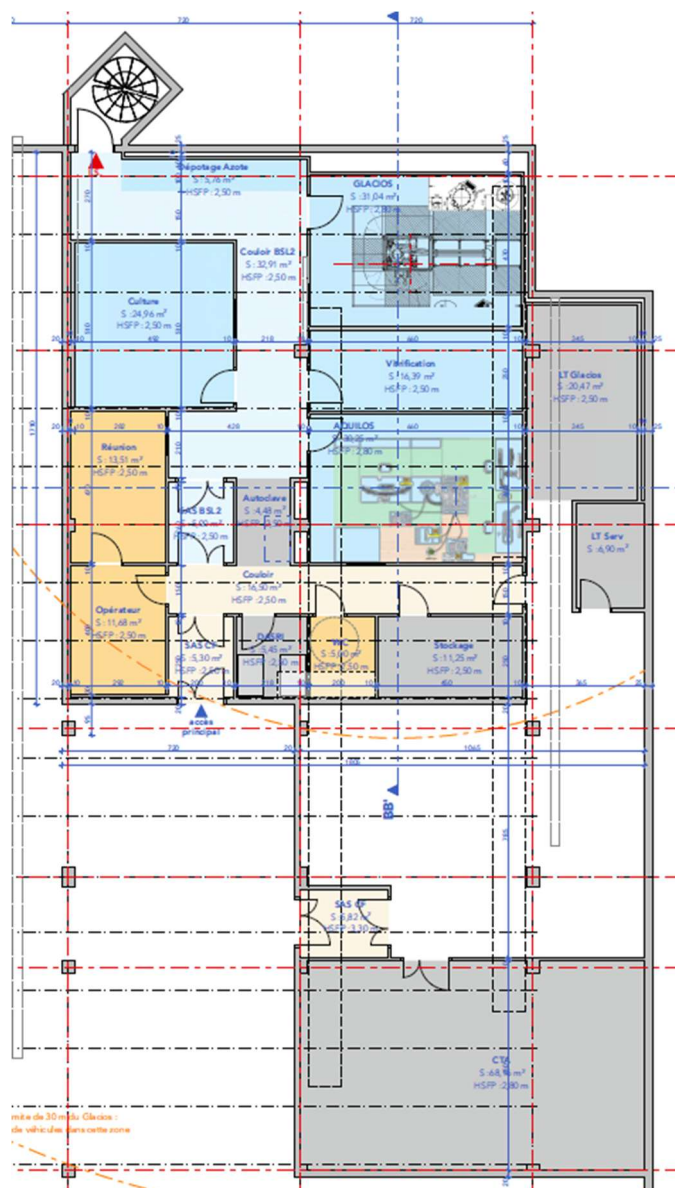
- type de construction : Cryo-microscope + local CTA ;
- niveau de calage du projet : identique à l'existant, AS du dallage à 161.90 NGF ;
- terrassement en déblais et remblais : OUI, uniquement pour la cour anglaise.

A ce stade, des descentes de charges nous ont été fournies en fonction du secteur du projet par le bureau d'étude CETIS, elles sont présentées ci-dessous :

- Entouré en vert ci-dessous, les locaux abritant le futur Cryo-Microscope et impliquant la réalisation d'un dallage sur terre-plein. Les charges à prendre en compte sur le dallage sont les suivantes :
 - o Surfacingues dans les salles Aquilos et Glacios :
 - $G = 200 \text{ daN/m}^2$
 - $Q = 1\,000 \text{ daN/m}^2$
 - o Surfacingues dans les autres locaux :
 - $G = 200 \text{ daN/m}^2$
 - $Q = 500 \text{ daN/m}^2$
 - o Linéaires (cloisons lourdes) :
 - $G = 1\,000 \text{ daN/ml}$
- Entouré en bleu ci-dessous, les locaux abritant les CTA impliquant la réalisation d'un dallage sur terre-plein. Les charges à prendre en compte sur le dallage sont les suivantes :
 - o Surfacingues :
 - $G = 200 \text{ daN/m}^2$
 - $Q = 500 \text{ daN/m}^2$
 - o Linéaires (cloisons lourdes) :
 - $G = 1\,000 \text{ daN/ml}$
- Entouré en rouge ci-dessous la création d'une cour anglaise. Cette dernière nécessitera des travaux de terrassements, de fondations et de blindage définitif. Notons que la structure de la cour anglaise reprendra des efforts de poussée des terres dissymétrique du fait de sa configuration accolée contre le sous-sol existant et en dilatation par rapport à la structure existante.



Les extraits des derniers plans ci-après illustrent la configuration du projet :



Ces derniers plans modifient l'agencement des différentes salles, nous considérerons néanmoins les mêmes charges que citées précédemment à ce stade. De plus, la cour anglaise en façade nord n'est plus apparente, le MOA nous a tout de même demandé d'étudier la possibilité de la réaliser.

Le MOA nous a de plus fourni les différentes charges qui seront appliquées sur le dallage en fonction des pièces, elles sont présentées ci-dessous :

- Autoclave: 2,652T
- Pièce de culture: 1,698T
- Salle de vitrification: 850kg
- Local technique: 435kg
- Aquilos: 1,988T
- Glacios: 454kg

La durée indicative d'utilisation du projet ne nous a pas été communiquée. En référence à l'annexe nationale à la NF EN 1997:2005 dont un extrait est rappelé ci-dessous, nous retiendrons (entouré en tireté rouge) la durée suivante :

Catégorie de durée d'utilisation de projet	Durée indicative d'utilisation de projet (années)	Exemples
1	10	Structures provisoires ^{a)}
2	25	Éléments structuraux remplaçables, par exemple poutres de roulement, appareils d'appui ^{b)}
3	25	Structures agricoles et similaires
4	50	Structures courantes de génie civil et de bâtiments
5	100	Autres structures de génie civil, ponts et structures monumentales de bâtiments
<p>a) Les structures ou parties de structures qui peuvent être démontées dans un but de réutilisation ne doivent normalement pas être considérées comme provisoires. Voir également la note 3 ci-dessus.</p> <p>b) Cette catégorie ne concerne normalement pas les ouvrages géotechniques.</p>		

8. PROGRAMME DES INVESTIGATIONS

8.1. Programme des investigations in situ

Le programme des investigations a été réalisé conformément à notre devis.

Les sondages ont été implantés en fonction de la position du projet et des contraintes liées aux accès, à la présence des ouvrages existants et des réseaux.

L'implantation des sondages est précisée sur le plan d'implantation fourni en annexe 2.

8.2. Lithologie

Les différentes investigations in-situ permettent d'établir la lithologie suivante, de haut en bas, au droit de nos sondages :

Cryo-microscope et local CTA (-3.30m/TN) :

[2] Sable et graves : ils sont approximativement rencontrés à partir de 0.00 m de profondeur et jusqu'à la fin du sondage pressiométrique à 9.10 m de profondeur ; leur épaisseur est de l'ordre de 9.10 m.

Cour anglaise :

Plusieurs sondages ont été réalisés au niveau de la cour extérieure pour le projet de rénovation du Crous DEBOURG situé à environ 50m au Nord du site d'étude. Avec l'accord de BOUYGUES CONSTRUCTION SUD EST, ces sondages nous permettent de dresser une coupe géologique depuis le niveau de la cour :

[TV] Terre végétale d'une épaisseur de l'ordre de 10 à 50 cm.

[R] Remblais hétérogènes parfois sablo-limoneux parfois argileux à graves : ils sont approximativement rencontrés à partir de 0 à 0.5 m de profondeur et jusqu'à 0.8 à 1.8 m de profondeur ; leur épaisseur varie entre 0.6 m et 1.40 m. Il faut considérer qu'ils peuvent être rencontrés sur d'autres secteurs entre nos sondages et sur des épaisseurs plus importantes ; s'agissant de remblais, il faut aussi prendre en compte la possibilité que leur nature soit encore plus hétérogène que celle mise en évidence par nos sondages.

[1] Sables argileux brun : ils sont approximativement rencontrés à partir de 0.8 à 1.6 m de profondeur et jusqu'à 2.2 à 4 m de profondeur ; leur épaisseur varie entre 1.2 m et 2.6 m.

[2] Sables jaune, présence de graves et blocs : ils sont approximativement rencontrés à partir de 2.2 à 4 m de profondeur et jusqu'à la fin de sondages entre 2.95 et 12.35 m de profondeur ; leur épaisseur varie au minimum entre 0.35 m et 8.55 m.

Au droit même des voiles du sous-sol, d'après les plans de fondation fournis, il y a un gravier tout venant propre en appui avec un drainage en pied du voile.

8.3. Conditions hydrologiques et hydrogéologiques

Aucune arrivée d'eau n'a été notée pendant les sondages, mais il s'agit d'informations instantanées, ne traduisant pas les fluctuations possibles des circulations d'eaux en fonction des saisons.

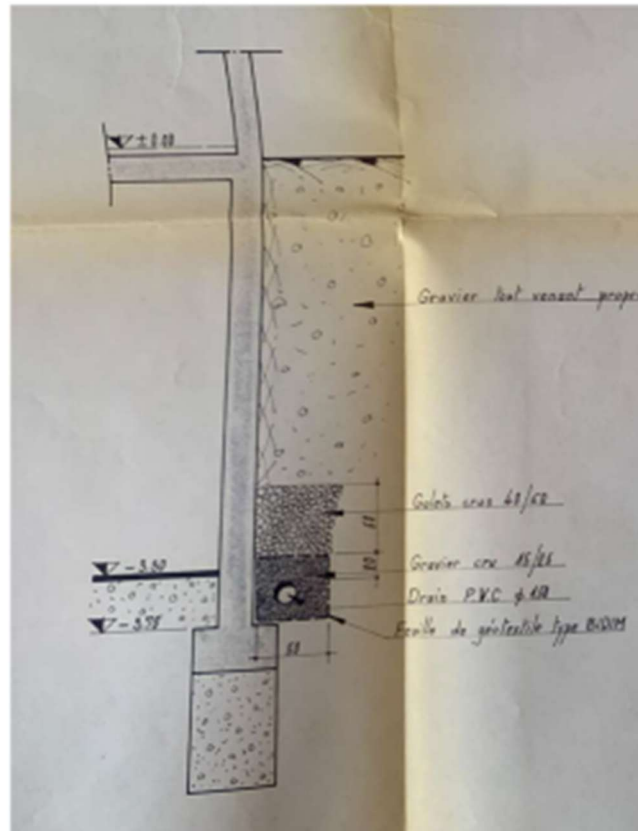
Il faut noter que des circulations d'eau au sein de la formation [2] Sable et graves sont possibles notamment lors d'épisodes pluvieux prononcés.

A ce stade, en l'absence de suivi piézométrique sur une longue période, il faut considérer que la nappe va connaître des battements pluri-métriques et sera rencontrée plus haute et plus basse durant la vie du projet, que les mesures ponctuelles effectuées dans le cadre de la présente étude.

8.4. Reconnaissance des fondations actuelles et/ou des ouvrages mitoyens

Les reconnaissances de fondations ont été réparties le long des poteaux de fondation et du voile en façade Nord, en fonction des contraintes liées aux accès et aux infrastructures existantes, aux réseaux.

Un plan des fondations au droit des poteaux nous avait été fourni ce qui permettait de vérifier la véracité du document, il est présenté ci-dessous :



NOTA :	Le niveau ±0,00 correspond au niveau NGF 165,20
Puits :	Contrainte admissible sur le sol : 8 bars
	Fond de fouilles : 160,40 ±
Semelles :	Contrainte admissible sur le sol : 5 bars
	Fond de fouilles : 161,00 ±

D'après ces informations, l'arase inférieure des semelles sous les voiles est à 161.00 NGF soit à - 0.90m/niveau de parking en sous-sol à 161.90 NGF d'après le plan topographique fourni.

La synthèse de ces reconnaissances est disponible dans le tableau ci-dessous :

Fouille	Localisation	Mode de fondation reconnu	Profondeur des Fondations /TN	Profondeur des fondations NGF	Nature du sol sous fondations
RF1	Poteau de fondation, voir PI	Soubassement : Semelle isolée béton	0.60 m	161.30	Formation [1] Sable et graves
RF2	Façade Nord, voile en extrémité, future création de la cour anglaise	Soubassement : semelle filante béton	0.59 m	161.31	Formation [1] Sable et graves

L'arase inférieure des fondations du voile enterré a été rencontrée à une cote supérieure à celle annoncée sur les plans fournis.

Le sol de fondation est généralement à dominante sableuse avec graves.

Le projet étant en niveau de sous-sol, la profondeur de mise hors-gel est sans objet.

9. SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE DE NIVEAU AVANT-PROJET

A ce stade des études de niveau avant-projet (G2AVP), nous retenons le modèle géotechnique suivant pour le site étudié :

Cryo-microscope et local CTA :

	Epaisseur moyenne	Poids volumique humide	Cohésion effective	Angle de frottement effectif	Résistance dynamique de pointe	Pression limite nette	Module pressiométrique	Coef rhéologique
Formation	(m)	γ_h (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	qd (MPa)	Pl* (MPa)	Em (MPa)	α
[2] Sable et graves	>9.10	20	0	35	10 à 30	3.5	50	0.33

En l'absence d'essais en laboratoire spécifiques à ce stade, les paramètres de cisaillement C et ϕ ont été estimés à partir de notre expérience et des résultats des investigations physiques et mécaniques disponibles. Ils devront être confirmés ou modifiés aux stades ultérieurs du projet (phases Projet puis Exécution).

En ce qui concerne la nappe et les circulations d'eaux, on retiendra les principaux points suivants :

- Aucune venue d'eau repérée lors de nos sondages en date 08/04/2025 ; 24/04/2025 et 07/05/2025 ;
- Fluctuations saisonnières non connues.

En l'absence d'un suivi piézométrique à moyen/long terme et d'une étude hydrogéologique, il n'est pas possible de déterminer les niveaux caractéristiques de la nappe sur le secteur étudié.

Avec l'accord de l'entreprise BOUYGUES CONSTRUCTION SUD EST et ANTEA, nous présentons ci-dessous les niveaux caractéristiques de la nappe phréatique au droit du projet de rénovation du Crous Debourg situé à environ 50m au Nord du site étudié.

L'écoulement des eaux étant dans le sens Nord-Sud, les niveaux devraient être plus bas que ceux présentés.

Niveaux	Notations	Définitions	Niveaux d'eau (m NGF)	Amplitude / EB
Niveau caractéristique	EE/50*	Niveau de période de retour de 50 ans	161,5	+2
Niveau caractéristique	EE/10	Niveau de période de retour de 10 ans	161,0	+1,5
Niveau fréquent	EF	Niveau susceptible d'être dépassé pendant 1 % du temps de référence (TR)	159,9	+0,4
Niveau quasi-permanent	EB	Niveau susceptible d'être dépassé pendant la moitié du temps de référence (TR)	159,5	0
Niveau fréquent bas	EFb	Niveau susceptible d'être dépassé pendant 1 % du temps de référence (TR)	159,2	-0,3

Il est rappelé que ces informations sont purement informatives et n'engagent en rien le bureau d'étude ANTEA.

10. CONTEXTE SISMIQUE

Zone sismique	2	Faible
Catégorie d'importance de l'ouvrage supposée (**)	III	Ouvrages dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique
Nécessité de prise en compte des préconisations parasismiques	OUI	
Classe de sols (*)	B	Dépôts raides de sable, de graviers ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.
Nécessité de prise en compte du risque de liquéfaction	OUI Compte-tenu de la nature (graveleuse) des sols et de l'absence de circulations d'eaux à faible et moyenne profondeur, ce risque peut être considéré comme négligeable.	
Magnitude	Sans objet	

(*) A ce stade du projet, nous ne connaissons pas les caractéristiques des sols sur 30 m de profondeur. Il est donc proposé une classification provisoire des sols, par extrapolation des sondages peu profonds disponibles et de notre connaissance du secteur ; elle devra être confirmée au stade ultérieur du projet (étude de projet G2PRO puis exécution G3), à l'appui par exemple :

- de sondages profonds,
- et/ou d'une prospection géophysique permettant de déterminer les vitesses Vs (MASW, etc...).

(**) cette hypothèse de catégorie formulée par CONFLUENCE devra être confirmée par le Maître d'Ouvrage, et pourra engendrer une modification du présent rapport.

Les tableaux suivants présentent les paramètres obtenus :

classe de sol	B	classe de sol	B
zone sismique	2	zone sismique	2
classe de bâtiment	III	classe de soutènement	III
coefficient topo	1	facteur r	2
		coefficient topo	1
agr	0,7	agr	0,7
γ_I	1,2	γ_I	1,2
ag	0,84	ag	0,84
α	0,086	α	0,086
S	1,350	S	1,350
kh	0,058	kh	0,058
kv	0,029	kv	0,029

11. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE DU PROJET (Z.I.G)

Pour ce projet, et sur la base des informations actuellement en notre possession, on peut identifier les ouvrages ou aménagements suivants situés dans sa Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G) :

- Le parking actuel en sous-terrain ;
- Bâtiment ENS au niveau RDC.

La conception géotechnique du projet prend en compte ces aménagements au stade de cette phase avant-projet.

Au stade ultérieur du projet et notamment en fonction de l'évolution de ses caractéristiques (implantation sur la parcelle, importance des sous-sols, terrassements, gestion des eaux et drainage, etc...), la Z.I.G. devra être actualisée et la conception géotechnique du projet devra être adaptée en conséquence.

12. ADAPTATION GENERALE DU PROJET AU SITE – CONTRAINTES

D'après le contexte du site, les résultats des sondages réalisés, et les caractéristiques connues du projet, les contraintes du site sont les suivantes :

- La configuration du projet en niveau de sous-sol ;
- La présence de mitoyens ;
- La présence de potentiels vestiges, repérés sur RF1 (ancien dallage ?).

Pour les nouvelles fondations qui seront nécessaires, elles pourront être de type superficiel avec un ancrage dans la formation [2] Sable et graves.

Le niveau bas pourra être réalisé en dallage sur terre-plein.

13. INSERTION DU PROJET SUR LE TERRAIN, CALAGE GENERAL DE LA PLATE-FORME, TERRASSEMENTS GENERAUX

13.1. Conception générale

Compte-tenu de l'insertion du projet sur le terrain actuel et de son calage altimétrique, nous faisons les observations suivantes :

	Locaux Cryo-microscope, locaux CTA et cour anglaise
Nature de la plateforme	[1] Sable et graves
Classe de plateforme attendue	PST1-AR1
Critère de réception essais à la plaque	EV2 > 20 MPa
Couche de forme sous bâtiment	Matériau CdF : D2/D3 Epaisseur : 0.30 m
Réutilisation matériaux	OUI Cf § 13.2.1.
Reconditionnement du fond de forme	Cf. ci-après

A l'issue des séries d'essais à la plaque, si la portance des sols supports s'avérait mauvaise ($EV2 \leq 20$ MPa), il serait alors nécessaire de prévoir un reconditionnement du fond de forme (aération, compactage), et au besoin leur cloutage (incorporation de graves blocailleuses type 100-300 mm, par compactage jusqu'au refus), ou des purges (blocs, zones décomprimées, zones humides, etc...).

L'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la Réalisation des remblais et des couches de formes.

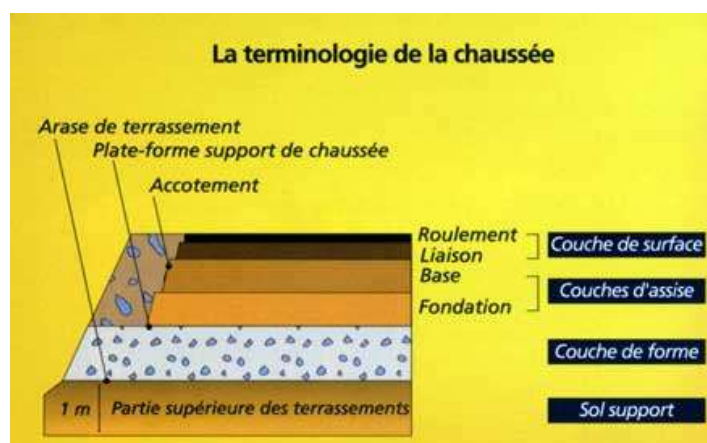
Les moyens de compactage et les épaisseurs de couche unitaire devront être adaptés à la granulométrie et à l'état hydrique des matériaux et aux conditions météorologiques.

Le diamètre des plus gros éléments ne devra pas être supérieur au 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée.

On prévoira une planche d'essai au démarrage des travaux pour évaluer précisément les modalités de compactage.

On veillera à fermer les plates-formes en cas de prévision météorologique défavorable.

Nous rappelons ci-dessous les terminologies usuelles :



13.2. Réalisation des terrassements (création de la cour anglaise)

13.2.1. Terrassements généraux en déblais

Les terrassements concerneront des formations meubles.

Les déblais des formations meubles pourront être réalisés avec les moyens d'extractions courants, mais pourront nécessiter des engins de forte puissance.

Des moyens d'extraction de type BRH pourront être envisagés pour les vestiges repérés sur site lors de nos sondages.

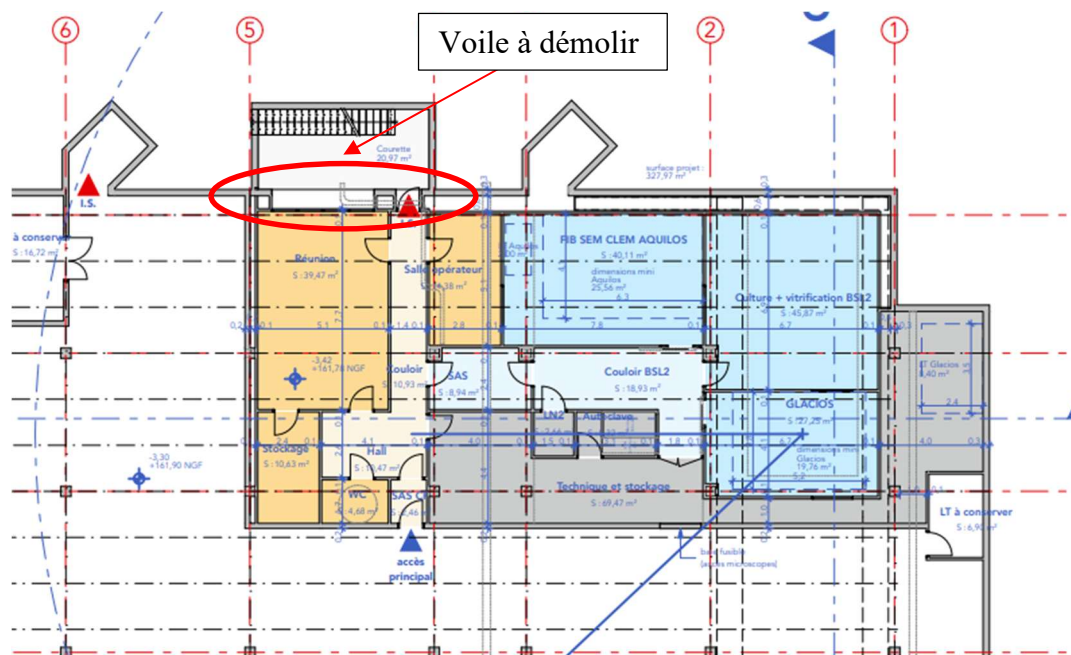
On devra tout d'abord procéder au décapage des terres végétales et à la purge de toutes les souches d'arbres ; des purges locales complémentaires seront engagées pour supprimer l'intégralité des remblais, d'éventuelles poches de matériaux meubles à caractères humides ou décomprimés par les terrassements et tous les vestiges d'anciens aménagements. Puis on effectuera un recompactage soigné du fond de forme.

Les possibilités de réemploi des déblais en remblais dépendent de leur nature et seront fonction de leur état hydrique au moment des travaux ; à ce stade, les orientations générales suivantes sont à envisager :

- [TV] : réemploi en revégétalisation.
- [R] Remblai hétérogène parfois sablo-limoneux parfois argileux à graves : réemploi en simple remodelage en zone paysagère, pas de constitution de remblais ou couches de forme ; hauteurs et pentes limitées.
- [1] Sables argileux brun : réemploi envisageable en remblai courant, sous voirie et dallages, sous réserve d'un état hydrique satisfaisant au moment des travaux, et selon les conditions météorologiques.
- [2] Sables jaunes, présence de graves et blocs : réemploi envisageable en couche de forme sous voirie et dallages, sous réserve de vérifier leur insensibilité à l'eau par des essais en laboratoire.

Les talus de grande hauteur et les formations sensibles au ravinement devront être protégés en phase travaux par des polyanes ou équivalent. On proscrira toute surcharge en tête de ces talus.

D'après les informations du projet, la création de la cour anglaise nécessitera la suppression d'une partie du voile enterré comme présenté ci-dessous :



Il sera attaché une attention toute particulière à :

- purger intégralement les anciennes infrastructures ainsi que les remblais et sols remaniés,
- tout en limitant au maximum le remaniement des sols naturels situés sous les anciens aménagements, et qui seront mobilisés sous les futures fondations des bâtiments projetés ; des opérations de reconditionnement (compactage) sont à prévoir, avec apport de matériaux si nécessaire pour combler les purges.

Compte tenu de l'historique du site, on devra prendre en compte ces informations dans le cadre de la conception du projet, avec notamment la possibilité de rencontrer des zones remaniées et décomprimées, des vestiges d'infrastructures et superstructures, des vestiges de fondation, etc...

13.2.2. Terrassements généraux en remblais

Les remblais concernent la cour anglaise après réalisation des voiles enterrés.

Pour le remblaiement autour du niveau du sous-sol, nous recommandons que les remblais soient réalisés avec des matériaux d'apport de bonne qualité drainante (type D3 au sens du GTR, granulométrie 40/80 mm), mis en œuvre et soigneusement compactés conformément aux recommandations du GTR et en prenant des précautions supplémentaires le long des pignons (attente d'un délai de séchage suffisant, limitation des énergies de compactage le long des murs, etc...).

Lors du déblaiement pour la création de la cour anglaise, d'après les plans des voiles armés fournis, une couche de gravier tout venant devrait normalement être repérée lors de la fouille. Il est alors possible, si le matériau est en bon état et non pollué (présence de beaucoup de fines...), de le réutiliser pour le remblaiement contre les futurs voiles enterrés de la cour anglaise.

En cas de conditions météorologiques défavorables (pluie), la mise en œuvre des remblais devra être interrompue, et des dispositions particulières devront être prises pour protéger les zones de terrassement : fermeture des stocks et lissage, aménagement de pentes permettant l'écoulement superficiel des eaux de pluie, etc...

13.2.3. Pentes des talus en déblais et remblais

Pour des hauteurs inférieures à 3.30 mètres et hors surcharges en tête (stock de déblais, surcharges de chantier, ouvrages mitoyens, etc...), les pentes qui pourront être retenues pour les terrassements hors circulations d'eau seront les suivantes :

- en déblai :
 - o 3H/2V en provisoire (3 horizontal / 2 vertical),
 - o 2H/1V en définitif (2 horizontal / 1 vertical) ;
- en remblai :
 - o 3H/2V en définitif (3 horizontal / 2 vertical).

En fonction des conditions météorologiques au moment des travaux, et de l'importance des éventuelles circulations d'eaux, il pourra éventuellement être nécessaire d'adoucir ces pentes de talus.

Si la topographie du site ou les emprises disponibles ne permettent pas de respecter ces pentes, alors des ouvrages de soutènements provisoires devront être mis en œuvre.

Le principe de réalisation de la cour anglaise serait le suivant :

- Déblaiement à l'arrière du mur côté cour en respectant les conditions citées ci-dessus ;
- Réalisation des fondations identiques à celles relevées sur les voiles du sous-sol (voir RF2) ;
- Réalisation des voiles béton armés (dimensionnés en amont par un bureau d'étude structure comme un soutènement) sur ces fondations ;
- Remblaiement à l'arrière du mur avec des matériaux similaires au principe évoqué dans le plan de fondation fourni pour assurer le drainage au droit de la partie enterrée.

Pour des hauteurs de terrassement supérieures à 3.30 m, des études complémentaires de stabilité seront nécessaires.

14. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS SUPERFICIELLES

14.1. Fondations superficielles de types semelles ponctuelles ou filantes

14.1.1. Conception

Les semelles seront ancrées de 0.30 m minimum dans la formation [2] Sable et graves.

Pour des raisons de stabilité, la largeur de ces semelles ne pourra être inférieure à 0,4 m pour des semelles filantes et 0,6 m pour des semelles ponctuelles ; elle devra en outre être suffisante pour limiter les contraintes sous celles-ci.

14.1.2. Pré-dimensionnement

Pour des fondations superficielles ancrées dans la formation [2] Sable et graves et soumises à des charges verticales et centrées, il est retenu la valeur de calcul de la contrainte nette suivante à l'ELU et à l'ELS :

$$\sigma_{v,dELU} = 0.82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{v,dELS} = 0.50 \text{ MPa}$$

On peut, à ce stade, avec les descentes de charge fournies, estimer que les tassements absolus seront de l'ordre du demi-centimètre pour des charges limitées à 10 kN/ml en linéaire pour toutes les nouvelles cloisons projetées, sous réserve d'un non remaniement des fonds de fouille.

Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, le tassement de celui-ci viendra s'ajouter aux tassements propres des fondations (cf paragraphe « dallages »). De la même façon, le tassement lié aux éventuels remblais d'aménagement périphériques viendra s'ajouter aux tassements propres des fondations.

14.2. Recommandations générales

Les éléments de bâtis présentant des caractéristiques différentes (géométrie, descentes de charges, horizon de fondation, etc...) devront être désolidarisés par un joint de dilatation compte tenu des risques de tassements différentiels.

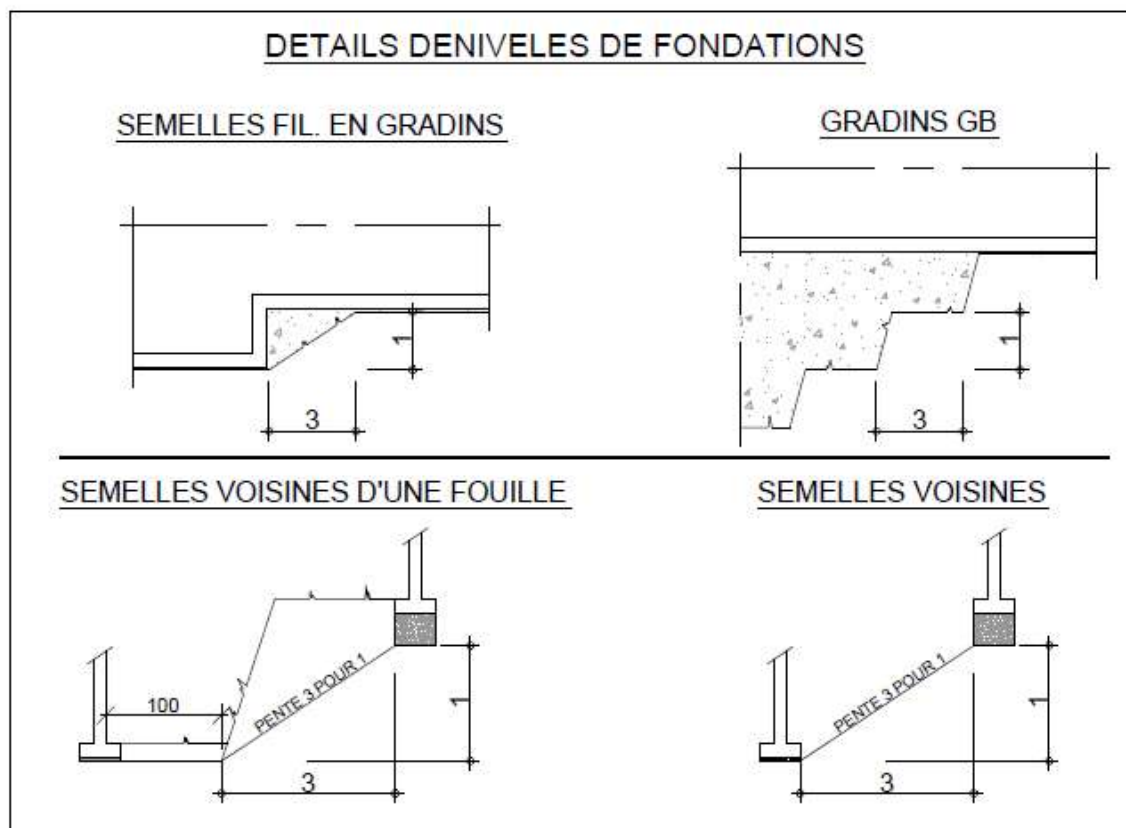
A l'ouverture des fouilles, il sera nécessaire de procéder à un examen détaillé et d'engager si nécessaire les purges des éventuelles zones de compacité insuffisantes, telles que : lentilles limoneuses ou argileuses, poches médiocres, sols décomprimés, remaniés ou détériorés par les engins de terrassement, sols dans un état hydrique trop humide, et tous les éventuels remblais résiduels. Pour éviter les points durs au niveau de l'assise des fondations, les blocs ou galets de gros diamètres seront déroctés.

Les contrôles suivants devront être mis en place à la réalisation des fondations :

- Contrôle visuel des fonds de fouille ;
- Validation de la bonne qualité des matériaux constituant le remblai courant ;
- Validation du bon compactage des matériaux constituant le remblai courant ;
- Confirmation de l'absence d'eau en fond de fouille.

Un béton de propreté sera mis en œuvre immédiatement après l'ouverture des fouilles.

En zone concernée par la réglementation parasismique, entre deux niveaux de fondations pour un même bâtiment ou entre les appuis les plus proches des bâtiments mitoyens, la règle des 3H/1V devra être respectée (3 horizontal / 1 vertical) ; cette recommandation s'applique aux phases provisoires de construction comme à la phase définitive. Le schéma explicatif est fourni ci-dessous :



Dans les zones soumises à une réglementation vis-à-vis du séisme, on devra aussi respecter les recommandations suivantes :

- système de fondation homogène par corps de bâtiment, sauf mise en place de joints parasismiques,
- éviter ou limiter les fondations isolées, avec dans ce cas des longrines parasismiques ;
- garantir un sol de fondation homogène pour l'ensemble des appuis ;
- séparer les parties avec sous-sol des parties en RdC, par un joint parasismique.

Il faut également prendre en compte la nécessité de devoir mettre hors d'eau ces fouilles, qui pourraient être concernées par des circulations d'eaux de faible ou moyenne importance, en fonction de la date de réalisation des travaux.

Les fouilles devront impérativement être réalisées en période sèche et assainie. Toute venue d'eau dans les fouilles et en fond d'excavation sera éliminée avant le coulage des fondations :

- par pompage dans le cas des sols qui ne sont pas sensibles à l'eau ;
- par bétonnage au tube plongeur dans le cas des sols sableux ou qui sont sensibles à l'eau.

En phase Projet puis Exécution, il sera nécessaire de vérifier l'ensemble des Etats Limites susceptibles d'affecter les fondations de l'ouvrage : instabilité d'ensemble, défaut de capacité portante-rupture par poinçonnement, rupture par glissement, rupture combinée dans le terrain et la fondation, rupture de la

structure du fait des mouvements de la fondation, rotation-tassements ou déplacements excessifs, soulèvements excessifs sous l'effet du gonflement du sol-du gel ou d'autres causes, vibrations inadmissibles.

14.3. Recommandations spécifiques pour les fondations le long d'ouvrages existants

Des dispositions constructives spécifiques devront être adoptées pour la réalisation des fondations qui seront le long des voiles et poteaux existants du niveau de sous-sol de manière que le projet n'engendre pas d'efforts parasites.

Le niveau de fondation devra être calé sur le niveau de fondation de l'existant (- 0.60 mètres environ, par rapport au niveau du sous-sol, d'après les constatations faites sur le site, à valider ou adapter par des sondages complémentaires au démarrage des travaux).

La géométrie des fondations reconnues ainsi que les caractéristiques des terrains sondés permettent un avis favorable à la réutilisation en état des fondations. On rappelle que ces fondations sont ancrées dans la couche [2] Sable et graves d'après nos sondages. On devra s'assurer que les nouvelles descentes de charge appliquées sur ces fondations existantes permettent de vérifier la capacité portante en fonction de la géométrie de la fondation et de la contrainte admissible définie dans le sol de fondation [2]. Cette vérification est à assurer en phase G2-PRO.

Dans l'éventualité où les anciennes fondations des voiles enterrés seraient dégarnies lors de la réalisation des nouvelles fondations, une reprise en sous-œuvre sera nécessaire.

Pour des faibles hauteurs de reprises en sous-œuvre (< 1 m), une solution alternative peut éventuellement être envisagée :

- un butonnage provisoire des soubassements sera mis en place,
- afin d'éviter une décompression des sols d'assise de ces fondations, il sera indispensable d'ouvrir les fouilles des nouvelles fondations par passes limitées à 1.0 m de largeur, selon la technique dite « en touches de piano » (à raison d'1 passe ouverte toutes les 3 passes) ;
- on procédera au coulage des fondations au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles, avec attente de séchage avant l'ouverture des fouilles adjacentes ;
- les fondations feront l'objet d'un renforcement du ferrailage, en liaison avec les poussées latérales exercées par les fondations des bâtiments mitoyens.
- Si cette solution est retenue, elle devra être étudiée plus en détails et justifiée en phase projet G2PRO puis exécution G3.

En ce qui concerne les bâtiments mitoyens dont les fondations ne sont pas précisément connues (âge, qualité, sensibilité, sols de fondation...), il faut prendre en compte le fait que des légers désordres peuvent apparaître au cours des travaux (petites fissures par exemple), sous l'effet des excavations provisoires, des déformations, des efforts engendrés par les nouvelles fondations, etc....

Compte tenu des interactions avec les fondations mitoyennes, un contrôle des fonds de fouilles par un géotechnicien sera nécessaire et des adaptations seront possibles.

15. TRAITEMENT DU NIVEAU BAS

15.1. Dallages

15.1.1. Conception générale

Les dallages pourront être réalisés sur terre-plein.

Leur conception devra respecter la norme NFP 11-213-3 de mars 2005 / DTU 13.3.

A partir du fond de forme naturel ou reconditionné, permettant d'avoir dans tous les cas une PST1-AR1 et une portance minimale vérifiée par essais à la plaque avec $EV2 \geq 20$ MPa, la couche de forme support du dallage sera mise en place, avec des matériaux d'apport de classe GTR D2 ou D3 ou équivalent, qui devront être **insensibles à l'eau**.

L'obtention des portances nécessitera une épaisseur minimum de couche de forme de dallage de 0.30m (y-compris couche de réglage D2/D3).

15.1.2. Portances

Pour les dallages des différents locaux projetés ($1.2T/m^2$ à l'ELS et $1.8T/m^2$ à l'ELU pour le local le plus chargé), les critères de réception par essai à la plaque seront les suivants :

Fond de forme :	$EV2 \geq 20$ MPa
Couche de remblai intermédiaire éventuelle :	$EV2 \geq 30$ MPa et $EV2/EV1 < 2.2$.
Couche de forme :	$EV2 \geq 50$ MPa et $EV2/EV1 < 2.2$.

15.1.3. Modules Es

Pour le calcul des tassements du dallage conformément au DTU 13.3, on peut estimer les modules de sol à partir des modules pressiométriques E_m et du coefficient rhéologique des sols α par la relation suivante :

$$E_s = E_m / \alpha$$

En première approximation, les modules à retenir sont les suivants :

Formation	Epaisseur moyenne (m)	Module E_s (MPa)
Couche de forme (yc couche de réglage D2/D3)	0.3	30
[2] Sable et graves	>9.20	80

15.1.4. Tassements

On peut estimer que les tassements sous ces dallages chargés entre 10 et 20 kPa seront inférieurs au demi-centimètre.

Remarque importante : si des remblais sont mis en œuvre, les tassements engendrés par leur poids propre s'ajouteront à ceux dus à la charge d'exploitation des dallages.

Compte tenu du type de dallage projeté (dallage anti-vibration), il est conseillé de le désolidariser en tout point des fondations pour éviter les risques de tassement différentiel, même s'ils seront très faibles.

15.1.5. Recommandations générales

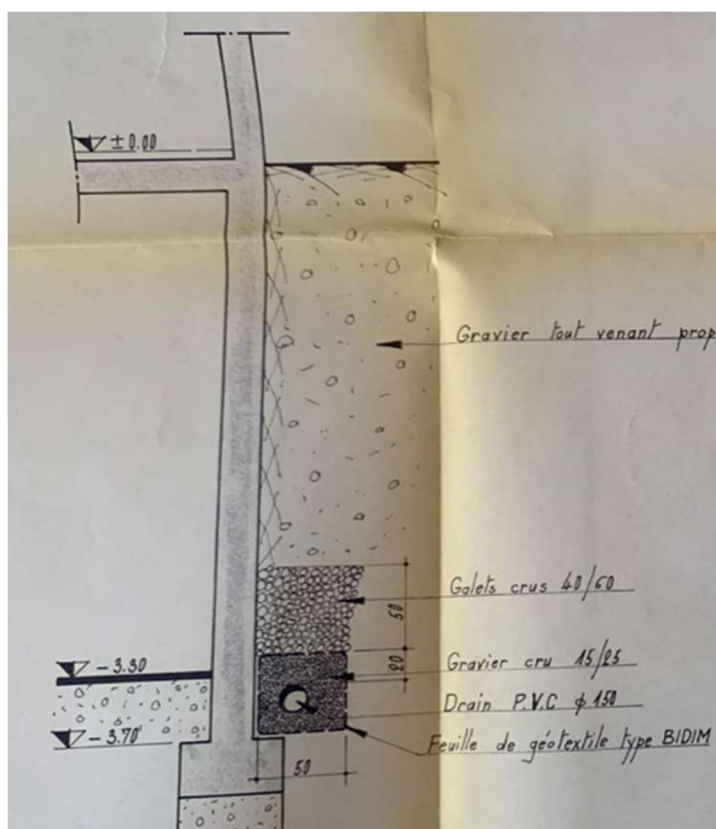
Le dallage devra être désolidarisé des fondations pour s'affranchir des risques de tassements différentiels.

Un béton de propreté devra être immédiatement coulé, ou le coulage du dallage devra être réalisé à l'avancement, afin d'éviter que le fond de forme ne se dégrade.

Les contrôles suivants devront être mis en place à la réalisation des dallages :
Contrôle de la portance du fond de forme sous dallage par essais à la plaque.

16. PROTECTION DES NIVEAUX ENTERRES

Un drainage périphérique des parties enterrées devra être mis en place, relié gravitairement à un réseau d'évacuation. Il pourra être réalisé de la même manière que celle des voiles enterrés du sous-sol actuel, dont le principe est présenté ci-dessous :



Les voiles enterrés devront être dimensionnés comme des murs de soutènement par un bureau d'étude structure.

D'après les niveaux caractéristiques repris d'un ancien rapport hydrogéologique transmis par ANTEA, à 50m au nord du site d'étude (CROUS DEBOURG), en considérant un niveau d'arase inférieur du futur dallage à 161.60 NGF (soit une épaisseur de dalle de 0.30m), il ne devrait avoir aucune interaction avec la nappe (rappel : niveau cinquantennale estimé à 161.50 NGF à 50m au Nord).

Il convient au maître d'ouvrage d'engager une étude hydrogéologique complémentaire, s'il le souhaite, au droit même du site d'étude pour s'assurer qu'aucune interaction avec un niveau de nappe sera à prendre en compte pour les dimensionnements.

17. CATEGORIE GEOTECHNIQUE DE L'OUVRAGE, ETUDES GEOTECHNIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES COMPLEMENTAIRES

On peut distinguer trois classes de conséquences de la ruine ou de l'endommagement de l'ouvrage (vis-à-vis des personnes, des ouvrages et des constructions avoisinantes et de la protection de l'environnement) :

- Les conséquences faibles (CC1), ayant des effets faibles ou négligeables sur les personnes, sur l'ouvrage à construire ou les constructions avoisinantes, en termes sociaux, économiques ou d'environnement ;
- Les conséquences moyennes (CC2), ayant des effets modérés sur les personnes, et/ou des effets importants sur l'ouvrage à construire ou les constructions avoisinantes, en termes sociaux, économiques ou d'environnement ;
- Les conséquences élevées (CC3), ayant des effets importants sur les vies humaines et/ou des conséquences très importantes sur l'ouvrage à construire ou les constructions avoisinantes, en termes sociaux, économiques ou d'environnement.

La catégorie géotechnique du projet est déterminée en fonction des classes de conséquence et des conditions de site ; le tableau ci-dessous permet de la déterminer et d'apprécier les bases de justifications à entreprendre pour chacune des catégories :

CLASSE DE CONSEQUENCE	CONDITIONS DE SITE	CATEGORIE GEOTECHNIQUE *	BASE DES JUSTIFICATIONS
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple	2	
	Complexes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
CC3	Simple ou complexes	3	

* Il n'y a pas de règles établies pour le choix de la catégorie géotechnique. En pratique toutefois, on considère qu'un ouvrage fondés sur pieux relève au moins de la catégorie 2, et on classe en catégorie géotechnique 3 les ouvrages établis dans un site instable, ou dans des conditions de risques sismiques importants, ou dans des sols évolutifs ou sensibles, les ouvrages nucléaires, de stockage GNL, etc.

Pour ce projet, et compte tenu des éléments donc nous disposons à ce jour, nous retenons :

- classe de conséquence CC3
- conditions de site : simples
- catégorie géotechnique : 3

18. RECOMMANDATIONS GENERALES

Les analyses et recommandations du présent rapport sont basées sur les résultats des sondages, dont l'emplacement est précisé sur le plan d'implantation fourni en Annexe 2. **Des variations entre ces sondages restent possibles.**

La remise de ce rapport et ses annexes correspond à l'achèvement de notre mission d'étude géotechnique de conception phase avant-projet G2AVP qui nous a été confiée.

Conformément à la nature de notre mission, notre rapport ne doit pas être utilisé pour établir une estimation du coût des ouvrages, qui entre dans le cadre d'une étude de projet de type G2PRO/ACT.

Dans le cas où le projet ferait l'objet de modifications, ou si les hypothèses utilisées dans le cadre du présent rapport étaient remises en cause par des informations collectées durant les travaux, nous devons en être informés afin de modifier les solutions énoncées dans le présent rapport.

Conformément à la norme NFP 94-500, dont nous fournissons quelques extraits en annexe 1 pour faciliter la compréhension, ce projet nécessitera de respecter l'enchaînement des missions géotechniques avec la réalisation :

- Des études de conception – Phase projet G2PRO puis G2ACT ;
- Des études et suivis d'exécution G3 ;
- De la supervision G4 des études et suivis d'exécution (G3) ;
- Des études spécifiques de diagnostic G5.

Nous sommes à la disposition des différents intervenants pour assurer une ou plusieurs de ces missions.

Notre mission ne porte pas sur l'analyse environnementale du site, ni sur les aspects pollution des sols.

Plus généralement, nous recommandons que les opérations de terrassement et de fondations fassent l'objet **d'un contrôle** par un ingénieur géotechnicien, afin de s'assurer que les dispositions constructives et les règles de l'art soient respectées.

**ANNEXE 1 : Missions géotechniques normalisées
Selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013**

(3 pages)

ANNEXE EXTRAIT DE LA NORME FRANCAISE SUR LES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94 500 de novembre 2013)

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE TYPES

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en oeuvre 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'oeuvre 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).

SCHEMAS D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'oeuvre	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)	AVP/APD	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)		A la charge de l'entreprise	A 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

**ANNEXE 2 : Plan d'implantation et résultats des sondages et essais en laboratoire
(CONFLUENCE)**

(5 pages)

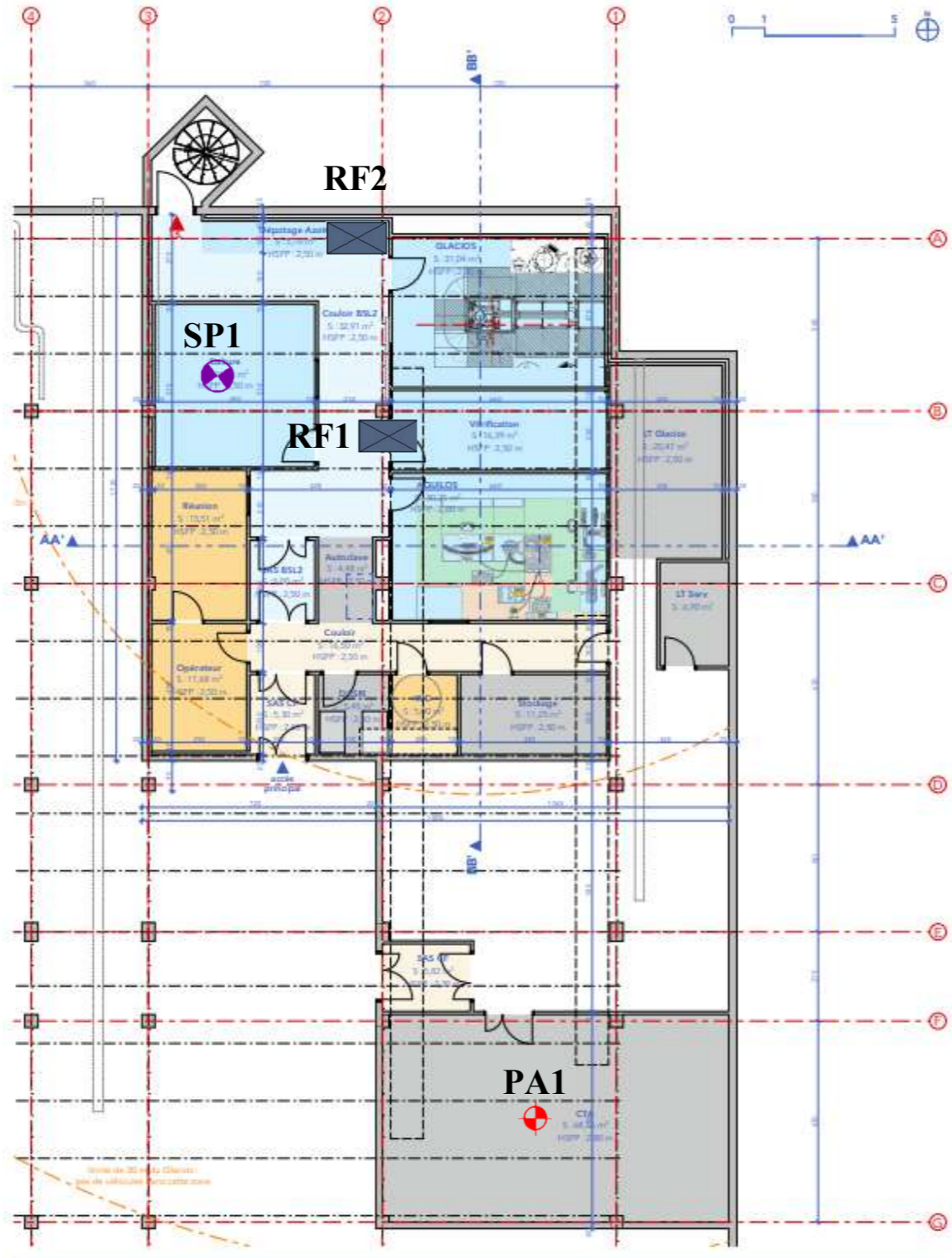
PLAN D'IMPLANTATION

PROJET
VILLE (Dpt)
N° de PROJET :

CRYOMICROSCOPE
LYON (69007)
2503140L

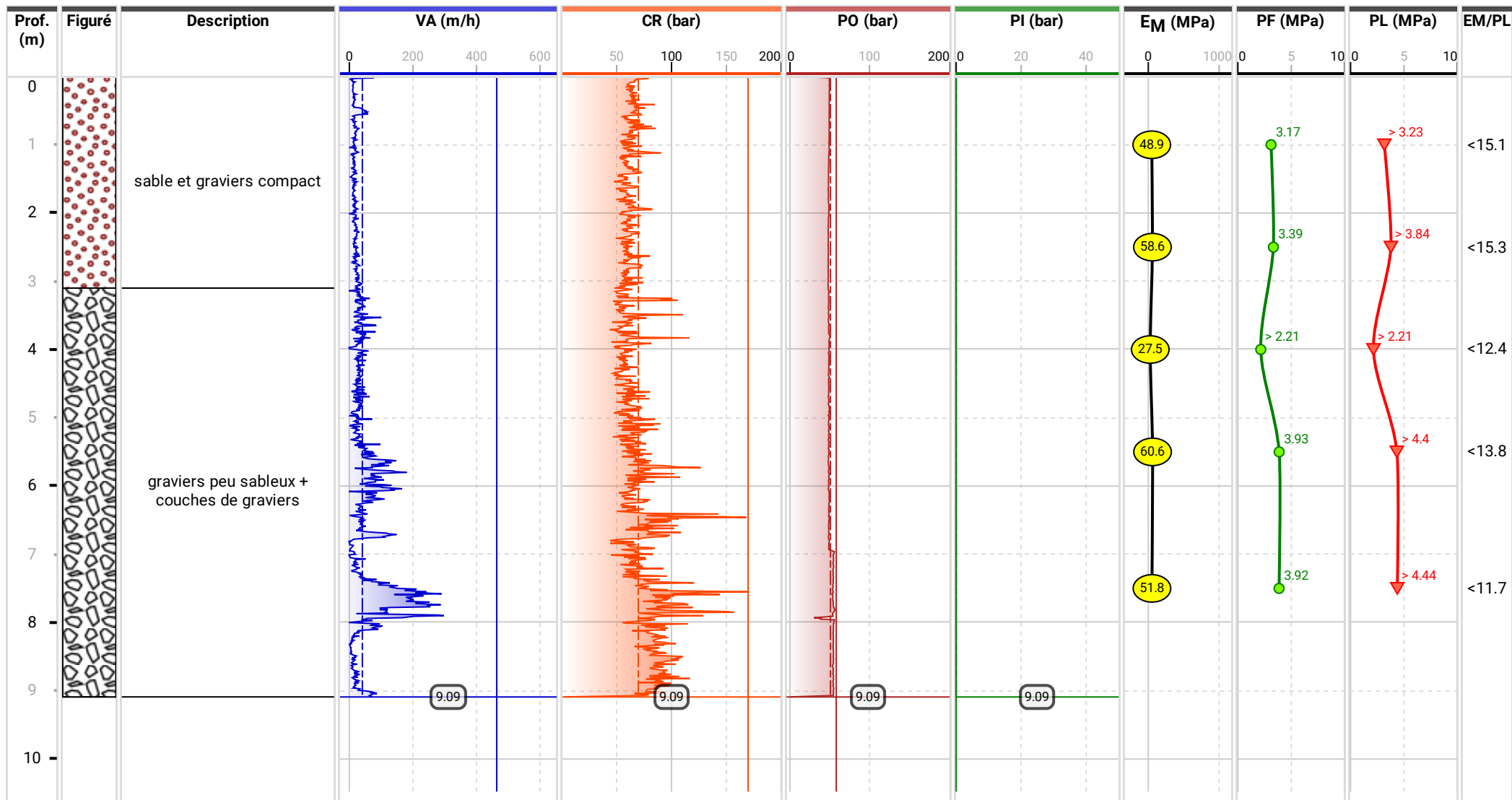


Indice	Date
0	24/04/2025



Légende :

	FPi – sondage à la pelle mécanique
	PDi – sondage au pénétromètre dynamique lourd
	PSi – sondage au pénétromètre statique
	SPi – sondage pressiométrique
	SDi – sondage destructif
	SCi – sondage carotté
	Eli – essai de perméabilité
	PDAi – sondage au pénétromètre de type PANDA
	TAi – sondage à la tarière mécanique
	TAi – sondage à la tarière manuelle
	RFi – reconnaissance de fondation
	PLi – essai de plaque
	Repère de nivellement





SONDAGE PA1

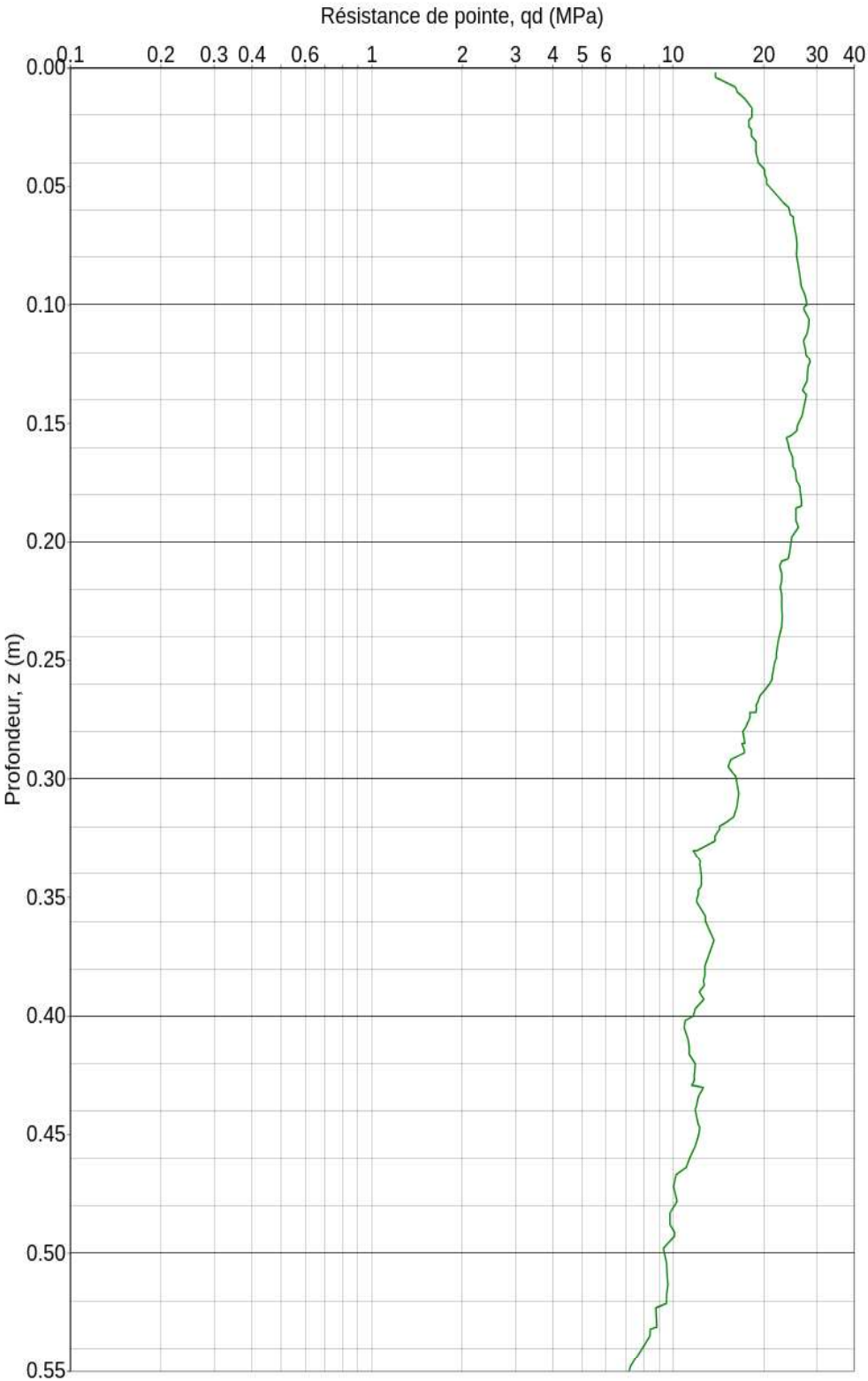
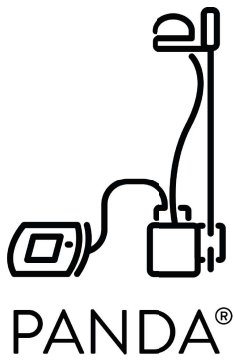
Sondage : PA1
Site : ENS
Date : 24/04/2025 12:54
Société :
Opérateur :
Responsable :
Lat. :
Long. :
Altitude :
Repérage :

Essai

Prof. visée : 4.0 m
Prof. préforage :
Cond. d'arrêt : Temporaire
Prof. atteinte : 0.55 m
Nappe :
Niv. stable :
Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda2
Mode de battage : Marteau Panda 2
Section de pointe : 4 cm²



Traitement

Écrêtage : Non
Palier de lissage : 100 mm
Régularisation : Non

Observation



Ingénierie géotechnique

RECONNAISSANCE DE FONDATION

Chantier : LYON (69007)

Client : ENS LYON

Affaire n° : 2503140L

Date : 08/04/2025

Matériel : Manuelle

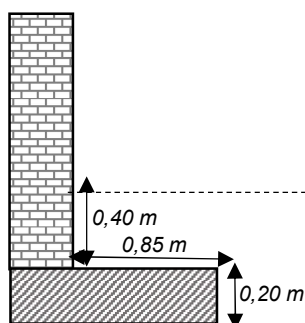
Opérateur : RA

Cote TN : 161,9 NGF

Sondage :

RF1

Schéma de fondation



Coupe Lithologique



Poteaux



Semelle isolée béton

TN

Enrobé

0,07 m

Sable et graves

0,70 m

Fondation à : 0,6 m

Arrêt à : 0,7 m

Photographies / schémas :



Observations :



Ingénierie géotechnique

RECONNAISSANCE DE FONDATION

Chantier : LYON (69007)

Client : ENS LYON

Affaire n° : 2503140L

Date : 08/04/2025

Matériel : Manuelle

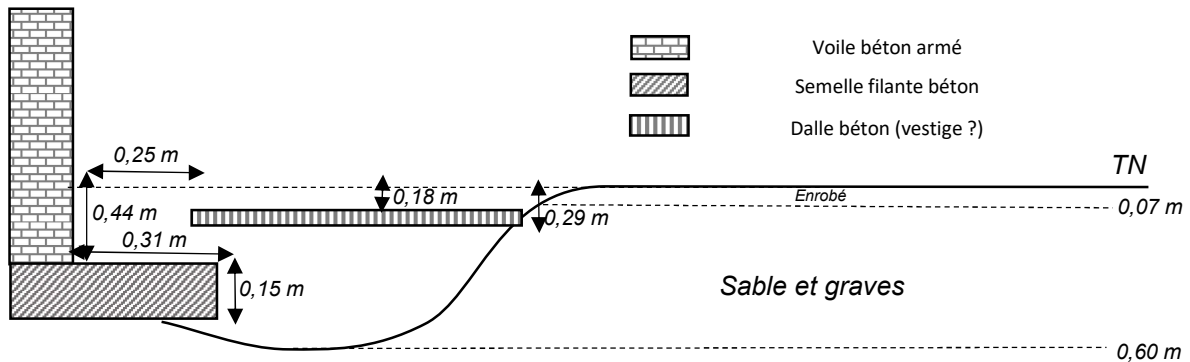
Opérateur : AP

Cote TN : 161,9 NGF

Sondage :

RF2

Schéma de fondation



Fondation à : 0,59 m

Arrêt à : 0,6 m

Photographies / schémas :



Observations :



Ingénierie géotechnique

Siege Social

Parc Industriel de la Plaine de l'Ain
150 Allée des Acacias
01150 SAINT VULBAS

☎ 04 74 46 11 00

✉ info@beconfluence.com



Nos Agences

AGENCE SUD

Lot n1
ZA Entraigues II
05200 EMBRUN

09 50 21 14 25
sud@beconfluence.com

AGENCE ALPES

1168 Route d'Aix les Bains
74540 ALBY SUR CHERAN

09 51 54 73 71
alpes@beconfluence.com

AGENCE LYON

93 Rue de la villette
69003 LYON

04 20 10 28 23
lyon@beconfluence.com

AGENCE CHAMBERY

Le Crysallis
245 Avenue René Cassin
73292 LA MOTTE SERVOLEX

09 51 54 73 71
chambery@beconfluence.com

