



ERDA
GEOTECHNIQUE

Etude
Réalisation
Diagnostic
Assistance

CROUS NORMANDIE

* * * * *

HEROUVILLE SAINT-CLAIR Création d'un Ascenseur

* * * * *

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION - MISSION G 2 PRO -

ERDA GEOTECHNIQUE	
Date : 01/03/2024	Dossier N°14-23-7645
<i>Ingénieur chargé du dossier</i>	<i>Contrôle externe</i>
Jean Luc LEFEVRE	Antoine DUBOIS

Note importante : La présente version annule et remplace toute précédente version du rapport relatif à cette étude.

ZI rue Marcel Longuet 14370 ARGENCES

Tél : 0231797633 - Fax : 0231856861 - web : www.erd-geotechnique.com - Email: contact@erd-geotechnique.com

SASU au capital de 25 000,00 € - SIRET : 49196902800019 – APE : 7112B – RCS Caen : 491969028 – N°TVA intracom : FR07491969028

SOMMAIRE

1	GENERALITES.....	4
1.1	Nature et objectifs de la mission ERDA Géotechnique	4
1.2	Bases d'études	5
1.3	Description du projet.....	6
1.4	Moyens mis en œuvre	9
2	ENQUETE PRELIMINAIRE (G1 ES)	10
2.1	Description du site.....	10
2.2	Contexte géologique.....	11
2.3	Risques naturels spécifiques du site	12
3	RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE (G1 ES)	15
3.1	Nivellement	15
3.2	Résultats des sondages et essais in situ	15
3.3	Résultats des mesures hydrogéologiques	15
4	SYNTHESE DE LA RECONNAISSANCE (G1 PGC)	16
4.1	Préambule.....	16
4.2	Synthèse géotechnique	16
4.3	Synthèse hydrogéologique	17
4.4	RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE.....	18
4.5	Reconnaissance de fondation :	20
5	CONTEXTE GEOTECHNIQUE ET PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC).....	24
5.1	Contexte géotechnique	24
6	FAISABILITE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G2 AVP)	25
6.1	Terrassements.....	25
6.2	Fondation du Projet par radier.....	26
7	FAISABILITE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G2 AVP)	27
7.1	fondations superficielles par radier général.....	27
7.2	Tenue des parois de la fouille.....	31
7.3	Reprise en sous oeuvre	32
8	OBSERVATIONS	33

ANNEXES

- 1. Missions géotechniques normalisées**
- 2. Conditions générales des missions géotechniques**
- 3. Plan de situation**
- 4. Essais pressiométriques**
- 5. Sondages à la tarière**
- 6. Plan d'implantation des sondages**

1 GENERALITES

À la demande et pour le compte du CROUS NORMANDIE, 23 avenue de Bruxelles, 14000 Caen, la société ERDA Géotechnique a réalisé une étude géotechnique de projet sur la commune de Hérouville Saint-clair.

Notre intervention sur le site s'est déroulée en novembre 2023.

1.1 NATURE ET OBJECTIFS DE LA MISSION ERDA GEOTECHNIQUE

Dans le cadre d'une mission d'ingénierie géotechnique de type G2 Projet de la norme NF-P-94-500 de novembre 2013, les objectifs définis conformément à la demande du client et selon la proposition technique N°14-23-7645 du 09/11/2023, proposée par ERDA Géotechnique et acceptée par le CROUS NORMANDIE, sont les suivants :

La présente mission se limite aux ouvrages géotechniques suivants :

- Les fondations superficielles ou profondes de la structure des bâtiments ;
- Le plancher bas des bâtiments.

Est donc exclu l'ensemble des autres éventuels ouvrages géotechniques du projet (reprises en sous-œuvre des mitoyens, soutènements, bassins, voiries, réseaux...).



































L'objectif de la mission porte sur les points suivants :

- Déterminer les paramètres de dimensionnement des fondations ;
- Evaluer les tassements sous dallage ou radier en fonction des surcharges d'exploitation.

Un avis sur l'aléa d'effondrement de terrain vis à vis de vides souterrains de grande ampleur ne fait pas partie de cette mission.

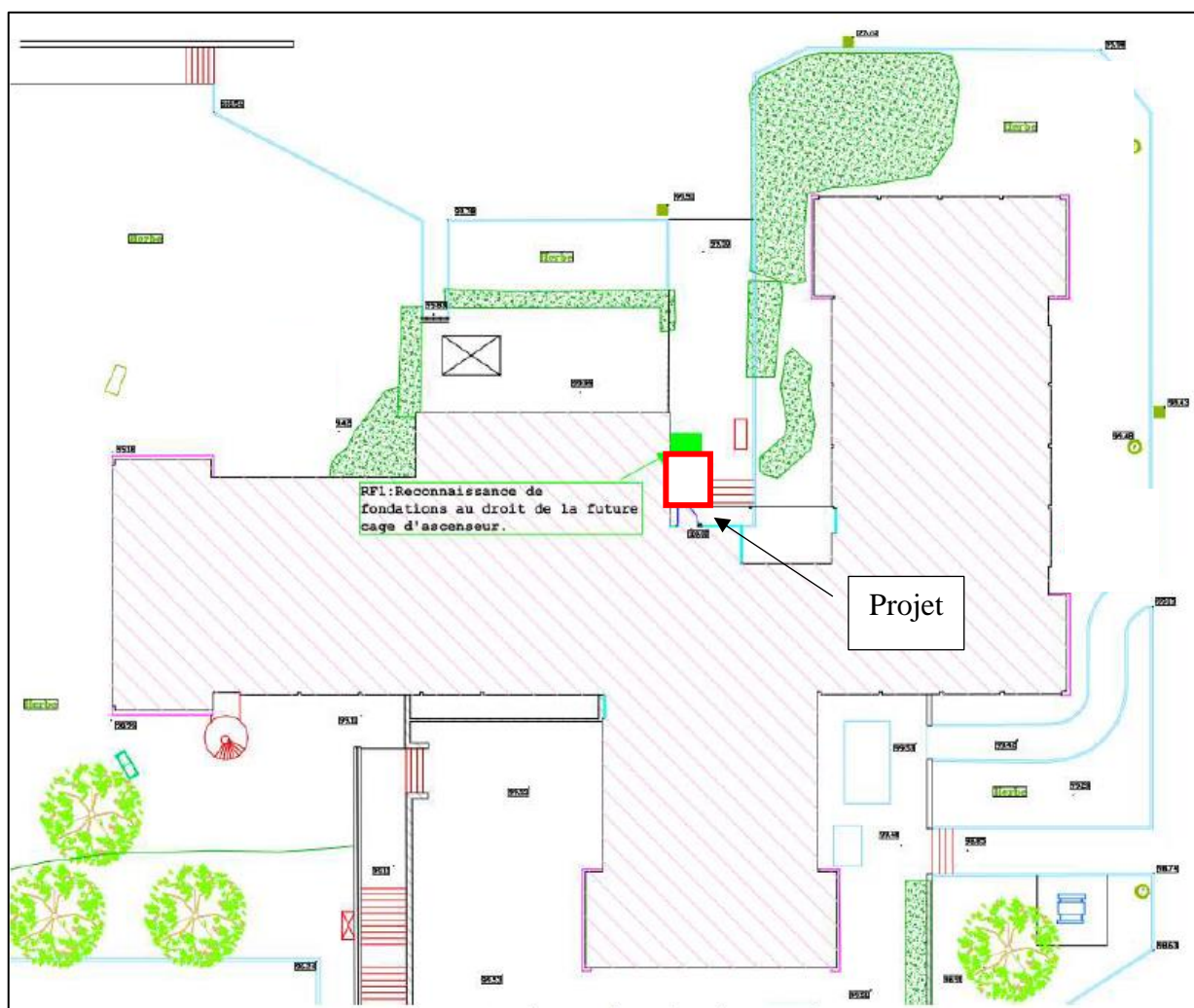
1.2 BASES D'ETUDES

Les documents suivants nous ont été communiqués et ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

 106479-HEROUILLE SAINT CLAIR-DDC-G2PRO.pdf		12/02/2024 09:46	Document Adobe ...	293 Ko
 106479-LOT02-PRO-FONDATIONS-CAGE.pdf		12/02/2024 09:46	Document Adobe ...	241 Ko
 106479-LOT02-PRO-FONDATIONS-RAMPE.pdf		12/02/2024 09:46	Document Adobe ...	496 Ko
 Coupe AA sur l'entrée.pdf		27/02/2024 16:16	Document Adobe ...	368 Ko
 coupe transversale BB.pdf		27/02/2024 16:17	Document Adobe ...	339 Ko
 coupes et elevations.pdf		27/02/2024 16:07	Document Adobe ...	551 Ko
 plan de masse etat existant.pdf		27/02/2024 16:07	Document Adobe ...	619 Ko
 plan de masse etat futur.pdf		27/02/2024 16:08	Document Adobe ...	643 Ko
 plan detail sous sol futur.pdf		27/02/2024 16:10	Document Adobe ...	646 Ko
 plan du niveau rdc etat futur.pdf		27/02/2024 16:14	Document Adobe ...	859 Ko
 plan du niveaux rdc detail futur.pdf		27/02/2024 16:14	Document Adobe ...	835 Ko
 Plan étages et terrasse.pdf		27/02/2024 16:06	Document Adobe ...	687 Ko
 plan niveau sous sol et rdc.pdf		27/02/2024 16:05	Document Adobe ...	697 Ko
 plan RDC etat existant.pdf		27/02/2024 16:12	Document Adobe ...	457 Ko
 plan sous sol existant.pdf		27/02/2024 16:08	Document Adobe ...	407 Ko
 plan sous sol futur.pdf		27/02/2024 16:09	Document Adobe ...	653 Ko
 Profil geotech 7645.pdf		29/02/2024 09:57	Document Adobe ...	846 Ko

1.3 DESCRIPTION DU PROJET

Le projet prévoit la construction d'un ascenseur attaché à un bâtiment existant :



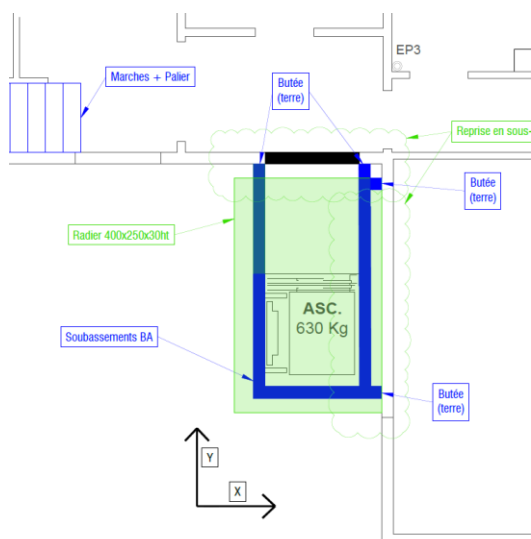
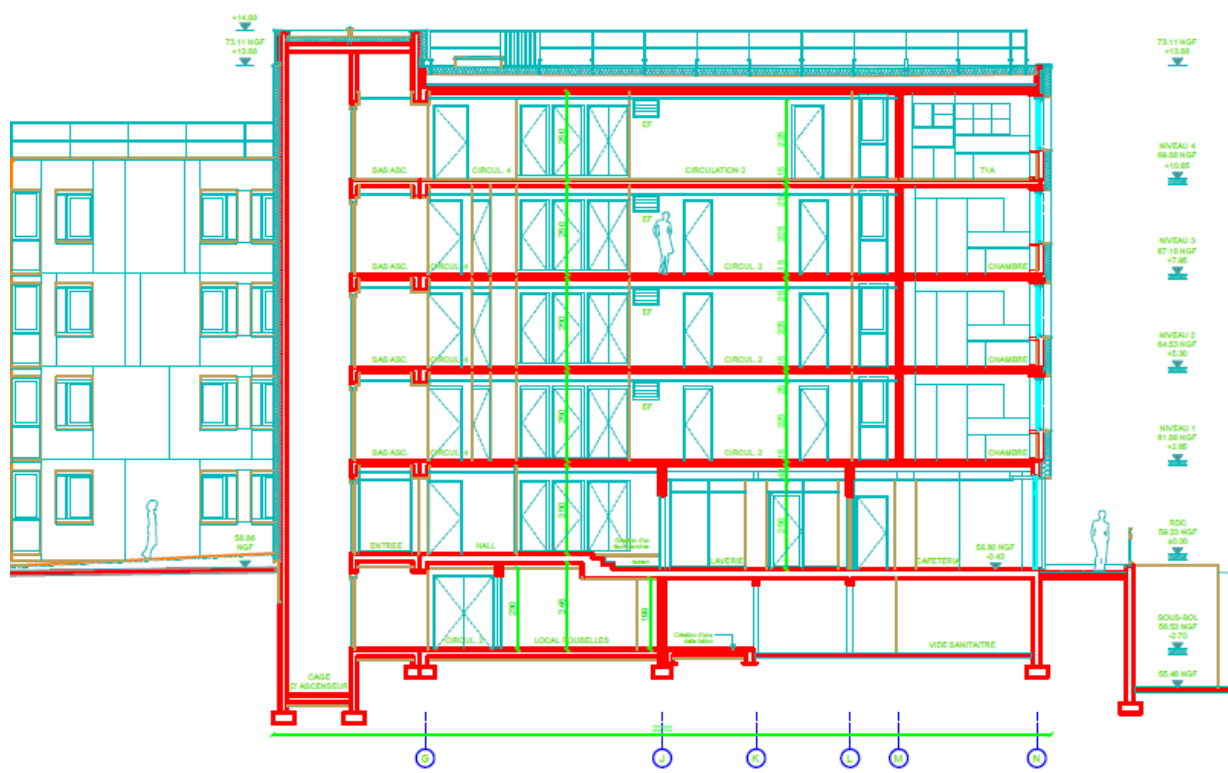
Plan de masse du projet

Le bâtiment existant est sur un niveau de sous sol partiel. L'altimétrie du bâtiment existant est la suivante :

- Le **sous sol** est situé à la cote **56,53 m NGF** ;
- Le **R.D.C.** est situé à la cote **59,23 m NGF** ;

Le terrain environnant au projet s'organise autour de **58,5 et 59,0 m NGF** au droit de nos sondages.

Le projet consiste à réaliser en extérieur contre la façade du bâtiment un ascenseur et une rampe d'accès PMR.



La description du projet est la suivante :

- Emprise du radier : **rectangle de 4,0 m X 2,5 m.**
- l'épaisseur prévue du radier est de **0,3 m.**
- La cote du niveau bas fini de l'ascenseur est situé à **54,90 m NGF** (-4,33 m du niveau 0,00).
- La cote prévue du fond de fouille après terrassement est situé vers **54,60 m NGF** soit environ **1,93 m sous le niveau du sous sol.**

Pour une meilleure compréhension de l'organisation topographique, struturelle et géotechnique du projet, il est possible de se reporter **au profil géotechnique de synthèse** joint en annexe page 53.

Les descentes de charges annoncées pour le projet sont les suivantes :

Elément	Dimensions (cm)	Réactions	G	N	TERRE	Q	VX	VY
<u>Radier épaisseur 30 cm</u>	<u>400x250x30 ht</u>	FX (T)	0,0	0,0	0,0 (Butée)	0,0	3.0	0.0
		FY (T)	0,0	0,0	0,0 (Butée)	0,0	0.0	1.6
		FZ (T)	-110.0	-0.5	0,0 (Butée)	-9.2	0.0	0,0
		MX (T.m)	19.0	0.2	0,0 (Butée)	14.0	0.0	16.0
		MY (T.m)	0,0	0,0	0,0 (Butée)	0,0	30.0	0,0
Semelle isolée	80x80x30 ht	FX (T)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		FY (T)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		FZ (T)	-4.0	-0.4	0,0	-3.2	0,0	0,0
Semelle filante	50x25 ht	FX (T/m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		FY (T/m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		FZ (T/m)	-1.5	-0.1	0,0	-0.6	0,0	0,0

Rajoutons **le poids du radier** : $4,0 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 7,2 \text{ t}$.

Tout cumulé nous obtenons sous les sollicitation aux E.L.S. : $126,9 \text{ t} / 10 \text{ m}^2 = 12,69 \text{ t/m}^2$ ($124,48 \text{ kN/m}^2$).

Nous retiendrons pour le reste de l'étude :

- **Radier de 10 m^2 (emprise $2,5 \text{ m} \times 4,0 \text{ m}$).**
- **Contrainte uniformément répartie : $124,48 \text{ kN/m}^2$.**
- **Niveau d'assise $54,6 \text{ m NGF}$ soit environ $-4,0 \text{ m}$ par rapport au niveau du terrain actuel.**

1.4 MOYENS MIS EN ŒUVRE

Pour répondre aux objectifs de la mission, ERDA Géotechnique a réalisé en Novembre 2023, la campagne d'investigation géotechnique suivante :

- **2 essais au pressiomètre nommés FP1 et FP2 descendus jusqu'à 12 m de profondeur** avec la réalisation de 8 essais par forage.
- **1 carottage nommé SC1 réalisé jusqu'à 2 m de profondeur ;**
- **1 suivie piézométrique sur 1 an est en cours (début décembre 2023 – fin décembre 2024).**
- **1 décapage de fondation nommé DF1 réalisé dans le sous-sol du bâtiment existant.**

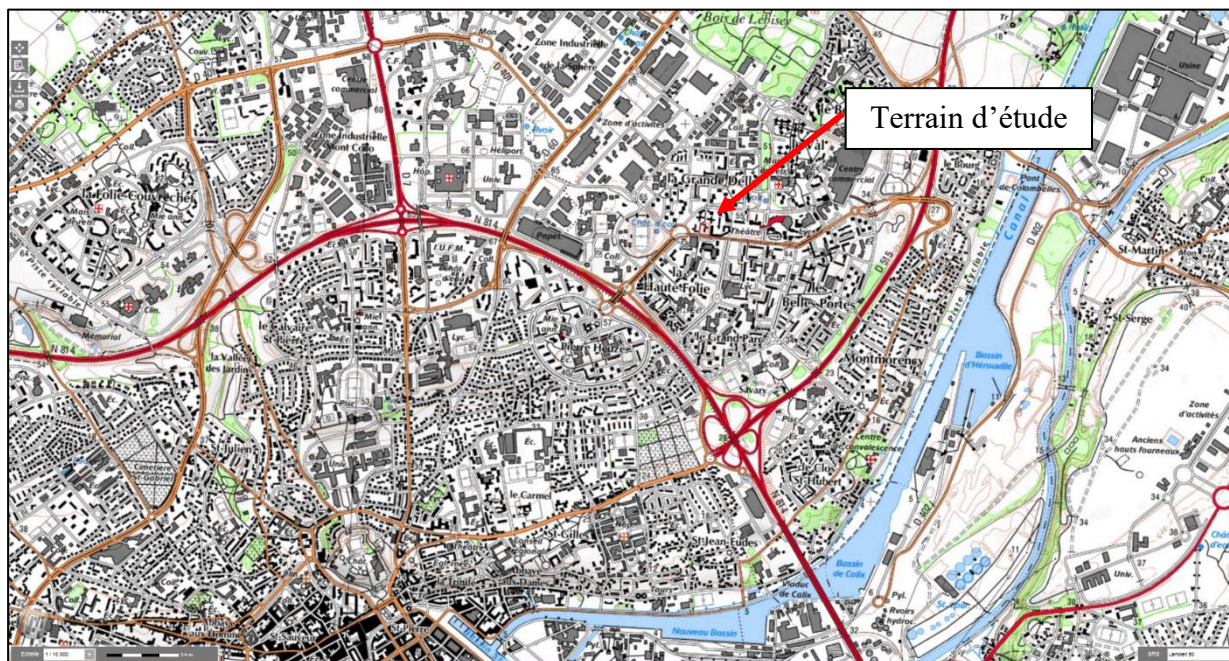
Forage	Profondeur m/ Terrain Naturel	Remarque
FP1	12,0	-
FP2	12,0	-
SC1	2,0	-

2 ENQUETE PRELIMINAIRE (G1 ES)

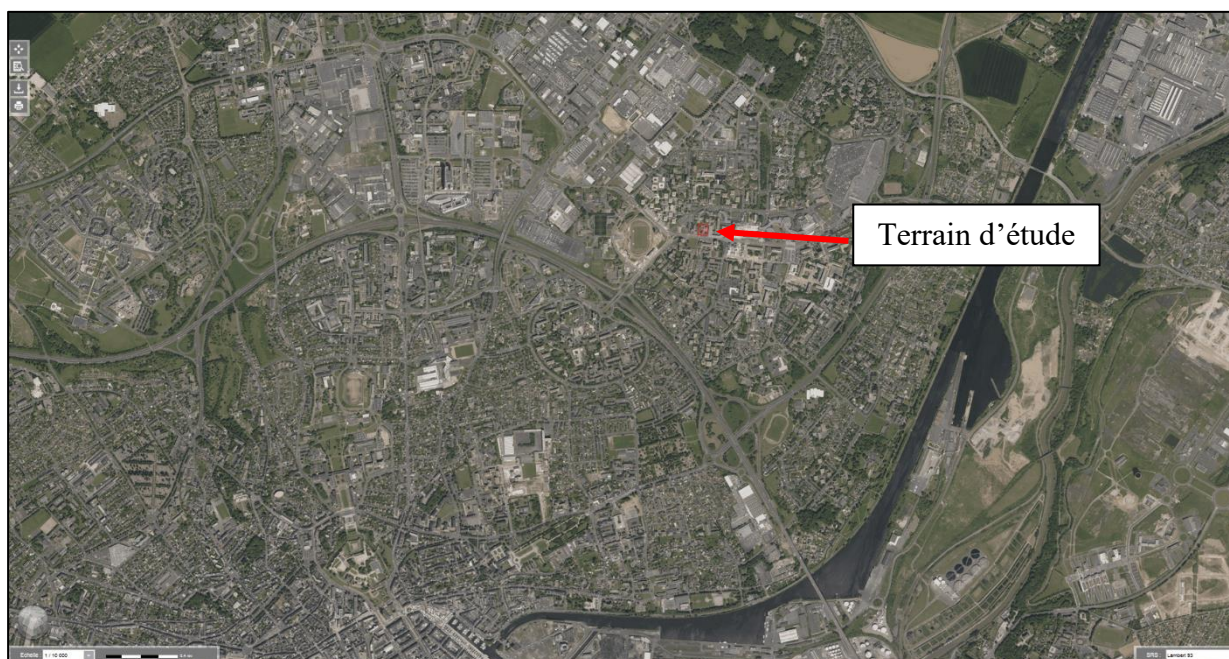
2.1 DESCRIPTION DU SITE

Le terrain concerné par cette étude, se situe à Hérouville Saint-clair, entre l'avenue de la grande cavée et la cité Jean Gremillon (cf. plan de situation en annexe), l'ascenseur sera attenant au bâtiment D .

À la même période, la surface topographique était relativement horizontale et plane. Son altimétrie se situe entre 58 et 59 m NGF d'après l'extrait de la carte IGN du secteur.



Plan IGN du terrain

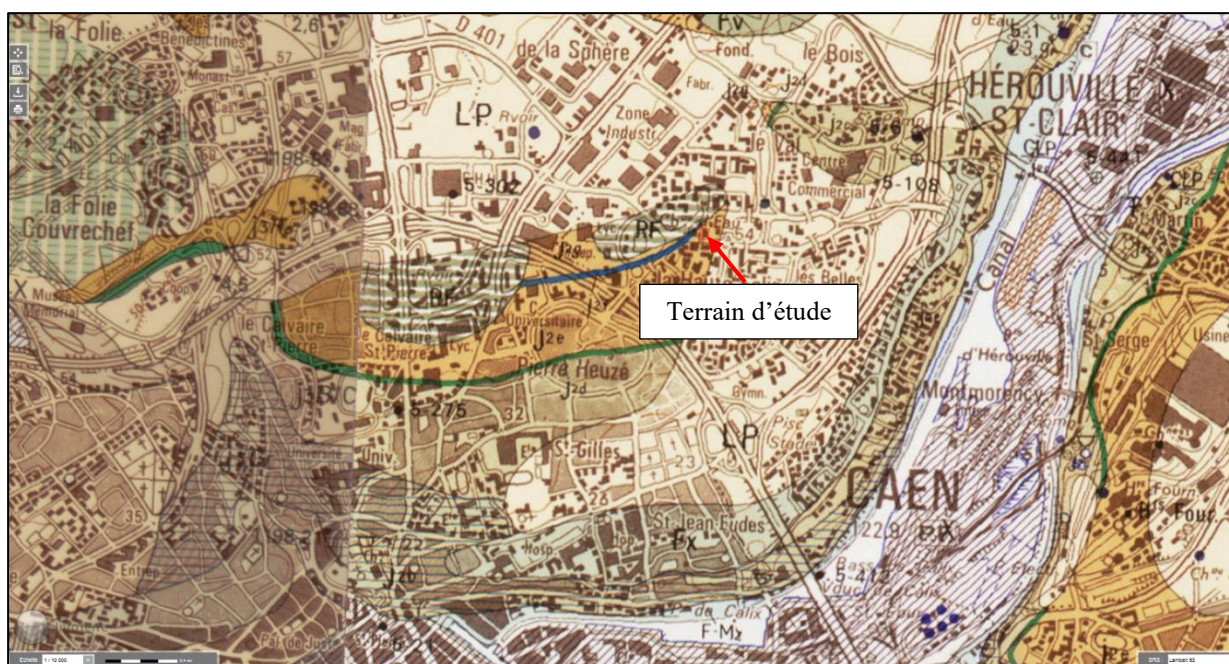


Vue satellitaire

2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après les éléments en notre possession et la carte géologique de Caen au 1/50 000, la géologie prévisionnelle correspondrait aux :

- Limons des plateaux (LP) ;
- Calcaire de Ranville (j2 Ra).

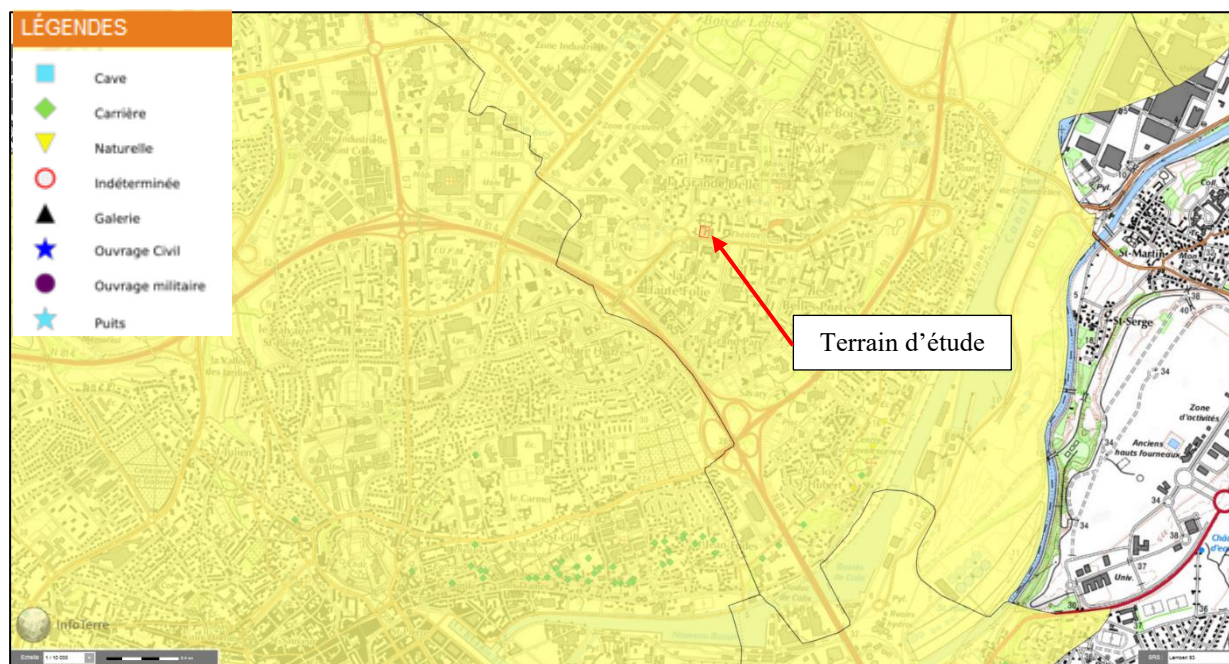


Extrait de la carte géologique du BRGM du secteur (Caen 50000eme)

2.3 RISQUES NATURELS SPECIFIQUES DU SITE

2.3.1 Risque de cavités souterraines

Selon la carte du BRGM des cavités souterraines abandonnées non minières, consultée le 01/03/2024 sur le site <http://infoterre.brgm.fr>, le terrain du projet est situé sur une commune avec des cavités non localisées et les cavités sont recensés le long des rives de l'Orne à plus



d'un km au Sud du projet.

Carte des cavités du secteur d'après le BRGM

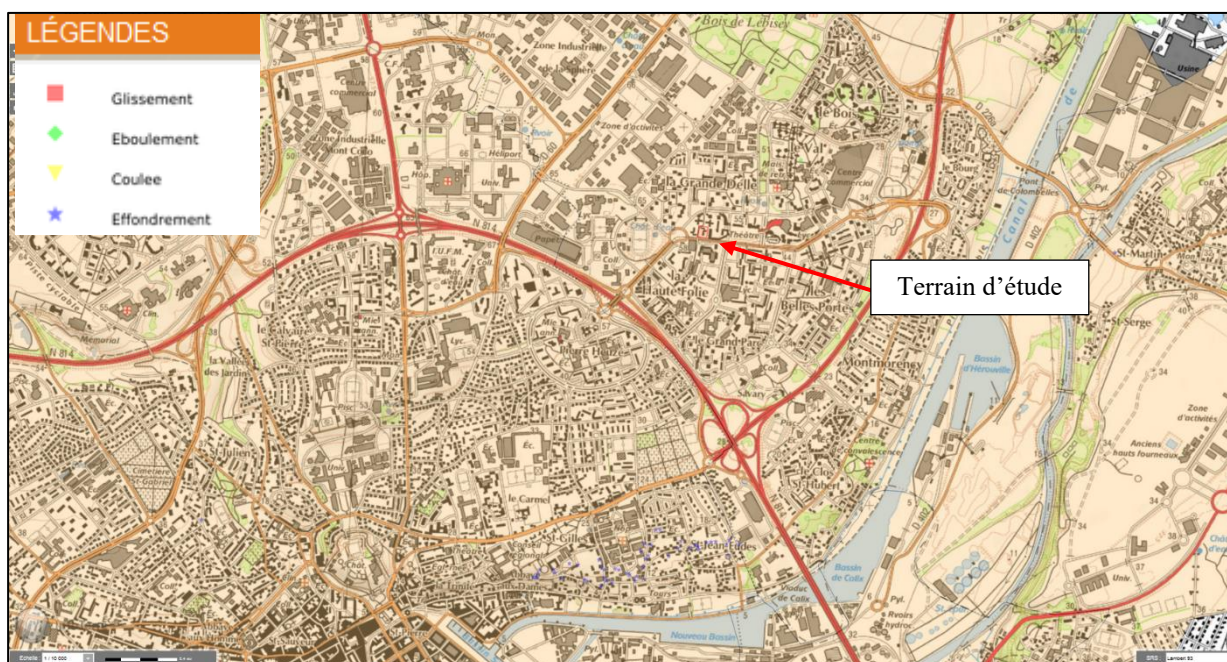
À noter que tous les indices et toutes les cavités ne sont pas répertoriés sur cette carte. Il conviendra pour plus d'information sur le risque de présence de cavités, de se rapprocher auprès des services des carrières et cavités souterraines de la ville concernée et/ou de faire une étude spécifique de recherche de cavités.

2.3.2 Risque sismique

Selon la réglementation sismique applicable depuis 1 mai 2011, le projet se trouve sur une **zone sismique 2 (faible)**.

2.3.3 Risque de mouvement de terrain

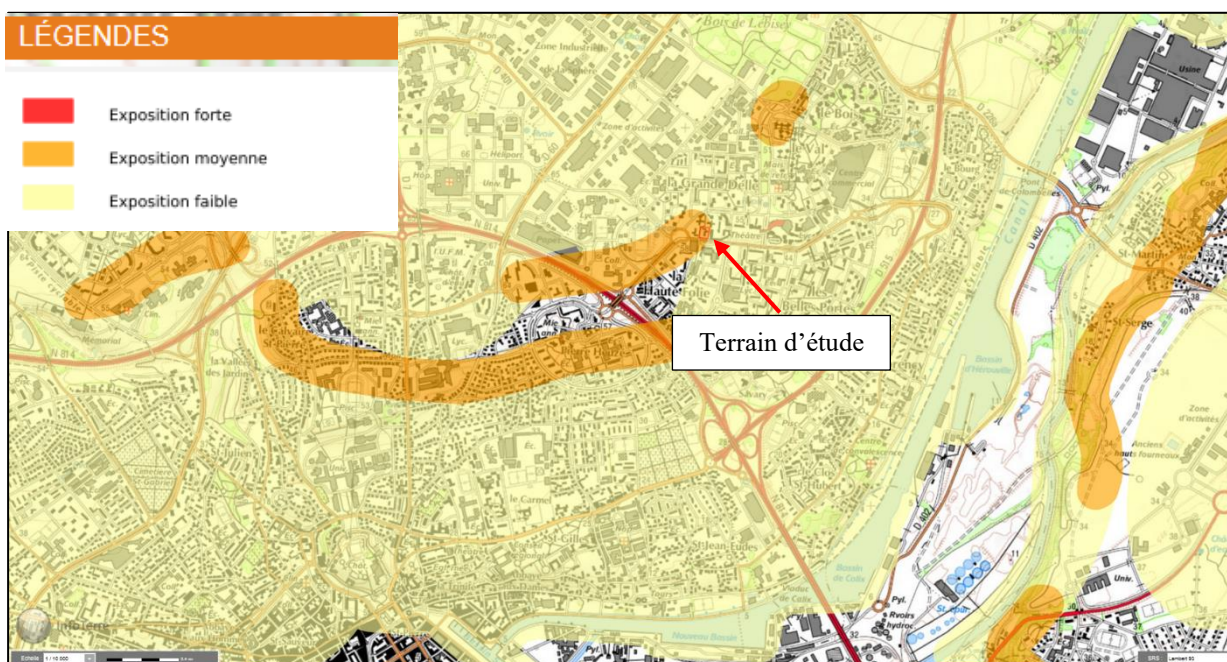
Selon la carte du BRGM des mouvements de terrain, consultée le 01/03/2024 sur le site, le terrain du projet est situé sur une commune avec des mouvements de terrain non localisées. Aucun événement n'est localisé à proximité du terrain.



Carte des mouvements de terrain du secteur d'après le BRGM

2.3.4 Aléa retrait / gonflement

Le terrain d'étude se situe sur une zone d'aléa **moyen** vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles (carte d'aléa du BRGM consultée le 01/03/2024 sur le site <http://infoterre.brgm.fr>).

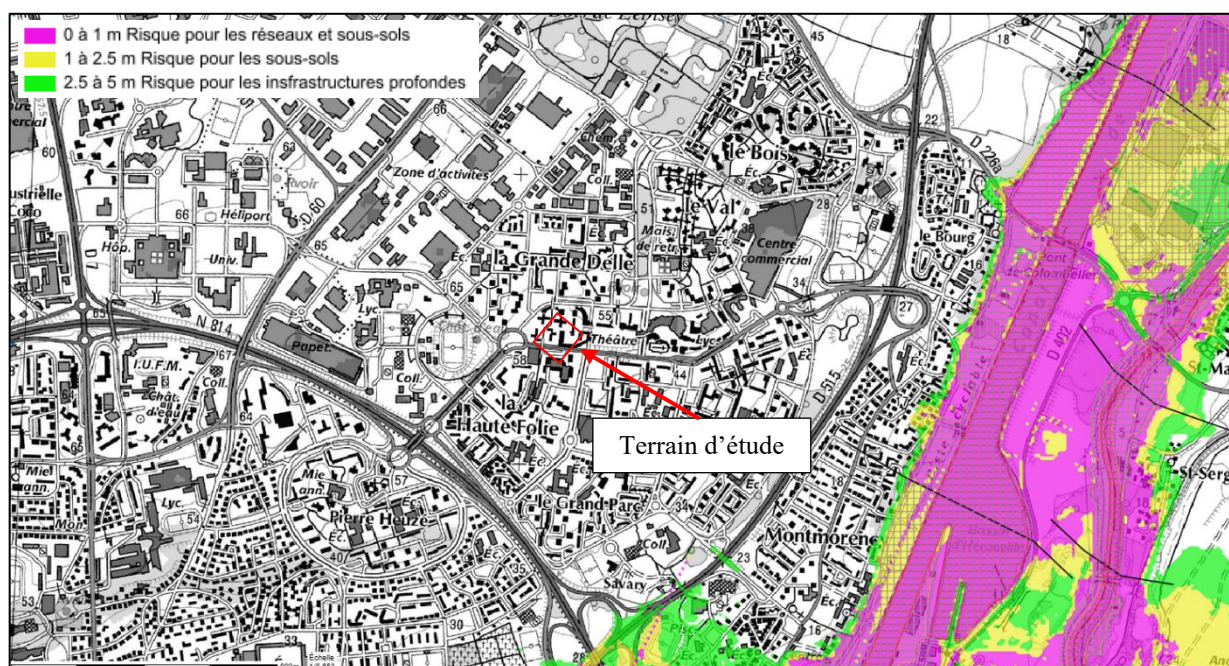


Extrait de la carte du BRGM de l'aléa de retrait gonflement des argiles

2.3.5 Risque d'inondation et fluctuation des nappes phréatiques

Selon la carte de la DREAL consultée le 01/03/2024, le secteur du projet n'est pas situé dans une zone avec risque de fluctuation des nappes phréatiques.

Selon la carte des profondeurs de nappe phréatique en période de très hautes eaux de la DREAL, le projet est dans une zone où le niveau de la nappe est à une profondeur située à plus de 5 m de profondeur. Le site est sur l'emprise d'un programme d'actions de prévention des



inondations (PAPI) et d'une stratégie locale de gestions des risques d'inondations (SLGRI).

Profondeur de la nappe phréatique en période de très hautes eaux

3 RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE (G1 ES)

3.1 NIVELLEMENT

Les profondeurs des différents ensembles lithologiques sont décrites par rapport au terrain relevé au moment de la reconnaissance (Novembre 2023).

3.2 RESULTATS DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

Les résultats sont présentés en annexe où l'on trouvera, en particulier, les renseignements décrits ci-après. Ils sont commentés au chapitre suivant.

3.2.1 Résultats des essais in situ au pressiotromètre

Les résultats sont présentés en annexe où l'on trouvera, en particulier, les renseignements décrits ci-après. Ils sont commentés au chapitre suivant.

En fonction de la profondeur, les résultats suivants sont portés sur les diagrammes annexés :

- Résistance statique sur la pointe de 50 cm² q_c (MPa) ;
- Frottement latéral sur le train de tige (manchon) f_s (kPa) ;
- Rapport de frottement R_f (%) ;
- Résistance conventionnelle sur la pointe de 12 cm² R_p (MPa).

Les trois premiers paramètres peuvent être assimilés à ceux obtenus avec le pressiotromètre normalisé (norme NF EN ISO 22476-12).

3.2.2 Sondage à la tarière

- Coupe de sol.

3.3 RESULTATS DES MESURES HYDROGEOLOGIQUES

Les résultats des mesures piézométriques figurent dans le chapitre synthèse hydrogéologique au § 4.3.

4 SYNTHÈSE DE LA RECONNAISSANCE (G1 PGC)

4.1 PREAMBULE

Les faciès décrits ci-après ne sont qu'une interprétation basée sur l'observation des cuttings (débris remaniés) des sondages à la tarière. Ils ne résultent en aucun cas d'une description visuelle du matériau in situ telle que celle pouvant être effectuée à l'aide de sondages carottés (échantillons intacts).

De cette interprétation résulte également le fait que les cotes ou profondeurs indiquées ne sont que des approximations et non des références absolues.

Il convient de rappeler aussi que des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles, mais difficiles à détecter compte tenu du rapport infiniment petit entre la surface mesurée par un sondage et la surface à étudier ou à construire. De ce fait les mesures gardent un caractère statistique représentatif, mais jamais absolu.

4.2 SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

La succession des horizons rencontrés au droit de nos sondages est la suivante, après un horizon superficiel de 10 cm de terre végétale :

Formation n°1 :

Nature : **Limon argileux marron et limon calcaire beige ;**

Profondeur de la base : **2 m ;**

Pression limite nette équivalente (Pl*) : **entre 0,4 et 0,45 MPa** (2 mesures réalisées) ;

Module pressiométrique (Em) : **8,7 à 8,8 MPa** (2 mesures réalisées) ;

Les caractéristiques géotechniques mesurées dans cette formation sont **moyennes**.

Formation n°2 :

Nature : **Passage limono-argileux riche en silex, galets et graves ;**

Profondeur de la base : **entre 4 et 4,5 m.**

Pression limite nette équivalente (Pl*) : **1,42 à >2,3 MPa** (3 mesures réalisées) ;

Module pressiométrique (Em) : **20,8 à 55,8 MPa** (3 mesures réalisées) ;

Les caractéristiques géotechniques mesurées dans cette formation sont **élevées à très élevées**.

Formation	Prof. de la base (m)	Nbre d'essais	Pression limite pl* (MPa)				Module pressiométrique E _M (MPa)		
			Min	Max	Moy - ½ σ	σ	Min	Max	Moy harm
2	4	3	1,42	2,30	1,62	0,4	20,8	55,8	29,3

Cette formation n'a pas été observée lors du décapage de fondation ;

Formation n°3 :

Nature : **Argile marron à cailloutis ;**

Profondeur de la base : **entre 10,5 et >12,0 m.**

Pression limite nette équivalente (Pl*) : **0,84 à 1,1 MPa** (10 mesures réalisées) ;

Module pressiométrique (Em) : **10,0 à 23,0 MPa** (10 mesures réalisées) ;

Les caractéristiques géotechniques mesurées dans cette formation sont **moyennes**.

Formation	Prof. de la base (m)	Nbre d'essais	Pression limite pl* (MPa)				Module pressiométrique E _M (MPa)		
			Min	Max	Moy - ½ σ	σ	Min	Max	Moy _{harm}
3	10,5 et >12	10	0,84	1,1	0,97	0,2	10,0	23,0	14,6

Formation n°4 :

Nature : **Calcaire ;**

Profondeur de la base : **>12 m**

Pression limite nette équivalente (Pl*) : **2,3 MPa** (1 mesure réalisée) ;

Module pressiométrique (Em) : **88,9 MPa** (1 mesure réalisée) ;

Les caractéristiques géotechniques mesurées dans cette formation sont **élevées**.

Cette formation n'est visible qu'au seul droit du forage FP1.

4.3 SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE

Aucun niveau d'eau n'a été relevé dans les sondages lors de nos investigations (Novembre 2023). Un suivi piézométrique aura lieu entre décembre 2023 et décembre 2024. IL est encours au moment de la rédaction de ce rapport.

Le relevé du 28 février 2024 n'indique pas non plus la présence d'eau à 12 m de profondeur.

Nous rappelons que l'intervention ponctuelle du géotechnicien ne permet qu'une approche du niveau d'eau à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations qui dépendent notamment des conditions météorologiques et des apports d'eau latéraux.

4.4 RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

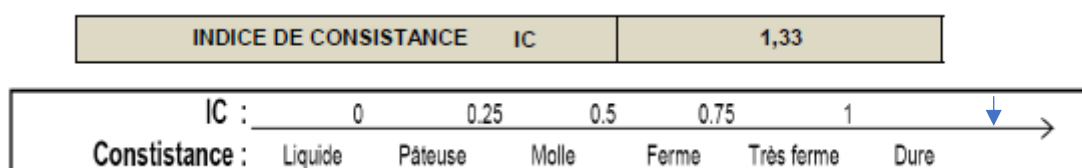
4.4.1 Résultat GTR

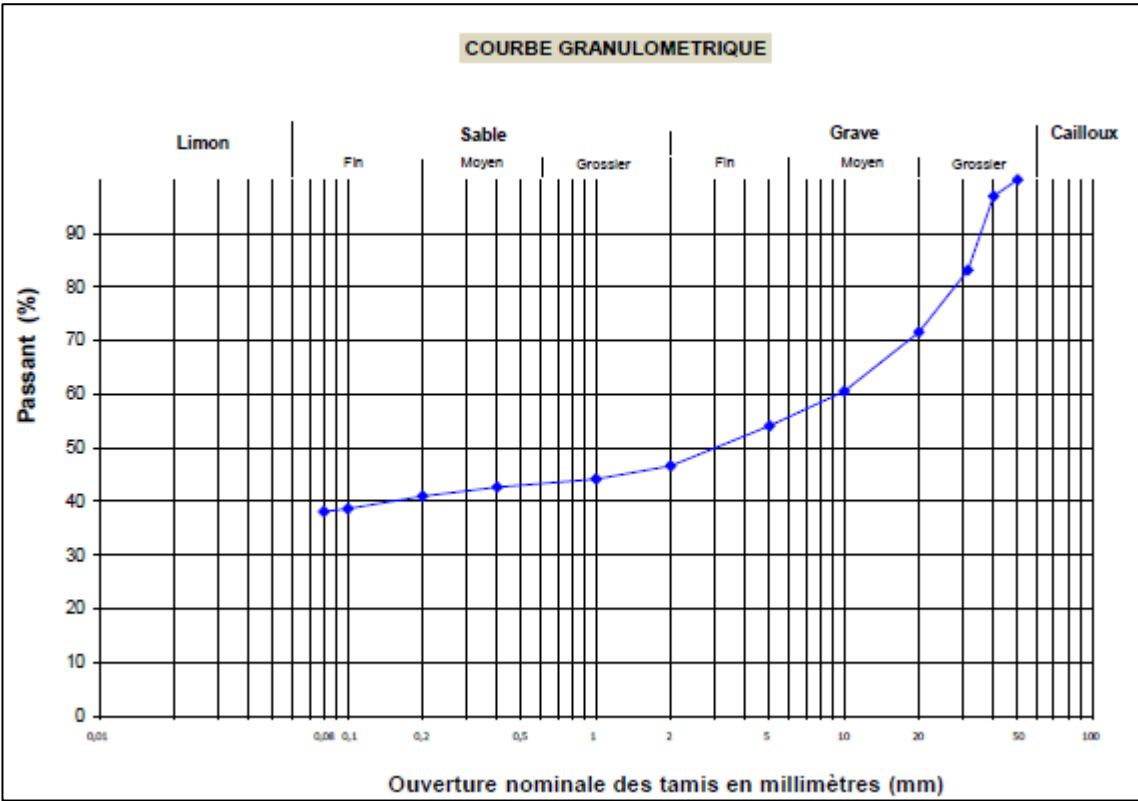
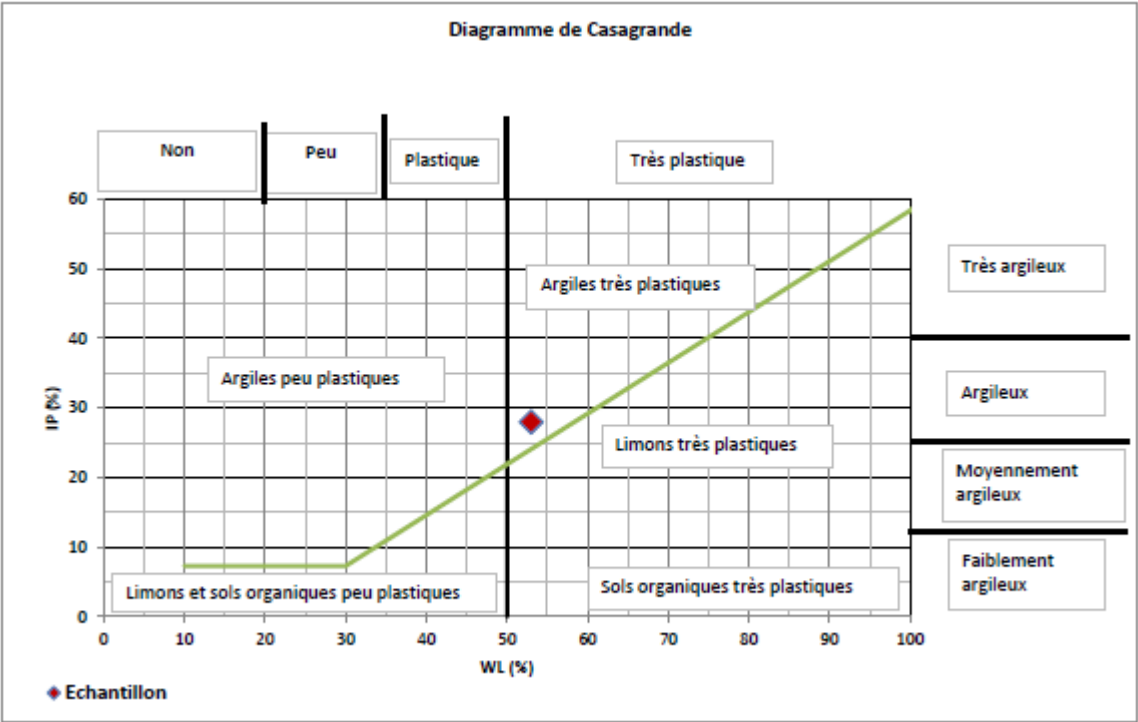
Dans le cadre de cette étude, l'échantillon remanié prélevé au droit de FP1, a fait l'objet d'essais de laboratoire afin de déterminer le potentiel de retrait-gonflement des argiles. Ces essais comprennent :

- **1 teneur en eau** selon la norme NF P 94-050 ;
- **1 limites d'Atterberg** selon les normes NF P 94-052-1 et NF P 94-051 ;
- **1 limites de retrait** selon la norme XP P 94-060-1 ;
- **1 granulométrie** selon la norme NF P 94-056.

Les résultats de ces essais sont synthétisés dans le tableau récapitulatif, ci-dessous, et sur les procès-verbaux correspondants, joints en annexe.

Sondages		FP1
Profondeur (m/TN)		0 à 0,4 m
Nature		Argile brun-orangé avec silex
Teneur en eau naturelle (Wn)		15,7 %
Limite d'Atterberg	Limite de liquidité (WL)	53
	Limite de plasticité (Wp)	25
	Indice de plasticité (IP)	28
	Indice de consistance (IC)	1,33
Essai de granulométrie	Passant à 0,08 mm	38,1%
	Passant à 2 mm	46,6%
	Passant à 2 mm	71,6%
Classification GTR		A3





4.4.2 Résultat de l'essais de cisaillement

Dans le même temps un essai de cisaillement (non consolidé et non drainé) a été réalisé selon la méthode 21 du LCPC de 1987 sur l'échantillon intact provenant de SC1 entre 1,30 et 1,4 m de profondeur.

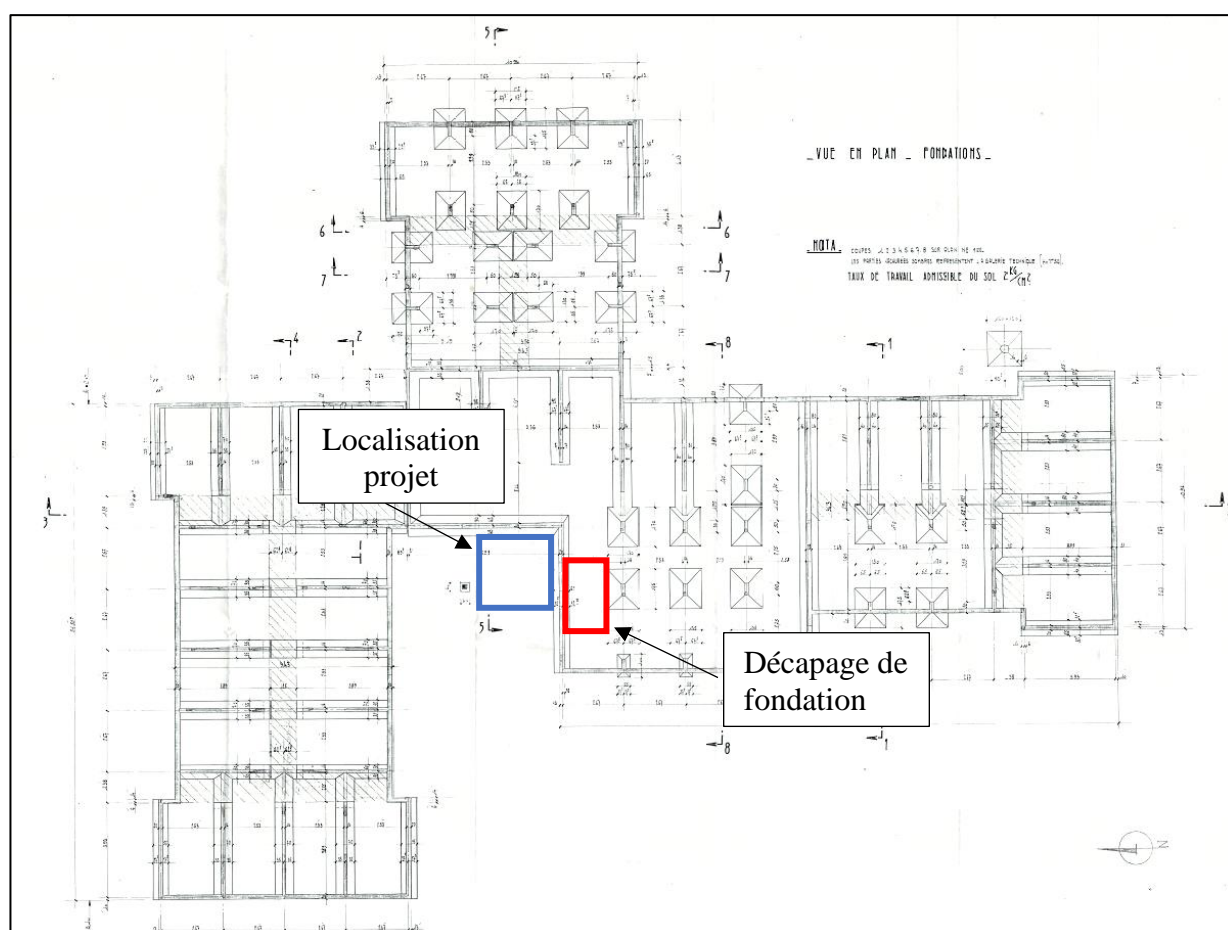
Cohésion final C_{uu} final	Angle de frottement Φ_{uu} final
20 kPa	21°

4.4.3 Résultat agressivité du sol et de l'eau sur le béton

En raison de l'absence d'eau, seul le sol a été testé pour l'agressivité au béton.
D'après les normes FD P 18-011 – annexe A et NF EN 196-2, l'échantillon est **sans agressivité**. Le procès-verbal d'analyse de cet échantillon figure en annexe de ce rapport

4.5 RECONNAISSANCE DE FONDATION :

La reconnaissance de fondation a été réalisée, dans le sous-sol à l'intérieur du bâtiment.



Localisation de la fondation

Identification des fondations :

Lors du décapage de fondation nous avons pu observer :

Pour les fondations :

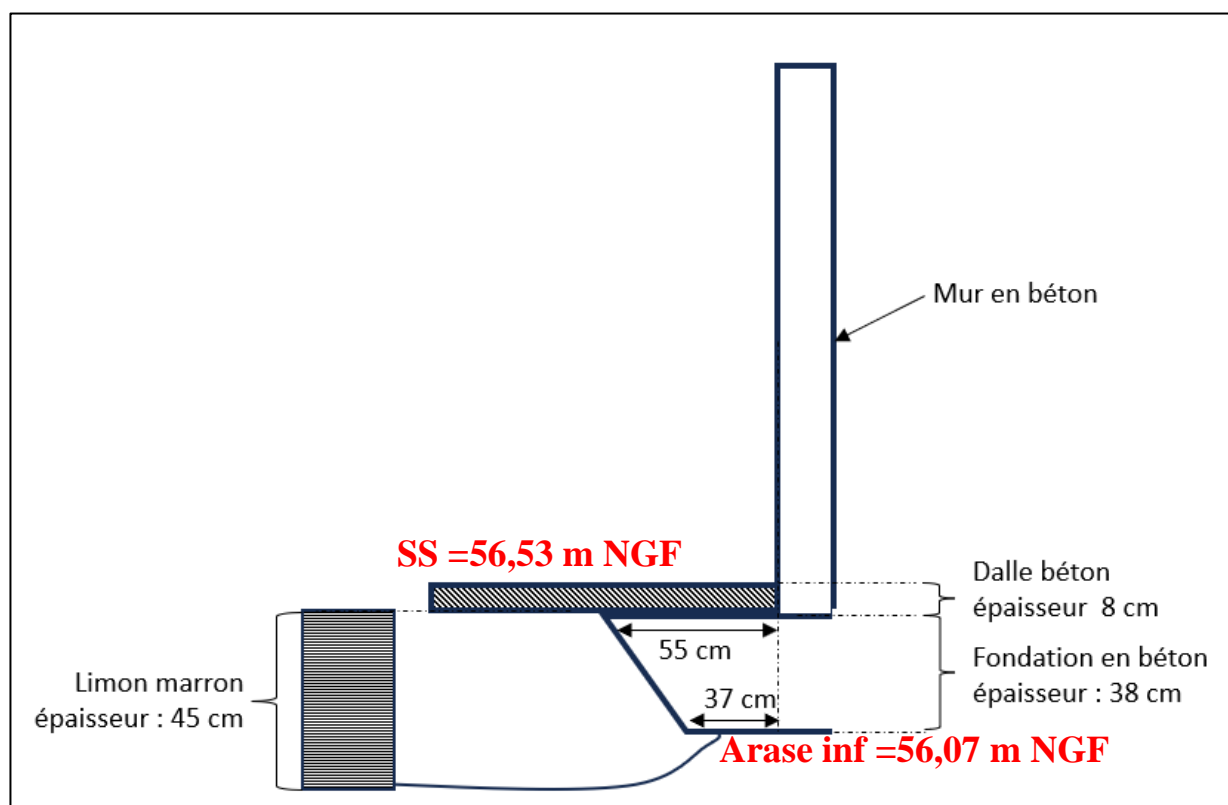
- La fondation a été réalisée dans les limons marron, en pleine terre ;
- Le plan de fondation indique, une fondation filante d'une largeur de $32 \times 2 + 20$ (mur) soit 82 cm
- L'épaisseur de la fondation est de 38 cm ;
- Le débord supérieur et de 55 cm et le débord inférieur de 37 cm.

Nous supposons que la fondation à une fondation superficielle filante, nous supposons que les fondations sont centrées.

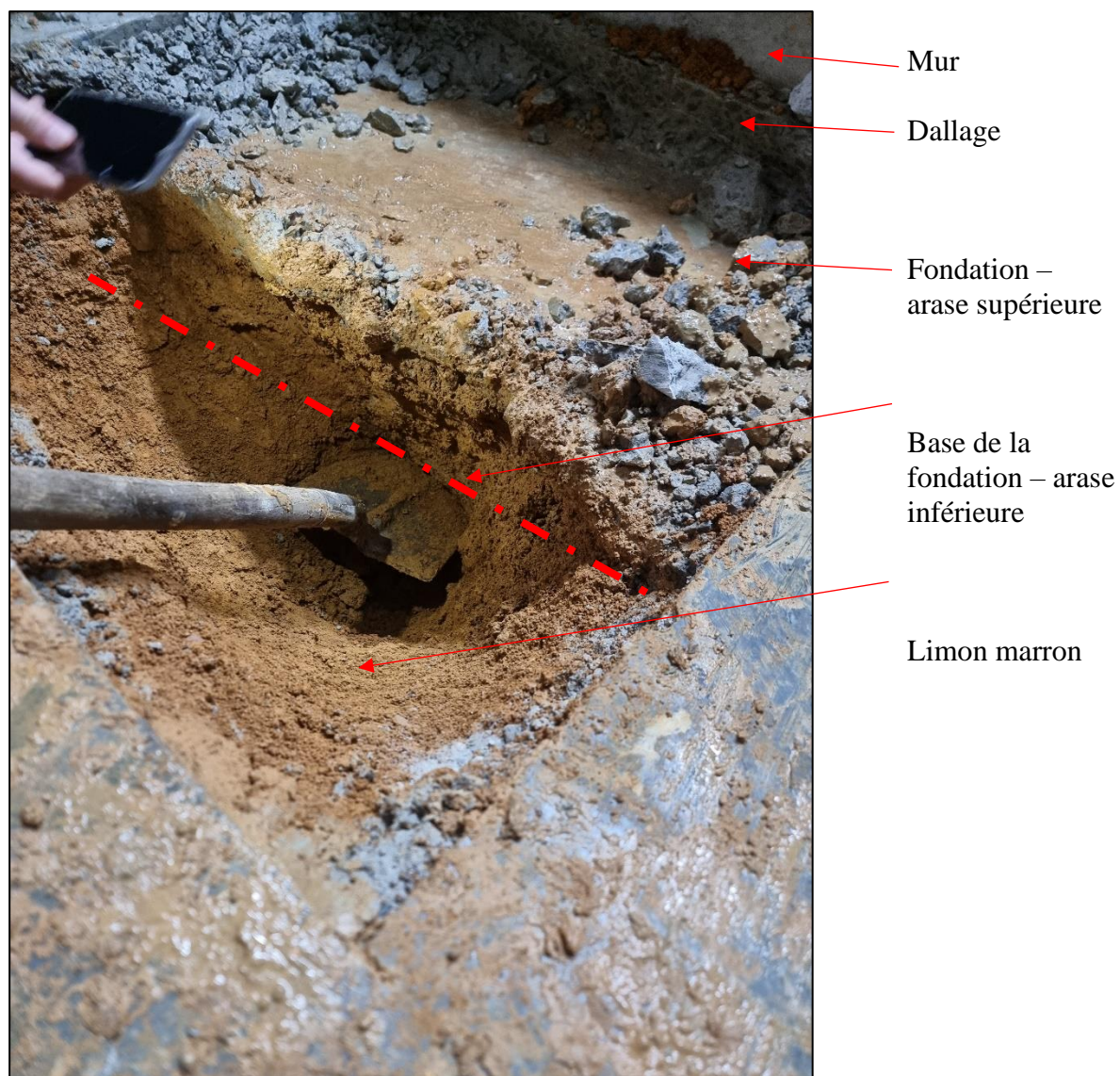
- La fondation est filante ;
- La base de la fondation observée est de 37 cm, nous estimons la largeur de la fondation au double de la base observé et la largeur du mur estimé à 20 cm soit $37 \times 2 + 20 = 94$ cm ;

Pour le dallage nous observons que :

- Le dallage est réalisé sur terre-plein ;
- Le dallage repose directement sur les fondations
- La dalle est d'une épaisseur de 8 cm ;

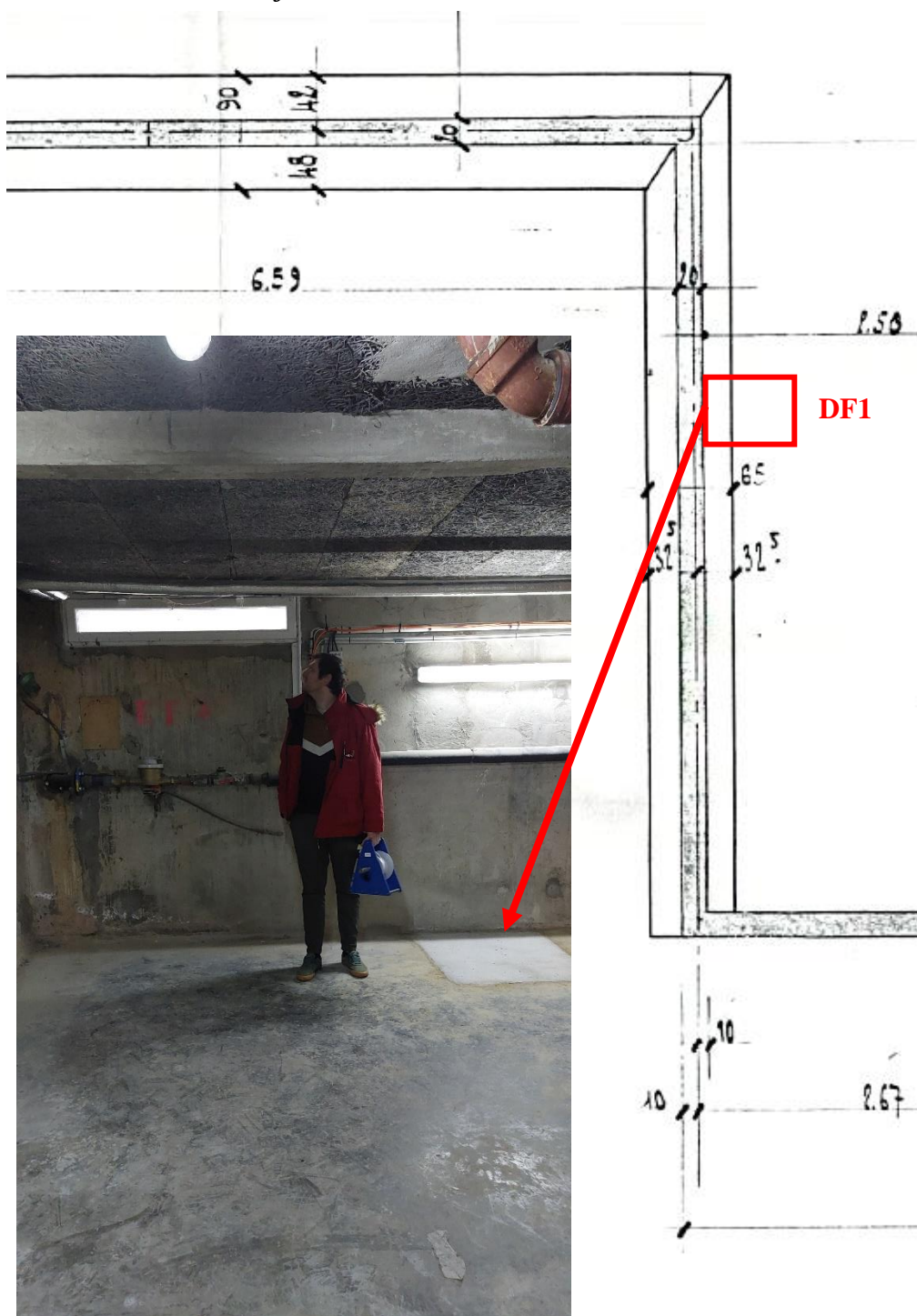


Schématisation de la fondation



Photographie de la fondation

Plan de fondation de l'existant au niveau de DF1



5 CONTEXTE GEOTECHNIQUE ET PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC)

5.1 CONTEXTE GEOTECHNIQUE

De l'analyse des résultats de la campagne de reconnaissance, et des orientations architecturales du projet, il est possible de définir les grands traits suivants :

- Le projet prévoit la création d'un ascenseur **donc le niveau du fond de fouille après terrassement est situé à 54,60 m NGF** ;
- L'ascenseur desservira le sous-sol, nous estimons la profondeur de la fosse à 56,33 m NGF – 54,60 m NGF = 1,73 m sous le niveau du dallage.
- Le niveau du sous-sol est à environ 2,33 m sous le niveau du terrain extérieur soit une **fosse de 4,06 m (arrondi à 4,00 m pour le reste de l'étude) de profondeur, par rapport au niveau du terrain** ;
- **Le calage altimétrique du projet figure au niveau du profil géotechnique joint en annexe.**
- Les sols se composent, à partir de la surface :
 - **De limons argileux et limons calcaires** (formation n°1), observés jusqu'à **2,0 m** de profondeur, sur un point de sondage ;
 - **Des argiles limoneuses avec passage de graves (silex-galet-graves)** (formation n°2) aux caractéristiques géomécaniques **élevées**, observés jusqu'à **0,9 à 1,3 m** de profondeur ;
 - **Des argiles marron à cailloutis** (formation n°3) aux caractéristiques géomécaniques **moyenne**, observés jusqu'à **10,5 m et la fin du sondage PF2 à 12 m** de profondeur ;
 - **Des calcaires** (formation n°4) aux caractéristiques géomécaniques **élevées**, observés jusqu'à **la fin de nos sondages** ;
- Aucune arrivée d'eau n'a été observée dans le piézomètre à 12 m de profondeur.

Pour insérer le projet sur le site, en fonction des éléments et des orientations architecturales du projet, il est possible d'envisager les systèmes constructifs suivants :

- Un système de **fondation superficielle sur radier** encastré dans les argiles marron avec des cailloutis blancs qui devraient normalement constituer le fond de fouille après terrassement (formation n°3) Le radier devra être réalisé sur une formation géologique homogène pour limiter l'apparition de tassements différentiels.
- La réalisation d'un talutage pour la réalisation de la fosse,
- Le niveau du radier est inférieur au niveau des fondations existantes, la réalisation d'une reprise en sous-œuvre est nécessaire.

6 FAISABILITE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G2 AVP)

6.1 TERRASSEMENTS

6.1.1 Terrassabilité des matériaux

La réalisation des terrassements dans les limons et argiles plus ou moins caillouteuses (formation n°1 et 2) ne présentera pas à priori de difficultés particulières. Les travaux de terrassement de ces formations pourront être réalisés avec des engins classiques de moyenne puissance à la lame.

6.1.2 Talus et terrassement

En première approche, les talus provisoires de la fouille **hors mitoyenneté** d'environ **3 m de hauteur, si les limites du projet le permettent**, pourront être dressés avec une pente de 3 horizontales pour 2 verticales (2V/3H), à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries, par exemple, par des feuilles de polyane soigneusement fixées, des cunettes étanches en tête de talus.

Les talus provisoires pourront atteindre des pentes de 1/1 . En cas d'impossibilité la fosse devront être réalisés à l'abri d'un soutènement provisoire ou définitif. Son dimensionnement fera l'objet d'une étude particulière.

6.1.3 Drainage

Les venues d'eau pouvant apparaître exceptionnellement (en période pluvieuses notamment) en cours des terrassements seront collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Des dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer à tout moment la mise au sec de la plate-forme et des tranchées des fondations.

Les plates-formes seront réalisées avec une forme de pente de façon à éviter que les eaux ne stagnent et n'altèrent pas le fond de forme. Ces eaux seront récupérées dans des rigoles périmétriques et évacuées vers un exutoire approprié gravitairement ou par pompage.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

Bien que la nappe n'a pas été visualisée lors de notre intervention, des eaux superficielles peuvent s'accumuler au fond de la fosse, lors d'intempéries. Dans le cas où aucune présence d'eau n'est pas toléré, la mise en place d'un cuvelage pourra être réalisé.

Compte tenu du contexte argileux des sols encaissant, un drainage périmétrique est à réaliser à minima. Ce drainage sera raccordé vers un exutoire approprié gravitairement ou par pompage.

6.2 FONDATION DU PROJET PAR RADIER

6.2.1 Modèle géotechniques retenu

L'analyse des résultats des sondages et essais, conduit à retenir les hypothèses géotechniques suivantes à prendre en compte pour la justification des fondations du projet.

Formation N°	Nature	Base (m/TN)	Caractéristiques à retenir			
			pl* (MPa)	E _M (MPa)	α	Module de déformation (E _M /α) (MPa)
1	Limon argileux marron et limon calvaire beige	2,0	0,40	8,7	2/3	13
2	Passage limono-argileux riche en silex, galet et graves	4,0	1,62	29,3	2/3	44
3	Argile marron à cailloutis blancs	<12,0	0,97	14,6	2/3	22
4	Calcaire	<12,0	2,30	88,9	1/2	178

6.2.2 Hypothèse sur le projet :

Nous rappelons que le radier à une emprise de **2,5 m x 4,0 m** et apporte une contrainte uniformément répartie de **124,48 kPa**.

Il est encastré au minimum de 4,0 m par rapport au niveau du terrain fini extérieur.

7 FAISABILITE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G2 AVP)

7.1 FONDATIONS SUPERFICIELLES PAR RADIER GENERAL

7.1.1 Justifications des fondations

La justification des fondations est conforme aux prescriptions du texte réglementaire suivant : AFNOR NF P94-261 - Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles de juin 2013.

7.1.2 Etat limite de résistance et tassement

Pour démontrer qu'une fondation superficielle supporte la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, on doit vérifier que l'inégalité suivante est satisfaite, pour tous les cas de charges et de combinaisons de charges

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

V_d : est la valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

R_0 : est la valeur du poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux ;

$R_{v;d}$: est la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle.

La valeur de calcul de la résistance nette du terrain $R_{v;d}$ sous la fondation est donnée par les formules suivantes :

$$R_{v;d} = R_{v;k} / \gamma_{R,v}$$

$$R_{v;k} = A' q_{net} / \gamma_{R;d,v}$$

Avec q_{net} la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation, donnée par la formule :

$$q_{net} = k_p \cdot Pl_e^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

$R_{v;k}$: la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation ;

i_δ : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement ($i_\delta = 1$ pour une charge verticale) ;

i_β : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente β ($i_\beta = 1$ si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus) ;

k_p : facteur de portance ;

Pl_e^* : résistance de pointe nette équivalente ;

A' : surface effective de la fondation ;

$\gamma_{R;d,v}$: coefficient de modèle associé à la méthode de calcul utilisée (= 1,2) ;

$\gamma_{R,v}$: la valeur du facteur partiel (= 1,4 aux ELU durable et transitoire et sismique et 1,2 à l'ELU combinaison accidentelle et 2,3 aux ELS caractéristique et quasi-permanent).

Les tassements sont calculés aux ELS, en utilisant la « méthode pressiométrique » à partir des valeurs de module pressiométrique E_M . Leur valeur est donnée par la formule :

$$S_f = S_c + S_d$$

Avec :

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_c} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B \quad (\text{H.2.1.2.1})$$

$$s_d = \frac{2}{9E_d} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha \quad (\text{H.2.1.2.2})$$

E_c est le module pressiométrique Ménard équivalent correspondant à la zone où les déformations volumétriques sont prépondérantes (zone dite d'influence sphérique) ;

E_d est le module pressiométrique Ménard équivalent correspondant à la zone où les déformations de cisaillement sont prépondérantes (zone dite d'influence déviatorique) ;

E_M est le module pressiométrique Ménard ;

q' est la contrainte moyenne effective appliquée au sol par la fondation ;

σ'_{v0} est la contrainte verticale effective au niveau de fondation, dans la configuration du terrain avant travaux ;

B_0 est une largeur de référence égale à 0,60 m ;

B est la largeur de la fondation ;

α est un coefficient rhéologique dépendant de la nature du terrain (Tableaux H.2.1.1.1. et H.2.1.1.2) ;

λ_c, λ_d sont des coefficients de forme, fonction du rapport L/B (Tableau H.2.1.1.3).

7.1.3 Efforts horizontaux – Résistance au glissement

La vérification est faite vis-à-vis des états limites ultimes.

Si les efforts horizontaux sont intégralement repris par les forces de frottement s'exerçant à l'interface entre le sol et la fondation, la justification pourra être faite, selon le cas, conformément aux prescriptions de l'article 10 de la norme NF P94-261 (norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles).

Si nécessaire, la réaction du sol sur les faces latérales de la fondation pourra être éventuellement prise en compte.

Cette justification pourra faire l'objet d'une mission complémentaire spécifique.

7.1.4 Résultats récapitulatifs

Les valeurs suivantes seront retenues pour la justification de l'ouvrage sous charges verticales pour un **radier (de 2,5 m × 4 m) ancré dans la couche de limons marron** :

Horizon d'ancrage	Contrainte admissible q'_a (kPa)		
	E.L.U.	E.L.U.A	E.L.S.
Argiles marron avec cailloutis blancs (Formation n°3)	540	660	370

La stabilité du radier vis-à-vis du poinçonnement est justifiée

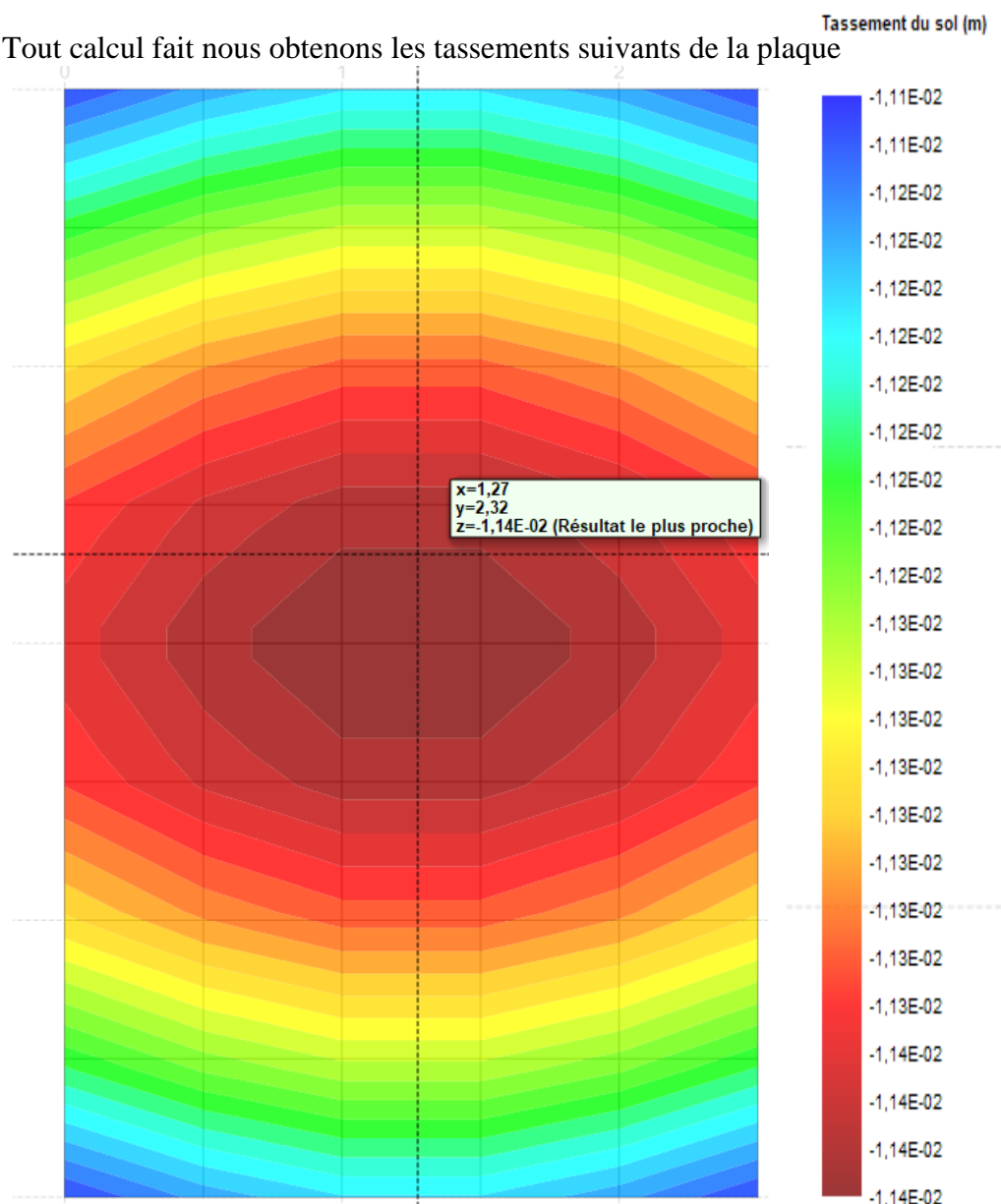
Calcul des tassements sous le radier :

Les calculs des tassements du radier (de 4 m × 2,5 m) ont été réalisés à l'aide du logiciel Foxta v3.2.9 module Tasplaq (3D), développé par Terrassol. Le logiciel reprend le modèle de calcul de Boussinesq étendu au cas d'un multicouche.

Nous avons estimé la pression p verticale due aux surcharges comme suit :

Cas de charge	Profil au droit du fossé d'environ -4,0 m de profondeur
Radier (0,3 m*24kN/m ³)	+7,2
Surcharge (KPa)	+117,28
Terrassement initial (contrainte supportée initialement par le sol (KPa))	4,0 m*18 kN/m ³ = -72
P (kPa)	52,48

Tout calcul fait nous obtenons les tassements suivants de la plaque



Résultats :

En prenant en compte les hypothèses ci-dessus, dans ces conditions, pour une charge statique uniformément répartie sur un radier de $2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ estimée à environ de **124,48 kN/m²**, encasté de 4,0 m par rapport au niveau du terrain extérieur, les tassements calculés sont de **l'ordre de 1,14 cm au centre du radier et de 1,11 cm en périphérie.**

Les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations (radier rigide) **selon les règles de l'art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7.**

7.2 TENUE DES PAROIS DE LA FOUILLE

Sur la hauteur de terrassement (4,0 m) nous rencontrerons :

- Des limons mis en remblais à proximité immédiate du sous-sol ;
- Des limons en place de faible consistance ($C'=20$ kPa, $\varphi'=21^\circ$), sur une épaisseur d'environ 2,0 m ;
- Des argiles marron sableuses à galets (formation n° 2) de bonne consistance consistante sur le reste de la hauteur de la fouille (2,0 m). Nous estimerons les caractéristiques mécaniques de cette formation de façon empirique en prenant $C'=30$ kPa, $\varphi'=27^\circ$
- Le projet est entouré sur 3 cotés par le bâtiment qui est sur sous-sol, ce qui permettra de réduire la hauteur des talus. Sur le côté opposé à l'ascenseur, l'aile du bâtiment est construite sur un niveau de vide sanitaire dont la hauteur est de 0,6 m sous un plancher qui d'après les plans a une épaisseur de 14 cm. La base du vide sanitaire est située à **58,49 m NGF**.
- La fondation au niveau du vide sanitaire est situé d'après les plans de la construction à 0,8 m de profondeur par rapport au 0,00 de référence du projet soit : $59,23-0,80=58,43$ m NGF.

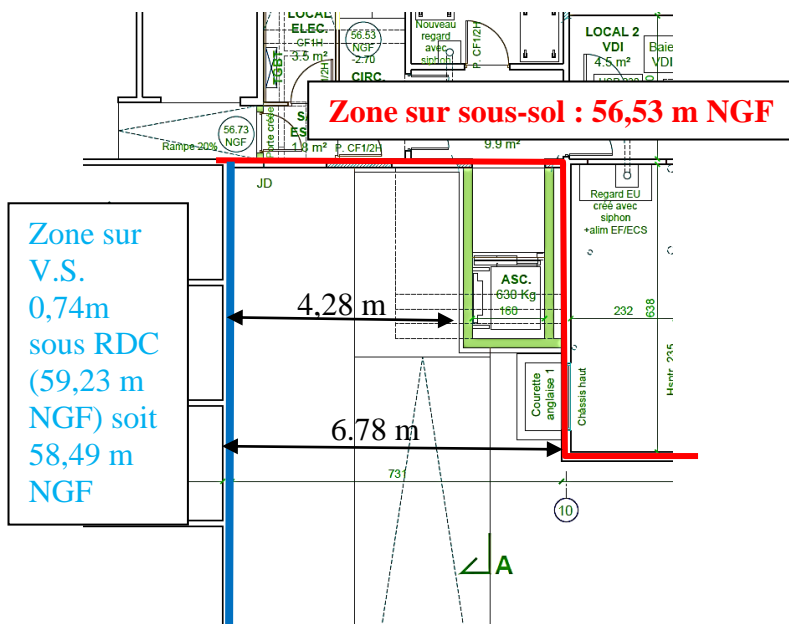
Nous pouvons en déduire que la pente maximale du talus n'excèdera pas 1/1.

En fonction des caractéristiques ci avant, il convient de respecter la règle des 3/2 entre arêtes de fondation pour que la stabilité des ouvrages ne soit pas compromise.

Dans le cas présent :

Distance entre arêtes de fondations 4,3m ;

Hauteur entre arête de fondations : $58,43-54,60=3,88$ m.



Les proportions $H/V=4,28/3,88<1,5$ conformément à la règle des 3/2 ne sont pas respectées.

Le talutage n'étant pas possible, il conviendra de blinder les parois de la tranchée.

7.3 REPRISE EN SOUS OEUVRE

Du côté du sous-sol, la fouille destinée à recevoir l'ascenseur va déchausser les fondations de la résidence étudiante sur 4,0 m de longueur puis 2,5 m en retour.

- La cote de l'arase des fondations en sous-sol est **56,07 m NGF** ;
- La cote du fond de fouille après terrassement est de **54,60 m NGF**.

Les fondations seront déchaussées sur une **hauteur de 1,47 m**. si on considère que la reprise en sous œuvre doit être assise au même niveau que le radier.

Cette reprise sera réalisée par tranches alternées n'excédant pas 1,5 m de longueur au maximum en section courante, et 1 m de part et d'autre dans les angles.

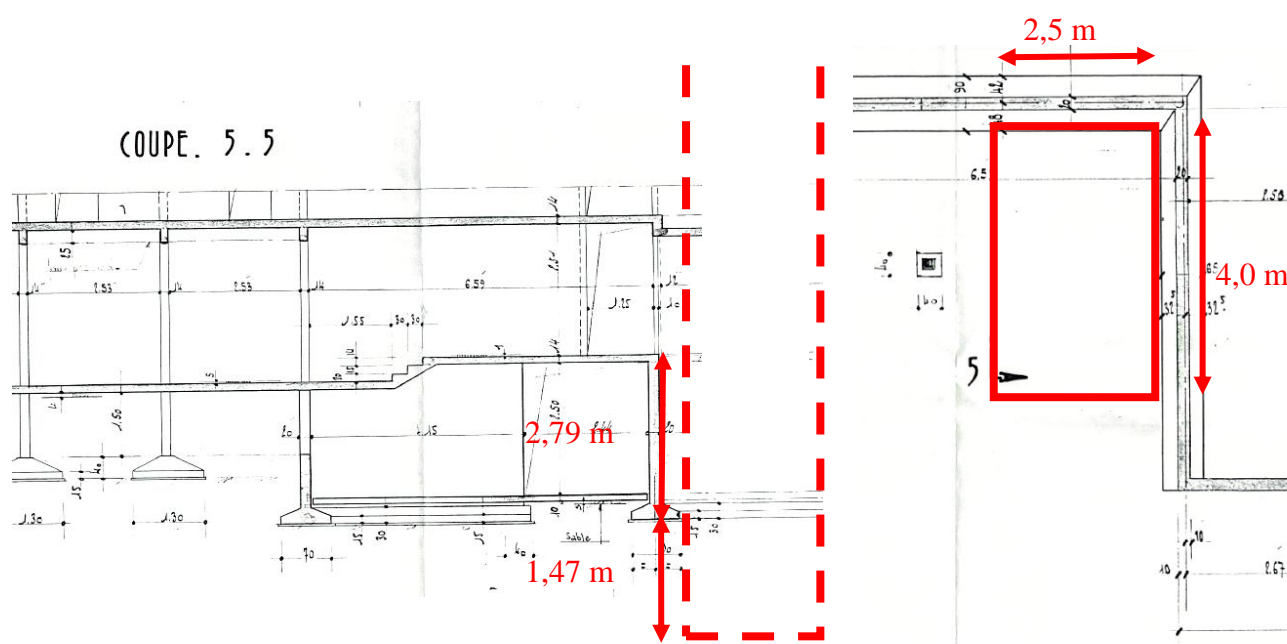
Cette reprise sera réalisée préalablement à l'exécution de la fouille depuis l'intérieur du sous-sol du bâtiment.

Toutefois, une préfouille extérieure de 2,7 m de hauteur avec des parois talutés selon une pente respectant la règle des 3/2 est possible.

Latéralement la reprise en sous œuvre (R.S.O.) se raccordera en redans avec le système de fondation existant en respectant la règle des 3/2.

Autant que faire se peut, le béton devra être coulé dans la même journée que l'exécution de la fouille, ceci pour éviter toute décompression parasite en cas de présence d'eau.

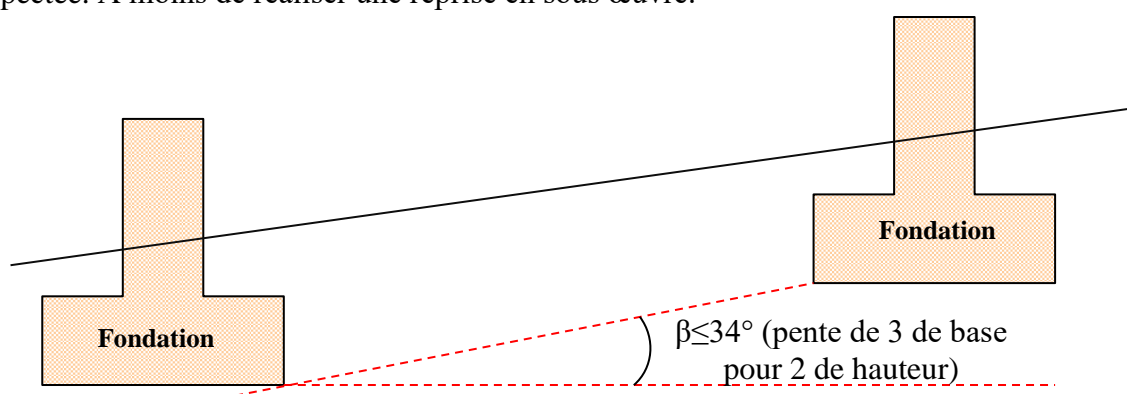
Le coulage du béton se fera préférentiellement à **bain soufflant** ce qui permettra une meilleure liaison entre la semelle existante et la R.S.O.



7.3.1 Sujétions d'exécution

Les fondations doivent être coulées à pleine fouille impérativement et non coffrées sur une plate-forme pré terrassée ou reconstituée. Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, ce dernier devra être protégé immédiatement et au minimum par un béton de propreté. Tout sol mou ou décomprimé localement sera purgé et remplacé par un béton maigre ou similaire.

Si les fondations doivent être fondées à des niveaux différents, la règle des 3H/2V entre arêtes de fondations voisines conformément aux préconisations de l'Eurocode 7 doit être respectée. A moins de réaliser une reprise en sous œuvre.



Disposition relative à l'emplacement des fondations superficielles

8 OBSERVATIONS

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques fournies en annexe.

**Fait à Argences,
Le 1^{er} mars 2023**

Antoine DUBOIS
Contrôle externe

Jean Luc LEFEVRE
Chargé du dossier

ANNEXES

- 1. Missions géotechniques normalisées**
- 2. Conditions générales des missions géotechniques**
- 3. Plan de situation**
- 4. Essais pressiométriques**
- 5. Sondages à la tarière**
- 6. Plan d'implantation des sondages**

Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, esquisse, APS	Etude 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 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude 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	Etude 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	Etude 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 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (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)	Etude 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	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Etude)	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
A 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

Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

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 spécifiques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRELABLE (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 Etude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour 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 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 sol).

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, assise 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, assise 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.

- Etablir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation d'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 REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Etude

- 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).
- Elaborer 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 Etude.
- 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).
- Etablir 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'EXÉCUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

Conditions générales des missions géotechniques

(Mise à jour du 02/01/2014)

1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 3 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art. L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'étude géotechnique préalable (G1), d'étude géotechnique de conception (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique 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 conception 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.

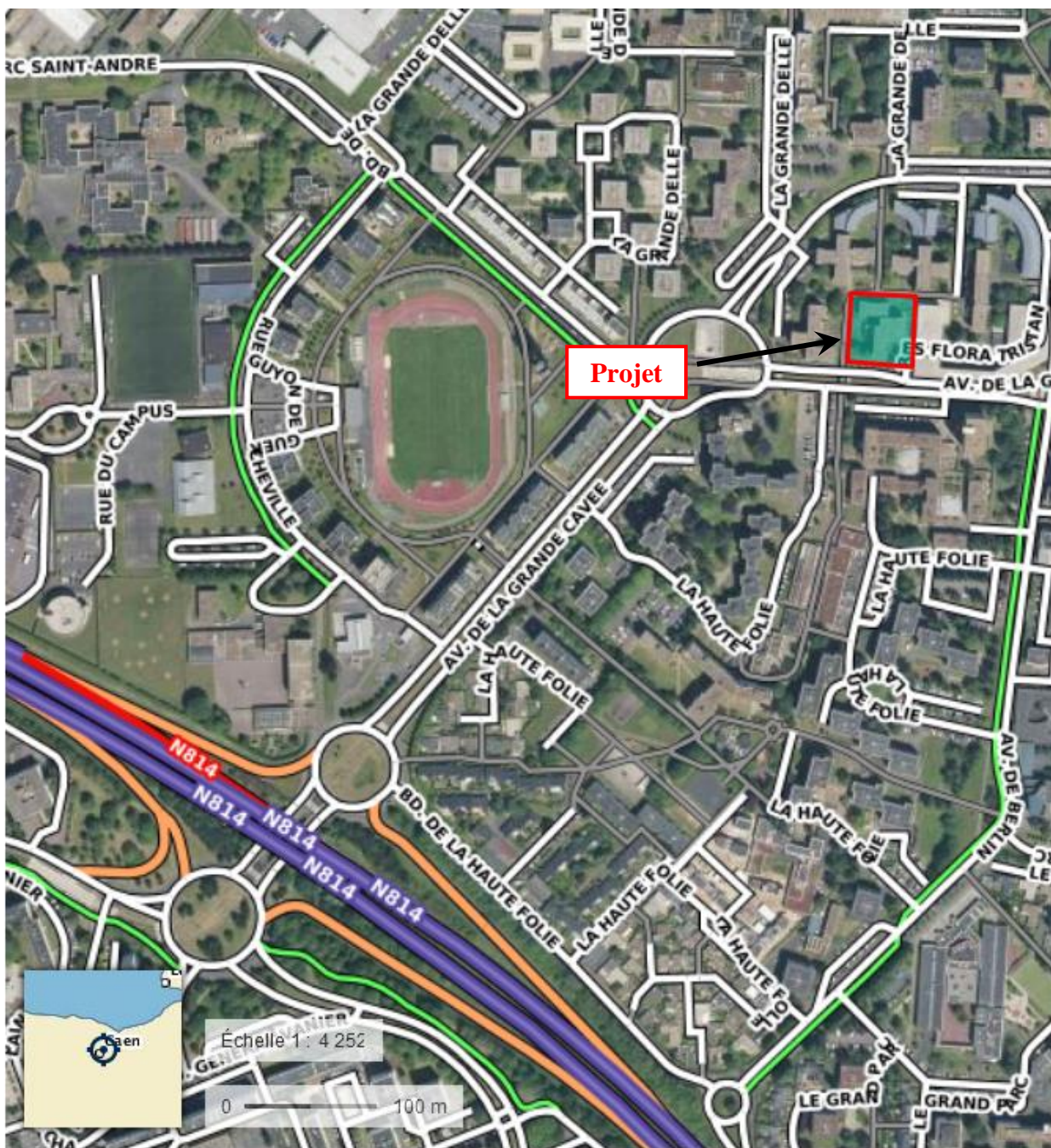
2. Recommandations

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.

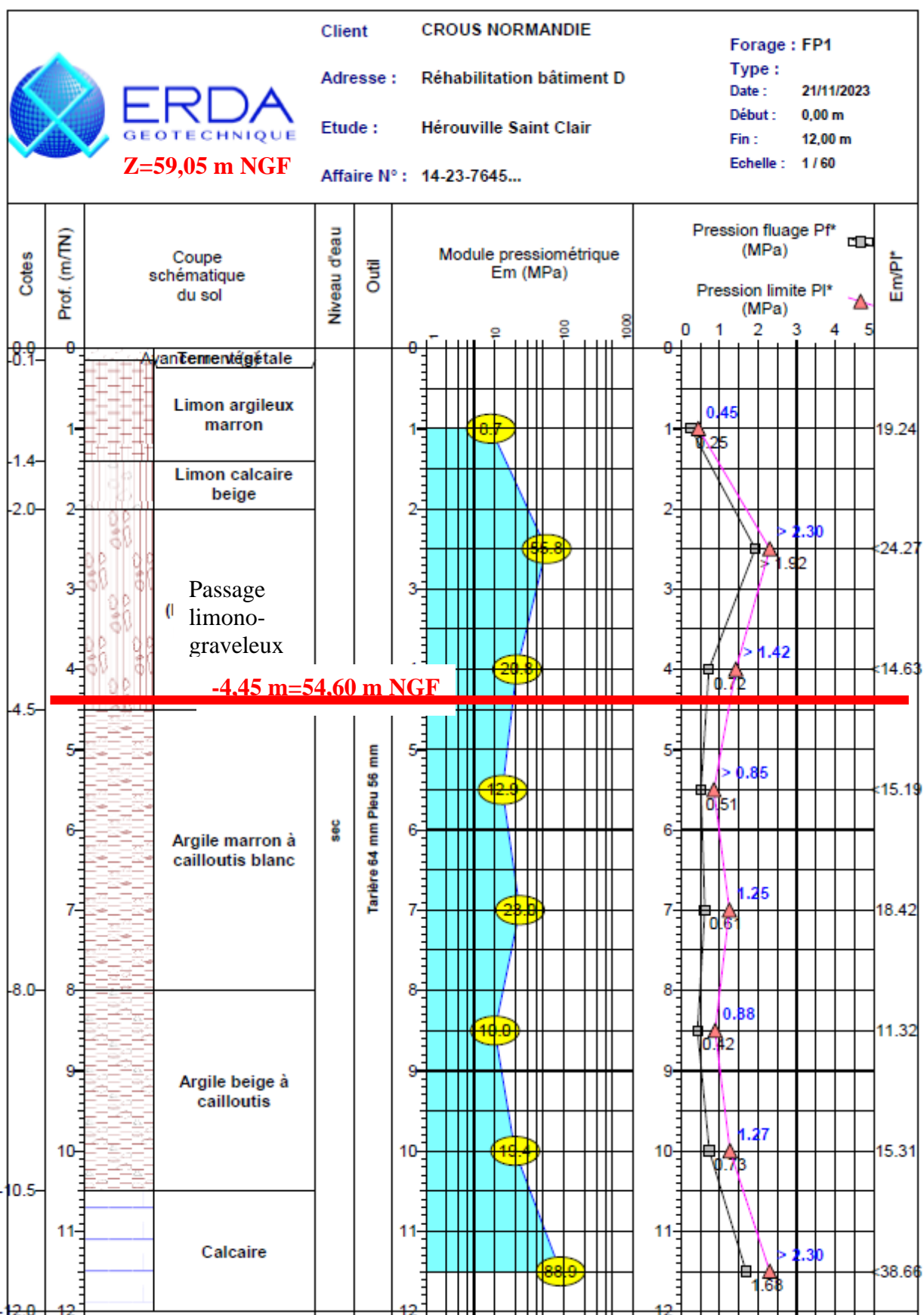
3. Rapport de la mission

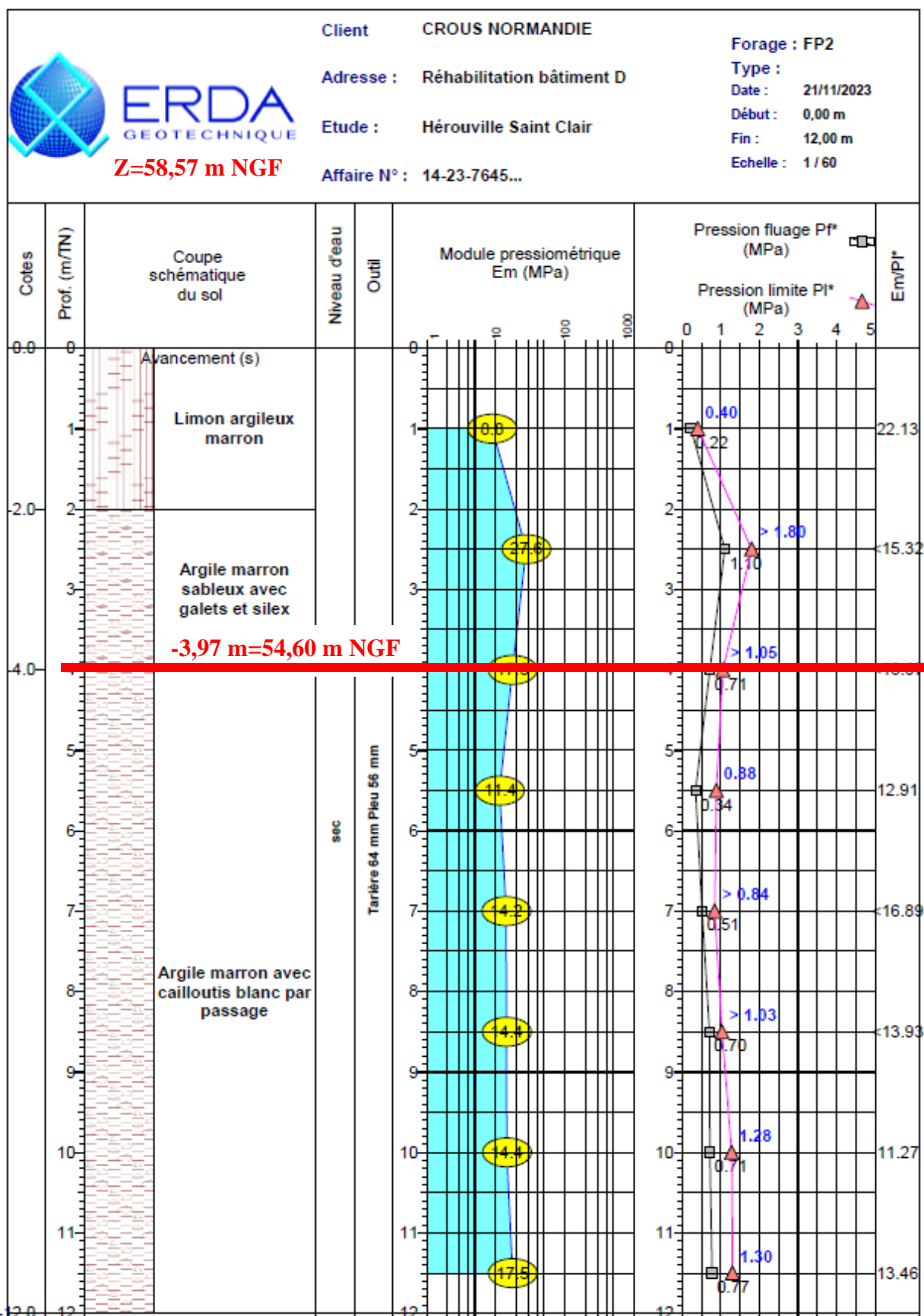
Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.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

PLAN DE SITUATION



FORAGES PRESSIOMETRIQUES



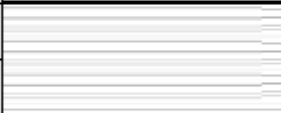



CAROTTAGE

ERDA
GEOTECHNIQUE

Client CROUS NORMANDIE
Adresse : Réhabilitation bâtiment D
Etude : Hérouville Saint Clair
Affaire N° : 14-23-7645...

Forage : SC1
Type : Carottage
Date :
Début : 0,00 m
Fin : 2,00 m
Echelle : 1 / 10

Cotes	Prof. (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau	OUTIL
0.0	0	 Terre végétale		
-0.2		 Limon marron	Non rencontré	Caroteuse 64 mm
2.0	2			

ESSAIS DE LABORATOIRE



Dossier : HEROUVILLE SAINT CLAIR



ESSAIS EN LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS

Le 08 Décembre 2023

N° d'Affaire : 23 12 0998

Responsable Laboratoire : C.ATENCIA

Société UNISOL - 41 rue Fourny - BP 104 - 78531 BUC Cedex

Tel: 01.39.56.22.86 - Fax: 01.39.56.16.23 - info@unisol.fr

SAS au capital de 140 000 €

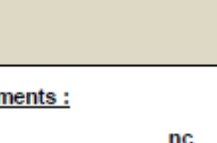
RCS Versailles – SIRET 478 040 561 00027

APE 7112B - TVA FR72478040561



www.unisol.fr



 UNISOL <small>Géotechnique, Environnement et Laboratoire d'Essais</small>	Affaire : HEROUVILLE SAINT CLAIR	Affaire n°: 23 12 0998	Indice: A	Page n°: 1
	14-23-7645			

<h2 style="margin: 0;">TENEUR EN EAU</h2> <p style="margin: 0;">Essai conforme à la norme NF P 94-050</p>				
---	--	--	--	--

Prélèvements :

Date :	nc	Mode de prélèvement :	Bêche
		Conditions de conservation :	Sac fermé

Résultats :



Date d'essai :	6 décembre 2023
Température d'étuvage :	105,0 °C

Sondage	Prof (m)	Nature du matériau	Teneur en eau (%)	Classification GTR
DF1		Argile brun-orangé avec des silex, graviers et cailloux	15,7	A3

	Date de vérification : 08/12/2023
--	-----------------------------------

Opérateur Guy Briand Cadre de laboratoire	Vérificateur Christophe Atencia Responsable du laboratoire
--	---

Signature :	Signature :
-------------	-------------

UNISOL <small>Géotechnique, Environnement et Laboratoire d'Essais</small>	Affaire :		Affaire n°		Indice	Page n°
	HEROUILLE SAINT CLAIR 14-23-7645		23 12 0998		A	1


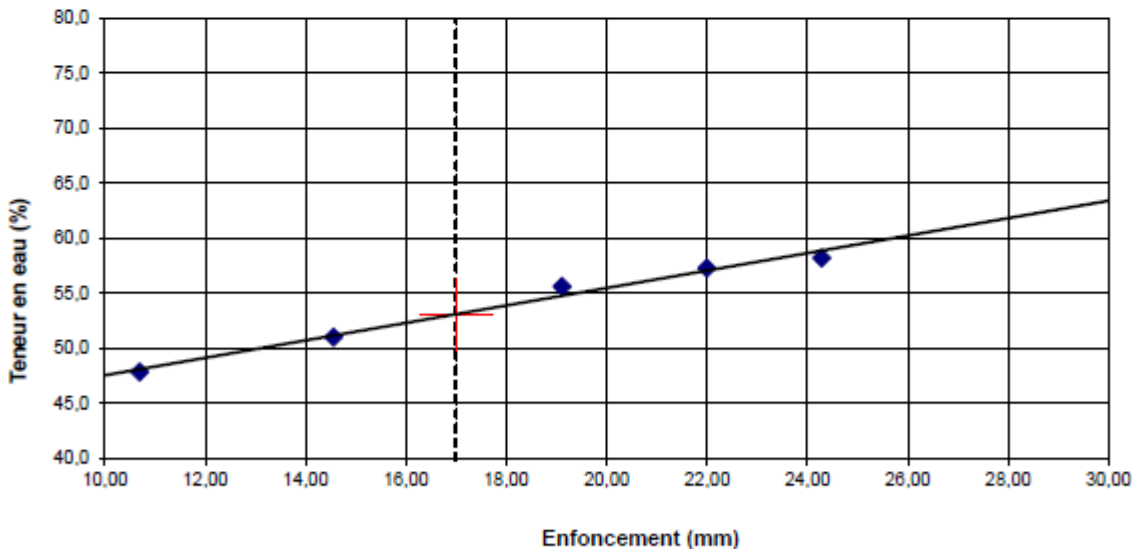
ANALYSE GRANULOMETRIQUE						
Méthode par tamisage à sec						
Essai conforme aux normes NF P 94-056						
Echantillon n°	Date de prélèvement		nc	Température d'étuvage		105,0 °C
Sondage n° DF1	Mode de prélèvement		Bêche	Diamètre nominal dm		40 mm
Profondeur (m)	Date du début de l'essai		8 décembre 2023	Masse de tamisat nécessaire		12000 g
Nature du matériau	Argile brun-orangé avec des silex, graviers et cailloux			Masse sèche utilisée		2932 g
Observations				Diamètre maximal dmax		45 mm

Ø tamis (mm) :	100	80	63	50	40	31,5	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,1	0,08				
Passant (%) :				100,0	96,9	83,1	71,6	60,5	54,1	46,6	44,2	42,6	41,0	38,6	38,1				

COURBE GRANULOMETRIQUE

Ouverture nominale des tamis en millimètres (mm)

Opérateur Guy Briand Cadre de laboratoire Signature :		Vérificateur Christophe Atencia Responsable du laboratoire Signature :	
Date de vérification :		08/12/2023	

	Affaire : HEROUILLE SAINT CLAIR 14-23-7645		Affaire n° 23 12 0998		Indice A	Page n° 1																															
	<p align="center">LIMITES D'ATTERBERG</p> <p align="center">Méthode au Cône</p> <p align="center">Essai conforme aux norme NF P 94-052-1 et NF P 94-051</p>																																				
Echantillon n° :			Date de prélèvement :		nc																																
Sondage n° : DF1			Mode de prélèvement :		Bêche																																
Profondeur :			Date d'essai :		6 décembre 2023																																
Nature du matériau :			Argile brun-orangé avec des silex, graviers et cailloux																																		
Observation :			-																																		
Teneur en eau Naturelle : 15,7 %			Température d'étuvage :		105,0 °C																																
			Passant à 0,400 mm :		42,6 %																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Mesure n°</th> <th colspan="5">LIMITE DE LIQUIDITE</th> <th colspan="2">LIMITE DE PLASTICITE</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enfoncement (mm)</td> <td>24,29</td> <td>22,00</td> <td>19,11</td> <td>14,56</td> <td>10,69</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Teneur en eau (%)</td> <td>58,2</td> <td>57,3</td> <td>55,6</td> <td>51,0</td> <td>47,9</td> <td>23,9</td> <td>26,0</td> </tr> </tbody> </table>					Mesure n°	LIMITE DE LIQUIDITE					LIMITE DE PLASTICITE		1	2	3	4	5	1	2	Enfoncement (mm)	24,29	22,00	19,11	14,56	10,69			Teneur en eau (%)	58,2	57,3	55,6	51,0	47,9	23,9	26,0	
Mesure n°	LIMITE DE LIQUIDITE						LIMITE DE PLASTICITE																														
	1	2	3	4	5	1	2																														
Enfoncement (mm)	24,29	22,00	19,11	14,56	10,69																																
Teneur en eau (%)	58,2	57,3	55,6	51,0	47,9	23,9	26,0																														
<table border="1"> <tr> <td>LIMITE DE LIQUIDITE</td> <td>W_L</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>LIMITE DE PLASTICITE</td> <td>W_p</td> <td>25</td> </tr> </table>			LIMITE DE LIQUIDITE	W_L	53	LIMITE DE PLASTICITE	W_p	25																													
LIMITE DE LIQUIDITE	W_L	53																																			
LIMITE DE PLASTICITE	W_p	25																																			
<table border="1"> <tr> <td>INDICE DE PLASTICITE</td> <td>IP</td> <td>28</td> </tr> </table>			INDICE DE PLASTICITE	IP	28																																
INDICE DE PLASTICITE	IP	28																																			
																																					

UNISOL <small>Géotechnique, Environnement et Laboratoire d'Essais</small>	Affaire : HEROUVILLE SAINT CLAIR 14-23-7645	Affaire n° 23 12 0998	Indice A	Page n° 2														
LIMITES D'ATTERBERG Méthode au Cône Essai conforme aux normes NF P 94-052-1 et NF P 94-051																		
Echantillon n° :		Date de prélèvement : nc																
Sondage n° : DF1		Mode de prélèvement : Bêche																
Profondeur :		Date d'essai : 6 décembre 2023																
Nature du matériau : Argile brun-orangé avec des silex, graviers et cailloux																		
Observation : —																		
Diagramme de Casagrande																		
<p>Le diagramme de Casagrande est un graphique à double échelle. L'axe horizontal (WL (%)) va de 0 à 100. L'axe vertical (IP (%)) va de 0 à 60. Des lignes de classification sont tracées : une ligne horizontale à IP = 7, une ligne diagonale passant par (30, 7) et (100, 60), et une ligne verticale à WL = 50. Les zones sont étiquetées : Non, Peu, Plastique, Très plastique, Argiles très plastiques, Argiles peu plastiques, Limons très plastiques, Limons et sols organiques peu plastiques, Sols organiques très plastiques, Très argileux, Argileux, Moyennement argileux, Faiblement argileux.</p> <p>◆ Echantillon</p>																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">INDICE DE CONSISTANCE</td> <td style="width: 10%;">IC</td> <td style="width: 50%;">1,33</td> </tr> </table>					INDICE DE CONSISTANCE	IC	1,33											
INDICE DE CONSISTANCE	IC	1,33																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">IC :</td> <td style="width: 10%;">0</td> <td style="width: 10%;">0.25</td> <td style="width: 10%;">0.5</td> <td style="width: 10%;">0.75</td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">→</td> </tr> <tr> <td>Consistance :</td> <td>Liquide</td> <td>Pâteuse</td> <td>Molle</td> <td>Ferme</td> <td>Très ferme</td> <td>Dure</td> </tr> </table>					IC :	0	0.25	0.5	0.75	1	→	Consistance :	Liquide	Pâteuse	Molle	Ferme	Très ferme	Dure
IC :	0	0.25	0.5	0.75	1	→												
Consistance :	Liquide	Pâteuse	Molle	Ferme	Très ferme	Dure												
Date de vérification : 08/12/2023																		
Opérateur Guy Briand Cadre de laboratoire			Vérificateur Christophe Atencia Responsable du laboratoire															
Signature :			Signature :															

 Géotechnique, Environnement et Laboratoire d'Essais	Affaire : HEROUILLE SAINT CLAIR		Affaire n° 23-12-0998	Indice A	Page n° 1

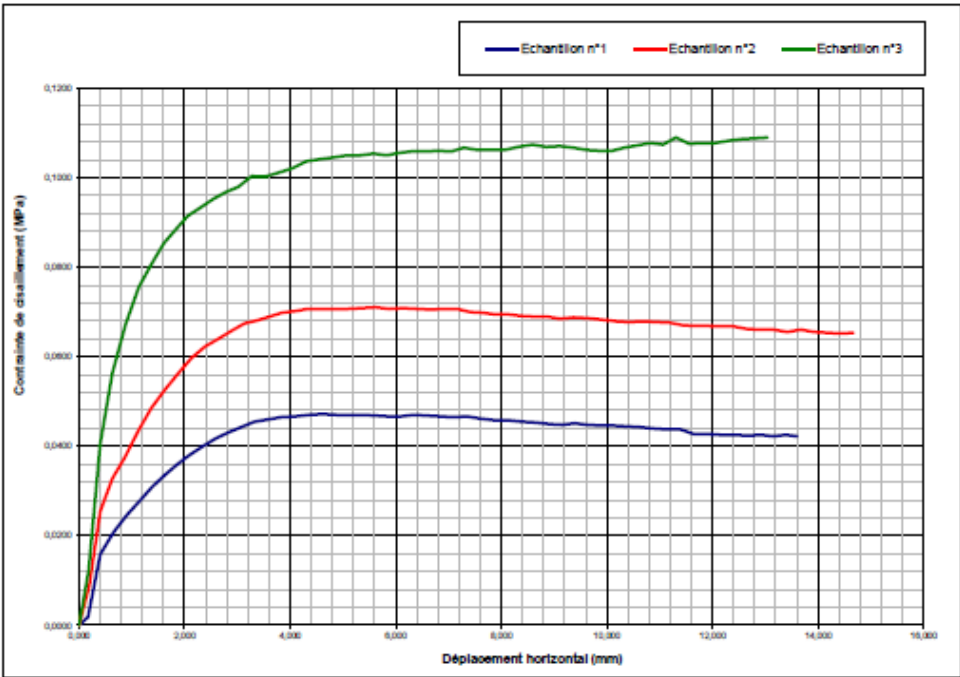
ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE

Cisaillement non Consolidé non Drainé (UU)
Essai conforme à la méthode d'essai n°21 du LCPC de 1987

Echantillon n°	:	1	Date de prélèvement	:	nc
Sondage n°	:	SC1	Mode de prélèvement	:	Carottage
Profondeur (m)	:	De 1,00 m à 2,00 m	Date d'essai	6 décembre 2023	
Prélèvement (m)	:	De 1,30 m à 1,40 m	Température de la salle		
Nature du liquide d'essai	:	Eau déminéralisée	Mini 18,00 °C	Maxi 22,00 °C	
Nature du matériau	:	Limon brun avec quelques graviers			
Observations	:	Néant			

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	60,00 mm	Masse volumique des particules solides estimée	2,70 gcm ⁻³
	H	25,00 mm	Vitesse de cisaillement	750 µm/min

N°	Caractéristiques des éprouvettes de sol							σ	Paramètres de résistance cisaillement			
	ph _i	pd _i	W _i	e _i	Sr _i				τ _{cp}	δI _p	τ _{cf}	δI _f
	gcm ⁻³	gcm ⁻³	%		%		%		MPa	MPa	mm	MPa
1	1,99	1,62	22,97	0,67	93,00			0,05	0,0472	4,61	0,0422	13,60
2	1,98	1,62	22,78	0,67	91,64			0,11	0,0711	5,62	0,0654	14,67
3	2,01	1,63	23,02	0,66	94,67			0,22	0,1090	11,31	0,1090	13,04



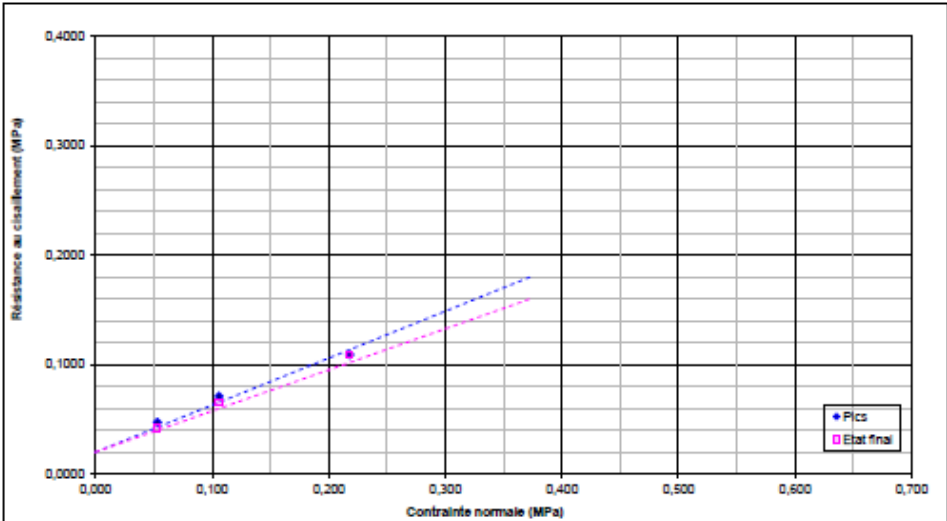
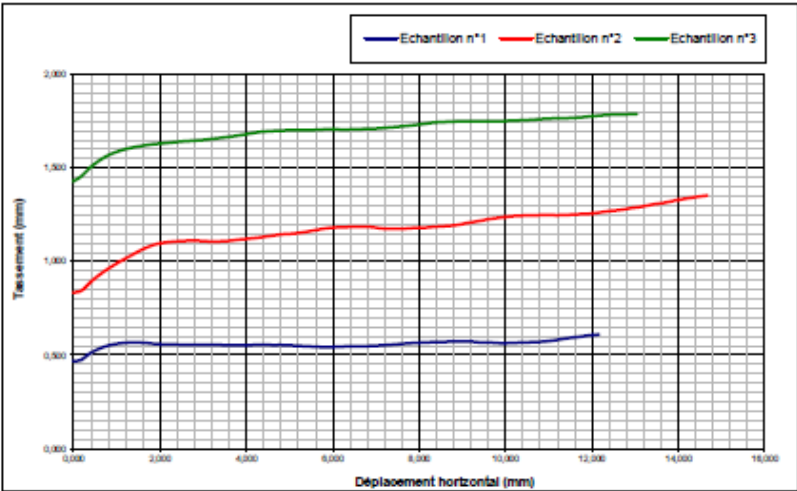
UNISOL Géotechnique, Environnement et Laboratoire d'Essais	Affaire : HEROUILLE SAINT CLAIR	Affaire n° 23-12-0998	Indice A	Page n° 2
---	------------------------------------	--------------------------	-------------	--------------

ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE

Cisaillement non Consolidé non Drainé (UU)
Essai conforme à la méthode d'essai n°21 du LCPC de 1987

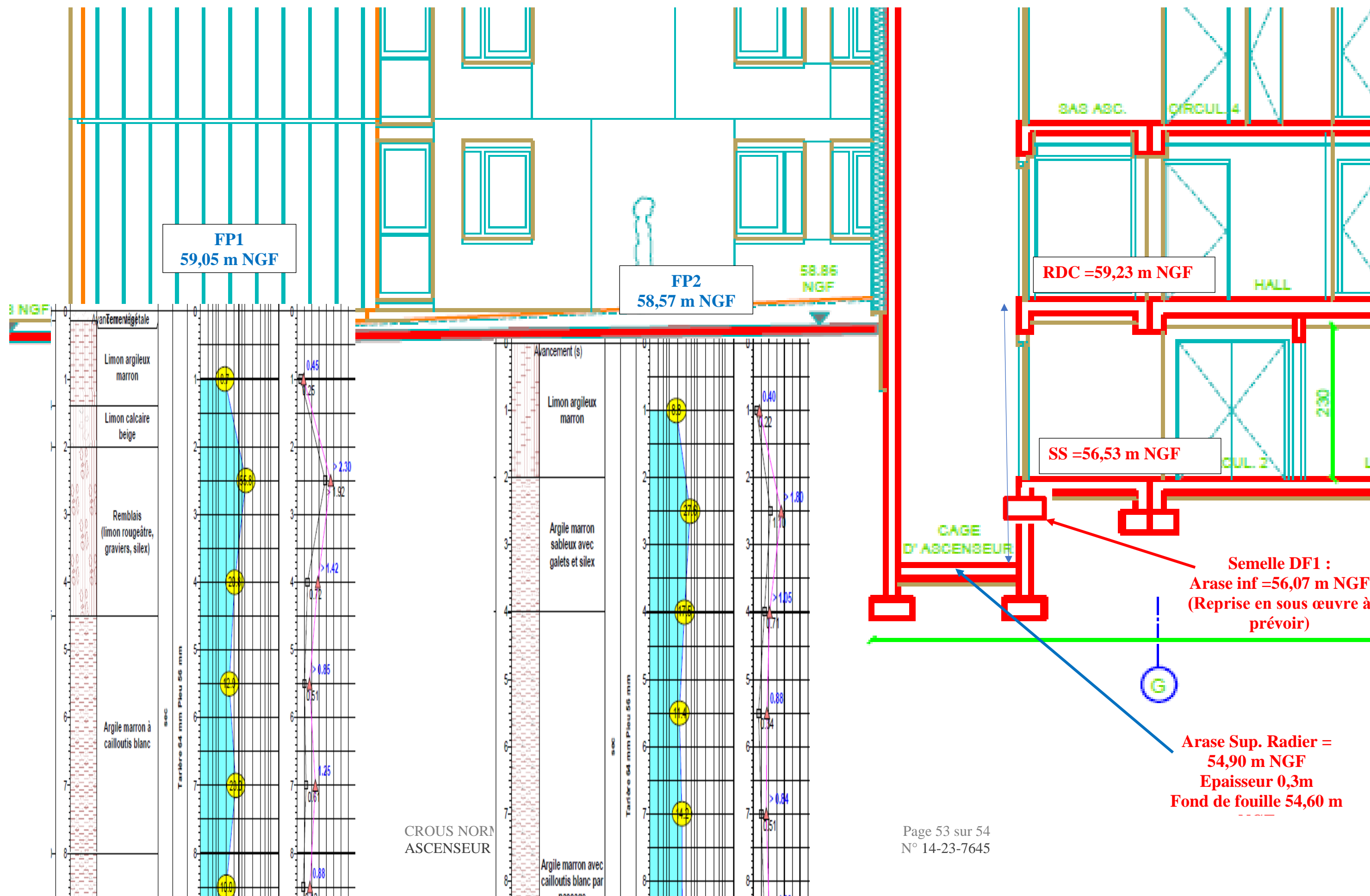
Echantillon n°	:	1	Date de prélèvement	:	nc
Sondage n°	:	SC1	Mode de prélèvement	:	Carottage
Profondeur (m)	:	De 1,00 m à 2,00 m	Date d'essai	:	6 décembre 2023
Prélèvement (m)	:	De 1,30 m à 1,40 m	Température de la salle		
Nature du liquide d'essai	:	Eau déminéralisée	Mini 18,00 °C		Maxi 22,00 °C
Nature du matériau	:	Limon brun avec quelques graviers			
Observations	:	Néant			

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	60,00 mm	Masse volumique des particules solides estimée	2,70 gcm ⁻³
	H	25,00 mm	Vitesse de cisaillement	750 µm/min





Résultats			
Cuu pic	0,020 Mpa	Cuu final	0,020 MPa
Φuu pic	23 °	Φuu final	21 °

PROFIL GEOTECHNIQUE DE SYNTHESE



PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

-  Forage pressiométrique 12 m
 Carottage 2 m

