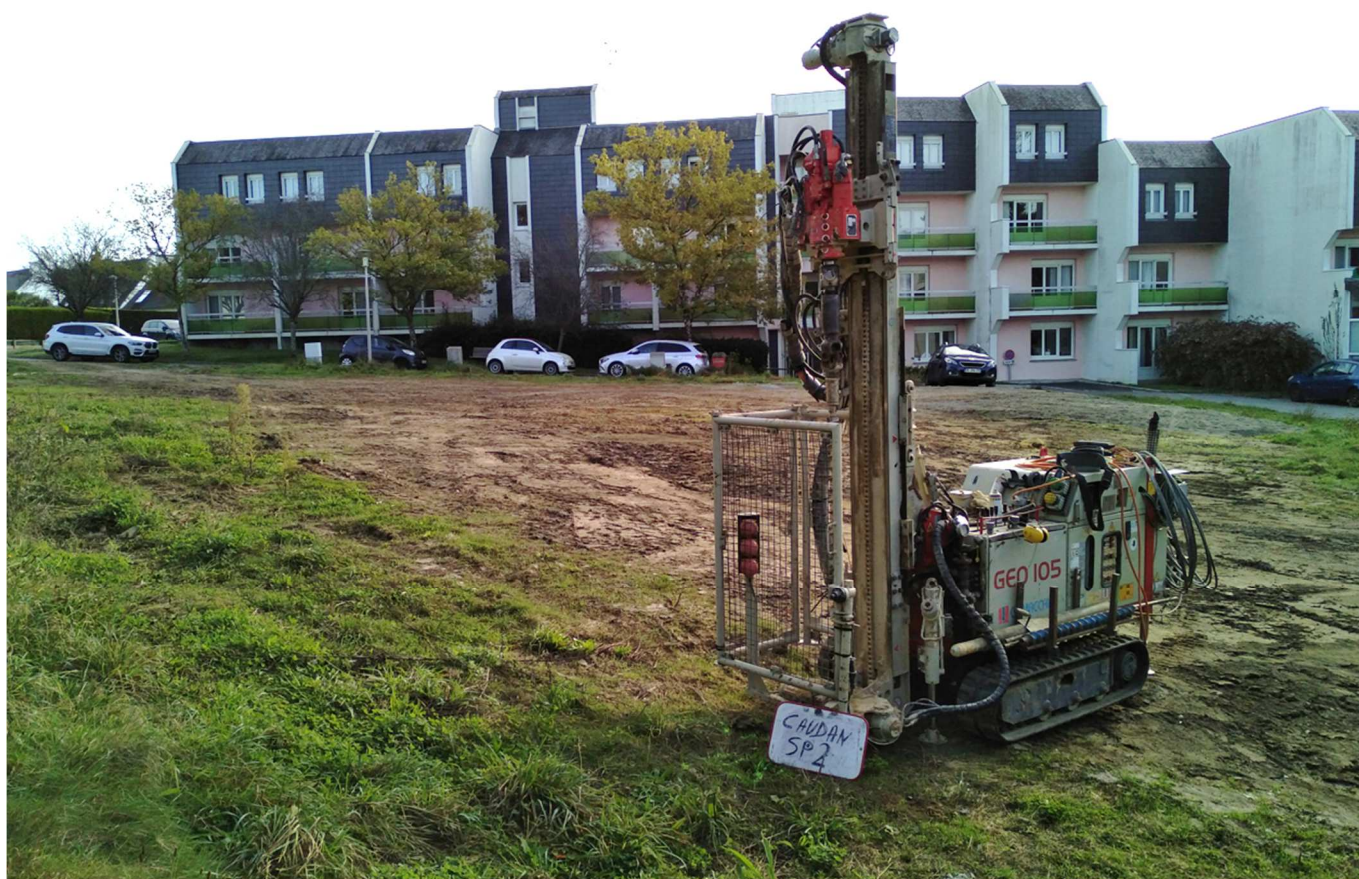


ÉTUDE DE SOL

MISSION GÉOTECHNIQUE G2 PRO

Construction d'un collectif de logements

Résidence du Belvédère
CAUDAN (56)



CLIENT

NOM	Morbihan Habitat
ADRESSE	6 Avenue Edgar Degas CS 62291 56 008 VANNES CEDEX
INTERLOCUTEUR	M. AZOULAY Jean-Christophe

ECR ENVIRONNEMENT

ADRESSE	2 rue André Ampère – 56 260 LARMOR-PLAGE
TELEPHONE / MAIL	02 97 87 42 32 / lorient@ecr-environnement.com
CHARGE D'AFFAIRES	Thierry LE LOHER
CHARGE D'ETUDES	Camille PUJAZON

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
10/2023	01	Mission G2 AVP – Edition initiale	C. PUJAZON	T. LE LOHER
03/2025	02	Mission G2 PRO – Edition initiale	C. AMAUGER	T. LE LOHER

Rédacteur	Contrôle interne
Charlie AMAUGER Chargé d'affaires	Thierry LE LOHER Chargé d'affaires

SOMMAIRE

1.	CONTEXTE DE LA RECONNAISSANCE.....	3
1.1.	PRESENTATION DU PROJET	3
1.2.	MISSION	4
1.3.	PROGRAMME.....	5
2.	DONNÉES DU SITE.....	5
2.1.	ANALYSE HISTORIQUE	5
2.2.	CONTEXTE GEOLOGIQUE	6
2.3.	POTENTIEL RADON	7
2.4.	RISQUE DE RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES.....	7
2.5.	RISQUE DE REMONTEES DE NAPPES	7
2.6.	DISPOSITIONS PARASISMIQUES	7
3.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	8
3.1.	NIVELLEMENT	8
3.2.	SYNTHESE GEOMECHANIQUE	9
3.3.	HYDROGEOLOGIE.....	10
3.4.	SYNTHESE.....	11
4.	APPLICATION AU PROJET	11
4.1.	POSSIBILITES DE FONDATION DU COLLECTIF	11
4.1.1.	<i>Principe de fondation et niveaux d'assise.....</i>	<i>11</i>
4.1.2.	<i>Modèle géotechnique</i>	<i>12</i>
4.1.3.	<i>Contrainte de calcul.....</i>	<i>13</i>
4.2.	CAS DE CHARGES ET FONDATIONS.....	13
4.3.	DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS SUPERFICIELLES SELON L'EC7	16
4.3.1.	<i>Capacité portante (ELU).....</i>	<i>16</i>
4.3.2.	<i>Excentrement du chargement (ELU).....</i>	<i>17</i>
4.3.3.	<i>Glissement (ELU).....</i>	<i>17</i>
4.3.4.	<i>Limitation de la charge transmise au terrain (ELS).....</i>	<i>18</i>
4.3.5.	<i>Excentrement du chargement (ELS).....</i>	<i>18</i>
4.3.6.	<i>Tassements (ELS)</i>	<i>19</i>
4.3.7.	<i>Synthèse des justifications.....</i>	<i>20</i>
4.4.	NIVEAU BAS	21
4.5.	PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION.....	21
4.5.1.	<i>Terrassement.....</i>	<i>21</i>
4.5.2.	<i>Fondations</i>	<i>22</i>
4.5.3.	<i>Drainage</i>	<i>23</i>

ANNEXES

Annexe 1 : Implantation des sondages (1 page)
 Annexe 2 : Résultats des investigations in-situ (11 pages)
 Annexe 3 : Classification des missions géotechniques (1 page)



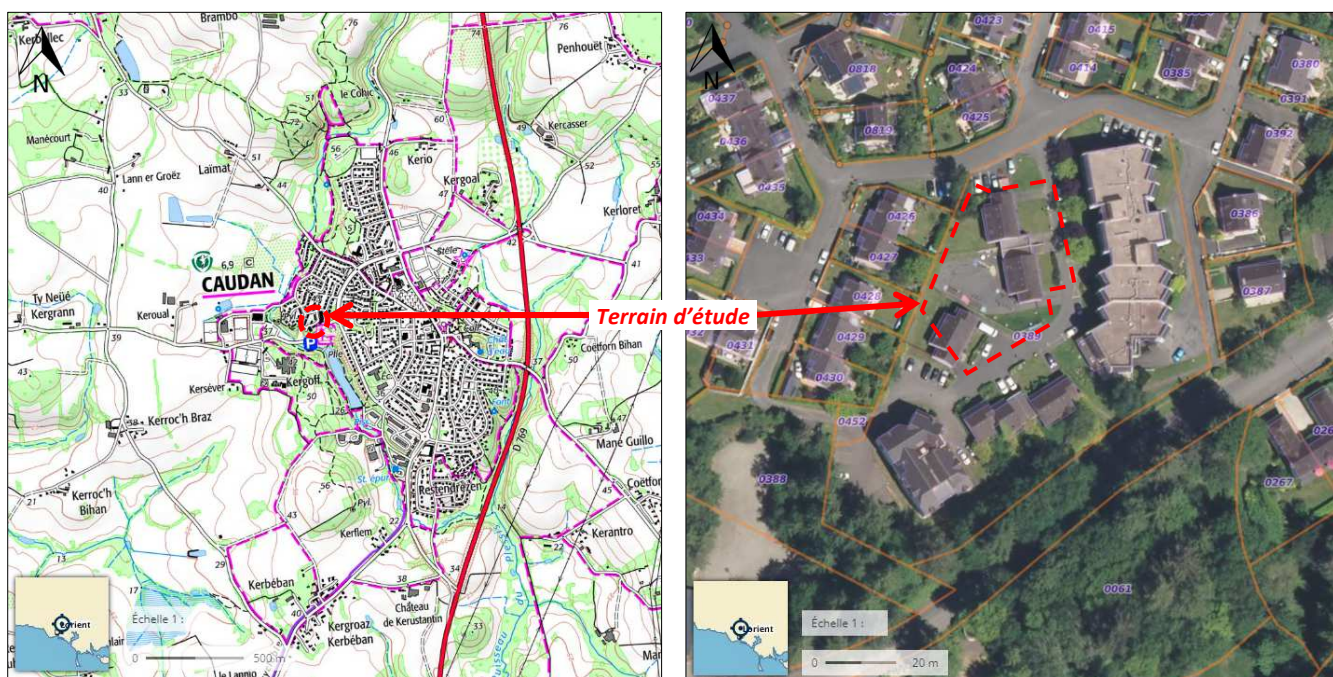
La présente reconnaissance de sol a été effectuée par la société ECR ENVIRONNEMENT – 2, rue André Ampère – 56 260 LARMOR-PLAGE à la demande et pour le compte de :

Morbihan Habitat
6 Avenue Edgar Degas
CS 62291
56 008 VANNES CEDEX

1. CONTEXTE DE LA RECONNAISSANCE

1.1. Présentation du projet

Le projet concerne la construction d'un collectif de logements sur la parcelle cadastrée AC n°389 à CAUDAN (56), au lieu-dit *Résidence du Belvédère*.



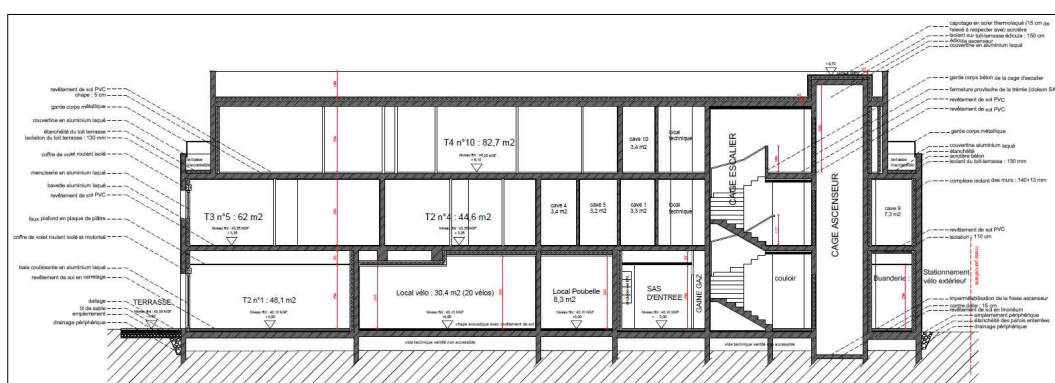
Situation de la zone d'étude, Géoportail

Lors de notre intervention en octobre 2023, la zone d'investigation correspond à un terrain de 1 415 m² superficiellement remanié, accueillant auparavant un ensemble de maisons individuelles. Les collectifs et maisons en limites Sud et Est sont également vouées à disparaître.

Le projet prévoit la construction d'un collectif de niveau R+2 d'une capacité de 12 logements allant du T2 (43 m²) au T5 partagé (280 m²).



Perspective 2 – Olivier Pouvreau Architecte



Coupe GG – Olivier Pouvreau Architecte

Les documents suivants nous ont été transmis :

Document	Référence	Emetteur	Date	Echelle
Mission G2 AVP				
Dossier ESQ	02 à 07	Olivier Pouvreau Architecte	5 Juillet 2023	variée
Mission G2 PRO				
Dossier PRO provisoire	08 à 11	Olivier Pouvreau Architecte	4 septembre 2024	variée
Plan de fondation annoté	23067/C1 ^A	OTI	06 décembre 2024	1 : 75

1.2. Mission

Par référence à la classification des « Missions Géotechniques Normalisées » (Norme NFP 94-500), la présente reconnaissance est de type **G2 PRO** et voit de ce fait l'étendue de sa mission limitée aux prestations correspondantes.

1.3. Programme

Le programme d'intervention a consisté à réaliser les opérations suivantes :

- ⇒ **4 sondages géologiques (notés SP1, SP2, T1 et T2)**, réalisés à la tarière hélicoïdale mécanique de diamètre 63 mm, jusqu'aux refus obtenus entre 2.40 et 4.10 m/TA, donnant les successions lithologiques et les éventuelles venues d'eau dans les sondages ;
+ **4 essais pressiométriques**, à raison de 2 essais par sondage SP, permettant de déterminer les caractéristiques E_M et PI^* des sols ;
- ⇒ **3 fouilles géologiques (notées F1 à F3)**, à la minipelle de 2.7 tonnes équipée d'un godet rocher de 45 cm, menées jusqu'à une profondeur de 2.50 m/TA et aux refus obtenus à 1.10 et 1.40 m/TA, donnant les successions lithologiques et les éventuelles venues d'eau dans les sondages et permettant d'apprécier la tenue des parois.

Nous prendrons également en considération les données de la mission G1 PGC n°5611989 de juillet 2022, relative au renouvellement du quartier, dans le cadre de laquelle avaient été réalisées 4 fouilles géologiques au droit du projet ou à proximité immédiate (notés F3, F5, F6 et F7).

2. DONNÉES DU SITE

2.1. Analyse historique

D'après les anciennes photographies aériennes (remonterletemps.ign.fr), le terrain d'étude est une parcelle agricole jusqu'au début des années 80'. A partir de 1982, les premières habitations du lotissement apparaissent. L'emprise du projet accueille 3 ouvrages légers de type pavillon à partir de 1982-1984 jusqu'à leur démolition récente.



Photographie aérienne du 1^{er} mai 1959 – Géoportail



Photographie aérienne du 21 août 1982 – Géoportail





Photographie aérienne du 20 août 1991 – Géoportail



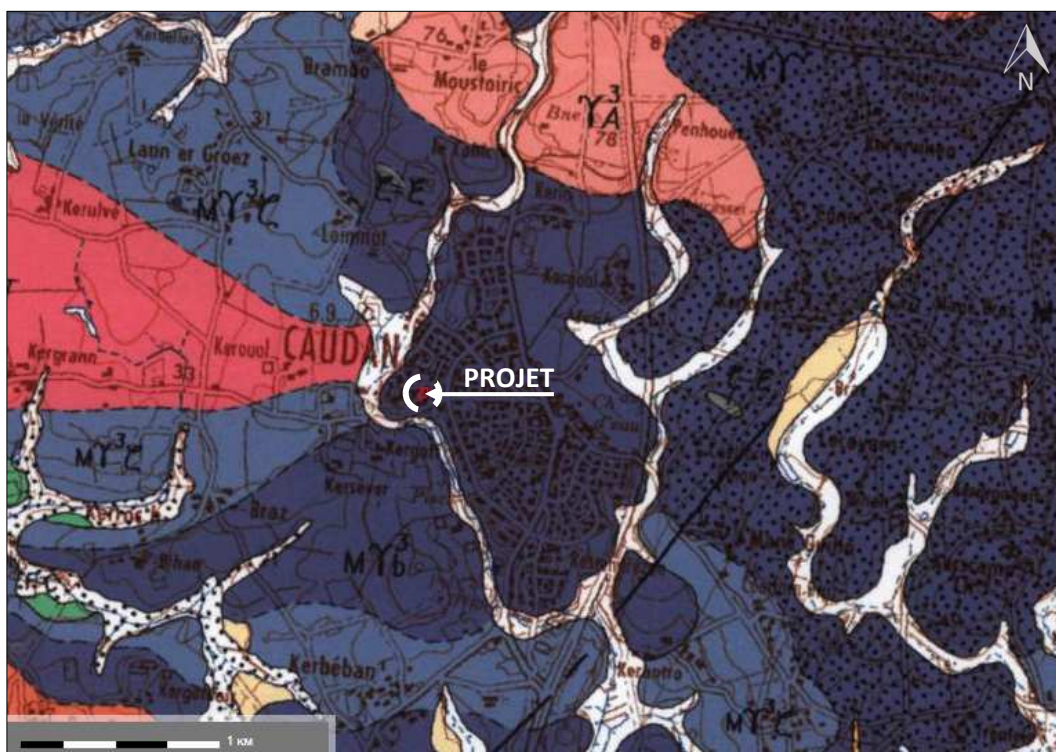
Photographie aérienne du 10 juillet 2013 – Géoportail

2.2. Contexte géologique

D'après le site InfoTerre du B.R.G.M, la zone d'étude se situe dans une formation **granitique**.

Au droit de la zone d'étude, les horizons que l'on doit normalement rencontrer sont :

- Des horizons de recouvrement, ainsi que des arènes provenant de l'altération de la roche sous-jacente ;
- Le substratum granitique.



Extrait de la carte géologique de LORIENT imprimée au 1 : 50 000^{ème} – BRGM

2.3. Potentiel radon

D'après l'IRSN, le potentiel radon de la commune de CAUDAN (56) est classé en **catégorie 3**. Il est recommandé, sans obligation, de prévoir des systèmes constructifs, de ventilations et de chauffages adaptés (étanchéité sol/bâtiment, vide sanitaire ventilé...).

2.4. Risque de retrait gonflement des argiles

D'après la carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles (georisques.gouv.fr), l'emprise du projet se situe dans une zone d'**aléa moyen**.

2.5. Risque de remontées de nappes

D'après la carte du risque de remontées de nappes (georisques.gouv.fr), le projet se situe en **limite d'une zone sujette aux inondations de cave**.

2.6. Dispositions parasismiques

➤ Catégorie de bâtiments

Les bâtiments à risque normal sont classés en 4 catégories d'importance croissante, de la *catégorie I* à faible enjeu, à la *catégorie IV* qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise.

L'ouvrage concerné par la présente étude est classé dans le **groupe II**.

➤ Exigence sur le bâti neuf

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment et de la zone de sismicité. Le zonage sismique de la France (décret d'octobre 2010 entré en vigueur le 1^{er} mai 2011) classe la commune de CAUDAN (56) en zone d'**aléa sismique 2** (aléa faible).

Concernant la présente étude (ouvrage de catégorie II situé en zone d'aléa sismique 2), l'application des prescriptions parasismiques particulières de **l'Eurocode 8 n'est pas obligatoire**.



3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

Nous avons présenté en annexe les documents suivants :

- Le plan d'implantation des investigations ;
- Les coupes des sondages géologiques comprenant les valeurs des essais pressiométriques ;
- Les coupes des fouilles géologiques et leurs photographies.

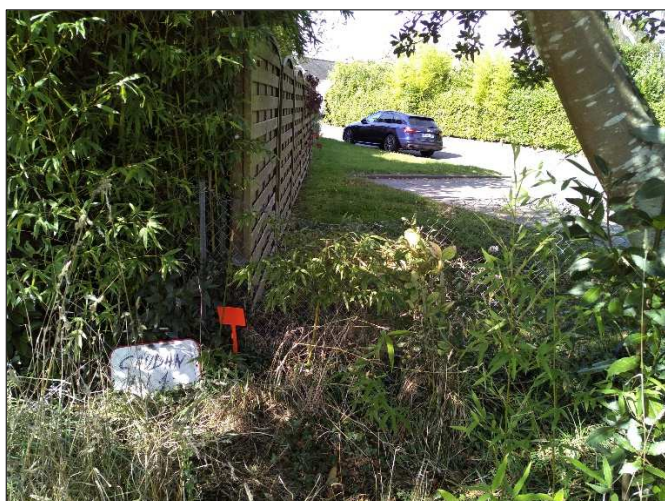
3.1. Nivellement

Les points de sondages ont été nivelés par nos soins en prenant comme références de nivellement la borne géomètre de la parcelle référencée AC n°426 (R.N.1) et le tampon EP situé sur une place de stationnement au Nord du terrain d'étude (R.N.2). D'après le récépissé de DICT *Lorient Agglomération DEA*, R.N.2 est coté à 40.96 m NGF.

L'altitude de ces références et des points de sondage sont les suivantes :

	Références		Sondages						
Point	R.N.1	R.N.2	SP1	SP2	T1	T2	F1	F2	F3
Altitude (m NGF)	41.26	40.96	40.52	39.57	39.54	40.69	40.13	40.21	39.11

L'emplacement des références de nivellement et des points de sondage est reporté en Annexes sur le Plan d'implantation des investigations.



Photographies des références de nivellement

3.2. Synthèse géomécanique

Les sondages géologiques ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse Comacchio GEO 105, à la tarière hélicoïdale de diamètre 63 mm jusqu'aux refus obtenus entre 2.40 et 4.10 m/TA, lors de nos investigations le 2 octobre 2023.

Les essais pressiométriques ont été réalisés conformément à la norme NF EN ISO 22476-4 avec une sonde de diamètre 60 mm équipée d'une gaine toilée. Ils ont permis de mesurer les caractéristiques suivantes :

- module pressiométrique : E_M (MPa)
- pression limite nette : PI^* (MPa)

Les fouilles géologiques ont été réalisées le 4 octobre 2023, à la minipelle 2.7T équipé d'un godet rocher de 45cm de largeur, jusqu'à une profondeur de 2.50 m/TA et aux refus obtenus à 1.10 et 1.40 m/TA.

Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au terrain actuel (T.A.) tel qu'il était le jour de l'intervention. L'ensemble des coupes de sondages est joint en annexe.

Au droit des sondages réalisés, la coupe géologique synthétique est la suivante :

○ **Horizons de recouvrement** composés de :

- **Terre végétale**, en tête de SP1, SP2, T1 et T2 sur une épaisseur de 15 à 30 cm ;
- **Remblai**, terreux et sablo-graveleux à cailloux, intégrant localement des déchets de démolition (béton, PVC, enrobe, etc...), marron clair – beige – jaune, identifié en SP1, SP2, T2, F1, F2 et F3 jusque 0.40 à 0.90 m/TA ;

Ces horizons avaient également été rencontrés lors de nos investigations en juin 2022 au droit et à proximité immédiate du projet jusqu'à une profondeur de 1.60 m/TA en F7.

○ **Horizons d'altération du substratum granitique** composés de :

- **Arène granitique peu compacte**, sableuse légèrement argileuse, beige, observée en T2 jusque 1.00 m/TA ;
- **Arène granitique moyennement compacte**, sableuse légèrement graveleuse, jaune – beige ±clair, jaune, observée en T2 jusque 2.90 m/TA et en F1 jusqu'à sa base à 2.50 m/TA ;
- **Arène granitique compacte**, sableuse ± graveleuse a blocs, beige – jaune pâle, reconnue en SP1, SP2, T1, T2, F2 et F3 jusqu'à une profondeur comprise entre 1.40 et 4.10 m/TA :
 $42.9 < E_M < 59.9$ MPa
 $2.25 < PI^* < 2.34$ MPa (4 essais)
- **Granite ±altéré à sain**, jaune, source de refus aux outils de forage entre 1.10 et 4.10 m/TA.

Les sondages réalisés à proximité immédiate du projet en juin 2022 avaient mis en évidence l'altération hétérogène du substratum granitique, avec une arène tendre au Nord du projet jusqu'à une profondeur non reconnue (≥ 2.50 m/TA), une arène moyennement compacte au Sud-Est et rapidement le rocher granitique vers le Sud-Ouest.



Tableau récapitulatif des successions lithologiques et de leurs épaisseurs :

Intervention de	Octobre 2023							Juin 2022			
Sondages	SP1	SP2	T1	T2	F1	F2	F3	F3	F5	F6	F7
Cote au TA (m NGF)	40.52	39.57	39.54	40.69	40.13	40.21	39.11	39.98	39.38	39.86	40.92
Formation lithologique	Profondeur de la base (m/TA) (Cote NGF correspondante)										
Recouvrement	0.80 (39.72)	0.90 (38.67)	0.70 (38.84)	0.50 (40.19)	0.70 (39.43)	0.40 (39.81)	0.55 (38.56)	0.15 (39.83)	0.30 (39.08)	0.30 (39.56)	1.60 (39.32)
Arène tendre	–	–	–	–	–	–	–	–	–	>2.50 (37.36)	–
Arène peu compacte	–	–	–	1.00 (39.69)	–	–	–	–	–	–	–
Arène moy. compacte	–	–	–	2.90 (37.79)	>2.50 (37.63)	–	–	0.50 (39.48)	–	–	> 2.50 (38.42)
Arène compacte	2.70 (37.82)	2.40 (37.17)	2.10 (37.44)	4.10 (36.59)	–	1.40 (38.81)	–	–	–	–	–
Granite altéré à sain	>2.70 (37.82)	>2.40 (37.17)	>2.70 (36.84)	>4.10 (36.59)	–	>1.40 (38.81)	>1.10 (38.01)	>1.05 (38.93)	>1.10 (38.28)	–	–
Arrêt Volontaire [V] / Refus [R]	[R]	[R]	[R]	[R]	[R]	[R]	[R]	[R]	[R]	[V]	[V]

En l'absence de valeurs mécaniques couplées aux sondages géologiques, les indications de compacité renseignées ne sont données qu'à titre indicatif et ne correspondent qu'au ressenti de l'opérateur.

3.3. Hydrogéologie

Lors de nos investigations en octobre 2023, aucun niveau d'eau n'a été observé dans nos sondages en cours de foration et en fin de chantier jusqu'aux profondeurs investiguées (≤ 4.10 m/TA). De même, aucun niveau d'eau n'avait été observé lors de notre investigation en juin 2022.

Les horizons de recouvrement et les arènes granitiques sont des aquifères potentiels, susceptibles de se recharger par infiltration pluviale.

D'un point de vue général, il est rappelé que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviosité.

Des circulations d'eau localisées et anarchiques au sein des terrains de surface, sur le toit rocheux ou éventuellement plus en profondeur dans les passages altérés ou fracturés du substratum restent possibles même si elles n'ont pas été observées lors de l'intervention.



3.4. Synthèse

- Les sondages mettent en évidence la présence d'horizons de recouvrement (terre végétale, enrobé, remblai, limon) sur des épaisseurs allant de 40 à 90 cm voire jusqu'à 1.60 m, recouvrant l'altération hétérogène du substratum granitique en arènes tendres à compactes, puis le rocher ± altéré, source de refus aux outils de forages entre 1.40 et 4.10 m/TA ;
- Les caractéristiques mécaniques des horizons remblayés et terreux sont faibles, celles des arènes granitiques sont moyennes à satisfaisantes et celles du rocher sont bonnes à très bonnes ;
- Lors de nos investigations en octobre 2023, aucun niveau d'eau n'a été observé dans nos sondages en cours de foration et en fin de chantier jusqu'aux profondeurs investiguées (≤ 4.10 m/TA).

4. APPLICATION AU PROJET

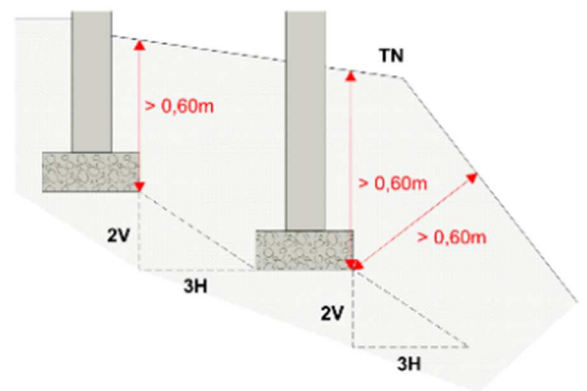
4.1. Possibilités de fondation du collectif

4.1.1. Principe de fondation et niveaux d'assise

Le mode de fondations de l'ouvrage devra tenir compte de l'importance et de la géométrie des charges apportées et de la nécessité de mobiliser un horizon portant, homogène et de compacité correcte.

Les fondations respecteront le critère le plus restrictif suivant :

- Un ancrage **minimum de 0,30 m** dans la couche d'assise suffisamment portante et homogène, dans des sols non décomprimés, non imbibés et non remaniés, ou de **0,20 m** dans le substratum rocheux (**0.80 m dans le cas d'un ouvrage construit en zone d'aléa faible à moyen vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles*) ;
- Les terrains de faible portance, remaniés et remblayés seront traversés en intégralité ;
- Un encastrement respectant en tout point la garde au gel, soit au minimum de **0,60 m** par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries ;
- Le respect d'une pente maximum de **3H/2V** (3 Horizontal pour 2 Vertical) entre les arêtes inférieures des fondations voisines (existantes et futures).



Au vu des résultats, nous préconisons de reporter les charges du collectif au moyen de **fondations superficielles de type semelles filantes et isolées**, ancrées de 30 cm minimum dans les arènes moyennement compactes à compactes ou de 20 cm minimum dans le rocher \pm altéré, soit un encastrement minimum par rapport au T.N. le jour de notre intervention de :

N° sondage	SP1	SP2	T1	T2	F1	F2	F3
Cote altimétrique du sondage (m NGF)	40.52	39.57	39.54	40.69	40.13	40.21	39.11
Profondeur d'encastrement min. (m/TA)	> 1.10	> 1.20	> 1.00	> 1.30	> 1.00	> 0.71	> 0.75
Cote altimétrique de niveau d'assise min. des fondations (m NGF)	< 39.42	< 38.37	< 38.54	< 39.39	< 39.13	< 39.50	< 38.36
Cote de niveau fini RDC (m NGF)	40.10						
Hauteur de fondation (m/RDC)	> 0.68	> 1.73	> 1.56	> 0.71	> 0.97	> 0.60	> 1.74

Tout ancrage dans les horizons de recouvrement est exclu.

Ces profondeurs sont données au droit des sondages réalisés. Des surprofondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure (présence de poches moins résistantes, variation du toit de la couche, terrains remaniés, présence de matière organique...), ce qui nécessitera des approfondissements locaux de l'assise des fondations, avec un rattrapage par du gros béton. De plus, toutes lentilles de terrains résistants, susceptibles de former des points durs locaux seront à dérocter si ces points durs se situent sous les fondations.

Il est essentiel de veiller à ne pas remanier l'horizon portant de bonne qualité et un contrôle strict de la qualité des fonds de fouille devra être prévu. Le béton sera coulé à pleine fouille et ce immédiatement après leur creusement.

4.1.2. Modèle géotechnique

La coupe géotechnique retenue pour les calculs, sur la base des investigations réalisées est la suivante :

Formation	Base de la couche (m/TA – [NGF])					PI*	E _M	α	γ (kN/m³)
	SP1	SP2	T1	T2	F3	(MPa)			
Recouvrement	0.80 (39.72)	0.90 (38.67)	0.70 (38.84)	0.50 (39.69)	0.55 (38.56)	–	–	1/2	18
Arène granitique peu compacte	–	–	–	1.00 (39.69)	–	0.7 ⁽¹⁾	7 ⁽¹⁾	1/2	18
Arène granitique moyennement compacte	–	–	–	2.90 (37.79)	–	1.0 ⁽¹⁾	12 ⁽¹⁾	1/2	19
Arène granitique compacte	2.70 (37.82)	2.40 (37.17)	2.10 (37.44)	4.10 (36.59)		2.2	40	1/2	20
Granite ±altéré	Au-delà					3.0 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾	2/3	21

⁽¹⁾ Valeurs sécuritaires retenues pour les calculs, ne devant pas faire oublier de potentielles valeurs bien supérieures, notamment attendues dans le granite \pm altéré.



4.1.3. Contrainte de calcul

Les contraintes de calcul à prendre en pour les justifications vis-à-vis des Etats Limites de Service et Ultimes sont estimées selon la norme NF P 94-261 de juin 2013 (norme d'application nationale de l'Eurocode 7 sur les fondations superficielles).

De manière sécuritaire, pour pallier l'hétérogénéité de portance de l'altération granitique, le risque de fracturation du rocher et considérer des tassements différentiels acceptables sous fondations, les contraintes limites de calculs maximales à prendre en compte, pour des charges verticales centrées, sont limitées à :

$$\begin{aligned} q_{ELS \text{ QP et C}} &\leq 0,25 \text{ MPa} \\ q_{ELU \text{ F et S}} &\leq 0,41 \text{ MPa} \\ q_{ELU \text{ A}} &\leq 0,47 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Il conviendra de s'assurer que la surface au sol des fondations superficielles permette de vérifier la contrainte de sol précédente, en considérant la descente de charge réelle en tête de fondation et le poids propre de la fondation (semelle + gros béton éventuel).

4.2. Cas de charges et fondations

Les plans de fondation transmis par le BET OTI retiennent les éléments suivants pour un taux de travail du sol q_{ELS} limité à 2.5 bars :

Semelle (cm)	DDC (T)	
	G	Q
M1 90x90x20ht	16	3
M2 100x100x25ht	20	2
	15	3
M3 110x110x30ht	22	4
	24	5
M4 120x120x30ht	29	4
	29	4
	28	3
	28	3
M5 130x130x35ht	34	5
	31	5
	34	6
M6 130x145x40ht	34	5
M7 140x140x35ht	41	5
M8 160x190x50ht	48	8
M9 180x260x45ht	63	9

Semelle (cm)	DDC (T/ml)	
	G	Q
SF1 50x20ht	4	1,5
	4	2
	6	2
	8	3
	9	2
	11	1,5
SF2 70x20ht	15	2,5
SF3 80x25ht	16	3

L'arase supérieure des fondations est donnée à -1.20 m/0.00 (soit 38.90 NGF).

Il est prévu la réalisation d'un vide sanitaire.



Nous étudierons en particulier les cas des fondations suivantes :

Fondations (cm)	Modèle géotech	AS ⁽¹⁾ (NGF)	ht GB ⁽²⁾ (m)	Poids de la fondation ⁽³⁾	Poids des terres ⁽⁴⁾	Descente de charges ⁽⁵⁾	
				(kN – kN/ml)			
M2 100x100x25ht	T2	38.90	-	6,25	-	200	20
M5 130x130x35ht	SP1		-	14,79	-	340	50
M8 160x190x50ht	F3		0,04	40,68	-	480	80
M3 110x110x30ht	SP2		0,23	15,20	-	240	50
M9 180x260x45ht			0,08	60,89	-	630	90
SF2 70x20ht			0,33	8,58	-	150	25
	T2		-	3,50	-		
SF1 50x20	T2		-	2,50	-	90	20
	SP1		-	2,50	-	110	15
	F3		0,34	6,24	-	90	20

(1) Arase supérieure de la semelle ;

(2) La hauteur de gros béton est calculée selon le modèle géotechnique retenu (§4.1.2) en considérant les arases supérieures de fondations précédentes et les profondeurs minimales d'encastrement définies au §4.1.1 ;

(3) Le poids de la fondation (non pondéré) intègre le poids de la semelle et du gros béton en considérant un poids de gros béton de 22 kN/m³ et un poids du béton de semelle de 25 kN/m³, avec une surface au sol de gros béton identique à celui de la semelle ;

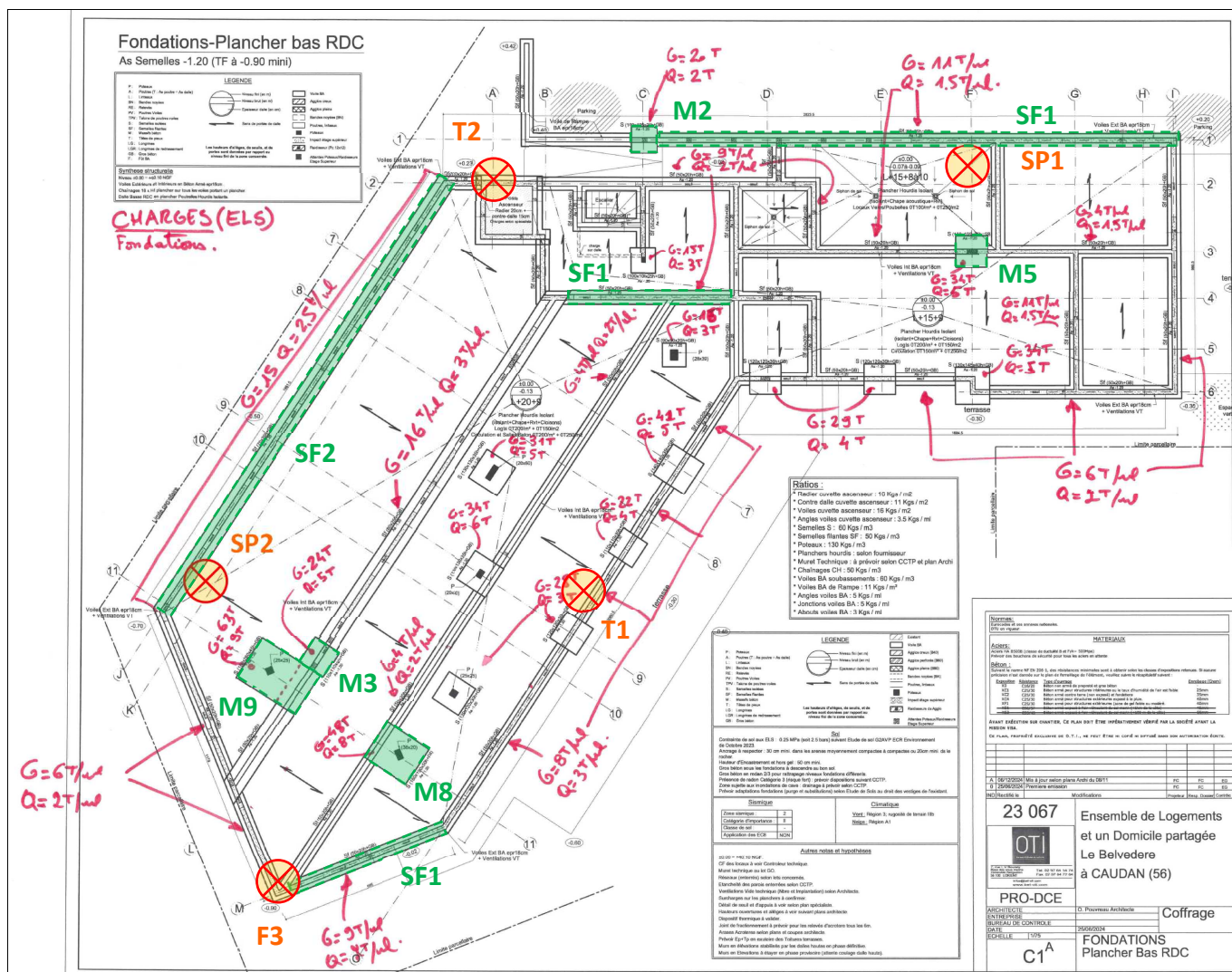
(4) Le poids des terres en tête de fondation est considéré nul dans le cas d'un vide sanitaire ;

(5) Descentes de charges en tête de fondations.

Les descentes de charges seront combinées, en intégrant le poids des terres et le poids propre de la fondations, telles que :

ELS quasi-permanentes	$[G] + 0,3x[Q]$
ELS caractéristiques	$[G] + [Q]$
ELU Fondamentales	$1,35x[G] + 1,5x[Q]$

La stabilité des fondations devra faire l'objet d'une vérification systématique pour l'ensemble des combinaisons d'actions appliquées aux nœuds de la structure à l'ELU et à l'ELS en phase EXE. En fonction des cas de charges et des valeurs d'efforts verticaux et horizontaux de calcul retenus selon les combinaisons d'actions étudiées, la valeur de portance pourra être réduite ou la géométrie des fondations pourra être adaptée.



Plan de fondations – OTI

4.3. Dimensionnement des fondations superficielles selon l'EC7

Conformément à la norme NF P 94-261, les justifications portent sur les états-limites suivants :

- Défaut de capacité portante, rupture par poinçonnement aux ELU et aux ELS ;
- Rupture par glissement aux ELU ;
- Rotations, tassements ou déplacements excessifs aux ELS.

4.3.1. Capacité portante (ELU)

Selon la norme NF P 94-261, à l'ELU pour les situations durables et transitoires, 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, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

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

Avec :

- V_d = valeur de calcul de la charge verticale transmise par la fondation au terrain
- R_0 = valeur du poids de volume de sol constitué du volume de la fondation et des sols-sus-jacents = $q_0 \times A'$
- $R_{v;d}$ = valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle

La valeur de calcul de la résistance nette du terrain $R_{v;d}$ est déduite de la valeur caractéristique de résistance nette $R_{v;k}$ de la manière suivante :

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

Avec :

- A' : Surface effective de la semelle ;
- q_{net} : Contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation ;
- $\gamma_{R;v}$: Coefficient partiel de calcul de la portance à l'ELU, soit 1.4 ;
- $\gamma_{R;d;v}$: Coefficient de méthode associé à la méthode pressiométrique, soit 1.2.

La contrainte de rupture du sol q_{net} est évaluée d'après la méthode pressiométrique selon la norme NF P 94-261. Elle a pour expression :

$$q_{net} = k_p \cdot P_{le} \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

Avec :

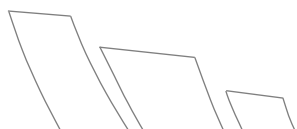
- P_{le}^* = pression limite nette équivalente
- k_p = facteur de portance pressiométrique
- i_δ = coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement
- i_β = coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus en pente. Aucune fondation ne devant être implantée en crête de talus, ce coefficient prend la valeur de 1.

Le coefficient i_δ est lié à l'inclinaison du chargement $\delta_d = \arctan\left(\frac{H_d}{V_d}\right)$

Avec :

- H_d = valeur de calcul de la composante horizontale de l'effort sollicitant
- V_d = valeur de calcul de la composante verticale de l'effort sollicitant

Pour les cas considérés, l'état limite de capacité portante à l'ELU durable et transitoire est bien **vérifié**.



Les résultats pour les modèles géotechniques retenus sont fournis au §4.3.7.

4.3.2. Excentrement du chargement (ELU)

L'excentrement est défini par : $e = M / V$

Où M et V sont respectivement le moment et l'effort vertical appliqués au centre de la base de la fondation.

La justification de l'excentrement du chargement se vérifie par les inégalités suivantes :

A l'état limite ultime, pour les situations durables et transitoires, on doit vérifier selon la géométrie de fondation l'inégalité suivante :

	ELU Durable et transitoire
Semelle filante de largeur B	$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{1}{15}$
Semelle circulaire de diamètre B	$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{3}{40}$
Semelle rectangulaire de section B x L	$(1 - \frac{2e_B}{B})(1 - \frac{2e_L}{L}) \geq \frac{1}{15}$
Aire comprimée minimale	10 %

En l'absence d'efforts horizontaux et/ou de moments en tête des fondations, l'excentrement est nul.
Pour les cas considérés, l'excentrement du chargement est donc **vérifié**.

4.3.3. Glissement (ELU)

A l'état limite ultime, pour les situations durables et transitoires, on doit vérifier :

$$H_d \leq R_{h;d} + R_{p;d}$$

Avec :

- H_d : Valeur de calcul de la composante horizontale de la charge transmise au terrain ;
- $R_{h;d}$: Valeur de calcul de la résistance au glissement de la fondation sur le terrain ;
- $R_{p;d}$: Valeur de calcul de la résistance frontale ou tangentielle de la fondation ;



La résistance ultime au glissement est déterminée, en conditions drainées, comme suit :

$$R_{h;d} = \frac{V_d \cdot \tan \delta_{a;k}}{\gamma_{R;h} \cdot \gamma_{R;d;h}}$$

Avec :

- V_d : Valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise au terrain ;
- $\gamma_{a;k}$: Valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface entre la base de la fondation et le terrain, prise égale à la valeur de l'angle de frottement interne du sol porteur pour des fondations coulées en place, soit **30°** dans l'arène granitique moyennement compacte à compacte et **35°** dans le granite altéré ;
- $\gamma_{R;h}$: Coefficient pour la résistance au glissement de la fondation superficielle, soit 1.1 ;
- $\gamma_{R;d;h}$: Coefficient de modèle pour la résistance ultime au glissement, soit 1.1.

En l'absence d'efforts horizontaux en tête des fondations, les conditions d'absence de rupture par glissement sur le terrain à l'ELU (durable et transitoire) sont donc **vérifiées**.

4.3.4. Limitation de la charge transmise au terrain (ELS)

Selon la norme NF P 94-261, le critère de limitation de la charge transmise au terrain nécessite de vérifier, à l'ELS caractéristique et quasi-permanent, la même inégalité que celle permettant la vérification de la capacité portante à l'ELU, avec un coefficient $\gamma_{R;v}$ de 2.3.

Les critères de limitation de la charge transmise au terrain à l'ELS (caractéristique et permanent) sont bien **vérifiés**.

Les résultats pour les modèles géotechniques retenus sont fournis au §4.3.7.

4.3.5. Excentrement du chargement (ELS)

L'excentrement est défini par : $e = M / V$

Où M et V sont respectivement le moment et l'effort vertical appliqués au centre de la base de la fondation.

La justification de l'excentrement du chargement se vérifie par les inégalités suivantes :

	ELS Quasi-Permanent et Fréquent	ELS Caractéristique
Semelle filante de largeur B	$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{2}{3}$	$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{1}{2}$
Semelle circulaire de diamètre B	$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{3}{4}$	$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{9}{16}$
Semelle rectangulaire de section B x L	$(1 - \frac{2e_B}{B})(1 - \frac{2e_L}{L}) \geq \frac{2}{3}$	$(1 - \frac{2e_B}{B})(1 - \frac{2e_L}{L}) \geq \frac{1}{2}$
Aire comprimée minimale	100 %	≥ 75 %

En l'absence d'efforts horizontaux et/ou de moments en tête des fondations, l'excentrement est nul.
Pour les cas considérés, l'excentrement du chargement est donc **vérifié**.



4.3.6. Tassements (ELS)

L'estimation des tassements est réalisée selon l'annexe H de la norme NF P 94-261. Les tassements sont calculés sous les contraintes admissibles maximales aux ELS en combinaisons quasi-permanentes et en **considérant les fondations parfaitement rigides**.

Nous utiliserons donc la méthode pressiométrique proposées par Ménard où le tassement final s_f est défini par :

$$S_f = S_c + S_d$$

Avec :

- s_c = tassement sphérique = $(\alpha/9.E_c) * (q' - \sigma'_{v0}) * \lambda_c * B$
- s_d = tassement déviatorique = $(2/9.E_d) * (q' - \sigma'_{v0}) * B_0 * (\lambda_d * B/B_0)^\alpha$

et où

- α est le coefficient rhéologique du sol
- B est la largeur de la fondation
- B_0 est la largeur de référence égale à 0.6 m
- E_c et E_d sont les modules pressiométriques sphériques et déviatoriques des sols d'assise
- q' est la contrainte effective moyenne appliquée au sol par la fondation
- σ'_{v0} est la contrainte verticale effective au niveau de fondation calculée dans la configuration du terrain avant travaux
- λ_c et λ_d sont des coefficients de forme, fonction du rapport L/B

Les **tassements théoriques** absolus maximums calculés pour les fondations, les cas de charges en combinaisons quasi-permanentes et les modèles géotechniques retenus (§ 4.1.2) sont **inférieurs à 5 mm**. Il en résulte de même un tassement différentiel théorique inférieur à 5 mm.

Les résultats pour les modèles géotechniques retenus sont fournis au §4.3.7.

Les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7. Rappelons que les tassements sont essentiellement conditionnés par le soin porté à l'exécution des fondations (homogénéité du fond de fouille, ancrage...).

Ils devront être confirmés lorsque les dimensions des fondations et les contraintes appliquées au sol aux ELS seront définitives.

Il peut être nécessaire de prévoir des ouvrages rigides pouvant s'adapter aux déformations.

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages pressiométriques réalisés. Ailleurs, des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs ou inférieurs à ceux ici estimés.

Dans tous les cas, il conviendra d'assurer une mise en œuvre très soignée pour limiter la création de tassements et, si des hétérogénéités apparaissaient lors des fouilles, d'augmenter la surface de contact sol/fondation pour réduire la contrainte apportée



4.3.7. Synthèse des justifications

														Capacité portante				Excentrement		Glissement			Tassement théorique (cm)	
Fondation (cm)	AS (NGF)	Modèle géotech.	ht GB (m)	Type de sol	Cas	e _B	e _L	A' (m ² - m ² /ml)	k _p	P _{le} *	i _δ	i _β	q _{net} (MPa)	q _{ref} (kPa)	V _d	R ₀	R _{v,d}			V _d - R ₀ ≤ R _{v,d}	H _d	R _{h,d}		H _d
						(m)	(m ² - m ² /ml)			(MPa)										(kN – kN/ml)				
M2 100x100x25ht	38,90	T2	0,00	Sables, Graves	ELS QP	0,00	0,00	1,00	1,15	1,40	1,00	1,00	1,608	212,25	212,25	4,75	582,74	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,25
					ELS C	0,00	0,00	1,00	1,15	1,40	1,00	1,00	1,608	226,25	226,25	4,75	582,74	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-
					ELU F	0,00	0,00	1,00	1,15	1,40	1,00	1,00	1,608	308,44	308,44	4,75	957,36	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	147,17	OK	-
ELS QP		0,00	0,00		1,69	1,17	2,67	1,00	1,00	3,136	218,81	369,79	11,83	1 920,42	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,10			
ELS C		0,00	0,00		1,69	1,17	2,67	1,00	1,00	3,136	239,52	404,79	11,83	1 920,42	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-			
ELU F		0,00	0,00		1,69	1,17	2,67	1,00	1,00	3,136	327,79	553,96	11,83	3 154,97	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	264,32	OK	-			
ELS QP		0,00	0,00		1,21	1,19	2,39	1,00	1,00	2,848	223,30	270,20	12,27	1 248,41	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,11			
ELS C		0,00	0,00		1,21	1,19	2,39	1,00	1,00	2,848	252,23	305,20	12,27	1 248,41	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-			
ELU F		0,00	0,00		1,21	1,19	2,39	1,00	1,00	2,848	346,71	419,52	12,27	2 050,96	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	200,17	OK	-			
M9 180x260x45ht		SP2	0,08	ELS QP	0,00	0,00	4,68	1,11	2,61	1,00	1,00	2,898	153,39	717,89	47,46	4 913,70	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,10	
				ELS C	0,00	0,00	4,68	1,11	2,61	1,00	1,00	2,898	166,86	780,89	47,46	4 913,70	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-	
				ELU F	0,00	0,00	4,68	1,11	2,61	1,00	1,00	2,898	228,14	1 067,70	47,46	8 072,50	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	509,45	OK	-	
M8 160x190x50ht		F3	0,04	Roches altérées	ELS QP	0,00	0,00	3,04	0,87	3,00	1,00	1,00	2,621	179,17	544,68	31,37	2 886,85	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,09
					ELS C	0,00	0,00	3,04	0,87	3,00	1,00	1,00	2,621	197,59	600,68	31,37	2 886,85	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-
					ELU F	0,00	0,00	3,04	0,87	3,00	1,00	1,00	2,621	270,69	822,91	31,37	4 742,68	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	476,21	OK	-
SF2 70x20ht		SP2	0,33	Sables, Graves	ELS QP	0,00	0,00	0,70	1,19	2,20	1,00	1,00	2,607	237,26	166,08	7,10	661,21	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,14
					ELS C	0,00	0,00	0,70	1,19	2,20	1,00	1,00	2,607	262,26	183,58	7,10	661,21	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-
					ELU F	0,00	0,00	0,70	1,19	2,20	1,00	1,00	2,607	359,41	251,59	7,10	1 086,27	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	120,04	OK	-
		T2	0,00		ELS QP	0,00	0,00	0,70	1,13	1,11	1,00	1,00	1,251	230,00	161,00	2,66	317,18	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,36
					ELS C	0,00	0,00	0,70	1,13	1,11	1,00	1,00	1,251	255,00	178,50	2,66	317,18	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-
					ELU F	0,00	0,00	0,70	1,13	1,11	1,00	1,00	1,251	349,61	244,73	2,66	521,09	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	116,77	OK	-
SF1 50x20ht		T2	0,00		ELS QP	0,00	0,00	0,50	1,18	1,00	1,00	1,00	1,176	197,00	98,50	1,90	213,08	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,26
					ELS C	0,00	0,00	0,50	1,18	1,00	1,00	1,00	1,176	225,00	112,50	1,90	213,08	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-
					ELU F	0,00	0,00	0,50	1,18	1,00	1,00	1,00	1,176	309,75	154,88	1,90	350,06	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	73,90	OK	-
SF1 50x20ht		SP1	0,00		ELS QP	0,00	0,00	0,50	1,18	2,20	1,00	1,00	2,588	234,00	117,00	2,00	468,78	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,11
					ELS C	0,00	0,00	0,50	1,18	2,20	1,00	1,00	2,588	255,00	127,50	2,00	468,78	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-
					ELU F	0,00	0,00	0,50	1,18	2,20	1,00	1,00	2,588	348,75	174,38	2,00	770,14	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	83,20	OK	-
SF1 50x20ht		F3	0,34	Roches altérées	ELS QP	0,00	0,00	0,50	1,00	3,00	1,00	1,00	2,987	204,48	102,24	5,16	541,12	OK	1,00 ≥ 2/3	OK	-	-	-	0,07
					ELS C	0,00	0,00	0,50	1,00	3,00	1,00	1,00	2,987	232,48	116,24	5,16	541,12	OK	1,00 ≥ 1/2	OK	-	-	-	-
					ELU F	0,00	0,00	0,50	1,00	3,00	1,00	1,00	2,987	319,85	159,92	5,16	888,99	OK	1,00 ≥ 1/15	OK	0,00	92,55	OK	-

4.4. Niveau bas

Il est prévu la réalisation d'un plancher porté avec un vide sanitaire.

4.5. Précautions particulières de conception et d'exécution

4.5.1. Terrassement

Les terrassements pourront être réalisés sans difficultés particulières au moyen d'engins mécaniques courants dans les horizons remblayés et terreux et les arènes peu à moyennement compactes. Dans l'arène compacte et le granite altéré, ils nécessiteront l'emploi d'engins de moyenne à forte puissance et/ou équipés d'outils adaptés (godet-rocher, dent de déroctage, BRH, ...). Quoi qu'il en soit, les moyens employés devront être adaptés aux terrains rencontrés.

Ils devront être réalisés en assurant la stabilité des ouvrages mitoyens (soutènements provisoires, talutage, terrassements par passes, limitation des vibrations lors des terrassements...). On veillera à adopter la puissance des engins utilisés, à la présence des différents bâtiments existants. On veillera à garantir l'intégrité des constructions avoisinantes durant tout le chantier et en phase définitive.

Notons qu'après démolition des ouvrages anciennement présents sur le site, dessouchage et dévoiement éventuel des réseaux existants, le terrain est localement remanié et que des vestiges de fondations, de dalles et de blocs béton sont susceptibles d'être présents dans le sol. Les restes des fondations du bâtiment devront être curés soigneusement.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif ou de moindre consistance et/ou tous points durs rencontrés en fond de forme sera purgée. Pour le rattrapage des éventuels hors profils après purge, on prévoira la réalisation d'une couche de forme en classe D2 selon le GTR, comportant moins de 5 % de fines.

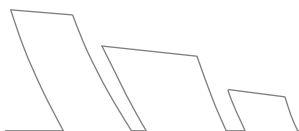
Lors des travaux, nous attirons l'attention sur la nécessité de préserver au mieux la qualité du sol d'assise du bâtiment projeté.

On proscrira, autant que faire se peut, de faire manœuvrer des engins sur la plate-forme décapée et l'on privilégiera un remblaiement instantané de la première couche à l'avancement.

Après mise à niveau du fond de forme, ce dernier sera compacté. Son compactage sera adapté aux conditions climatiques au moment des travaux.

NOTA : Si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, le cloutage du fond de forme et la pose d'un géotextile pourront s'avérer nécessaires.

En fonction de l'état hydrique des sols et des niveaux d'eau au moment des travaux, les terrassements dans des matériaux saturés peuvent entraîner des éboulements. Il conviendra alors de prendre les dispositions nécessaires afin d'éviter de tels désordres (busage ou blindage continu par exemple) ainsi que l'utilisation d'un dispositif de pompage ou de rabattement de nappe.



Il conviendra de protéger le fond de fouille en cas d'intempéries et les surfaces devront être réglées et fermées avant l'arrivée des intempéries. En cas de venue d'eau, aucune stagnation ne sera tolérée et la mise en place d'un dispositif de drainage et évacuation gravitaire ou d'un système de pompage si nécessaire sera à prévoir.

4.5.2. Fondations

Lors de la mise en œuvre du fond de fouille, toutes poches ou lentilles plus compressibles que le terrain environnant, ainsi que tous points durs pouvant provoquer des désordres sur les fondations devront être purgés afin d'obtenir un sol d'assise d'homogénéité satisfaisante. La substitution sera constituée d'une grave non traitée soigneusement compactée ou d'un gros béton.

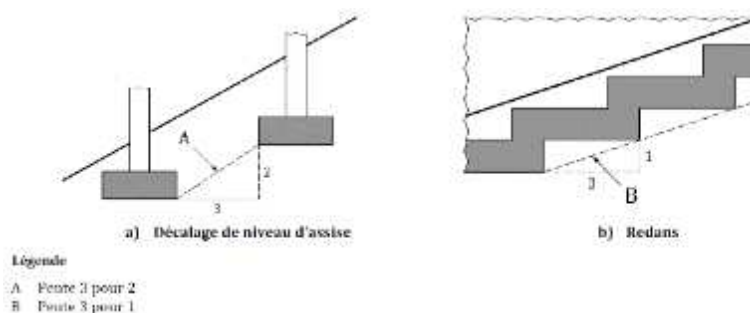
En cas d'intempéries ou de venues d'eau, une évacuation de ces eaux devra se faire aussitôt par pompage.

Le bétonnage devra se faire aussitôt après les terrassements afin d'éviter toute altération et décomposition du sol d'assise. Dans le cas contraire, on coulera un béton de propreté à l'avancement des terrassements.

Les profondeurs hors-gel devront être respectées.

Des joints de construction devront être mis en place entre les éléments de construction accolés et fondés à des profondeurs et/ou des modes différents et entre deux parties du projet différemment chargées.

On veillera à respecter une pente maximale de 3H/2V entre les arêtes inférieures des fondations voisines et avoisinantes (réseaux, talus...). D'autre part, les semelles filantes établies sur un terrain en pente devront respecter des redans à pente maximale de 3H/1V.



Extrait du DTU 13.1

Il faudra s'assurer de l'absence de remblais ou de sol décomprimé au niveau des fondations.

Les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

- largeur minimale des fondations de 40 cm pour les semelles filantes et de 70 à 80 cm pour les semelles isolées et puits, en dehors de toute considération de descente de charge afin d'assurer un bon contact entre le sol et la fondation ;
- assise des fondations horizontale ;
- mise en place d'un béton de propreté immédiatement après l'ouverture des fouilles de fondations sur une épaisseur minimum de 5 cm ;
- sol d'assise homogène sous un même bâtiment ;



- prévoir des joints de constructions entre les parties d'un même bâtiment présentant un mode de fondation différent ou des descentes de charges hétérogènes ;
- en cas de surprofondeur, un rattrapage par un gros béton devra être réalisé ;
- blindage des fouilles au-delà de 1,30 m de profondeur.

4.5.3. Drainage

Lors de nos investigations en octobre 2023, aucun niveau d'eau n'a été observé dans nos sondages en cours de foration et en fin de chantier jusqu'aux profondeurs investiguées (≤ 4.10 m/TA).

➤ Phase provisoire :

En fonction de la date de réalisation des terrassements, des arrivées d'eau superficielles sont donc possibles (ruissellements, remontées).

En cas de venue d'eau, aucune stagnation ne sera tolérée et la mise en place d'un dispositif de drainage et évacuation gravitaire (ou d'un système de pompe si nécessaire) sera à prévoir afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher la fouille de terrassement généraux.

Quoi qu'il en soit, des précautions d'usage seront à respecter pour conserver le fond de terrassement de nature sableuse \pm graveleuse sensible à l'eau :

- Réaliser les travaux en période sèche, non pluvieuse, et à l'avancement ;
- Régler le fond de terrassement de manière à permettre une évacuation gravitaire des eaux ;
- Protection du fond de fouille en cas d'intempéries, les surfaces devront être réglées et fermées avant l'arrivée des intempéries ;
- Protection des talus provisoire par un polyane. Une cunette de réception des eaux de ruissellement devra être réalisée en pied de talus et reliée à un exutoire (évacuations des eaux en dehors de l'emprise du chantier) afin de sauvegarder les caractéristiques de la plate-forme de travail.

Le bétonnage des semelles devra se faire aussitôt après les terrassements afin d'éviter toute altération et décomposition du sol d'assise par des venues d'eau. Dans le cas contraire, on coulera un béton de propreté à l'avancement des terrassements.

➤ Phase définitive :

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations sera proscrite. Il sera nécessaire de protéger les ouvrages contre les infiltrations d'eau au moyen d'un dispositif drainant. Un drainage périphérique pourra être mis en place en respectant le DTU 20.1. Les eaux de ruissellement et de toiture seront soigneusement collectées (drainage amont, gouttières, contre-pente...) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

On veillera également à prendre en compte les précautions suivantes :

- Les abords immédiats des ouvrages devront être aménagés pour diriger les eaux vers l'extérieur en dehors de l'emprise des ouvrages : forme de pente au niveau de l'aménagement du projet, voire mise en place d'une margelle en béton imperméable, permettant de ne pas amener de l'eau à proximité des futures fondations ;
- Pas de rejet des eaux pluviales à proximité des fondations ;



- Les eaux collectées devront être évacuées en dehors de l'emprise des ouvrages vers un réseau existant ou un exutoire prévu à cet effet ;
- Pour les vides sanitaires, on mettra en œuvre tout dispositif approprié (forme de pente, drain, puisard, etc...) pour la collecte et l'évacuation des eaux d'infiltration afin que celles-ci ne soient pas piégées dans l'ouvrage ;
- Les fosses ascenseur enterrées, seront cuvelées (fond et parois) suivant les dispositions du DTU 14.1. Les ouvrages devront ainsi être conçus vis-à-vis des éventuelles sous-pression à reprendre ;

*
* *

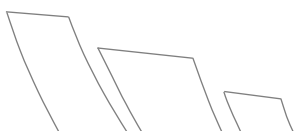
Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude de conception de niveau projet (G2 PRO) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, des études géotechniques de réalisation (G3 et G4, distinctes et simultanées) doivent être envisagées.

ECR environnement peut prendre en charge la maîtrise d'œuvre dans le domaine de la géotechnique, au stade du projet.

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve des conditions particulières jointes en annexe.

Rédacteur : AMAUGER Charlie
Chargé d'affaires

Contrôle qualité : LE LOHER Thierry
Chargé d'affaires



CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou Procès-verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

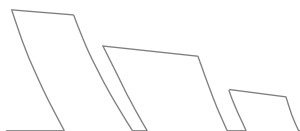
Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à E.C.R. ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du Rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du Rapport et doivent être portés à la connaissance d'E.C.R. ENVIRONNEMENT.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur les dites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.



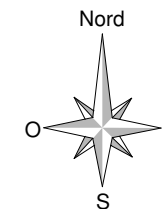
ANNEXES

Annexe 1

Implantation des sondages



0 10 m 20 m



Légende :

Mission G2 AVP n°5613523 (10/2023)



SP : Sondage pressiométrique (2)



T : Sondage à la tarière (2)



F : Fouille géologique (3)

Mission G1 PGC n°5611989 (06/2022)



F : Fouille géologique (4)

Annexe 2

Résultats des investigations in situ





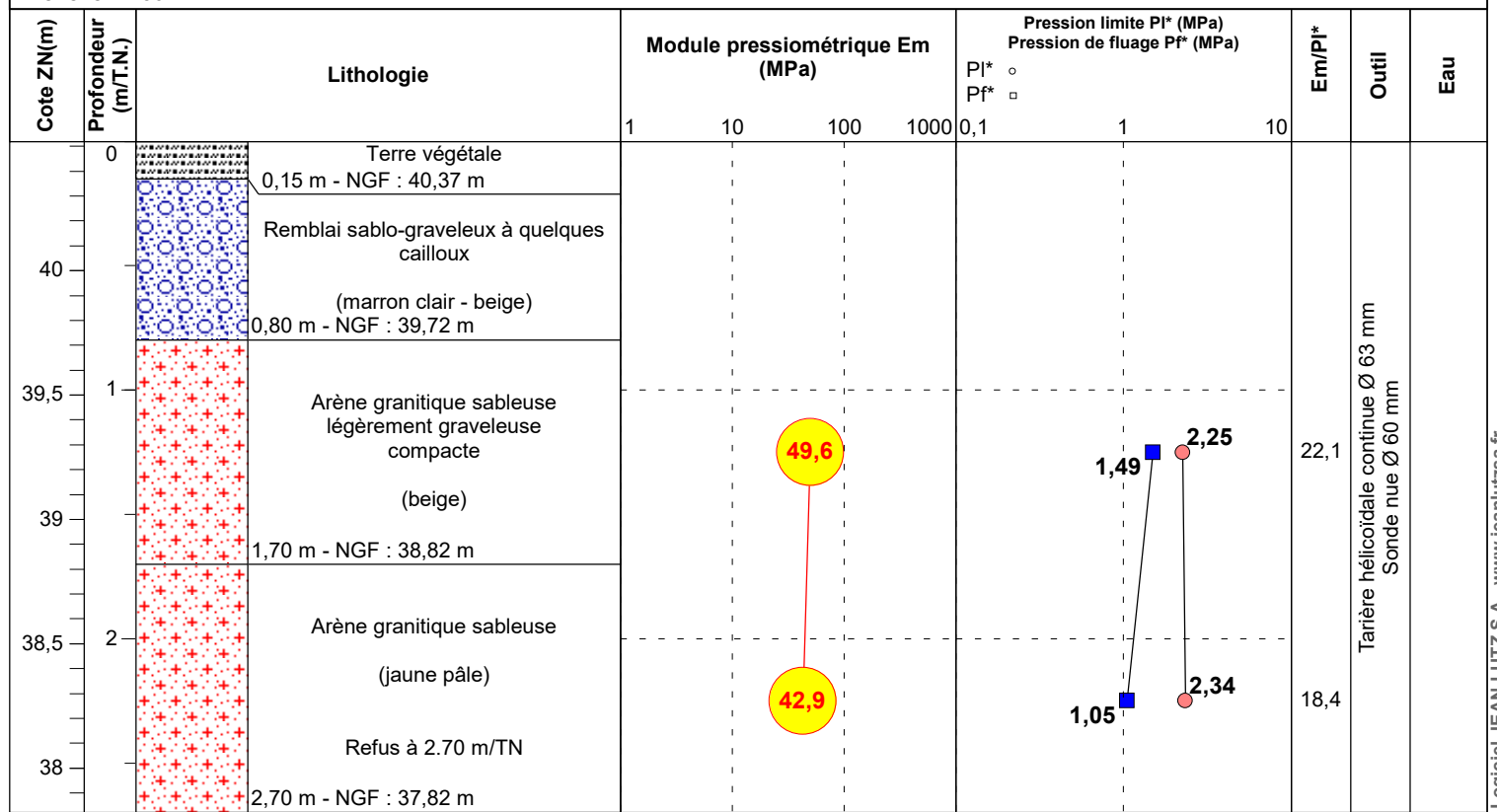
Client : **MORBIHAN HABITAT**
Etude : **Construction d'un collectif de logements**
Site : **Résidence du Belvédère - CAUDAN (56)**

Mission : **G2 AVP**
N° d'affaire : **5613523**
Date : **02/10/2023**

Forage : **SP1**

Cote z : 40.52 m NGF
Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/30



EXGTE 3.20



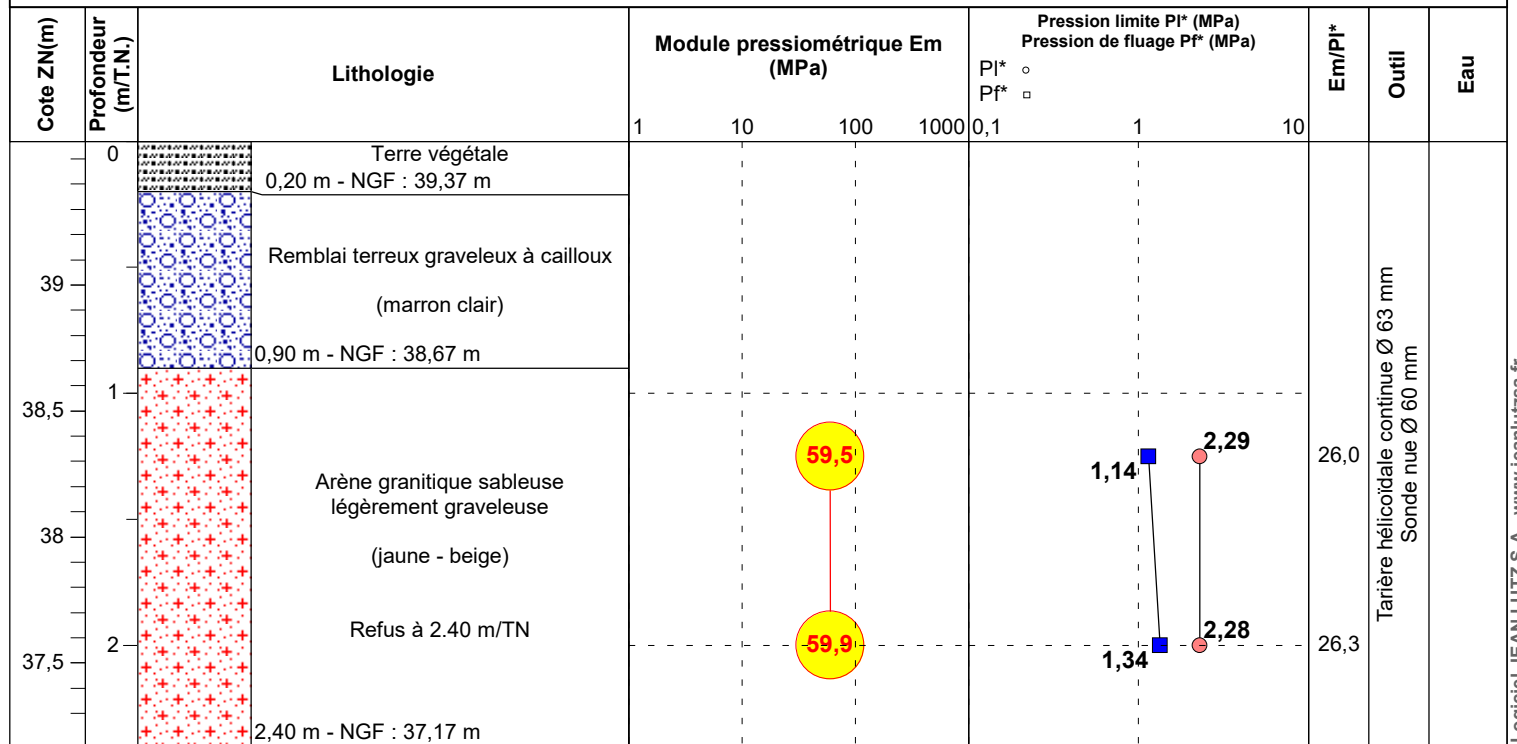
Client : **MORBIHAN HABITAT**
Etude : **Construction d'un collectif de logements**
Site : **Résidence du Belvédère - CAUDAN (56)**

Mission : **G2 AVP**
N° d'affaire : **5613523**
Date : **02/10/2023**

Forage : **SP2**

Cote z : 39.57 m NGF
Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/30



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20



Client : **MORBIHAN HABITAT**
Etude : **Construction d'un collectif de logements**
Site : **Résidence du Belvédère - CAUDAN (56)**

Mission : **G2 AVP**
N° d'affaire : **5613523**
Date : **02/10/2023**

Forage : **T1**

Cote z : **39.54 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **néant**

Echelle : 1/30

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau
	0	Terre végétale	Tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	
	0,30 m - NGF : 39,24 m			
39	0,70 m - NGF : 38,84 m	Limon sableux légèrement gravo-argileux (marron clair)		
38,5	1	Arène sableuse compacte (jaune)		
38				
37,5	2	2,10 m - NGF : 37,44 m		
37		Granite peu altéré à sain (jaune)		
		Refus à 2.70 m/TN		
	2,70 m - NGF : 36,84 m			

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.23



Client : **MORBIHAN HABITAT**
Etude : **Construction d'un collectif de logements**
Site : **Résidence du Belvédère - CAUDAN (56)**

Mission : **G2 AVP**
N° d'affaire : **5613523**
Date : **02/10/2023**

Forage : **T2**

Cote z : **40.69 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **néant**

Echelle : 1/30

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau
	0	Terre végétale	Tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	
	0,15 m - NGF : 40,54 m	Remblai sablo-graveleux cailloux (marron clair - jaune - beige)		
	0,50 m - NGF : 40,19 m			
40		Arène sableuse légèrement argileuse peu compacte (beige)		
1	1,00 m - NGF : 39,69 m			
39,5		Arène sableuse moyennement compacte (jaune)		
2	2,40 m - NGF : 38,29 m		Tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	
38,5		Arène sableuse légèrement graveleuse (jaune)		
38	2,90 m - NGF : 37,79 m			
37,5		Arène sablo-graveleuse compacte (jaune)	Tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	
37		Refus à 4.10 m/TN		
4	4,10 m - NGF : 36,59 m			

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20



Client : **MORBIHAN HABITAT**
Etude : **Construction d'un collectif de logements**
Site : **Résidence du Belvédère - CAUDAN (56)**

Mission : **G2 AVP**
N° d'affaire : **5613523**
Date : **04/10/2023**

Forage : **F1**

Cote z : **40.13 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **néant**

Echelle : 1/20

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau	Images
40	0	Remblai de démolition terreux graveleux (débris de béton, PVC, enrobé etc...)	GR 45		
39,5	0,70 m - NGF : 39,43 m				
39	1	Arène sableuse moyennement compacte (jaune)			
38,5					
38	2				
		2,50 m - NGF : 37,63 m			

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20

AE : Arrivée d'eau en cours de foration
Commentaires :

NE : Niveau d'eau en fin de chantier

Machine : Minipelle 2.7 T



Client : **MORBIHAN HABITAT**
Etude : **Construction d'un collectif de logements**
Site : **Résidence du Belvédère - CAUDAN (56)**

Mission : **G2 AVP**
N° d'affaire : **5613523**
Date : **04/10/2023**

Forage : **F2**

Cote z : 40.21 m NGF
Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/20

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau	Images
40	0	Remblai terreux graveleux	GR 45		
	0,40 m - NGF : 39,81 m				
39,5		Arène compacte à blocs de Granite (jaune)			
1		Refus sur Granite à 1.40 m/TN			
39		1,40 m - NGF : 38,81 m			
38,5	2				
38					

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20

AE : Arrivée d'eau en cours de foration
Commentaires :

NE : Niveau d'eau en fin de chantier

Machine : Minipelle 2.7 T





Client : **MORBIHAN HABITAT**
 Etude : **Construction d'un collectif de logements**
 Site : **Résidence du Belvédère - CAUDAN (56)**

Mission : **G2 AVP**
 N° d'affaire : **5613523**
 Date : **04/10/2023**

Forage : **F3**

Cote z : 39.11 m NGF
 Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/20

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau	Images
39	0	Remblai terreux sablo-graveleux 0,20 m - NGF : 38,91 m	GR 45		
		Remblai graveleux 0,55 m - NGF : 38,56 m			
38,5		Granite fracturé Refus sur Granite sain à 1.10 m/TN			
38	1	1,10 m - NGF : 38,01 m			
37,5					
37	2				

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20

AE : Arrivée d'eau en cours de foration
 Commentaires :

NE : Niveau d'eau en fin de chantier

Machine : Minipelle 2.7 T



Client : **Bretagne Sud Habitat**
Etude : **Renouvellement urbain**
Site : **Résidence Belvédère, CAUDAN (56)**

Mission : **G1 PGC**
N° d'affaire : **5611989**
Date : **30/06/2022**

Forage : **F3**

Cote z : 39.98 m NGF
Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/30

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Perméabilité
	0	Terre végétale remaniée	GR 45	
	0,15 m - NGF : 39,83 m	Arène granitique limoneuse (jaune)		K = 15 mm/h
	0,50 m - NGF : 39,48 m	Granite fracturé		
39	1	Refus à 1.50 m/TN		
		1,05 m - NGF : 38,93 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20

AE : Arrivée d'eau en cours de foration
Commentaires :

NE : Niveau d'eau en fin de chantier

Machine : Minipelle 2.7 T



Client : **Bretagne Sud Habitat**
Etude : **Renouvellement urbain**
Site : **Résidence Belvédère, CAUDAN (56)**

Mission : **G1 PGC**
N° d'affaire : **5611989**
Date : **30/06/2022**

Forage : **F5**

Cote z : 39.38 m NGF
Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/30

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau
	0	Terre végétale remaniée	GR 45	
39		0,30 m - NGF : 39,08 m		
38,5	1	Granite altéré (beige - jaune) Refus à 1.10 m/TN		
		1,10 m - NGF : 38,28 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20

AE : Arrivée d'eau en cours de foration
Commentaires :

NE : Niveau d'eau en fin de chantier

Machine : Minipelle 2.7 T



Client : **Bretagne Sud Habitat**
Etude : **Renouvellement urbain**
Site : **Résidence Belvédère, CAUDAN (56)**

Mission : **G1 PGC**
N° d'affaire : **5611989**
Date : **30/06/2022**

Forage : **F6**

Cote z : 39.86 m NGF
Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/30

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau
	0	Remblai (terre végétale, cailloux, enrobé, plastique, etc...)		
		0,30 m - NGF : 39,56 m		
	1	Arène granitique sableuse tendre (jaune)	GR 45	
	2			
		2,50 m - NGF : 37,36 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20

AE : Arrivée d'eau en cours de foration
Commentaires :

NE : Niveau d'eau en fin de chantier

Machine : Minipelle 2.7 T



Client : **Bretagne Sud Habitat**
Etude : **Renouvellement urbain**
Site : **Résidence Belvédère, CAUDAN (56)**

Mission : **G1 PGC**
N° d'affaire : **5611989**
Date : **30/06/2022**

Forage : **F7**

Cote z : 40.92 m NGF
Niveau d'eau (m/TN) : néant

Echelle : 1/30

Cote ZN(m)	Profondeur (m/T.N.)	Lithologie	Outil	Eau
	0	Terre végétale remaniée	GR 45	
	0,30 m - NGF : 40,62 m			
40	1	Remblai graveleux (traces de démolition)		
39,5		1,60 m - NGF : 39,32 m		
39	2	Arène granitique sableuse (remblai ?) moyennement compacte (jaune)		
38,5		2,50 m - NGF : 38,42 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.20

AE : Arrivée d'eau en cours de foration
Commentaires :

NE : Niveau d'eau en fin de chantier

Machine : Minipelle 2.7 T

Annexe 3

Classification des missions géotechniques

Extrait de la Norme NF P 94-500 - 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 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 œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

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

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

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

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant. — Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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