



CONSTRUCTION D'UN BATIMENT

ETUDE GEOTECHNIQUE G2 AVP

Lieu-dit La Roche Marguerite

Bruz (35)

Référence : G2AVP – Construction d'un bâtiment – Bruz (35)					
Affaire n° GEO-23-050			Destinataire(s) : M. Régis MASSARD		
Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Modifications	Nb de pages
0	20/10/23	C.ANDALLAH	N.REBUFIE	-	25 + 3 annexes

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

Sont annexés à ce rapport :

- * Le plan d'implantation des sondages.
- * Résultats des investigations.
- * Le rappel des missions géotechniques.

SOMMAIRE

1. OBJET DU RAPPORT	3
1.1. Mission	3
1.2. Description du projet	3
1.3. Objectif de l'étude	3
1.4. Documents utilisés.....	4
1.5. Sondages et essais.....	4
1.6. Remarques	4
2. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE	5
2.1. Localisation du site	5
2.2. Etat actuel.....	6
2.3. Topographie du site	6
2.4. Contexte géologique	7
2.5. Contexte hydrogéologique	8
2.6. Risques naturels répertoriés	9
3. RESULTATS DES RECONNAISSANCES DE TERRAIN.....	13
3.1. Sondages de reconnaissance géologique.....	13
3.2. Essais pressiométriques	14
4. SYNTHESE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE.....	15
5. PRECONISATION DE REALISATION.....	17
5.1. Normes de construction	17
5.2. Mode de fondation	19
5.2.1. Méthode de calcul	19
5.2.2. Solutions de fondations préconisées.....	20
5.2.3. Exemple de pré-dimensionnement	20
5.2.4. Profondeurs d'assise.....	21
5.2.5. Remarques importantes	21
5.2.6. Tassements	22
5.2.7. Planchers/dallages	22
5.2.8. Contrôle du fond de fouille	23
5.3. Eau et drainage.....	23
5.4. Mise en œuvre et terrassement	23
5.5. Remarques complémentaires	24
ANNEXES.....	26

1. OBJET DU RAPPORT

1.1. MISSION

A la demande et pour le compte de M. Régis MASSARD, Maître d'Ouvrage, nous avons réalisé une étude géotechnique pour le projet de construction d'un bâtiment situé au lieu-dit La Roche Marguerite, sur la commune de Bruz (35).

1.2. DESCRIPTION DU PROJET

D'après les éléments transmis, le projet prévoit :

- la construction d'un bâtiment en simple RDC ;
- en lieu et place du modulaire, qui sera retiré, et du parking en enrobé ;
- non mitoyenne au bâtiment principal ;
- sur une emprise globale de l'ordre de 200.00 m².

Les charges maximales sous les fondations ne nous ont pas été communiquées. Nous pouvons donc faire les hypothèses suivantes :

- les charges maximales sous la partie en simple RDC seront estimées de l'ordre de **3.5t/ml**.
- les charges maximales sous les dallages seront de **0.5t/m²**.

Ces charges seront calculées précisément par la maîtrise d'œuvre et transmises à ETA si elles diffèrent de celles prises par hypothèses.

1.3. OBJECTIF DE L'ETUDE

La présente étude a pour but :

- de définir la nature géologique et hydrogéologique du sol et sous-sol au niveau du site sondé,
- étudier la faisabilité géotechnique du projet,
- déterminer les caractéristiques mécaniques des différents faciès géologiques rencontrés,
- préciser les principes d'adaptation du projet au sol et au sous-sol conformément aux différentes normes et documents concernés (notamment DTU 13.12 pour les fondations superficielles, DTU 13.3 pour les dallages) et selon le nouveau zonage sismique de la France, entré en application le 01/05/2011.

La présente mission est de type **G_{2AVP}**, selon la norme des missions géotechniques NFP 94-500 révisée en novembre 2013.

1.4. DOCUMENTS UTILISES

Le Maître d'Ouvrage nous a fourni le 28 septembre 2022 le plan de masse du projet.

La campagne de sondages et d'essais suit les normes et documents en vigueur :

- DTU 11.1 – Cahier des charges applicable aux travaux de sondage,
- EN ISO 22476-4 – Essai pressiométrique MENARD,
- NFP 94-261 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles.
- NFP 94-262 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes.

1.5. SONDAGES ET ESSAIS

Ont été réalisées, le 25 septembre 2023, les investigations suivantes, dont les procès-verbaux et plans d'implantation sont fournis en annexe :

- **2 sondages pressiométriques**, nommés SP1 et SP2 et menés à la tarière 63mm et au tricône 64mm jusqu'à l'arrêt des sondages entre 4.00 et 7.00m de profondeur, avec 3 à 5 essais pressiométriques par sondage répartis selon les interfaces. Ces sondages ont été réalisés pour l'étude des futures fondations de la maison.
- **1 sondage de reconnaissance géologique simple à la tarière Ø 63 mm**, nommé T1 et mené jusqu'à la fin du sondage arrêté à 6.00 m de profondeur. Ce sondage a été réalisé afin de connaître la nature des sols sous-jacents et d'étudier leur homogénéité.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès et de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance. Le plan d'implantation est disponible en annexe 1. Lors de notre intervention (le 25 septembre 2023), le géoréférencement a été évalué grâce à un GPS centimétrique. Les cotes altimétriques locales des sondages (en m NGF) sont :

Sondages	SP1	SP2	T1
Altitude du TN (m NGF)	34.84	35.16	35.06

1.6. REMARQUES

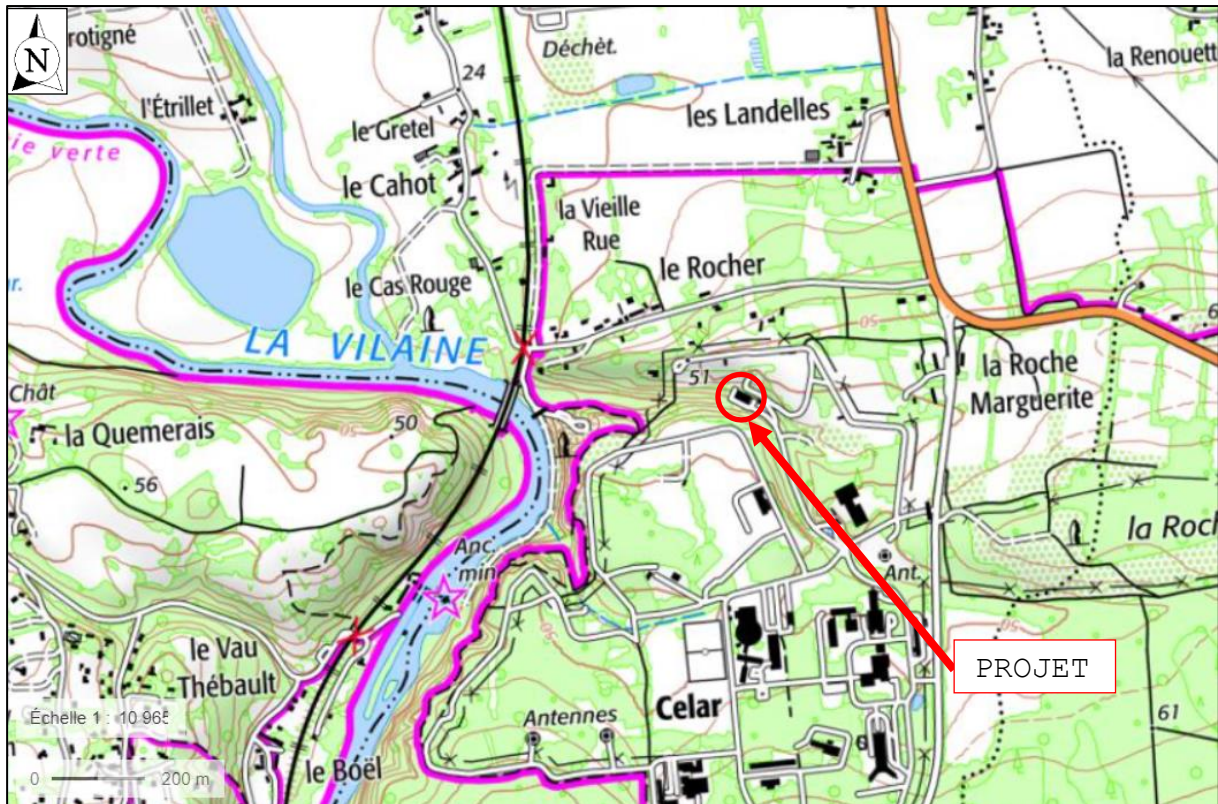
Les prescriptions du présent rapport devront être respectées **dans leur intégralité**. Dans le cas contraire, la responsabilité de notre bureau d'étude ne pourra pas être engagée.

Notre bureau d'étude devra également être informé de toute modification apportée au projet, et pouvant remettre en cause les conclusions du présent rapport.

2. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

2.1. LOCALISATION DU SITE

Le site se localise au lieu-dit La Roche Marguerite, à environ 3.0km au Sud du centre-ville de la commune de Bruz (35). Il est ainsi situé à moins de 500m à l'Est de la rivière « La Vilaine ».



Localisation du site étudié sur carte IGN – Source : www.geoportail.gouv.fr



Vue aérienne du site étudié – Source : www.geoportail.gouv.fr

2.2. ETAT ACTUEL

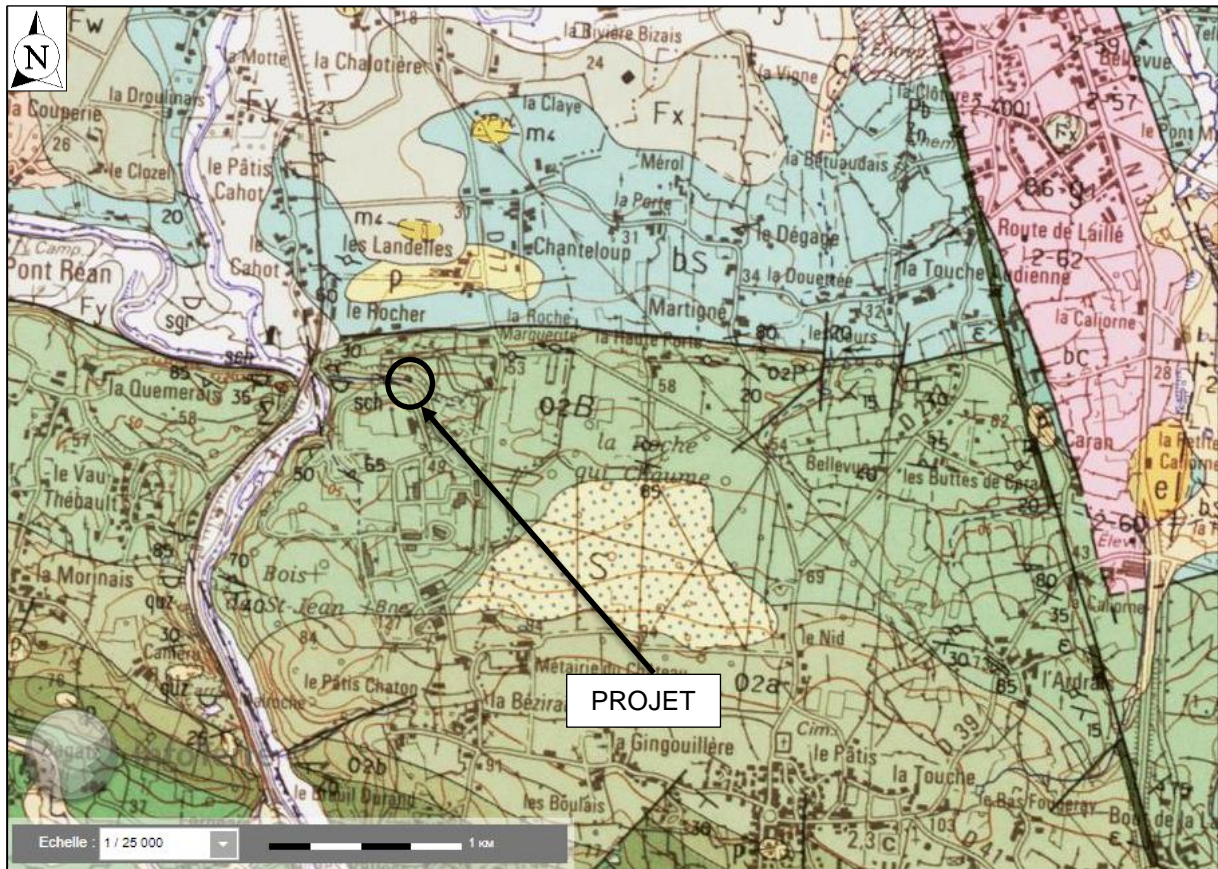
La parcelle étudiée est située dans une zone de défense militaire. Elle est limitée au Nord par des bâtiments et à l'Est, à l'Ouest comme au Sud par des zones enherbées et arborées. Actuellement la parcelle est enherbée et arborée avec une partie en enrobé au niveau des chemins de passage. Notons la conservation du bâtiment principal existant et la démolition du modulaire à l'Ouest dans le cadre du projet.

2.3. TOPOGRAPHIE DU SITE

D'après les données en notre possession, l'altitude du site est globalement faible et est comprise entre 34.84 et 35.16m NGF. La pente générale de la parcelle est de l'ordre de 2 % en direction du Sud. Notons la présence d'un talus limitant le site sur sa partie Nord.

2.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique de Janz au 1/50 000ème, le sous-sol du site est constitué par un substratum gréseux surmonté par des formations de plateaux de type sable et limon.

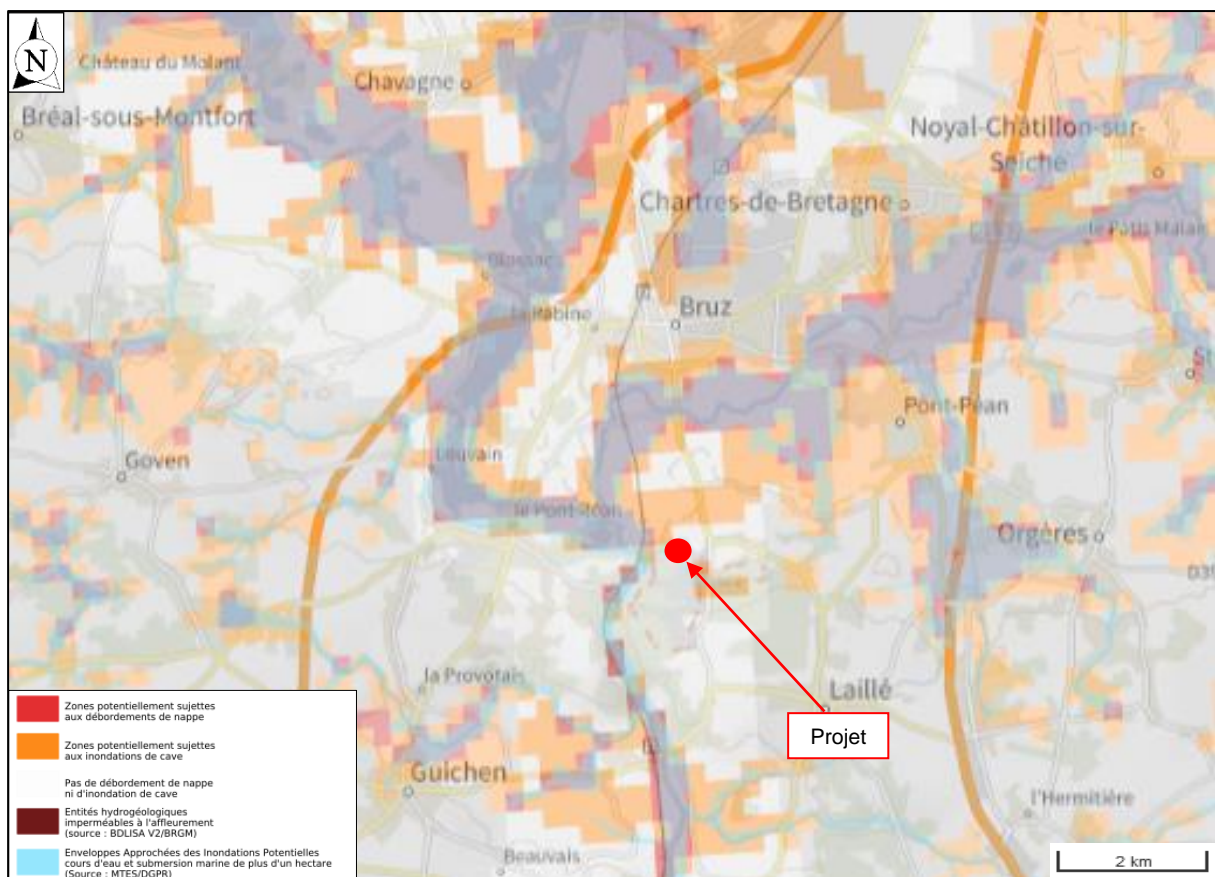


Contexte géologique du projet – Source : www.infoterre-brgm.fr

2.5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

D'après la cartographie du site « www.georisques.gouv.fr », le projet étudié se situe en **zone non concernée par le risque** d'inondations de caves ou de débordements de nappes. Cependant, il est concerné par les enveloppes approchées des inondations potentielles cours d'eau.

Des circulations d'eau peuvent s'établir au sein des couches d'altération du substratum rocheux et plus en profondeur dans le réseau de fissuration et fracturation. Du point de vue hydrogéologique, la formation de grès constitue un niveau aquifère, dont la productivité est liée à son degré d'altération et de fracturation.

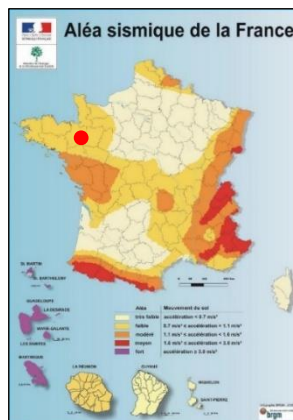


Contexte hydrogéologique du projet – Source : www.georisques.gouv.fr

2.6. RISQUES NATURELS REPERTORIES

Risque sismique

Le nouveau zonage sismique de la France (datant d'octobre 2010 et entré en vigueur le 01/05/2011) classe la région Bretagne, en zone de sismicité 2 (aléa faible) caractérisée par une accélération des terrains de l'ordre de 0,7 à 1,1 m/s².







Carte des zones sismiques (source : www.planseisme.fr)

De plus, le projet est estimé de **catégorie d'importance IV (bâtiment indispensable à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public, à confirmer par la Maîtrise d'Ouvrage)**.

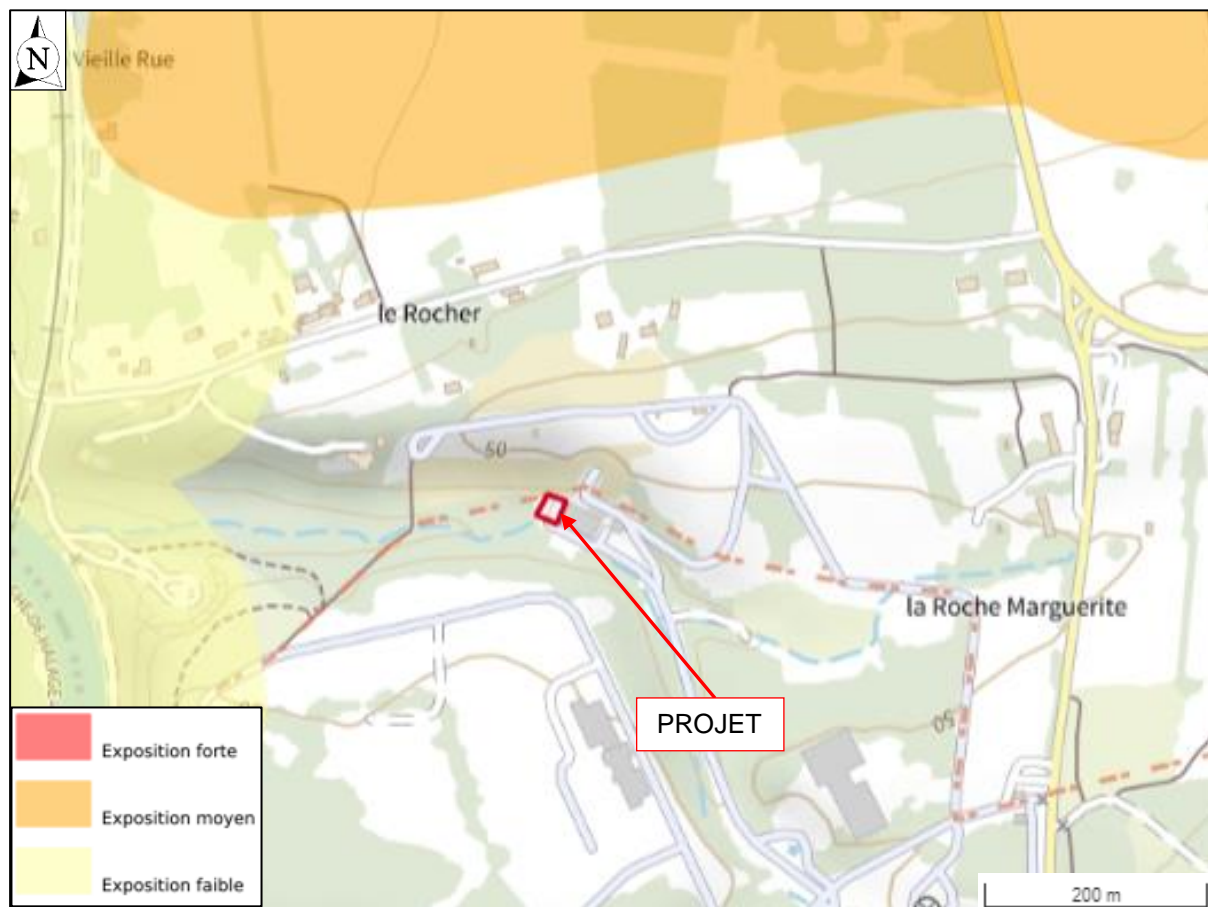
Catégorie d'importance	Description
I	 <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II	 <ul style="list-style-type: none"> Habitations individuelles. Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. Parcs de stationnement ouverts au public.
III	 <ul style="list-style-type: none"> ERP de catégories 1, 2 et 3. Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. Établissements sanitaires et sociaux. Centres de production collective d'énergie. Établissements scolaires.
IV	 <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. Centres météorologiques.

Pour un bâtiment de classe **IV** en zone de sismicité 2, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 **est obligatoire**.

	I	II	III	IV
				
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				
Zone 3	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_g=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_g=1,1 \text{ m/s}^2$
Zone 4	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_g=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_g=1,6 \text{ m/s}^2$
Zone 5	CP-MI ²		Eurocode 8 ³ $a_g=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_g=3 \text{ m/s}^2$

Retrait-gonflement des argiles

D'après la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles établie par le BRGM, le site étudié est situé **en zone d'aléa nul**.



Carte d'aléa « retrait-gonflement des argiles » (source : www.georisques.gouv.fr)

Potentiel radon

A la demande de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, l'IRSN a réalisé une cartographie qui permet de connaître le potentiel radon des communes. **La cartographie du potentiel du radon des formations géologiques établie par l'IRSN conduit à classer les communes en 3 catégories.**

Catégorie	Description
1	Les communes à potentiel radon de catégorie 1 sont celles localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. Ces formations correspondent notamment aux formations calcaires, sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain) et à des formations volcaniques basaltiques (massif central, Polynésie française, Antilles...). Sur ces formations, une grande majorité de bâtiments présente des concentrations en radon faibles. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que seulement 20% des bâtiments dépassent 100 Bq.m-3 et moins de 2% dépassent 400 Bq.m-3.
2	Les communes à potentiel radon de catégorie 2 sont celles localisées sur des formations géologiques présentant des teneurs en uranium faibles mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments. Les communes concernées sont notamment celles recoupées par des failles importantes ou dont le sous-sol abrite des ouvrages miniers souterrains... Ces conditions géologiques particulières peuvent localement faciliter le transport du radon depuis la roche jusqu'à la surface du sol et ainsi augmenter la probabilité de concentrations élevées dans les bâtiments.
3	Les communes à potentiel radon de catégorie 3 sont celles qui, sur au moins une partie de leur superficie, présentent des formations géologiques dont les teneurs en uranium sont estimées plus élevées comparativement aux autres formations. Les formations concernées sont notamment celles constitutives de massifs granitiques (massif armoricain, massif central, Guyane française...), certaines formations volcaniques (massif central, Polynésie française, Mayotte...) mais également certains grès et schistes noirs. Sur ces formations plus riches en uranium, la proportion des bâtiments présentant des concentrations en radon élevées est plus importante que dans le reste du territoire. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que plus de 40% des bâtiments situés sur ces terrains dépassent 100 Bq.m-3 et plus de 6% dépassent 400 Bq.m-3.

D'après l'IRSN, le potentiel radon de la commune **de Bruz (35) est classé en catégorie III. Il est recommandé, sans obligation, de prévoir des systèmes constructifs, de ventilations et de chauffages adaptés (vide sanitaire aéré etc.).**

3. RESULTATS DES RECONNAISSANCES DE TERRAIN

3.1. SONDAGES DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Le 25 septembre 2023, afin d'aborder la nature et la structure du sous-sol et le contexte hydrogéologique, nous avons procédé à la réalisation des sondages suivants (les coupes de ces sondages sont disponibles en annexe 2) :

- **2 sondages pressiométriques**, nommés SP1 et SP2 et menés à la tarière 63mm et au tricône 64mm, jusqu'à l'arrêt entre 4.00 et 7.00m de profondeur, par rapport au terrain naturel tel qu'il était le jour de notre intervention.
- **1 sondage de reconnaissance géologique simple à la tarière Ø 63 mm**, nommé T1 et mené jusqu'à la fin du sondage arrêté à 6.00 m de profondeur, par rapport au terrain naturel tel qu'il était le jour de notre intervention.

Les coupes de ces sondages sont disponibles en annexe 2. Les différents faciès géologiques s'organisent comme suit, de haut en bas :

Formations de recouvrement naturel et anthropique :

- Couche 0-E : **enrobé** reconnu uniquement en tête du sondage SP1 sur 0.06m d'épaisseur;
- Couche 0-R : **remblais** reconnus uniquement en SP1, sous l'enrobé, sur 0.54 m d'épaisseur ;
- Couche 0-S : **sable graveleux (marron à beige)** reconnu en tête de SP2 et T1, sur 0.70 à 1.30 m d'épaisseur ;

Altération du substratum gréseux sous-jacent à partir de 0.60 à 1.30m/TN :

- Couche 1 : **grès très altéré sablo-limono-graveleux (gris à violet)** reconnu en SP1 et T1, sous les remblais et le sable, sur 2.30 à 2.90m d'épaisseur ;
- Couche 2 : **altérite du grès limono-sablo-graveleux (violet)** reconnue uniquement en SP1, sous la couche 1, sur 2.00m d'épaisseur ;

Substratum gréseux et ses produits d'altération à partir de 0.70 à 5.50m/TN :

- Couche 3 : **grès +/- altéré (marron à violet)** reconnu jusqu'à la fin de tous les sondages arrêtés entre 4.00 et 7.00 m de profondeur, sous le sable et les couches 1 et 2. Cette couche a été observée sur 1.50 à 3.30 m d'épaisseur.

Hydrogéologie :

- Du point de vue hydrogéologique, des arrivées d'eau ont été observées et des niveaux d'eau ont pu être mesurés en cours et en fin des sondages :

Sondage	1 ^{ère} arrivée d'eau (m/TN)	Niveau d'eau en fin de forage (m/TN)
SP1	2.70	2.70
SP2	Néant	Néant
T1	-	3.60

3.2. ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Le tableau suivant présente les caractéristiques mécaniques (module pressiométrique E_M et pression limite Pl) des faciès rencontrés. Elles ont été obtenues par des essais pressiométriques répartis dans les sondages SP1 et SP2 selon les interfaces rencontrées. Les procès-verbaux de ces essais sont disponibles en annexe 2. La réalisation de ces essais suit la norme EN ISO 22476-4.

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Nombre d'essais pressio.	Pressions Limites (Mpa)			Modules pressiométriques (Mpa)		
				Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
SP1									
0-E : enrobé	0.00 à 0.06	34.84 à 34.78	-	-			-		
0-R : remblais	0.06 à 0.60	34.78 à 34.24	-	-			-		
1 : grès très altéré sablo-limono-graveleux	0.60 à 3.50	34.24 à 31.34	3	0.21	0.86	0.47	1.63	7.34	3.34
2 : altérite du grès limono-sablo-graveleux	3.50 à 5.50	31.34 à 29.34	1	1.67			13.90		
3 : grès +/- altéré	5.50 à 7.00*	29.34 à 27.84*	1	3.76			61.90		

*Profondeur et cote d'arrêt du sondage à la tarière 63mm

Formations	Prof. (en m/TN)	Cotes (en m/NGF)	Nombre d'essais pressio.	Pressions Limites (Mpa)			Modules pressiométriques (Mpa)		
				Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
SP2									
0-S : sable graveleux	0.00 à 0.70	35.16 à 34.46	-	-			-		
3 : grès +/- altéré	0.70 à 4.00*	34.46 à 31.16*	3	3.11	≥ 4.93	≥ 4.22	81.70	876.00	181.96

*Profondeur et cote d'arrêt du sondage au tricône 64mm

4. SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

L'ensemble des investigations et observations de terrain permettent de relever les points suivants :

- Les différents faciès géologiques présentent les caractéristiques mécaniques suivantes :

Description du faciès géologique	SP1 (m/TN)	SP2 (m/TN)	T1 (m/TN)	PI* _{moy} (MPa)	Em _{moy} (MPa)	CARACTERISTIQUES MECANIKES
0-E : enrobé	0.00 à 0.06	-	-	-	-	Supposées très faibles
0-R : remblais	0.06 à 0.60	-	-	-	-	Supposées très faibles
0-S : sable graveleux	-	0.00 à 0.70	0.00 à 1.30	-	-	Supposées très faibles
1 : grès très altéré sablo-limono-graveleux	0.60 à 3.50	-	1.30 à 3.60	0.47	3.34	Faibles
2 : altérite du grès limono-sablo-graveleux	3.50 à 5.50	-	-	1.67	13.90	Bonnes
3 : grès +/- altéré	5.50 à 7.00*	0.70 à 4.00*	3.60 à 6.00*	3.76 à ≥ 4.22	61.90 à 181.96	Très bonnes

*Profondeur d'arrêt du sondage à la tarière 63mm et au tricone 64m

- Du point de vue hydrogéologique, nous avons rencontré une arrivée d'eau en cours du forage SP1 à 2.70 m/TN qui a été stabilisée à la même profondeur en fin de forage. De plus, un niveau d'eau a été enregistré à 3.60 m/TN en fin du forage T1. Ce constat ayant un caractère ponctuel et instantané, il ne permet pas de préciser les variations de la nappe, qui peut remonter fortement en période pluvieuse. Nous rappelons que le projet étudié est situé dans une zone **non concernée** vis à vis du risque de remontée de nappe. Cependant, il est concerné par les enveloppes approchées des inondations potentielles cours d'eau (cf. §2.5).
- Les parois des sondages n'ont pas montré d'instabilité significative.
- Du point de vue géologique :
 - **La nature et la structure du sous-sol sont hétérogènes**, en effet :
 - Les remblais (couche 0-R) ont été rencontrés uniquement en SP1.
 - Le sable graveleux (couche 0-S) a été rencontré qu'en SP2 et T1 sur des épaisseurs qui varient entre 0.70 et 1.30 m.
 - Le grès très altéré sablo-limono-graveleux (couche 1) a été rencontré qu'en SP1 et T1 à partir de 0.60 à 1.30 m/TN.
 - L'altérite du grès limono-sablo-graveleux (couche 2) a été rencontrée uniquement en SP1.
 - Le grès +/- altéré (couche 3) a été rencontré à partir de 0.70 à 5.50 m/TN sur des épaisseurs qui varient entre 1.50 et 3.30 m.

Ceci peut être expliqué par l'effet de la pente au niveau du site vu que le substratum gréseux plonge vers le point le plus bas (SP1).
- **Globalement, au vu des sols en place et du bâtiment à construire, les couches (0-E, 0-R, 0-S et 1) seront considérées comme impropres à la construction, étant donné leurs faibles caractéristiques mécaniques, leur sensibilité à l'eau comme aux tassements.**

5. PRECONISATION DE REALISATION

5.1. NORMES DE CONSTRUCTION

➤ Normes de construction parasismique :

Exigences sur le bâti-neuf :

Selon le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, le bâtiment étant de **catégorie d'importance IV (bâtiment indispensable à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public, à confirmer par la Maîtrise d'Ouvrage), à confirmer par le Maître d'Ouvrage** et situé en **zone sismique 2**, il est soumis aux exigences particulières en matière de construction parasismique.

A titre d'information, l'**accélération horizontale a_g à prendre en compte est de 0.98 m/s^2 .**

$$a_g = a_{gr} \times \gamma_I$$

Accélération :

A chaque zone de sismicité est associé un coefficient d'accélération a_{gr} , exprimées (m/s^2), qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'Eurocode 8.

Le tableau suivant définit le coefficient d'accélération a_{gr} selon la zone de sismicité :

Zone de sismicité	$a_{gr} \text{ (m/s}^2\text{)}$
1 (très faible)	0,4
2 (faible)	0,7
3 (modérée)	1,1
4 (moyenne)	1,6
5 (forte)	3

Tableau des coefficients d'accélération – Extrait du site developpement-durable.gouv.fr

Concernant les ouvrages étudiés, le coefficient d'accélération a_{gr} à prendre en compte sera de 0.7 dans le cas d'une zone de sismicité 2.

Coefficient d'importance :

A chaque catégorie d'importance est associé un coefficient d'importance γ_I , qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'Eurocode 8.

Le tableau suivant définit le coefficient d'importance γ_I selon la catégorie d'importance des bâtiments :

Catégorie d'importance	Coefficient d'importance
I	0.8
II	1
III	1.2
IV	1.4

Tableau des coefficients d'importance – Extrait du site developpement-durable.gouv.fr

Concernant les ouvrages étudiés, le coefficient d'importance γ_I à prendre en compte sera de 1.4 dans le cas d'ouvrages de catégorie IV.

Classe de sols selon l'Eurocode 8 :

La nature locale du sol influence fortement la sollicitation ressentie au niveau des bâtiments.

L'Eurocode 8 distingue 7 catégories principales de sols (de la classe A à la classe S2) pour lesquelles est défini un coefficient de sol S. Le paramètre S permet de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par certains sols.

Le tableau en page suivante récapitule les différentes classes de sol en fonction du profil stratigraphique.

Classes de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètre $V_{S,30}$ (m/s)	Paramètre N_{SPT} (coups/30cm)	Paramètre C_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360-800	>50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180-360	15-50	70-250
D	Dépôt de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	<180	<15	<70
E	Profils de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de $V_{S,30}$ de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $V_{S,30} > 800$ m/s			
S ₁	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ($PI > 40$) et une teneur en eau importante	<100 (valeur indicative)	-	10-20
S ₂	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁			

Avec $V_{S,30}$: vitesse des ondes S (ondes de cisaillement) de 0 à 30 mètres de profondeur dans le sol
 N_{SPT} : nombre de coups par essai de pénétration normalisé (SPT)
 C_u : résistance au cisaillement du sol non drainé

Définition des classes de sols

Suivant la nature du sol, les paramètres S (coefficient de sol), T_B (limite inférieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectre constante), T_C (limite supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectre constante) et T_D (valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral constant) à prendre en compte sont données dans le tableau suivant :

Classes de sol	Valeur du paramètre de sol S	T_B	T_C	T_D
A	1	0,03	0,2	2,5
B	1,35	0,05	0,25	2,5
C	1,5	0,06	0,4	2
D	1,6	0,1	0,6	1,5
E	1,8	0,08	0,45	1,25

Paramètres de sols

Les sols rencontrés sont hétérogènes. Ils appartiennent à la classe A. Les paramètres à considérer pour le projet sont les suivants :

. Classe A: S = 1, T_B = 0.03 s, T_C = 0.2 s, T_D = 2.5 s.

Liquéfaction des sols :

Le terrain étudié étant situé en zone d'aléa sismique 2 (aléa faible), il n'y a pas lieu de prendre en compte le risque de liquéfaction.

➤ **Normes de mise hors gel des fondations :**

D'après la norme NFP 94-261, la profondeur minimale de mise hors gel des fondations est de 0.50 m. **Cependant, nous recommandons de respecter une profondeur minimale de 0.60 m, et de remblayer la périphérie de l'habitation si nécessaire.**

➤ **Mesures de construction préventives vis-à-vis du risque argile :**

La cartographie du secteur présente l'aléa « **retrait-gonflement des argiles** » comme « **nul** ». Donc, aucune recommandation n'est à prendre en compte.

5.2. MODE DE FONDATION

5.2.1. Méthode de calcul

Les contraintes limites de calculs à prendre en compte au stade de l'avant-projet 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). 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 :

$$q_{net} = k_p * p_{le} * i_\delta * i_\beta$$

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

5.2.2. Solutions de fondations préconisées

Au regard du projet et des terrains rencontrés, nous proposons des **fondations superficielles à semi-profondes de type puits et longrines**, ancrés de **0.40 m** au moins dans l'altérite du grès limono-sablo-graveleux (couche 2) ou au sein du grès +/- altéré (couche 3), selon les secteurs, et de **0.40m** sous les éventuels terrains remaniés (opérations de dessouchage, remblais non mis en évidence...).

A noter que cette préconisation ne tient pas compte de la cote projet qui est inconnue à ce stade.

Pour ce projet, on pourra proposer aussi une solution alternative (non détaillée dans le rapport) qui va permettre d'améliorer les sols par des inclusions rigides ancrées dans le substratum rocheux (grès).

5.2.3. Exemple de pré-dimensionnement

Pour des massifs isolés / puits de 1.10 m de côté ancrés tous les 3m, à un minima de 0.40 m de profondeur au moins dans l'altérite du grès limono-sablo-graveleux (couche 2) ou au sein du grès +/- altéré (couche 3), selon les secteurs, la contrainte de rupture du sol q_{net} est la suivante :

Sondage	SP1	SP2
Ple* (MPa)	1.71	4.22
kp	1.06	0.93
iδ	1 (charges supposées verticales)	
iβ	1 (charge éloignée de tout talus)	
q_{net} (MPa)	1.81	3.93
q_{net} (MPa) limité au projet	0.49	0.63
Couche d'ancrage	2	3

Les contraintes de calcul aux ELU et ELS se calculent selon les formules suivantes :

- contrainte caractéristique verticale : $q_{v,k} = q_{net}/1.2$,
- contrainte de calcul à l'ELU fondamental (F) et sismique (S) : $q'ELU F \text{ et } S = (q_{v,k}/1.4) + q_0$,
- contrainte de calcul à l'ELU accidentel (A) : $q'ELU A = (q_{v,k}/1.2) + q_0$,
- contrainte de calcul à l'ELS quasi-permanent (QP) et caractéristiques (C) : $q'ELS QP \text{ et } C = (q_{v,k}/2.3) + q_0$.

Avec :

q_0 = contrainte verticale effective dans le sol au niveau de la base de la fondation ;

Au stade de l'avant-projet nous considérerons un sol fini après travaux au même niveau que le terrain actuel ($\sigma'v_0 = q_0$).

De manière sécuritaire, pour palier l'hétérogénéité de portance des sols en place et considérer des tassements différentiels acceptables sous les fondations, les contraintes limites de calculs maximales à prendre en compte au stade du projet seront limitées à :

$$\text{ELS}_{\text{QP et C}} : q \leq 0,25 \text{ MPa}$$

$$\text{ELU}_{\text{F et S}} : q \leq 0,36 \text{ MPa}$$

$$\text{ELU}_{\text{A}} : q \leq 0,41 \text{ MPa}$$

5.2.4. Profondeurs d'assise

Le tableau suivant présente les profondeurs minimales des fonds de fouille (en mètre par rapport au TN et m NGF tel qu'il était le jour de notre intervention) au droit des sondages réalisés sur site :

Solution de massifs isolés / puits			
Sondages	SP1	SP2	T1
Profondeur (m/TN)	3.90	1.10	4.00
Profondeur (m/NGF)	30.94	34.06	31.06

Pour rappel la cote projet est inconnue.

5.2.5. Remarques importantes

- Les profondeurs indiquées dans les tableaux ci-dessus pourront varier en fonction de la cote projet et des anomalies non décelées par nos sondages.
- A noter que la présente mission n'inclut pas l'étude d'une éventuelle pollution du site.
- Les fondations devront impérativement être ancrées au-delà des derniers niveaux remaniés par des travaux ayant pu remanier le sol (dessouchage, démolition...) pouvant conduire à des surprofondeurs de fouilles.
- Les points durs ou poches de terrains mous ou évolutifs éventuellement rencontrés devront être purgés et substitués si nécessaire.
- Un joint de rupture sera mis en œuvre entre les parties différemment chargées du projet.
- Il faudra veiller à créer une structure équilibrée pour pallier aux variations de portance de ces terrains et à rigidifier la structure si nécessaire.
- Les fondations devront être réalisées dans les Règles de l'Art (coffrages, béton de propreté), en absence d'eau et en période sèche.

- **Un drain périphérique ainsi qu'un dispositif d'étanchéité autour des fondations seront mis en œuvre car des rétentions d'eau peuvent apparaître dans les couches superficielles. Le substratum rocheux sous-jacent jouant le rôle de couche imperméable.**
- **Il faudra éviter la dissymétrie et limiter l'interaction entre les différents éléments structuraux.**
- Il faudra conserver une distance, entre le bâtiment et d'éventuelles plantations de 1.5 fois la hauteur de l'arbre adulte pour limiter les désordres dû aux systèmes racinaires sur les fondations et système de drainage.

5.2.6. Tassements

Pour estimer les tassements suivants, nous avons considéré les hypothèses de fondations évoquées précédemment :

- des massifs carrés de **1.10 m de côté disposés tous les 3 m**, avec des surcharges sur les sols de **3.5T/ml sur la partie en simple RDC, soit 8.7 T/m² (87 kPa)**. Le tableau suivant présente les résultats :

	Sondage	Tassement (mm)	Tassement différentiel max (mm)
Massifs de 1.10m x 1.10m, tous les 3m (87 kPa)	SP1	< 1 cm	< 1 cm
	SP2	< 1 cm	

Pour les exemples de dimensionnement retenus, **les tassements bruts et différentiels seront inférieurs au centimètre.** Pour rappel :

- une répartition hétérogène des charges sur les fondations entrainera des tassements différentiels supplémentaires ;
- les concepteurs s'assureront que cette amplitude de tassement reste acceptable par les bâtiments, et prévoiront une rigidification si nécessaire.

Remarque : notons que la méthodologie de mise en œuvre sera prépondérante à la stabilité de l'ensemble.

5.2.7. Planchers/dallages

Compte-tenu du projet, de la nature du terrain et du potentiel radon III sur la commune de Bruz (35), nous préconisons la réalisation **d'un plancher-bas porté par les fondations sur vide sanitaire/vide technique.**

La réalisation d'un dallage sur terre-plein n'est pas envisageable.

5.2.8. Contrôle du fond de fouille

Un contrôle de la nature et de la tenue du sol d'assise des fondations par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G4, avant que le béton soit coulé, pourra être réalisé.

5.3. EAU ET DRAINAGE

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations est à proscrire. Les eaux de ruissellement et de toiture seront collectées et évacuées vers un exutoire suffisamment dimensionné et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

Les fouilles seront soigneusement protégées, les eaux de ruissellement seront récoltées et évacuées à distance, sans nuisance au projet et aux avoisinants.

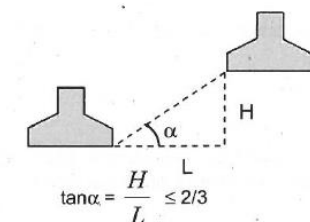
En cas de venues d'eau et/ou de fortes intempéries lors des travaux, ceux-ci seront immédiatement interrompus.

5.4. MISE EN ŒUVRE ET TERRASSEMENT

Préconisation de mise en œuvre :

Les fouilles seront ouvertes à l'aide d'engins adaptés au vu des profondeurs à atteindre (tarière, benne preneuse). Des puits tarière pourront être mis en œuvre. Pour terrasser le rocher, une pelle équipée d'une dent pourra être employée.

La base des fondations sera horizontale et la pente générale entre les différents plans de pose ne dépassera pas 3H/2V (respect de la norme NF P 94 261 concernant les fondations à niveaux d'assise décalés).



Il sera impératif de **couler immédiatement le béton** après l'ouverture des fouilles (béton coulé pleine fouille) afin de préserver sa structure et sa portance. En cas de venues d'eau en fond de fouille, un pompage sera mis en place et les déblais seront intégralement purgés.

Les matériaux éboulés, remaniés par la présence d'eau (remontée, ruissellement...) ou par la circulation des engins de chantier seront impérativement curés et purgés. Si les instabilités sont trop importantes, on coffrera les fouilles.

En cas de mauvaises conditions climatiques nous préconisons l'arrêt immédiat des terrassements et des excavations.

Terrassements :

Les terrassements de masse seront réalisés en période sèche. Les formations meubles (0-E, 0-R, 0-S et 1) pourront se terrasser à l'aide d'engins courants de faible puissance.

Les couches 2 et 3 (altérite du grès et le grès +/- altéré) nécessiteront l'emploi d'engins de moyenne à forte puissance avec des outils adaptés (dent de déroctage, etc...).

Lors de la rencontre de circulations ou poches d'eau pendant les terrassements, on aménagera des ouvrages de captage et d'évacuation vers l'aval.

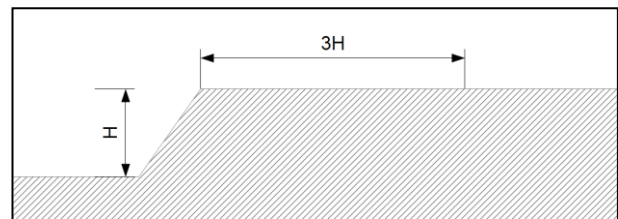
En cas de mauvaises conditions climatiques nous préconisons l'arrêt des terrassements et des excavations.

Dans les formations naturelles et anthropiques (couches 0-E, 0-R et 0-S) et le grès très altéré (couche 1), la pente des talus ne devra pas excéder 3H/2V en absence d'eau et 2H/1V en présence d'eau. Dans les couches 2 et 3, la pente des talus ne devra pas excéder 1H/1V en absence d'eau et 3H/2V en présence d'eau.

Pour une vérification de la stabilité au glissement, le coefficient de sécurité devra atteindre une valeur minimale de :

- **Fs = 1.5 pour un talus définitif ;**
- **Fs = 1.3 pour un talus provisoire.**

A toutes fins utiles, on rappellera la règle couramment admise des « 3H », pour laquelle dans le cas d'un déblai de hauteur H, la zone d'influence a pour longueur 3H horizontalement en amont de la crête du talus en déblai.

**5.5. REMARQUES COMPLEMENTAIRES**

La mise en place d'un système de récupération des eaux de toiture, de façon à éviter le ruissellement des eaux le long des façades est impérative. Les eaux récupérées devront être évacuées, si possible vers le réseau pluvial public.

Il faudra conserver une distance, entre le bâtiment et d'éventuelles plantations de 1.5 fois la hauteur de l'arbre adulte pour limiter les désordres dû aux systèmes racinaires sur les fondations et système de drainage.

Notre étude G_{2AVP} se termine à la remise du présent rapport.

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Fait à Plérin, le 20 octobre 2023

Chifaa ANDALLAH

Nicolas REBUFIE

ANNEXES

ANNEXE 1 :
Plan d'implantation des sondages

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES GEOTECHNIQUES



● Sondage pressiométrique

● Sondage à la tarière mécanique

ANNEXE 2 :
Sondages à la tarière mécanique et résultats
des essais pressiométriques



5 Rue du Lieutenant MOUNIER - 22190 PLERIN
Standard : 02.96.74.56.15 Fax : 02.96.74.47.01
www.eta-etudes.com

Sondage pressiométrique

effectué conformément à la norme EN ISO 22476-4

SP1

Date : 25/09/2023 12:18:41

Coordonnées en Lambert 93 (m)

Cliant :

Opérateur :

Dany BUCHER

X : 346240.221

M. Régis MASSARD

Foreuse :

Ecofore CE302G

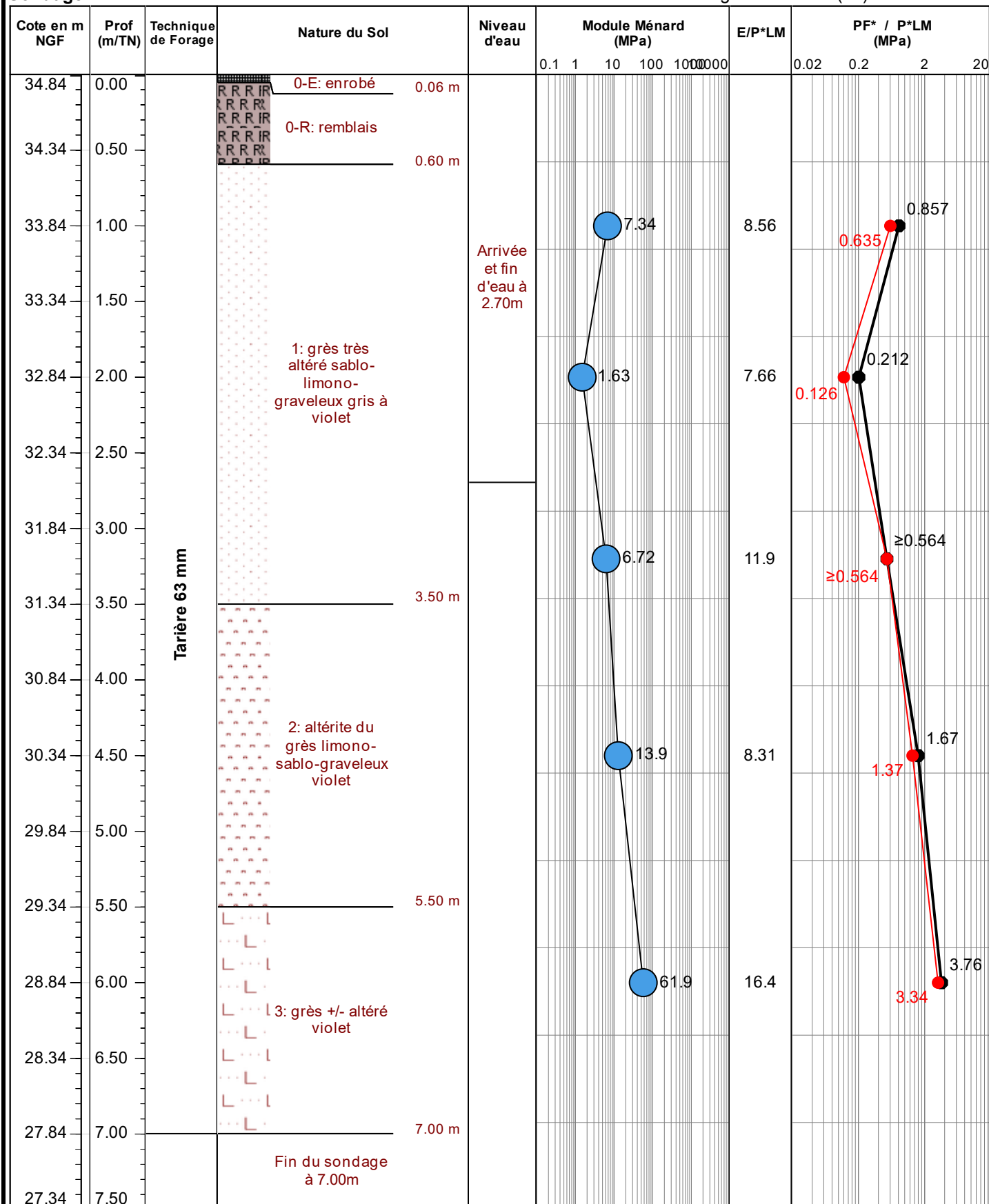
Y : 6776906.443

Dossier : GEO-23-050

Chantier : G2 AVP - Construction d'un bâtiment

Sondage : SP1

Adresse : Lieu-dit La Roche Marguerite – Bruz (35)



Observations :



5 Rue du Lieutenant MOUNIER - 22190 PLERIN
Standard : 02.96.74.56.15 Fax : 02.96.74.47.01
www.eta-etudes.com

Sondage pressiométrique

effectué conformément à la norme EN ISO 22476-4

SP2

Date : 25/09/2023 16:44:05

Coordonnées en Lambert 93 (m)

Client :

Opérateur :

Dany BUCHER

X : 346229.533

M. Régis MASSARD

Foreuse :

Ecofore CE302G

Y : 6776920.755

Dossier : GEO-23-050

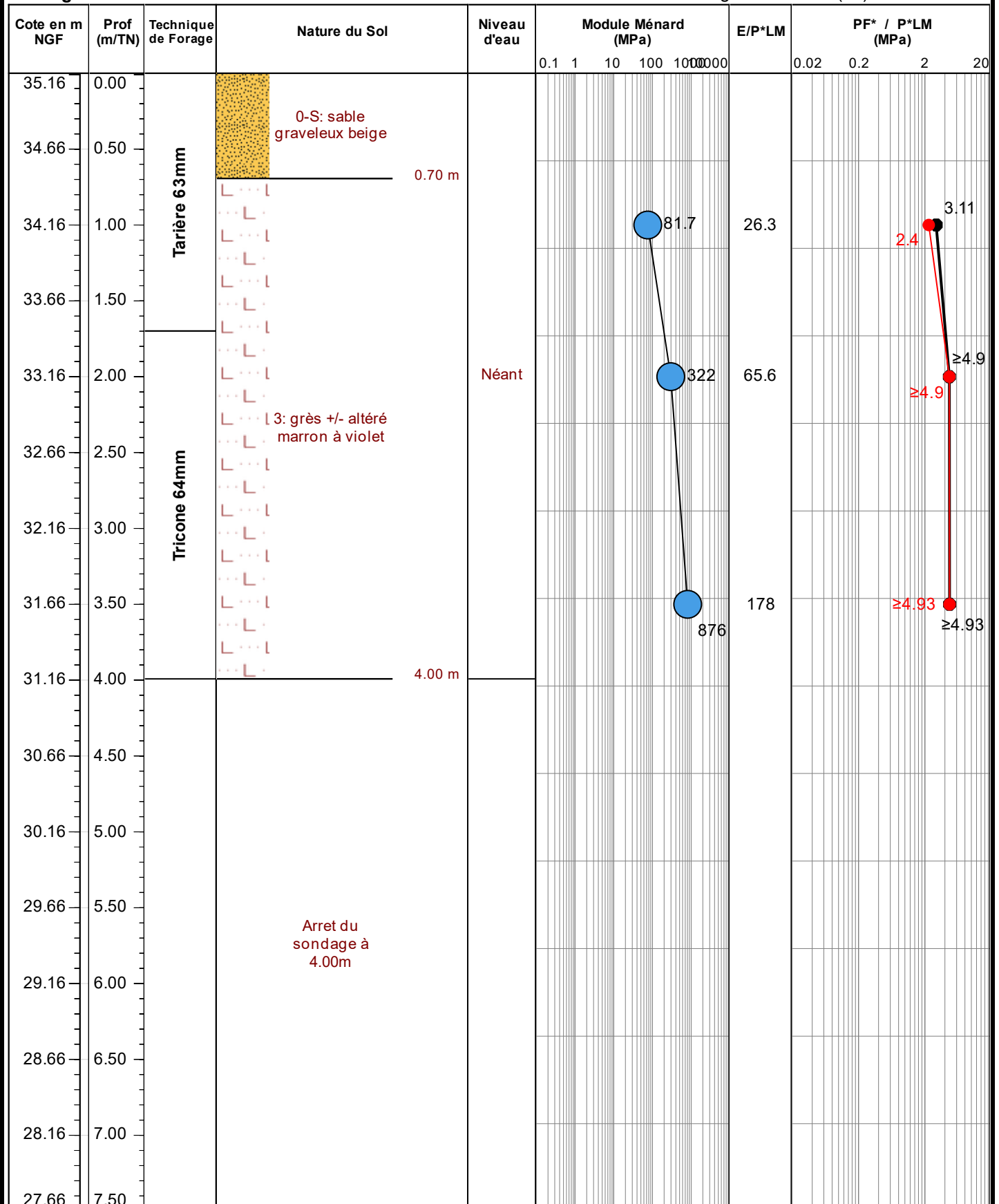
Chantier :

G2 AVP - Construction d'un bâtiment

Sondage : SP2

Adresse :

Lieu-dit La Roche Marguerite – Bruz (35)



Observations :



5 Rue du Lieutenant MOUNIER - 22190 PLERIN
Standard : 02.96.74.56.15 Fax : 02.96.74.47.01
www.eta-etudes.com

Tarière de reconnaissance géologique

T1

Date : 25/09/2023 12:18:41
Client : M. Régis MASSARD
Opérateur : Dany BUCHER
Foreuse : Ecofore CE302G

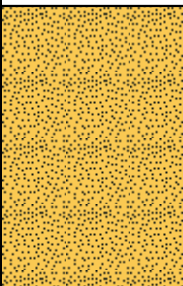
Coordonnées en Lambert 93 (m)
X : 346226.540
Y : 6776914.521

Dossier : GEO-23-050

Chantier : G2 AVP - Construction d'un bâtiment

Sondage : T1

Adresse : Lieu-dit La Roche Marguerite – Bruz (35)

Cote en m NGF	Prof (m/TN)	Technique de Forage	Nature du Sol	Niveau d'eau
35.06	0.00	Tarière 63 mm		Fin d'eau à 3.60m
34.56	0.50		0-S: sable graveleux marron	
34.06	1.00			
33.56	1.50			
33.06	2.00			
32.56	2.50		1: grès très altéré sablo-limono-graveleux gris à violet	
32.06	3.00			
31.56	3.50			
31.06	4.00			
30.56	4.50			
30.06	5.00		3: grès +/- altéré violet	
29.56	5.50			
29.06	6.00			
28.56	6.50		Fin du sondage à 6.00m	
28.06	7.00			
27.56	7.50			

Observations :

ANNEXE 3 :
Rappel des missions géotechniques

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Version Novembre 2013)

1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique, il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

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

- les missions d'étude géotechnique préliminaire de site (G1), d'étude géotechnique d'avant projet (G2 AVP), d'étude géotechnique de projet (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- 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 type G1 à G5 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 G1 à G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques.
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

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

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude, suivi géotechniques d'exécution (mission G3) ou de la supervision géotechnique d'exécution (mission G4) 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.

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

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

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

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

Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

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

Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

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.

ETAPE 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).