

SEQENS

COUBRON (93)

21-29, rue Jean Jaurès

Projet immobilier

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET

Mission géotechnique G₂-AVP

SAS AU CAPITAL DE 40 000 € • RCS EVRY 491 739 678 • SIRET 491 739 678 00036 • NAF 7112 B • N° TVA CEE FR 75 491 739 678

RAPPORT N° G200676					PIECE N° 001
C					
B					
A	02.12.2020	Z. ABOUFAOUARISSE	W. BATS	33 +18	PREMIERE DIFFUSION
INDICE	DATE	ETABLI PAR	VERIFIE PAR	Nb de PAGES	MODIFICATIONS - OBSERVATIONS

SOMMAIRE

	Page
1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION.....	4
2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL	5
2.1. Textes règlementaires	5
2.2. Documents à disposition.....	6
2.3. Exigences.....	6
3. PRESENTATION DU SITE	7
3.1. Localisation du site.....	7
3.2. Contexte géologique et lithologique.....	9
3.3. Phénomène de retrait-gonflement des argiles.....	10
3.4. Contexte hydrogéologique.....	10
3.5. Autres aléas géotechniques.....	11
4. PRESENTATION DU PROJET	12
4.1. Caractéristiques du projet	12
4.2. Synthèse des risques géotechniques	13
5. RESULTATS OBTENUS	14
5.1. Nature des sols reconnus	14
5.2. Observations concernant l'eau	15
5.3. Caractéristiques pressiométriques	15
6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS	20
6.1. Contexte géotechnique	20
6.2. Etude géotechnique d'avant-projet.....	20
6.2.1. Principes générale.....	20
6.2.2. Solutions de fondation semi-profondes	20
6.2.3. Prédimensionnement des fondations semi-profondes	21
6.2.4. Sujétions vis-vis de l'eau.....	23
6.2.5. Terrassement et soutènement	25
6.2.6. Sol du projet	28
6.3. Argiles vertes	28
6.4. Sujétions	32
7. ETUDES ET MISSIONS COMPLEMENTAIRES	33

ANNEXES

- plan de situation
- schéma d'implantation des sondages
- coupes et résultats des investigations géotechniques
- tableau d'enchaînement des missions géotechniques

1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION

A la demande et pour le compte de SEQENS, nous avons procédé à une étude géotechnique phase avant-projet sur un terrain sis 21-29, rue Jean Jaurès, sur la commune de Coubron (93) en vue d'un projet immobilier.

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre d'une mission géotechnique d'étude d'avant-projet (mission géotechnique type G₂ AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013).

Dans le cadre de cette mission et afin de préciser la nature géologique des terrains et de déterminer les caractéristiques mécaniques des couches superficielles et profondes du terrain, nous avons procédé aux investigations suivantes :

- 3 sondages pressiométriques descendus à 12 m de profondeur, (notés SP1 à SP3),
- 27 (3x9) essais pressiométriques répartis dans les sondages précédents,
- l'enregistrement des paramètres de forage,
- 2 piézomètres descendus à 12 m de profondeur dans les sondages SP1 et SP3,
- 7 sondages de reconnaissances géologiques à la tarière descendus entre 1 m et 5 m de profondeur (nommés T1 à T7).

Il s'agit de sondages géotechniques dont l'objectif n'est ni de détecter, ni de quantifier d'éventuelles pollutions des sols.

Notre intervention s'est déroulée entre le 19 et le 21 octobre 2020.

Dans la suite de ce rapport, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages réalisés à partir de la plateforme, telle qu'elle se présentait au moment de nos interventions. Aucun nivellement n'a été réalisé pour les sondages. Si besoin une version b du rapport pourra être réalisé en intégrant les coordonnées GPS des sondages.

2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL

2.1. Textes réglementaires

Les textes réglementaires sur lesquels reposent généralement les études géotechniques sont les suivants :

- NF P 94-500, 30 novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications,
- NF EN 1990, mars 2003 – Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures, et son annexe nationale NF EN 1990/NA de décembre 2011
- NF EN 1997 - 1, juin 2005 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 – 1/NA : septembre 2018 – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 - 2. septembre 2007 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais,
- NF P 94-261, juin 2013 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles, et son amendement NF P 94-261/A1 du 12 Octobre 2016,
- NF P 94-262, juillet 2012 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes, et son amendement NF P 94-262/A1 de Juillet 2018,
- NF P 94-282, Mars 2009 - Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Écrans, et son amendement NF P 94-282/A1 de 2015,
- NF P 11-213-1, mars 2005 – DTU 13.3 – Dallage – Conception, calcul et exécution,
- NF EN 14199, Septembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Micropieux
- NF EN 1536+A1, Novembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux — Pieux forés
- Note CNJOG du 24 février 2014 – Prise en compte des niveaux d'eaux selon l'Eurocode 7,
- NF EN 206 + A1 de novembre 2016 – Béton — Spécification, performance, production et conformité

2.2. Documents à disposition

Les documents qui nous ont été transmis ou qui étaient à notre disposition pour la réalisation de la présente étude, sont les suivants :

- La faisabilité du projet datées du 11/09/2020,
- La note de présentation, datée de 07/08/2020.

2.3. Exigences

A titre indicatif, conformément aux normes NF EN 1990 et NF EN 1997-1/NA, les exigences suivantes, en première approche, ont été retenues vis-à-vis du projet :

- Durée d'utilisation : 50 ans (à confirmer par le Maître d'ouvrage),
- Classe de conséquence : CC2 (à confirmer par le Maître d'ouvrage),
- Catégorie géotechnique : 2

3. PRESENTATION DU SITE

3.1. Localisation du site

Le terrain étudié, d'une superficie de 4 003 m², est situé au 21-29, rue Jean Jaurès, sur la commune de Coubron (93).

La zone d'étude correspond à la parcelle cadastrale n°1 850 de la section B, et est globalement subhorizontale. Elle se situe aux alentours des cotes altimétriques 112/113 NGF et ne présente pas de dénivelé notable.

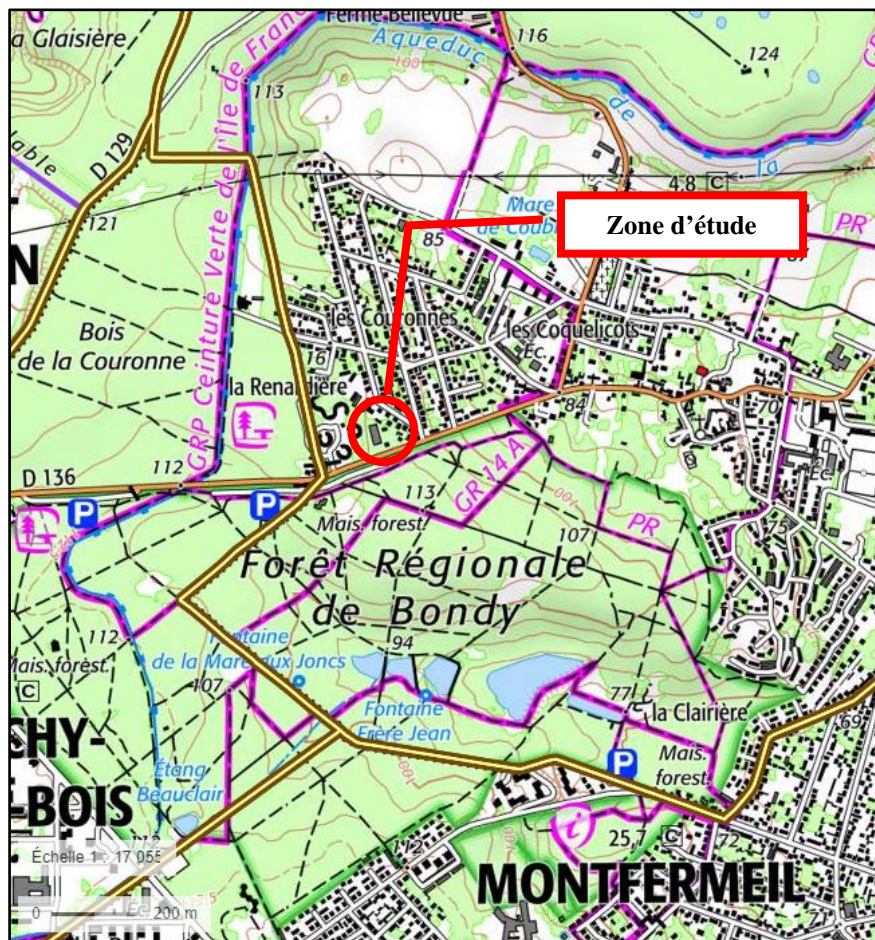


Figure 1 : Plan de localisation de la zone d'étude

Lors de notre intervention, la zone d'étude était occupée par une maison d'habitation abandonnée et un hangar, et est bordée :

- au Nord et à l'Est par des maisons d'habitation,
- à l'Ouest par des immeubles d'habitation puis une forêt,
- au Sud par la rue Jean Jaurès puis une forêt,



Figure 2 : localisation de la zone d'étude sur une photographie aérienne

3.2. Contexte géologique et lithologique

D'après les renseignements en notre possession (cartes géologiques et étude réalisée à proximité), la succession géologique présumée à cet emplacement est la suivante :

- Remblais d'aménagements urbains,
- Eboulis et colluvions,
- Calcaire de Brie éventuels,
- Argiles vertes,
- Marnes Supragypseuses.

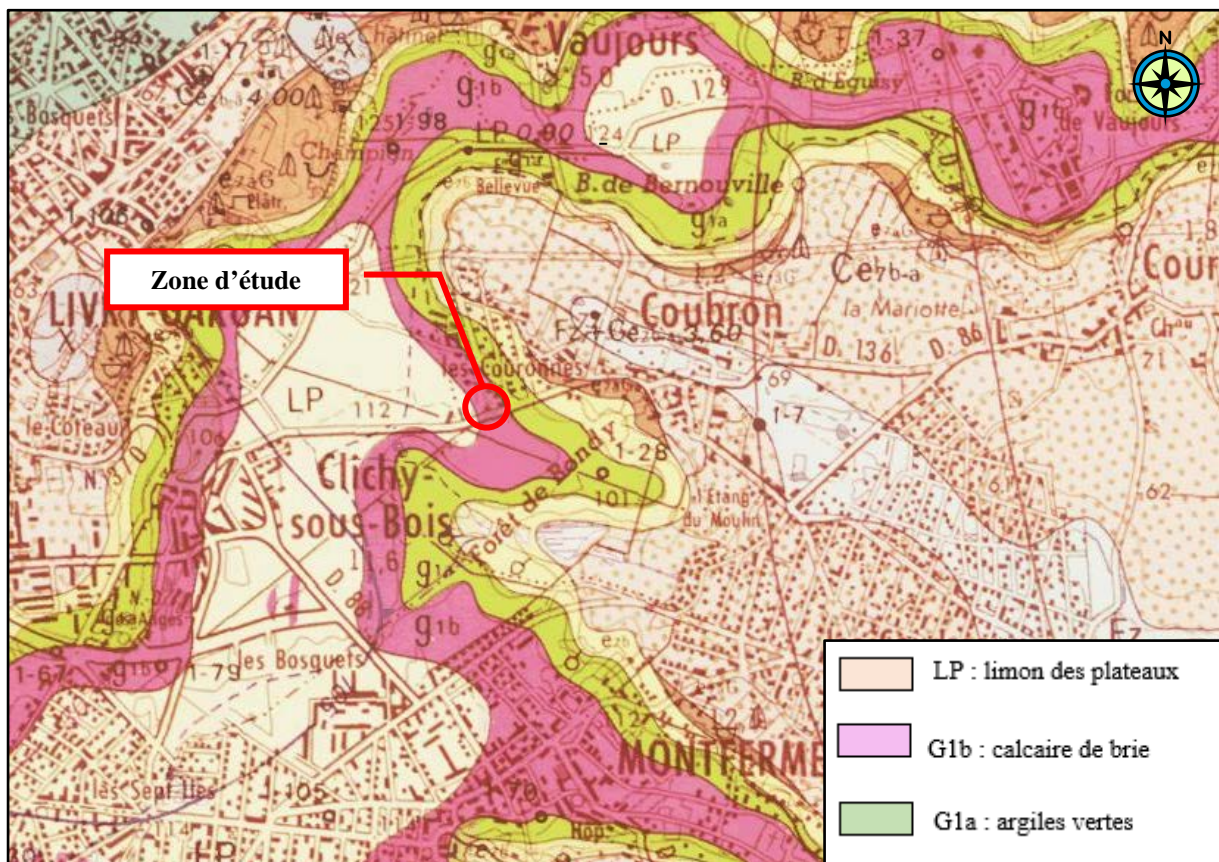
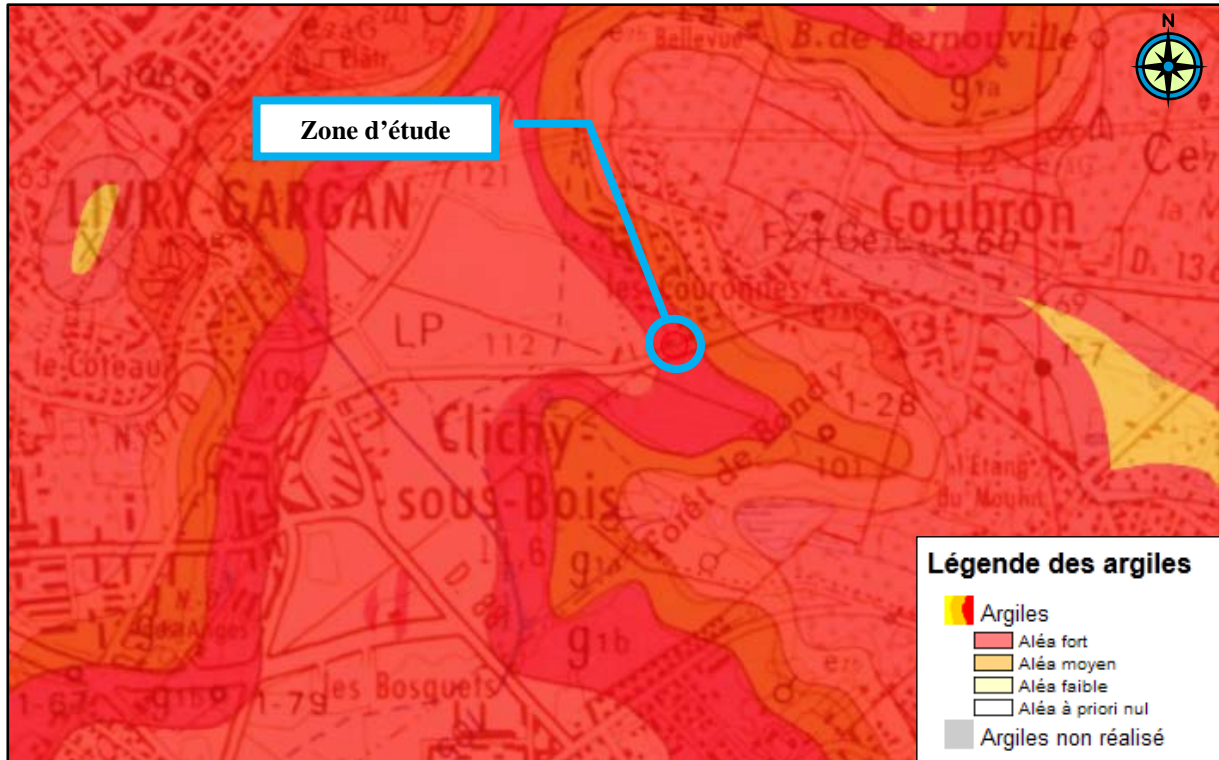


Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1/25 000ème et sa légende

3.3. Phénomène de retrait-gonflement des argiles

Selon les données du site infoterre.brgm.fr, la parcelle est en zone d'aléas fort, vis-à-vis des phénomènes de retrait gonflement.



3.4. Contexte hydrogéologique

Le secteur n'est pas connu pour un risque de remontée de la nappe jusqu'au niveau du terrain actuel. De plus, on note que le site n'est pas localisé dans une zone réglementaire de type PPRI (Plan de Prévention des Risques d'Inondation).

Dans ce secteur d'étude, des circulations d'eau sont néanmoins attendues au-dessus des Argiles vertes qui constitue un niveau quasi-imperméable pouvant retenir les eaux d'infiltration.

3.5. Autres aléas géotechniques

De plus, on note que la parcelle étudiée se situe :

- en dehors de la zone de dissolution du Gypse antéludien, définie par arrêté inter-préfectoral,
- en dehors des zones des carrières souterraines ou à ciel ouvert, recensées dans le département de la Seine-Saint-Denis,
- en zone 1 (*sismicité très faible*) selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et n°2015-5 du 6 janvier 2015 de mise à jour, relatifs à la prévention des risques sismiques entrés en vigueur le 1^{er} mai 2011 (*art. D. 563-8-1 du code de l'environnement*).

4. PRESENTATION DU PROJET

4.1. Caractéristiques du projet

Le projet prévoit la réalisation de bâtiments de logements de type R+1+C, l'un sera édifié sur un niveau de sous-sol, l'autre sera sans sous-sol. L'emprise au sol globale des constructions du projet sera de 972 m².

En l'absence d'information sur les côtes altimétriques du projet, nous considérons que le niveau du rez-de-chaussée sera situé approximativement au même niveau que la plateforme actuelle (± 1 m), le niveau bas du 1^{er} sous-sol vers 3 m de profondeur par rapport au niveau actuel.

Les données précises du projet ne nous ont pas été communiquées (descentes de charges, niveaux arrêtés ...). Notre étude gardera donc un caractère général, qu'il conviendra de préciser en phase projet.



Figure 5 : Plan de toiture du projet de septembre 2020

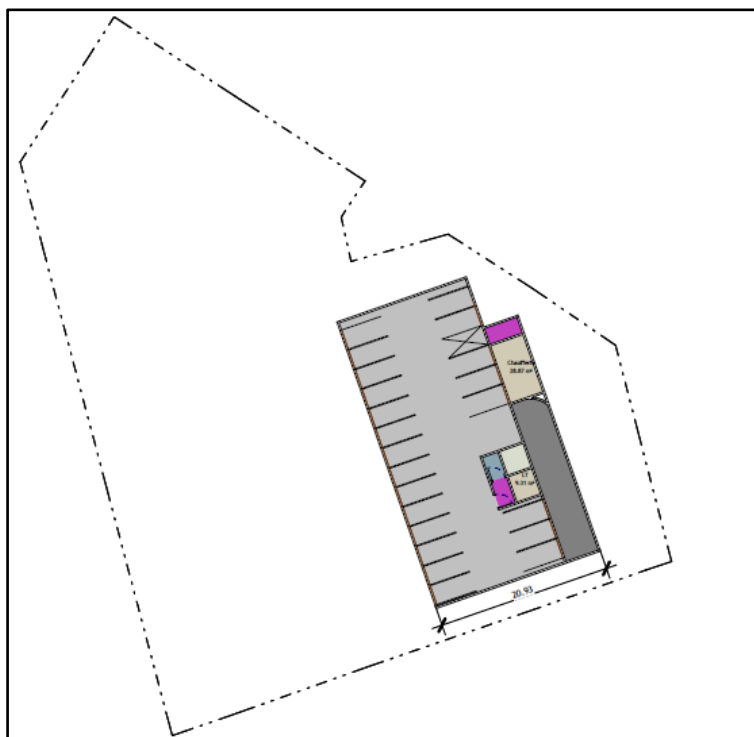


Figure 6 : plan de sous-sol du projet du septembre 2020

4.2. Synthèse des risques géotechniques

La synthèse des différents risques à prendre en compte pour le projet est présentée dans le tableau suivant :

Type de risque	Fort	Moyen	Faible	Très faible
Risque carrières			✓	
Risque dissolution du Gypse			✓	
Risque lié au retrait-gonflement des sols argileux	✓			
Risque mouvement de terrain	Non renseigné mais risque, a priori, faible dans le contexte local			
Risque inondation par submersion				✓
Risque inondation par remontée de nappe				✓
Risque sismique				✓

5. RESULTATS OBTENUS

5.1. Nature des sols reconnus

La coupe lithologique est établie à l'aide des cuttings extraits au droit des sondages, réalisés au tricône et au taillant. Ces méthodes de foration destructives permettent d'obtenir des matériaux déstructurés qui ne donnent qu'une indication sur la nature des terrains traversés sous réserve de l'absence de perte du fluide de forage.

De plus, le décalage entre la foration et la remontée des cuttings peut entraîner des imprécisions et donc des variations sur les profondeurs présentées. Seul un sondage carotté permettrait de définir avec précision la lithologie des terrains traversés.

Ainsi, l'examen des matériaux remontés au cours de l'exécution des sondages, complété par la réinterprétation des sondages de la campagne préalable, a permis d'établir la succession lithologique suivante :

Remblais/Eboulis

Au droit des sondages, des argiles et limons marron ont été mis en évidence jusqu'à des profondeurs variables comprises entre 1/2 m de profondeur.

Ces matériaux correspondent à des remblais, et possiblement des éboulis.

Il est toujours possible de rencontrer ces matériaux sur des épaisseurs très variables (sur-profondeurs possibles) selon l'historique du terrain (sous-sol, anciennes constructions, ouvrages enterrés...). Ces matériaux peuvent renfermer tout aussi bien des niveaux indurés de toutes dimensions que des passages complètement décomprimés.

Argile verte

Sous les terrains de couverture, nos sondages ont recoupé des argiles vertes, jusque vers 7,5/9,5 m de profondeur, rattachée à la formation du même nom.

Il s'agit de la formation des Argiles Vertes.

Nous noterons que cette formation est sensible au phénomène de retrait et gonflement des matériaux argileux. Elle constitue également un horizon quasi-imperméable au toit duquel circulent les eaux de surface.

Marnes plus ou moins argileuses

Au-delà des matériaux précédents, nos sondages ont mis en évidence des marnes plus ou moins argileuses blanche, jusqu'à la base de nos sondages arrêtés vers 12,5 m de profondeur par rapport à la plateforme actuelle.

Elles correspondent à la formation des Marnes Supragypseuses.

5.2. Observations concernant l'eau

Lors de notre intervention en septembre 2020, deux piézomètres ont été installés à 12 m de profondeur (PZ/SP1 et PZ/SP3), dans les deux sondages pressiométriques SP1 et SP3.

Les relevés piézométriques réalisés indiquent les niveaux d'eau suivants :

Date du relevé	Profondeur de la nappe / TN (en m)	
	PZ/SP1	PZ/SP3
30/10/2020	Sec	Sec
24/11/2020	Sec	Sec

Nous notons que les piézomètres, sont installés à 12 m de profondeur, et dépassent ainsi la formation des argiles vertes (formation quasi-imperméable retenant les eaux) dont la base est située vers 7,5/9,5 m de profondeur.

Dans ce contexte géologique, des circulations d'eau superficielles sont à attendre au toit des Argiles Vertes qui peuvent se développer dans les remblais/éboulis en fonction des apports d'eau météoriques.

Nous recommandons de réaliser lors de l'étude géotechnique de conception en phase projet un sondage piézométrique court, et/ou des fouilles à la pelle mécanique afin d'évaluer l'importance des arrivées d'eau ainsi que leur variation saisonnière.

5.3. Caractéristiques pressiométriques

Les valeurs des caractéristiques pressiométriques (E_M : module pressiométrique, Pl^* : pression limite nette) ont été déterminées par des essais effectués au droit des sondages pressiométriques nommés SP1 à SP3. L'analyse statistique des valeurs mesurées conduit aux résultats suivants :

Remblais/Eboulis

- \Rightarrow Profondeur des terrains : de TN jusque vers 1/2 m,
- \Rightarrow Nombre d'essais : 4 essais,
- \Rightarrow Analyse des 4 essais pris en compte :

E_M mini	E_M maxi	E_M moyen (a)	E_M moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
6,9 MPa	8,6 MPa	7,9 MPa	7,8 MPa	0,7 MPa	0,09

Pl^* mini	Pl^* maxi	Pl^* moyen (a)	Pl^* moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
0,50 MPa	0,83 MPa	0,68 MPa	0,65 MPa	0,14 MPa	0,21

(a) : moyenne arithmétique
(b) : moyenne harmonique

Les essais réalisés dans ces matériaux de recouvrement, caractérisent des terrains de compacité faible à médiocre.

- Argiles vertes

⇒ *Profondeur des terrains : d'environ 1/2 m jusque vers 7,5/9,5 m,*

⇒ *Nombre d'essais : 18 essais,*

⇒ *Analyse des 18 essais pris en compte :*

E_M mini	E_M maxi	E_M moyen (a)	E_M moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
10,8 MPa	19,6 MPa	14,9 MPa	14,5 MPa	2,4 MPa	0,16

Pl^* mini	Pl^* maxi	Pl^* moyen (a)	Pl^* moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
0,79 MPa	1,58 MPa	1,22 MPa	1,19 MPa	0,19 MPa	0,16

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Les essais réalisés dans ces matériaux, caractérisent des argiles de compacité moyenne.

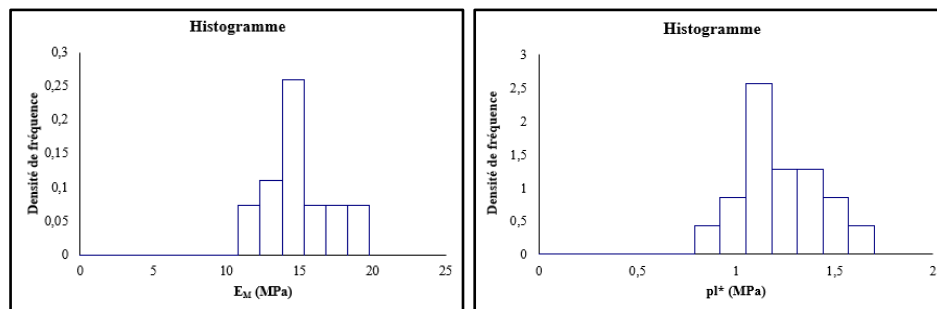


Figure 8 : Distribution des modules pressiométriques (à gauche) et des pressions limites nettes (à droite)

Marnes plus ou moins argileuse

⇒ Profondeur des terrains : à partir de 9/10 m environ jusqu'à la base de nos sondages arrêtés à 12 m de profondeur,

⇒ Nombre d'essais : 5 essais,

⇒ Analyse des 5 essais pris en compte :

E _M mini	E _M maxi	E _M moyen (a)	E _M moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
13,9 MPa	23,4 MPa	18,6 MPa	17,9 MPa	4,1 MPa	0,22

PI* mini	PI* maxi	PI* moyen (a)	PI* moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
1,33 MPa	2,01 MPa	1,71 MPa	1,68 MPa	0,25 MPa	0,15

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Les essais réalisés dans ces matériaux révèlent des marno-calcaires avec des caractéristiques mécaniques globalement moyennes à bonnes.

Synthèse

Une répartition des pressions limites et des modules pressiométriques est présentée sur les figures suivantes (Valeurs de PI^* et E_M en fonction des cotes altimétriques).

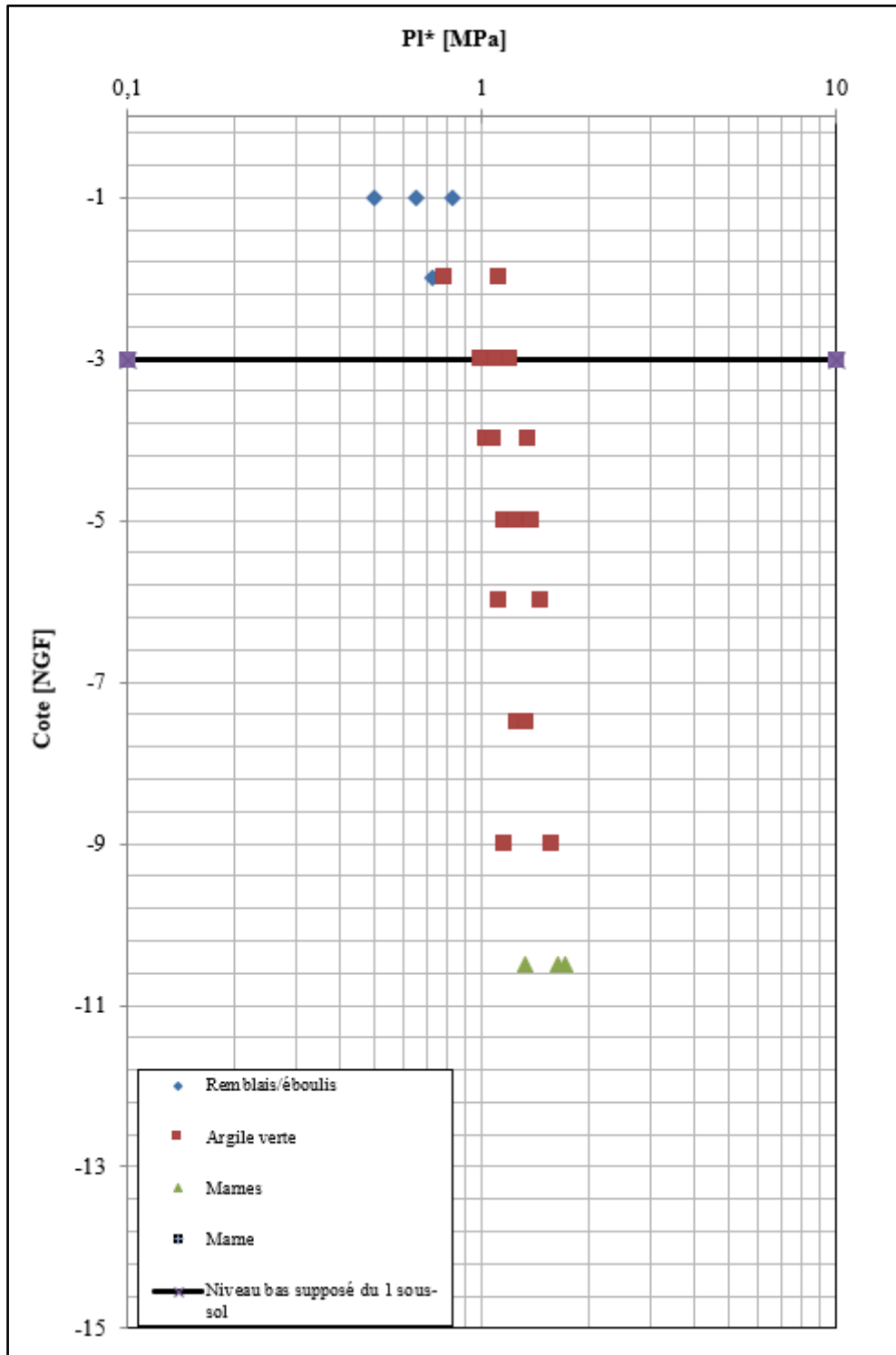


Figure 10 - Répartition des pressions limites nettes mesurées en fonction de la profondeur

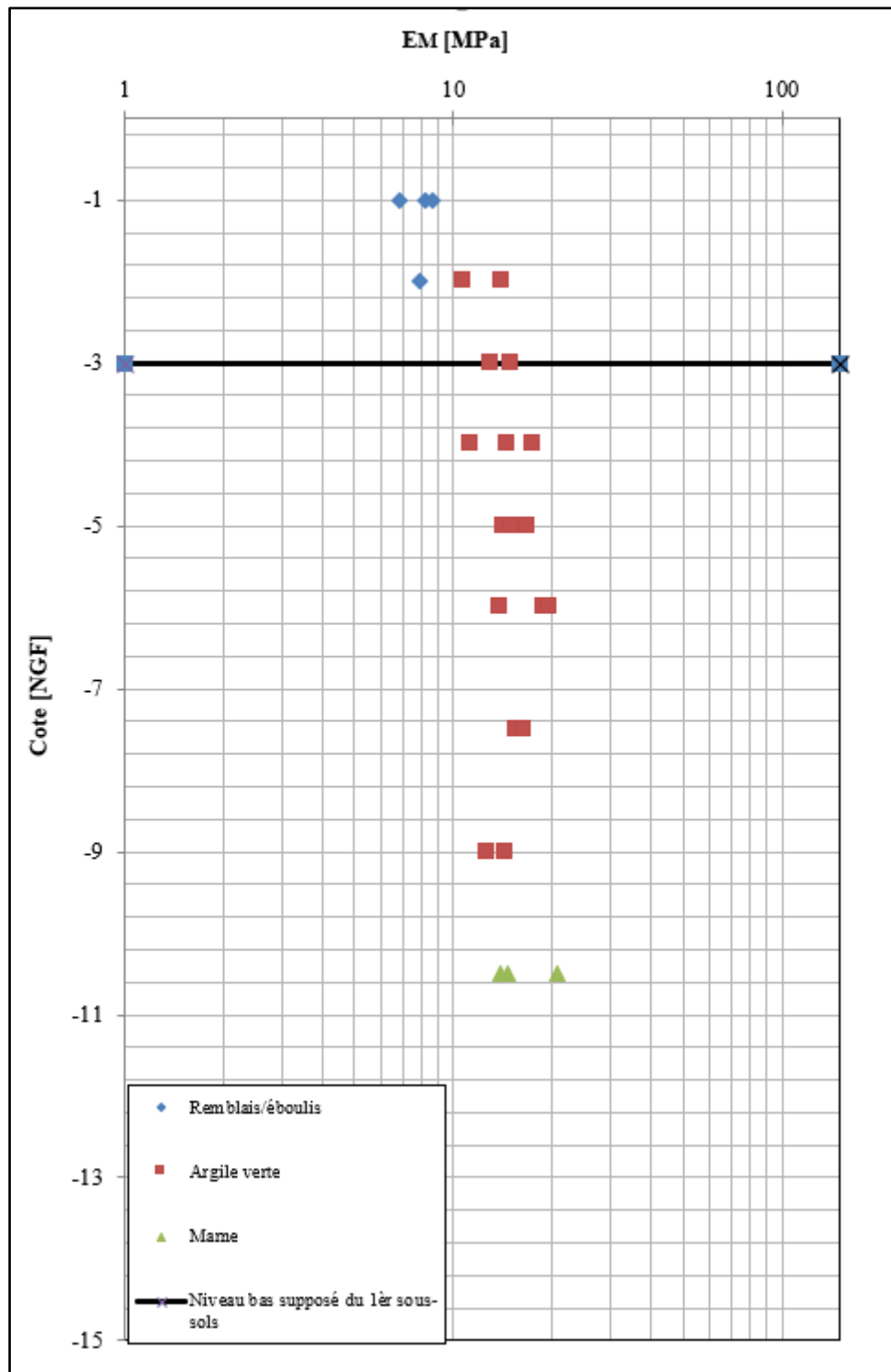


Figure 11 - Répartition des modules pressiométriques mesurés en fonction de la profondeur

6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS

6.1. Contexte géotechnique

Les sondages et essais, réalisés sur le site, ont mis en évidence un terrain qui recoupe successivement :

- **des remblais/éboulis**, de compacité globalement faible jusque vers 1/2 m de profondeur, pour lesquels des surépaisseurs ne peuvent totalement être exclues,
- **des argiles vertes** de compacité globalement moyenne jusque vers 7,5/9,5 m de profondeur,
- **des marnes**, globalement de moyenne à bonne compacité, à partir d'environ 7,5/9,5 m de profondeur jusque la base de nos sondages arrêtés vers 12 m de profondeur,
- l'absence d'eau jusqu'à au moins 12 m de profondeur en novembre 2020, mais des circulations sont à prévoir au toit des Argiles Vertes à faible profondeur.

6.2. Etude géotechnique d'avant-projet

6.2.1. Principes générale

Le projet prévoit la réalisation de bâtiments de logements de type R+1+C, l'un est sera édifié sur un niveau de sous-sol, l'autre sera sans sous-sol, d'une emprise au sol globale de 972 m².

En l'absence d'information sur les côtes altimétriques du projet, nous considérons que le niveau du rez-de-chaussée sera situé approximativement au même niveau que la plateforme actuelle (± 1 m), le niveau bas du 1^{er} sous-sol vers 3 m de profondeur par rapport au niveau actuel.

6.2.2. Solutions de fondation semi-profondes

Compte tenu de la propension au phénomène de retrait gonflement des argiles vertes, nous recommandons de fonder le projet par l'intermédiaire de fondations semi-profondes de type puits ou par l'intermédiaire de semelles associées à un blocage en gros béton. Plus précisément, il conviendra de suivre les conditions d'ancrage ci-après :

- Pour le projet sans sous-sol : les fondations devront être descendues au minimum à 2,5m de profondeur par rapport au terrain actuel et assurer un ancrage d'au moins 1,2 m dans les argiles vertes.
- Pour le projet sur un niveau de sous-sol : les fondations seront descendues au-delà de 3m par rapport au même niveau du terrain actuel et devront être respecter un ancrage de 1,2 m dans les argiles vertes.

En cas de surépaisseurs de remblais, notamment pour le projet sur un niveau de sous-sol, des approfondissements seront à mettre en œuvre.

6.2.3. Prédimensionnement des fondations semi-profondes

a) Justification de la capacité portante des fondations

En ce qui concerne la justification de la capacité portante, celle-ci est menée conformément aux règles pressiométriques, constituant l'annexe normative D de la norme NFP 94-261 de juin 2013.

Pour tous les cas de charges et de combinaisons, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

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

Avec

- $R_{v,d}$: résistance nette du terrain sous la semelle,
- V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise à la fondation semi-profondes,
- R_0 : valeur du poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux.

La résistance nette du terrain sous les fondations semi-profondes, est obtenue par l'application des relations suivantes :

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

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

Avec, à ce stade l'étude et selon une approche de calcul 2, la définition des paramètres suivants :

- $R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain,
- A' : surface effective de la semelle,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain,
- p_{le}^* : pression limite nette équivalente, **fixée et limitée ici à 1,05**,
- k_p : facteur de portance de la semelle, **fixé ici à 0,9**,
- i_β et i_δ : coefficients de réduction de portance liés à la proximité d'une pente de talus et de l'inclinaison du chargement, **fixés ici à 1¹** pour les deux projets,
- $\gamma_{R,v}$: valeur du coefficient partiel égale à **1,4 à l'ELU fondamental, à 1,2 à l'ELU accidentelle et à 2,3 à l'ELS**,
- $\gamma_{R,d,v}$: valeur du coefficient de modèle pressiométrique associé à la méthode de calcul, **égale à 1,2**.

¹ Nous avons considéré des charges centrées verticale ainsi que l'absence de talus

Il vient alors la contrainte associée à la résistance nette du terrain

$$q_{\text{net}} = 0,95 \text{ MPa}$$

A titre indicatif, par analogie avec les anciennes réglementations (DT13.12 et fascicule 62 titre V), il vient alors les contraintes de calcul à l'ELS et à l'ELU suivantes :

$q'_{\text{ELS}} = 0,34 \text{ MPa (3,4 bars ou } 34 \text{ t/m}^2)$	<i>Intégralité des sollicitations à l'ELS</i>
$q'_{\text{ELU FOND}} = 0,56 \text{ MPa}$	<i>Combinaison fondamentale à l'ELU</i>
$q'_{\text{ELU ACC}} = 0,66 \text{ MPa}$	<i>Combinaison accidentelle à l'ELU</i>

b) Tassements absolus et différentiels

Les tassements sont estimés à partir de la relation pressiométrique suivante :

$$s = s_c + s_d = \frac{\alpha \cdot p \cdot \lambda_c \cdot B}{9E_c} + \frac{2 p \cdot B_0}{9E_d} \left(\frac{\lambda_d \cdot B}{B_0} \right)^\alpha$$

Dans le cas de puits carrés exerçant une contrainte de 0,34 MPa, nous adopterons les paramètres de calcul suivants :

Puits

$p = 0,34 \text{ MPa}$	$\lambda_c = 1,1$	$\lambda_d = 1,12$
$\alpha = 2/3$	$E_c \text{ (MPa) } \# 10 \text{ à } 20$	$E_d \text{ (MPa) } \# 15$

Une estimation des tassements pour le cas des puits isolées a été effectuée en retenant les paramètres définis auparavant, et en considérant une décharge des terres de 0,28 MPa pour le projet du bâtiment avec un sous-sol.

Les calculs pour les puits isolés pour le projet avec sous-sol ont conduit aux estimations suivantes :

Dimensions fondations	Action verticale définie pour le calcul des tassements	Estimation des tassements absolus*	Estimation des tassements différentiels
1,00 x 1,00 m ²	340 kN	≈ 5 à 6 mm	Evaluation à faire au cas par cas par le BET Structure
1,50 x 1,50 m ²	765 kN	≈ 0,65 à 0,85 mm	
2,00 x 2,00 m ²	1360 kN	≈ 0,82 à 1,05 mm	

Les calculs pour les puits isolés pour le projet sans sous-sol ont conduit aux estimations suivantes :

Dimensions fondations	Action verticale définie pour le calcul des tassements	Estimation des tassements absolus*	Estimation des tassements différentiels
1,00 x 1,00 m ²	340 kN	≈ 6 à 7,5 mm	Evaluation à faire au cas par cas par le BET Structure
1,50 x 1,50 m ²	765 kN	≈ 0,8 à 1 mm	
2,00 x 2,00 m ²	1360 kN	≈ 1 à 1,3 mm	

D'une manière générale, les tassements absolus et différentiels seront limités :

Tassements absolus (cm)	$0,5 \leq s \leq 1,3$
Tassements différentiels (cm)	$\Delta s \leq 0,8$

Il ne faut certes pas considérer les chiffres ci-dessus dans toute leur rigueur mathématique, mais plutôt ne voir en eux qu'un ordre de grandeur des phénomènes.

Quoiqu'il en soit, il conviendra de s'assurer que la structure est suffisamment armée et rigidifiée pour reprendre les tassements absolus à envisager.

6.2.4. Sujétions vis-vis de l'eau

En l'état, la nappe se situe en profondeur et ne devrait pas interférer avec le projet.

Toutefois, nous rappelons que des circulations et/ou accumulations d'eau restent possibles en période climatique humide, notamment au toit des Argiles Vertes qui constitue un niveau quasi-imperméable pouvant retenir les eaux d'infiltration.

a. Phase provisoire

En phase provisoire, des moyens de pompage pourraient s'avérer nécessaires pour capter les eaux météoriques et/ou les circulations d'eau pouvant s'accumuler en fond de fouille.

Si nécessaire, le fond de fouille sera dressé avec de légères pentes afin de diriger les eaux vers les points de pompage. Le dispositif de pompage nécessitera alors un raccordement à un exutoire efficace.

b. Phase définitive

En phase définitive, on pourra s'orienter vers un système de drainage avec fosse et pompe de relevage vers un exutoire adapté (cf. schéma de principe présenté en page suivante). Dans ce cas, on prévoira :

- Drainage vertical :

Un drainage vertical soigné des voiles via un géo composite alvéolaire (de type Delta-MS-drain ou équivalent), associé à un drain de pied, sera mis en œuvre sur toute la hauteur des remblais/colluvions. Ce dispositif sera donc arrêté au toit des argiles vertes. Ces bandes alvéolaires permettront de drainer l'eau jusqu'au pied du drainage dans les remblais/colluvions vers 1/2 m de profondeur par rapport au terrain naturel actuel.

- Drainage horizontal :

Dans la mesure où des arrivées d'eau résiduelles pourraient toujours se développer sous le plancher bas (très faibles remontées le long du voile contre terre), nous recommandons de prévoir la mise en œuvre d'une forme drainante pour récupérer ces éventuelles eaux en sous face du plancher bas.

Etant donné qu'un vide de construction est préconisé sous le niveau bas, et compte tenu des débits très limités à attendre, il paraît envisageable d'aménager ce vide de construction (pente, tranchée) qui permettra de récupérer les eaux résiduelles. L'ensemble sera raccordé à une fosse avec relevage et rejet des eaux vers un exutoire efficace.

Dans ces conditions, le dispositif proposé permettra de s'affranchir de la reprise de sous-pressions pour le sol du projet. Il conviendra néanmoins de prévoir de reprendre les poussées hydrostatiques sur les voiles contre-terre.

La protection des éventuels locaux nobles vis-à-vis de l'eau dépendra du choix du Maître d'Ouvrage. Si celui-ci n'accepte aucune trace d'humidité dans ces locaux, il conviendra de prévoir un cuvelage ou tout autre système équivalent (doublage + cunettes par exemple).

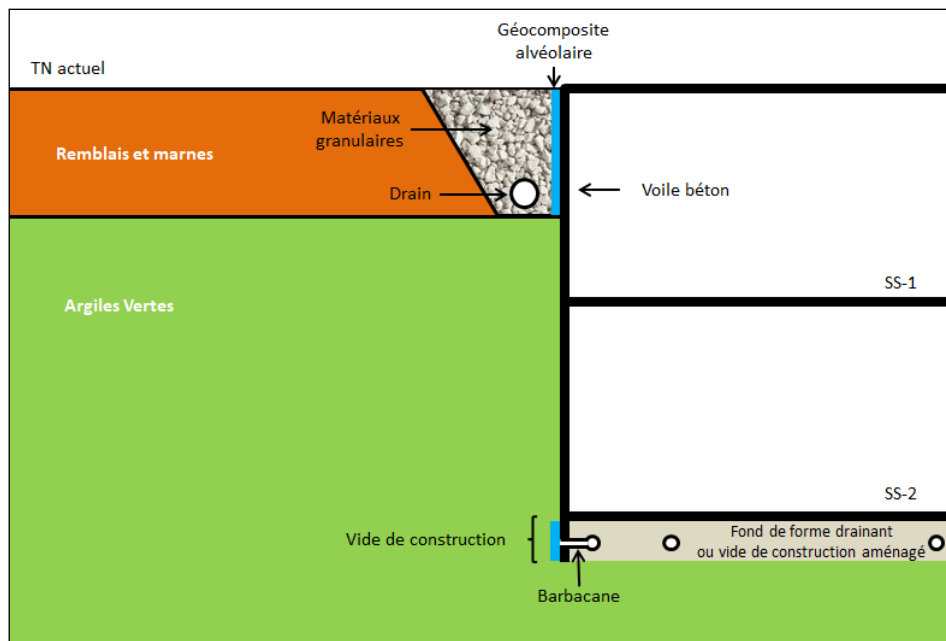


Figure 7 : Schéma de principe du dispositif de protection vis-à-vis de l'eau proposé.

6.2.5. Terrassement et soutènement

La création d'un niveau de sous-sols conduira à l'exécution d'une fouille pouvant atteindre 3 m de hauteur recoupant principalement des remblais/éboulis et des argiles vertes, dont il conviendra d'assurer la stabilité.

a) Extraction des déblais

Les déblais pourront être réalisés, en général, avec une pelle mécanique de bonne puissance jusqu'au niveau du fond de fouille. Cependant, la présence d'éléments et/ou de niveaux indurés de toute dimension au niveau des terrains superficiels et des terrains en place nécessitera le recours à des engins désagrégateurs spécifiques voire des purges. Le cas échéant, des hors-profils sont à craindre, engendrant des surconsommations de béton.

b) Traficabilité

Compte tenu de la nature argileuse des sols rencontrés au droit du site, et notamment de leur sensibilité à l'eau, des problèmes de traficabilité sont à prévoir et pourraient nécessiter la réalisation des pistes provisoires et/ou de plateforme de travail, soit en matériaux d'apport, soit par traitement des sols du site.

c) Talutage / Pré-talutage

En l'absence de surcharges en tête et pour des hauteurs limitées à 3,5 m, on pourra s'orienter sur le principe d'un talutage provisoire avec une pente maximale de talus n'excédant pas 1/1 (V/H) dans les sols en place. Il conviendra de respecter également les sujétions générales suivantes :

- les talus devront être protégés par un polyane,
- en cas de signe d'instabilité (présence de niveaux purement sableux sans cohésion, circulations d'eau parasite par exemple), les pentes de talus devront être retravaillées (adoucies) en les diminuant,
- dans le cas de la réalisation d'un pré-talutage, il conviendra de prévoir un recul minima égal à la hauteur de soutènement à prévoir.

Tout talus envisagé et devant excéder une hauteur de 3,5 m devra faire l'objet d'une justification spécifique.

d) Soutènement

Si les terrassements ne descendent pas sous le niveau d'assise des constructions avoisinantes, on pourra prévoir une solution de type « voiles exécutés par passes alternées » butonnés et bétonnés à l'avancement.

La tenue des parois sera assurée en phase provisoire par des butons et des butons d'angles mis en œuvre à l'avancement et, ce, dès la première phase.

D'une façon générale, la rencontre de matériaux d'une tenue réduite (remblais) et la présence locale d'eau conduiront à adapter et limiter les largeurs et hauteurs de passe en les réduisant au maximum. Les terrains instables feront l'objet d'un blindage en bois provisoire.

Si les terrassements descendent sous le niveau d'assise des constructions avoisinantes, la solution de terrassements et voiles exécutés par passes alternées sera proscrite et l'on prévoira des dispositions spécifiques de types puits blindés alternés, paroi semi-continue ou équivalent.

Nous insistons sur l'importance d'une réalisation et d'une justification soignée (méthodologie, note de calcul, vérification de sa stabilité durant toutes les phases du terrassement, etc..) qui devront recevoir l'agrément préalable du Bureau de Contrôle.

La technique de soutènement devra bien évidemment être associée à un système de surveillance mis en œuvre dès le démarrage des terrassements, conformément à la norme NF P 94-282. Nous rappelons que ce système de surveillance est obligatoire.

e) Butonnage

Les soutènements seront stabilisés en phase provisoire par des butons. Une attention toute particulière sera apportée à la mise en œuvre des butons en phase de terrassement. L'angle d'inclinaison, les dimensions de semelles d'assises, le système de fixation sur les voiles et la transition des butons provisoires vers les butons définitifs devront être précisément justifiés préalablement au début des travaux.

Afin d'augmenter la rigidification du système "voiles - butons", la mise en place de butons d'angle pourrait s'avérer indispensable dès la première passe.

On s'assurera que les semelles des butons soient correctement fondées dans les sols en place et reprennent bien les efforts verticaux et la butée.

Pour éviter tout déplacement des voiles en tête, les butons provisoires et définitifs devront être vérifiés régulièrement afin de s'assurer de la liaison voile - bouton (coin de charge bien en place).

Quoi qu'il en soit, la stabilité du site en phase provisoire devra être justifiée préalablement au début des travaux et soumise à l'agrément du Bureau de Contrôle.

f) Paramètres intrinsèques

Pour le dimensionnement des ouvrages de soutènement, on retiendra les paramètres à long terme suivants :

Formation	γ_h (kN/m ³)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)
Remblais/éboulis	19	3	22
Argiles vertes	20	10	20

On notera cependant que les caractéristiques précédentes n'ont pas été mesurées par des essais spécifiques mais correspondent aux valeurs généralement admises dans ces matériaux en corrélation avec les résultats pressiométriques.

g) Système de surveillance

Les terrassements et soutènements préconisés dans le présent rapport devront être associés à un système de surveillance. En d'autres termes, nous recommandons de mettre en œuvre :

- des dispositifs de contrôle des déformations des voiles périmétriques avec la mise en place de cibles par exemple,
- des dispositions palliatives permettant de définir des seuils d'alerte et d'interventions en cas de déformations excessives.

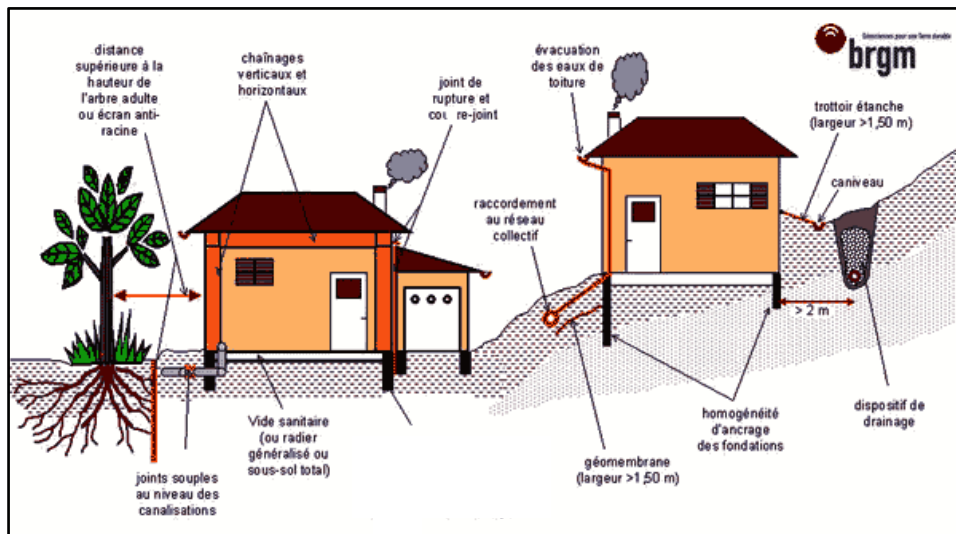
6.2.6. Sol du projet

Compte tenu de la sensibilité des matériaux rencontrés (Argiles vertes) vis-à-vis de l'eau, on s'orientera vers le principe d'un plancher porté par les fondations avec vide technique.

6.3. Argiles vertes

Compte-tenu de la présence des Argiles vertes sur le site, on veillera à respecter les recommandations spécifiques à la construction de maisons sur sol sensible au retrait-gonflement (données d'informations issues du site internet sur les argiles gonflantes du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et du BRGM).

Les dispositions préventives généralement prescrites pour construire sur un sol argileux sujet au phénomène de retrait-gonflement obéissent aux quelques principes suivants, sachant que leur mise en application peut se faire selon plusieurs techniques différentes dont le choix reste de la responsabilité du constructeur. Dans les communes dotées d'un Plan de Prévention des Risques naturels (PPR) qui prend en compte spécifiquement le phénomène de retrait-gonflement des argiles, les mesures à respecter dans chacune des zones réglementées sont celles qui sont définies par le règlement du PPR.



- Les **fondations** sur semelle doivent être **suffisamment profondes** pour s'affranchir de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation. Une construction sur **vide sanitaire** ou avec **sous-sol généralisé** est préférable à un simple dallage sur terre-plein. Un **radier généralisé**, conçu et réalisé dans les règles de l'art, peut aussi constituer une bonne alternative à un approfondissement des fondations.
- Les fondations doivent être **ancrées** de manière **homogène** sur tout le pourtour du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente où l'ancrage aval doit être au moins aussi important que l'ancrage amont). Les sous-sols partiels qui induisent des hétérogénéités d'ancrage sont à éviter à tout prix.

- La **structure** du bâtiment doit être suffisamment **rigide** pour résister à des mouvements différentiels, d'où l'importance des **chaînages hauts et bas**.
- Deux éléments de construction accolés et fondés de manière différente doivent être désolidarisés et munis de **joints de rupture** sur toute leur hauteur pour permettre des mouvements différentiels.
- Tout élément de nature à provoquer des **variations saisonnières d'humidité** du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être **le plus éloigné possible** de la construction. On considère en particulier que l'**influence d'un arbre** s'étend jusqu'à une **distance égale à au moins sa hauteur** à maturité.
- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour, il est soumis à évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour l'éviter, il convient d'entourer la construction d'un dispositif, le plus large possible, sous forme de **trottoir périphérique** ou de **géomembrane enterrée**, qui protège sa périphérie immédiate de l'évaporation.
- En cas de **source de chaleur** en sous-sol (chaudière notamment), les **échanges thermiques** à travers les parois doivent être **limités** par une isolation adaptée pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain en périphérie.
- Les canalisations enterrées d'eau doivent pouvoir subir des mouvements différentiels sans risque de rompre, ce qui suppose notamment des raccords souples au niveau des points durs.

Remarque :

Nous attirons votre attention sur le fait que les bâtiments existants présentent des désordres très importantes au niveau du dallage. Il s'agit des fissures centimétriques et qui sont visibles à tous les niveaux (voir photos ci-après)

Ces désordres sont liées selon toute vraisemblance au phénomène de retrait gonflement des argiles, dont il conviendra de respecter les préconisations données (sol du projet, ancrage,...) lors de la construction.

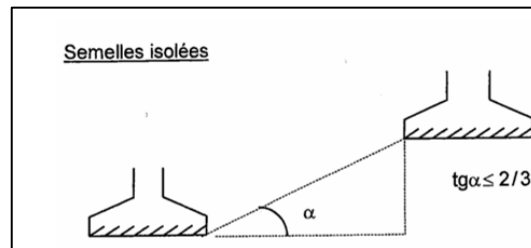




6.4. Sujétions

On respectera, de plus, les sujétions suivantes :

- l'homogénéité des fonds de fouille sera soigneusement contrôlée,
- la mise en place du béton devra suivre immédiatement l'ouverture des fouilles afin d'éviter tout risque d'altération de leurs parois et assises sous l'effet des venues d'eau et de l'action des agents météoriques. Le bétonnage devra se faire à pleine fouille,
- en cas d'instabilité des fouilles de fondations, un blindage pourra s'avérer nécessaire,
- les eaux de ruissellement superficiel devront être drainées et évacuées de manière efficace,
- les structures enterrées seront réalisées à l'aide d'un béton confectionné en conformité avec la norme NF EN 1992-1-1 d'octobre 2005 et NF EN 206/CN de décembre 2014,
- la rencontre de blocs ou niveaux résistants au sein des formations en place pourra gêner les terrassements et nécessiter l'utilisation de matériel spécifique,
- on veillera à respecter les règles géométriques du paragraphe 8 de la norme NF P 94-261 par rapport aux profondeurs d'assise des fondations :



7. ETUDES ET MISSIONS COMPLEMENTAIRES

La présente étude constitue une étude d'avant-projet et devra être complétée par une étude géotechnique de conception de projet (G_{2-PRO}) une fois le projet défini et ses combinaisons d'actions connues.

Il convient tout particulièrement de réaliser un sondage piézométrique court (d'environ 4 m de profondeur) et/ou de fouilles à la pelle mécanique afin de confirmer ou non l'absence de la nappe dans la zone d'étude, et d'évaluer l'importance des arrivées d'eau.

Nous restons à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions, ainsi que pour l'étude géotechnique de conception phase Projet (mission de type G_{2-2 PRO}) et pour suivre et contrôler éventuellement l'exécution des fondations qui peuvent toujours présenter localement des anomalies nécessitant des adaptations, dans le cadre d'une mission spécifique de suivi géotechnique d'exécution (missions de type G_{2 PRO} à G₅ de la norme française NF P 94-500 de novembre 2013).

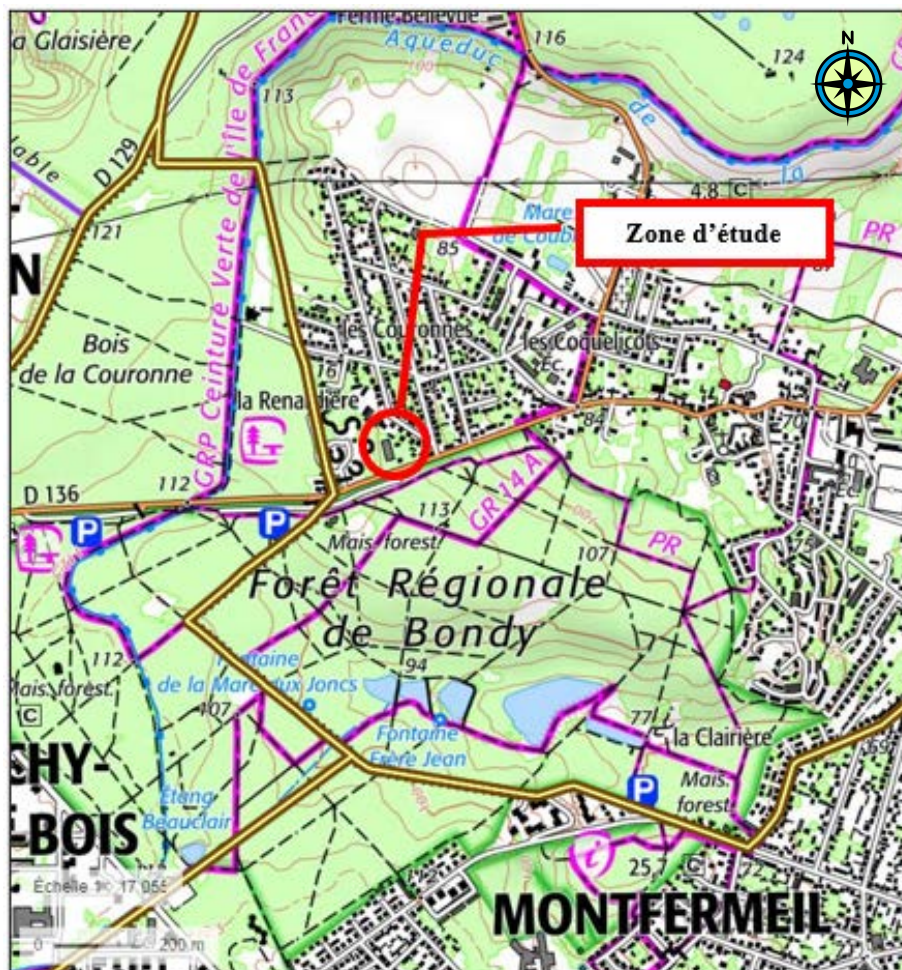
Nous rappelons par ailleurs que le respect de la norme NF P 94 500 impose à l'entreprise de réaliser une mission G₃ d'étude et de suivi d'exécution permettant d'élaborer le dossier géotechnique d'exécution et d'en suivre sa mise en œuvre.

La description des missions normées ainsi que leur enchaînement sont présentées à la fin de ce rapport.

ANNEXE 1 :

PLAN DE SITUATION

PLAN DE SITUATION



ANNEXE 2 :
PLANS D'IMPLANTATION

SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

LEGENDE :

 SONDAGE PRESSIOMETRIQUE



ANNEXE 4 :

COUPES ET RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Date début: 21/10/2020
Date fin : 21/10/2020
Profondeur: 0,00 - 12,50 m

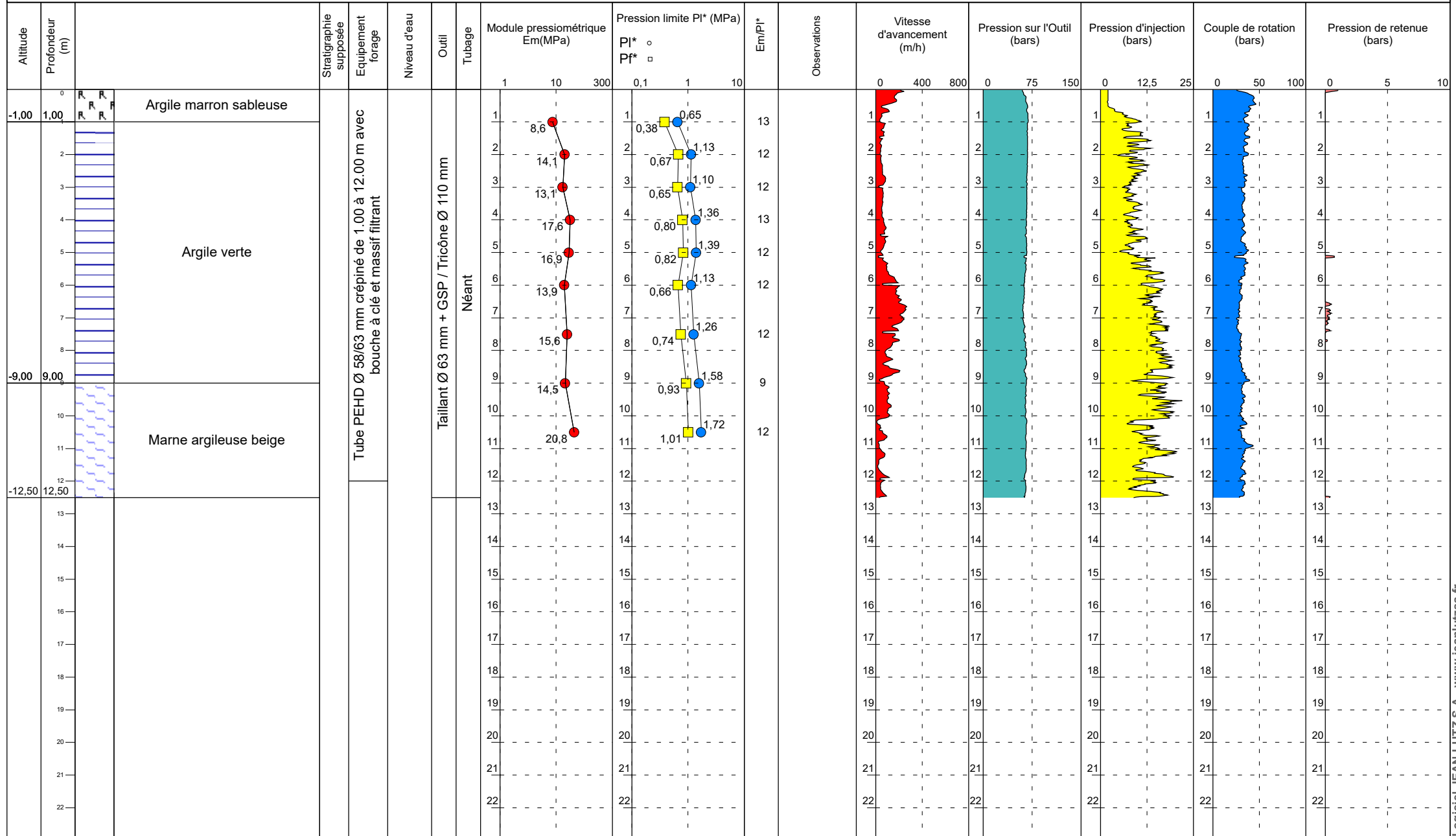
SP1

Cote NGF:
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : SEQENS

1/150
1/1



Observations:

EXGTE 3.20

Date début: 19/10/2020
Date fin : 20/10/2020
Profondeur: 0,00 - 12,30 m

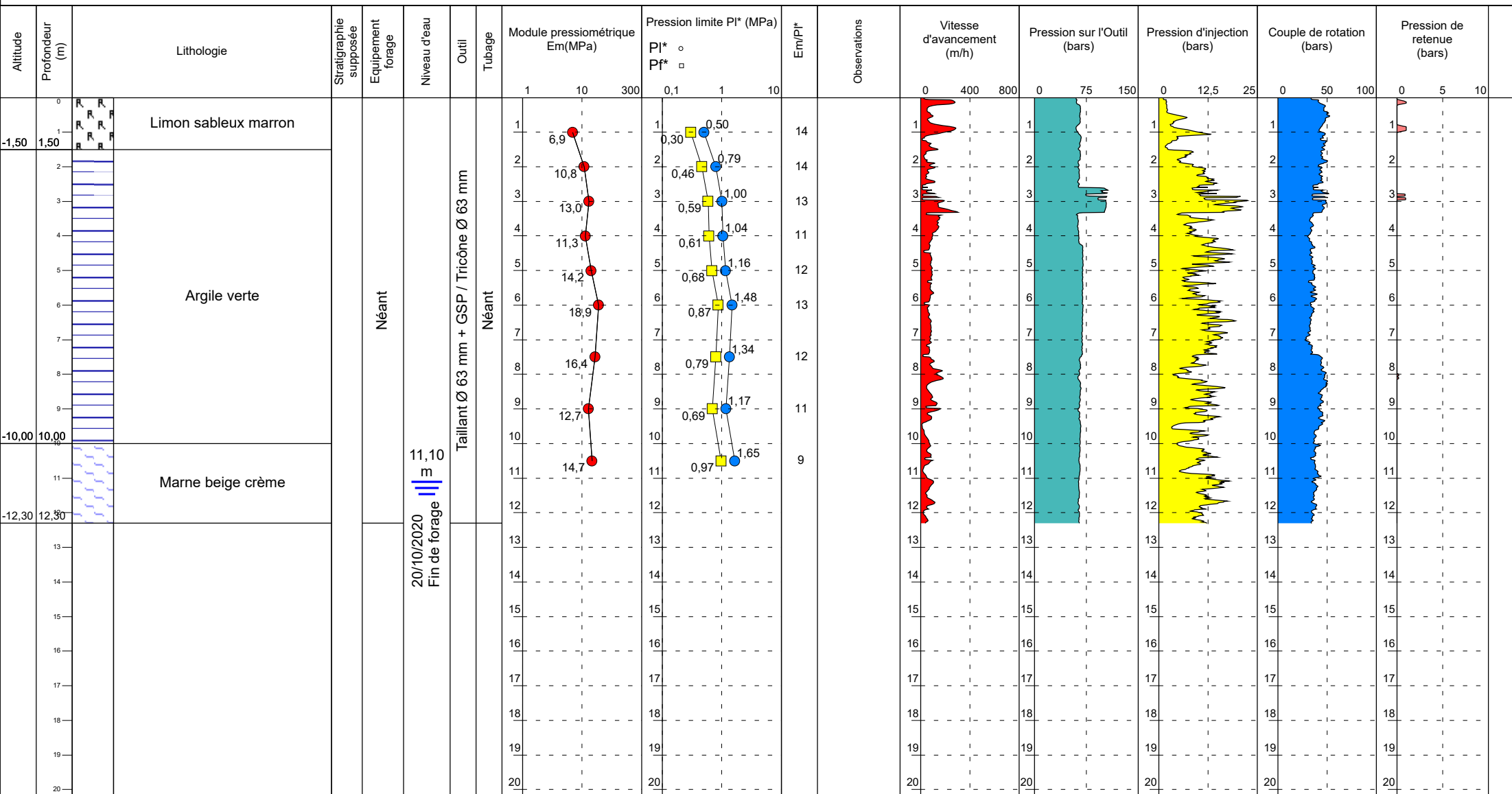
SP2

Cote NGF:
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : SEQENS

1/150
1/1



EXGTE 3.20

Observations:

Date début: 20/10/2020
Date fin : 20/10/2020
Profondeur: 0,00 - 12,50 m

SP3

Cote NGF:
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : SEQENS

1/150
1/1

Altitude	Profondeur (m)		Lithologie	Stratigraphie supposée	Equipement forage	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Module pressiométrique Em(MPa)			Pression limite PI* (MPa) PI* ○ Pf* □			Em/PI*	Observations	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression sur l'Outil (bars)	Pression d'injection (bars)	Couple de rotation (bars)	Pression de retenue (bars)			
									1	10	300	0,1	1	10			0	400	800	0	75	150	0	12,5
-2,00	2,00		Argile marron/verte légèrement sableuse		Tube PEHD Ø 58/63 mm crépiné de 1,00 à 12,00 m avec bouche à clé et massif filtrant			Taillant Ø 63 mm + GSP / Tricône Ø 110 mm	Néant	1	8,2		1	0,49	0,83	10		1		1		1		
			Argile verte	2		7,9				2	0,43	0,73	11		2		2		2		2		2	
				3		15,0				3	0,70	1,20	13		3		3		3		3		3	
				4		14,7				4	0,64	1,09	13		4		4		4		4		4	
				5		15,0				5	0,73	1,25	12		5		5		5		5		5	
				6		19,6				6	0,86	1,47	13		6		6		6		6		6	
-7,50	7,50		Argile marneuse verdâtre	7			7					7					7		7		7			
				8	20,4		8	1,08	1,84	11		8		8		8		8		8				
				9	28,4		9	1,18	2,01	12		9		9		9		9		9				
				10			10					10		10		10		10		10				
				11	13,9		11	0,78	1,33	10		11		11		11		11		11				
-12,50	12,50			12			12					12					12		12		12			
				13			13					13					13		13		13			
				14			14					14					14		14		14			
				15			15					15					15		15		15			
				16			16					16					16		16		16			
				17			17					17					17		17		17			
				18			18					18					18		18		18			
				19			19					19					19		19		19			
				20			20					20					20		20		20			
				21			21					21					21		21		21			
				22			22					22					22		22		22			

Observations:

EXGTE 3.20

Machine: Socomafor 35

Client : SEQUENS

1/50

1/1

Cote NGF	Profondeur (m)	Echantillons	Lithologie	PID (ppm)	Signe(s) organoleptique(s)	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
	0							
	1	ECH	Argile marron/verte à grains et cailloux de calcaire					
111,10	2,00		2,00 m					
	3	ECH	Argile verte avec cailloutis et cailloux de calcaire					
108,10	5,00		5,00 m					
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							

Observations:

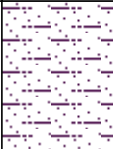

EXGTE 3.22

Machine: Socomafor 35

Client : SEQUENS

1/50

1/1

Cote NGF	Profondeur (m)	Echantillons	Lithologie	PID (ppm)	Signe(s) organoleptique(s)	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
111,00	0 1,00	ECH	 Limon sableux marron à noirâtre avec racines, graviers de silice et de calcaire 1,00 m		Couleur noirâtre			
108,00	2 3 4,00	ECH	 Argile verte avec cailloutis et cailloux calcaire 4,00 m	-		Tarière Ø 90 mm	Absence de mesure	Néant
	5 6 7 8 9 10							

Observations:

EXGTE 3.22



INGENIERIE
DES SOLS ET FONDATIONS

G200677 COUBRON (93)
21-29, rue Jean Jaurès

Date début: 22/10/2020

Date fin : 22/10/2020

Profondeur: 0,00 - 1,00 m

T4

Cote NGF: 114,1

X : 668214,7

Y : 6868339,6

Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 35

Client : SEQUENS

1/50

1/1

Cote NGF	Profondeur (m)	Echantillons	Lithologie	PID (ppm)	Signe(s) organoleptique(s)	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
113,10	0 1,00	ECH	Argile marron sableuse à cailloux, cailloutis et grains de calcaire et silex et morceaux de terre cuite (Remblais) 1,00 m	-		Tarière Ø 90 mm	Absence de mesure	Néant
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							

Observations:

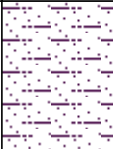
EXGTE 3.22

Machine: Tarière manuelle

Client : SEQUENS

1/50

1/1

Cote NGF	Profondeur (m)	Echantillons	Lithologie	PID (ppm)	Signe(s) organoleptique(s)	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
113,10	0 1,00	ECH	 Limon sableux marron avec cailloux et cailloutis de calcaire et de silex 1,00 m	-		Tarière manuelle	Absence de mesure	Néant
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							

Observations:

EXGTE 3.22



INGENIERIE
DES SOLS ET FONDATIONS

G200677 COUBRON (93)
21-29, rue Jean Jaurès

Date début: 22/10/2020

Date fin : 22/10/2020

Profondeur: 0,00 - 1,00 m

T6

Cote NGF: 113,8

X : 668205,6

Y : 6868401,1

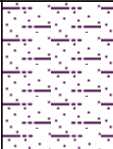
Inclinaison: 0°

Machine: Tarière manuelle

Client : SEQUENS

1/50

1/1

Cote NGF	Profondeur (m)	Echantillons	Lithologie	PID (ppm)	Signe(s) organoleptique(s)	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
112.80	1.00	ECH	 Limon sableux marron avec cailloux et cailloutis de calcaire et de silex 1,00 m	-		Tarière manuelle	Absence de mesure	Néant
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							

Observations:

EXGTE 3.22



INGENIERIE
DES SOLS ET FONDATIONS

G200677 COUBRON (93)
21-29, rue Jean Jaurès

Date début: 22/10/2020

Date fin : 22/10/2020

Profondeur: 0,00 - 1,00 m

T7

Cote NGF: 111,5

X : 668260,6

Y : 6868372,5

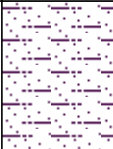
Inclinaison: 0°

Machine: Tarière manuelle

Client : SEQUENS

1/50

1/1

Cote NGF	Profondeur (m)	Echantillons	Lithologie	PID (ppm)	Signe(s) organoleptique(s)	Outil	Niveau d'eau	Equipement forage
110,50	1,00	ECH	 Limon sableux marron avec partie argileuse, cailloux et cailloutis de calcaire et de silex	-		Tarière manuelle	Absence de mesure	Néant
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							

Observations:

EXGTE 3.22

ANNEXE 3 :

**CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET
SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES
SELON LA NORME NF P 94-500 DE NOVEMBRE 2013**

Classification des missions 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.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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'état 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).

Enchaînement des missions 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