



Construction d'une Maison Médicale et Sociale

Place Alain Poher à PLOUDANIEL (29)

Rapport OVA2.HB101 Version A

Etude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP)

Le 21/06/2017



Agence de Quimper

Le Forum - 2 rue Félix le Dantec

29000 QUIMPER

Téléphone +33 (0)2 98 10 12 11

cebtp.quimper@groupe-cebtp.com

Contacts Bretagne

Brest : + 33 (0)2 98 30 67 20 – Vannes : + 33 (0)2 97 40 25 65 – Rennes : + 33 (0)2 99 27 51 10

*MAIRIE de PLOUDANIEL
Coatdaniel
29260 PLOUDANIEL*


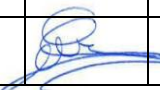
CONSTRUCTION D'UNE MAISON MEDICALE ET SOCIALE

Place Alain Poher à PLOUDANIEL (29)

RAPPORT - Etude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP)

Dossier : OVA2.HB101

Contrat : OVA2.H.0330 Version A

Version	Date	Rédigé par	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
A	21/06/17	David VIMART		Cyndie LACOUR		24 pages 3 annexes	-

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	5
1.1. Extraits de carte IGN	5
1.2. Image aérienne	6
2. Contexte de l'étude	7
2.1. Données générales.....	7
2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs.....	7
2.1.2. Documents communiqués	7
2.2. Description du site	7
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants	7
2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique	8
2.3. Caractéristiques de l'avant-projet.....	10
2.3.1. Description de l'ouvrage	10
2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations.....	10
2.3.3. Terrassements prévus.....	11
2.4. Mission Ginger CEBTP.....	11
3. Investigations géotechniques.....	12
3.1. Préambule.....	12
3.2. Implantation et nivellement	12
3.3. Sondages, essais et mesures in situ	12
4. Synthèse des investigations.....	13
4.1. Première approche d'un modèle géologique	13
4.1.1. Lithologie	13
4.1.2. Caractéristiques géomécaniques	14
4.2. Première approche de modèle hydrogéologique	15
4.2.1. Piézométrie et niveaux d'eau	15
4.2.2. Inondabilité	15
4.3. Risque sismique.....	15
4.3.1. Données parasismiques réglementaires.....	15
4.3.2. Liquéfaction	15
5. Principes généraux de construction	16
5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	16

5.2. Adaptations générales	17
5.2.1. Remarques préalables.....	17
5.2.2. Mise à nu du terrain	17
5.2.3. Réalisation des terrassements	18
5.3. Niveau-bas – dallage	18
5.3.1. Solutions retenues	18
5.3.2. Conception et exécution	18
5.3.3. Contrôles.....	19
5.3.4. Tassements prévisibles	19
5.4. Fondation de la structure.....	20
5.4.1. Type de fondation et conditions d'ancrage	20
5.4.2. Dispositions constructives	20
5.4.3. Justifications des fondations	20
6. Observations majeures	24

Annexes

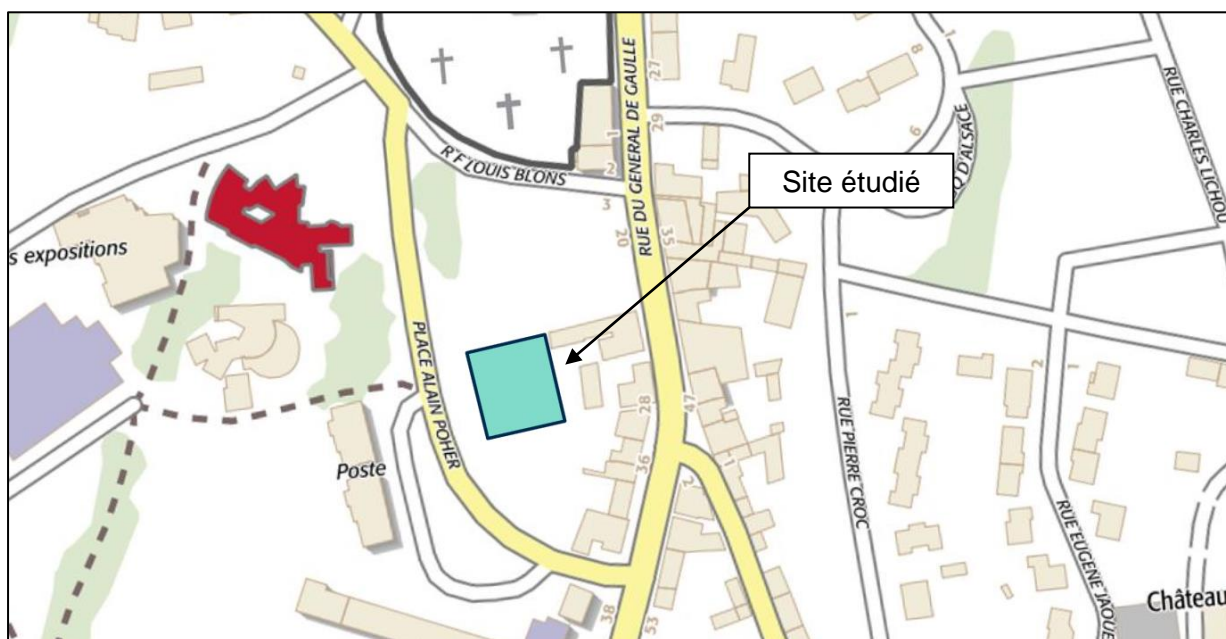
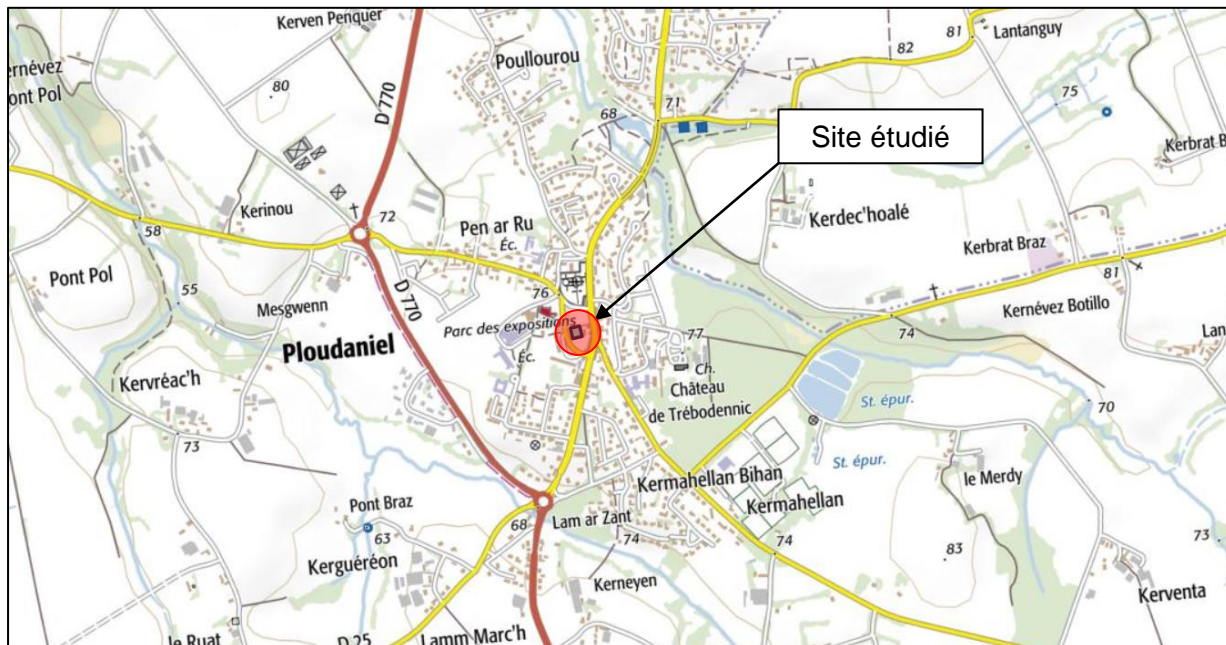
ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

1. Plans de situation

1.1. Extraits de carte IGN



Plans de situation (Source : site Géoportail)

1.2. Image aérienne



Vue aérienne (Source : site Géoportail)

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs

Nom de l'opération :	Construction d'une Maison Médicale et Sociale
Adresse :	Place Alain Poher
Commune :	PLOUDANIEL (29)
Demandeur de la mission et client :	MAIRIE de PLOUDANIEL
Autre intervenant :	ARMORIQUE HABITAT

2.1.2. Documents communiqués

Document	Echelle	Origine	Format	Date
Plan de situation	sans	ARMORIQUE HABITAT	fichiers PDF	Non datés
Périmètre de l'étude, sur vue aérienne	sans			
Contexte urbanistique, avec extrait cadastral	-			
Plan masse du projet	1/500	MAIRIE de PLOUDANIEL		05/05/2017
Extrait cadastral	1/1000			01/09/2015
Rapport de repérage de l'amiante (rapport Socotec 16800/SPS/AMI/17/914)	-			19/05/2017

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site du projet correspond à la place Alain Poher, qui correspond actuellement à des aires en enrobé (stationnement et circulation) ou recouvertes de dalles béton (cheminement piéton), avec quelques murets maçonnés.



Vues du site lors de notre intervention en mars 2017

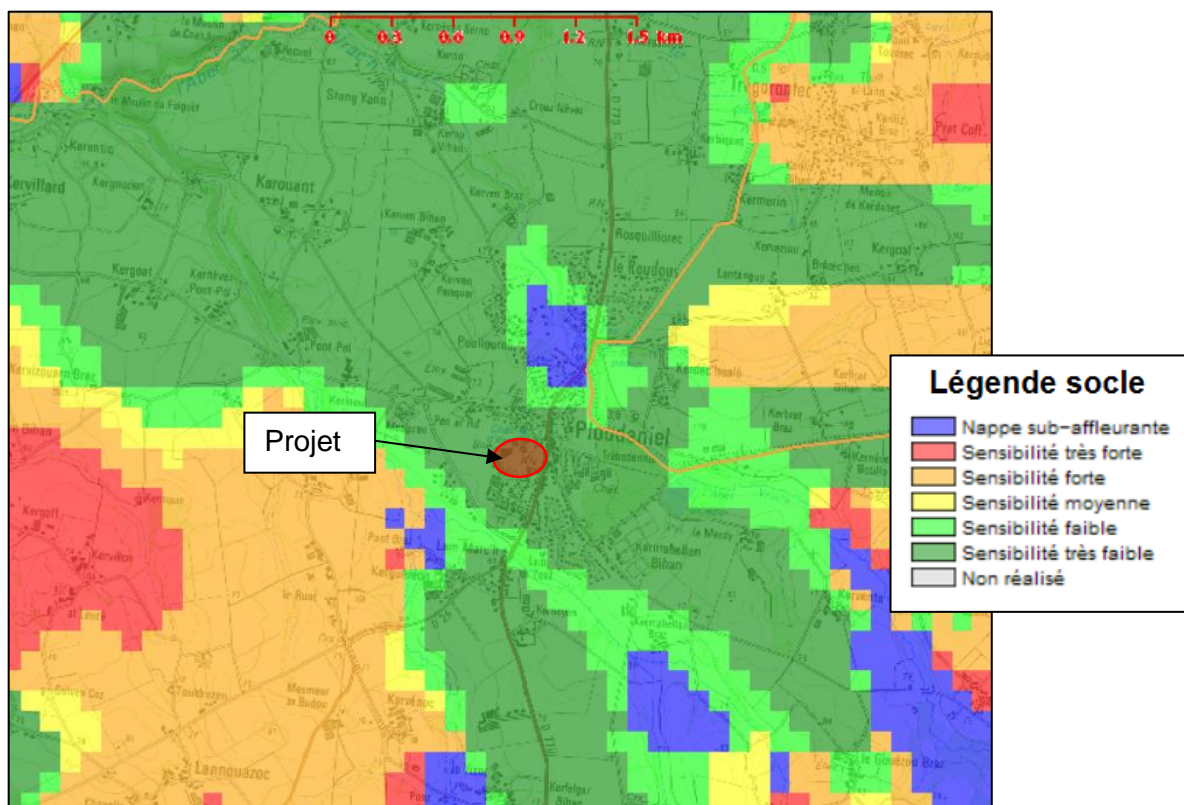
E160-2 version 3
du 10/08/2016

2.2.2.3. Risques naturels et sismicité

Les informations recueillies sur les sites internet consultés (www.inondationsnappes.fr, www.georisques.gouv.fr) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Risques naturels	Sensibilité
Inondations/débordement de cours d'eau	Hors zone inondable
Remontées de nappe depuis le socle	Sensibilité très faible *
Remontées d'eaux sédimentaires	Référencement non réalisé
Argiles (retrait/gonflement)	Aléa faible *
Cavités naturelles ou anthropiques	Pas de présence de cavités connues à proximité du projet
Mouvements de terrains	Pas de présence de mouvements de terrains connus à proximité du projet
Sismicité	Zone de sismicité 2 - aléa faible

* cf. illustrations ci-après



Risque de remontée de nappe depuis le substratum rocheux



Aléa retrait-gonflement des argiles sur la commune de Ploudaniel

D'après le site « prim.net », la commune de Ploudaniel a fait l'objet de deux arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle, (voir tableau ci-après).

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Liste des catastrophes naturelles recensées

2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

2.3.1. Description de l'ouvrage

Le projet envisage la construction d'un bâtiment de type RdC sans partie enterrée ou semi-enterrée, à usage de maison médicale et sociale, d'une emprise au sol d'environ 500 m².

2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations

Les descentes de charges du projet ne nous ont pas été communiquées. Par conséquent, les sollicitations vis-à-vis des ELS sont estimées par Ginger CEBTP, sous toutes réserves, à :

- charge verticale sur appuis isolés : 200 kN
- charge verticale sur appuis continus : 100 kN/ml
- surcharges d'exploitation uniformément réparties au niveau bas : 5 kPa.

Dans le cas de charges réelles différentes des estimations ci-dessus, il conviendrait de revoir tout ou partie de nos conclusions.

2.3.3. Terrassements prévus

Il n'est pas prévu de terrassements autres que le simple reprofilage du terrain (+/- 0,5 m de déblais/remblais). Ils seront limités essentiellement à la purge du revêtement de surface (enrobé et dalles), la purge des remblais existants ou la mise en œuvre de remblais de compensation altimétrique.

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° OVA2.H.0330 Version A daté du 24/04/2017 (commande correspondante datée du 10/05/2017).

Il s'agit d'une Etude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, ayant pour but de :

- définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser et en assurer le suivi technique,
- donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,
- donner les principes de construction envisageables (terrassements, pentes et talus, fondations, assises des dallages, amélioration de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants),
- fournir une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique (fondations, couche de forme sous dallage).

3. Investigations géotechniques

3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par Ginger CEBTP en accord avec le client.

Ces investigations ont toutes été réalisées.

3.2. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie et réalisée par Ginger CEBTP en fonction du projet et des réseaux existants.

Les altitudes des têtes de sondages correspondent au niveau du terrain au moment des investigations (Terrain Actuel – TA). Elles ont été relevées par nos soins le 31/05/2017 en prenant comme référence un regard situé à l'est du projet et fixé arbitrairement à la cote locale indépendante +100,00 en l'absence de plan topographique.

3.3. Sondages, essais et mesures in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Qtté	Noms	Prof. / TA (en m)	Altitude locale de la tête (en m)	Essais pressiométriques (NF EN ISO 22476-4)
Sondage destructif avec prélèvement de cuttings Réalisation d'essais pressiométriques	3	SP1	6,0	+99,5	4
		SP2	6,0	+100,0	4
		SP3	6,0	+99,9	4

Les coupes des sondages et les résultats des essais in situ sont présentés en annexe 3, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages destructifs :**

- coupe approximative des sols,

Et, pour chaque essai pressiométrique effectué :

- module pressiométrique E_M (MPa)
- pression limite nette p_l^* (MPa)
- pression de fluage nette p_f^* (MPa)
- rapport E_M/p_l^*

4. Synthèse des investigations

4.1. Première approche d'un modèle géologique

Cette synthèse devra être confirmée dans les phases ultérieures de l'étude (mission d'étude géotechnique de conception G2 phase Projet (G2 PRO) et/ou mission d'étude géotechnique d'exécution (G3)).

4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment de la reconnaissance (fin mai 2017).

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

Formation n°1 : Formation de couverture correspondant à des remblais sablo-graveleux ou graveleux, recouverts d'enrobé ou de dalles en béton gravillonné.

Profondeur de la base : de 0,5 à 0,7 m/TA.

Commentaires :

- compte tenu de sa relativement faible épaisseur, aucun essai n'a pu être réalisé dans cette formation,
- les profondeurs pour cet horizon sont données à titre indicatif ; le passage entre les remblais et le sol support sous-jacent peut correspondre à des matériaux plus ou moins poinçonnés et/ou remaniés sur une frange superficielle dont l'épaisseur n'est pas connue. De plus, compte tenu du caractère anthropique de ces matériaux, il faut s'attendre à des variations d'épaisseurs de cet horizon dans l'emprise du projet, avec des répartitions aléatoires sur le site.

Formation n°2a : Diorite décomposée se présentant sous la forme d'horizons sableux, voire limono-sableux en tête, marron-verdâtre à beige-verdâtre.

Profondeur de la base : de 2,9 à 4,3 m/TA.

Caractéristiques géotechniques (8 essais) :

- Pression limite (p_l^*) : 0,65 à 2,10 MPa
- Module pressiométrique (E_M) : 5,5 à 17,2 MPa

Commentaires :

- cette franche décomposée du substratum présente une épaisseur variable d'un sondage à l'autre,
- le sondage SP2 a mis en évidence une couche limono-sableuse jusqu'à 1,6 m de profondeur, assimilée à des diorites décomposées,
- les caractéristiques mécaniques de cette formation s'améliorent plus ou moins rapidement en profondeur.

Formation n°2b : Diorite altérée compacte.

Profondeur de la base : > 6,0 m (arrêt des sondages pressiométriques)

Caractéristiques géotechniques (4 essais) :

- Pression limite (p_l^*) : > 2,41 MPa
- Module pressiométrique (E_M) : 30,2 à 105,7 MPa

Pour une meilleure analyse, il a été établi ci-après une classification des formations décrites ci-dessus au droit de chaque sondage.

Sondage (cote locale de la tête en m)	SP1 (+99,48)	SP2 (+100,02)	SP3 (+99,86)
Formation	Profondeur de la base en m/TA (altitude locale correspondante en m)		
n°1 : couverture	0,70 (+98,78)	0,60 (+99,42)	0,50 (+99,36)
n°2a : diorite décomposée	2,90 (+96,58)	4,30 (+95,72)	4,20 (+95,66)
n°2b : diorite altérée compacte	> 6,00 (< 93,48)	> 6,00 (< 94,02)	> 6,00 (< 93,86)

Remarques :

- la transition entre les différents degrés d'altération des diorites est plus ou moins progressive compte tenu de la dégradation du substratum. La limite entre les états n'est pas clairement distincte et varie d'un point à un autre,
- nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu ;

4.1.2. Caractéristiques géomécaniques

L'analyse des résultats des essais et sondages conduit à retenir les paramètres indiqués dans le tableau suivant.

Formation	Nature du sol	Prof. base /TA (m)	Valeurs pressiométriques		Coefficient rhéologique α
			p_l^* (MPa)	E_M (MPa)	
n°1	Couverture	0,5 à 0,7	-	-	-
n°2a	Diorite décomposée	2,9 à 4,3	0,7	6	1/3
n°2b	Diorite altérée compacte	Au-delà	2,5	30	1/2

Ces données ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues pour la justification des ouvrages. La conception des infrastructures devra tenir compte des variations des limites de couches et des hétérogénéités locales toujours possibles.

4.2. Première approche de modèle hydrogéologique

4.2.1. Piézométrie et niveaux d'eau

Lors de nos investigations (fin mai 2017), tous les sondages sont restés secs aux profondeurs atteintes.

4.2.2. Inondabilité

D'après les données issues des sites internet www.inondationsnappes.fr et cartorisque.prim.net, la parcelle présente une sensibilité « très faible » vis-à-vis des risques d'inondations par remontée de la nappe depuis le substratum rocheux.

Des informations plus précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.). De plus, ce risque dépend des travaux de protection réalisés, et est donc susceptible de varier dans le temps.

4.3. Risque sismique

4.3.1. Données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255, l'arrêté du 22/10/2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal" et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	2 (aléa faible)
Catégorie d'importance du bâtiment (à confirmer par la MOE)	II : <i>bâtiments courants</i>
Accélération maximale de référence (agR)	0,7 m.s ⁻²

Nous rappelons que le projet se situant en zone de sismicité 2, le dimensionnement des structures à l'Eurocode 8 n'est obligatoire que pour les bâtiments de catégorie d'importance III ou IV.

D'après les résultats des sondages réalisés et par corrélation avec les essais pressiométriques, le site concerné par le projet pourrait être considéré globalement comme appartenant à la classe A.

Pour des sols de Classe A en zone de sismicité 2, le coefficient de sismicité S associé est de 1,0.

4.3.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 2 (aléa faible), l'étude de la liquéfaction des sols n'est pas requise d'après l'arrêté du 22/10/2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal".

5. Principes généraux de construction

5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

➤ Contexte géologique et géotechnique

Contexte géotechnique : Sous 0,5 à 0,7 m de remblais recouverts d'enrobé ou de dalles en béton (formation n°1), nous sommes en présence des diorites décomposées (formation n°2a) sous la forme d'horizons sableux à limono-sableux, d'épaisseur variable, présentant des caractéristiques mécaniques s'améliorant plus ou moins rapidement en profondeur. Au-delà, à partir de 2,9 à 4,3 m de profondeur, on rencontre les diorites altérées compactes (formation n°2b).

Contexte hydrogéologique : Les sondages sont restés secs aux profondeurs atteintes (6 m) à la période de réalisation des sondages (mai 2017). Néanmoins, nous rappelons que le régime hydrogéologique varie en fonction de la saison et de la pluviosité.

➤ Caractéristiques du projet

Le projet envisage la construction d'un bâtiment de type RdC sans partie enterrée ou semi-enterrée, à usage de maison médicale et sociale, d'une emprise au sol d'environ 500 m².

➤ Bilan des principales contraintes vis-à-vis du projet

Les contraintes à prendre en compte pour le projet sont les suivantes :

- présence de réseaux enterrés sur l'emprise du projet,
- présence d'ouvrages existants mitoyens au projet (voiries, réseaux).

➤ Zone d'Influence Géotechnique

Avant tout travaux, on veillera à localiser, neutraliser et protéger le cas échéant les réseaux enterrés présents sur la zone d'implantation.

Nous attirons l'attention sur le fait que la ZIG des terrassements du projet s'étend aux mitoyens (voiries, réseaux...). Des précautions particulières devront être prises pour garantir la pérennité de ces ouvrages, tant en phase travaux qu'au stade définitif.

Notons de plus que le caractère urbain du site nécessite de prendre des mesures particulières en cas d'emploi de matériel générateur de vibrations (contrôle strict des vibrations émises afin de s'assurer de l'absence de dépassement du seuil tolérable par les ouvrages avoisinants).

➤ Solutions techniques envisageables :

Compte tenu des points précédents, il conviendra d'envisager :

- un dallage sur terre-plein moyennant une couche de forme suffisamment épaisse ; nous rappelons qu'une solution mettant en œuvre un plancher porté par les fondations reste toujours envisageable,
- un mode de fondations superficielles ancrées dans les diorites décomposées (formation n°2a).

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Nous rappelons que toute modification du projet ou des sols peut entraîner une modification partielle ou complète des adaptations préconisées.

5.2. Adaptations générales

5.2.1. Remarques préalables

Nota : les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. A défaut, seules des orientations seront retenues.

5.2.2. Mise à nu du terrain

Le revêtement de surface correspond actuellement à de l'enrobé et des dalles en béton.

Une analyse spécifique a été réalisée par Socotec sur le repérage d'amiante dans les enrobés (cf. rapport 16800/SPS/AMI/17/914 du 19/05/2017), qui conclue en l'absence d'amiante dans les enrobés analysés.

Il conviendra de prévoir l'évacuation de tout vestige enterré (réseaux, ...) au droit des futurs dallages et fondations. Une attention particulière sera apportée au comblement des fosses ainsi créées.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront répondre aux recommandations des normes et guides en vigueur.

Dans tous les cas, les fondations projetées devront être descendues sous le niveau des fosses ainsi créées afin d'être ancrées dans les sols en place et non remaniés.

5.2.3. Réalisation des terrassements

5.2.3.1. Hauteurs envisagées

Il n'est pas prévu de terrassements autres que le simple reprofilage du terrain (+/- 0,5 m de déblais/remblais). Ils seront limités essentiellement à la purge du revêtement de surface (enrobé et dalles), la purge des remblais existants ou la mise en œuvre de remblais de compensation altimétrique.

5.2.3.2. Traficabilité en phase chantier

Compte tenu des terrassements prévus et de la présence de remblais graveleux plus ou moins sableux, les terrains ne devraient pas poser de problème de traficabilité.

5.2.3.3. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais dans les formations n°1 et n°2 ne devrait pas présenter de difficulté particulière. Ils pourront être réalisés à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

5.2.3.4. Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain devrait en principe être sec jusqu'aux profondeurs concernées par le projet (hypothèse à vérifier en phase projet). Cependant, des venues d'eau peuvent apparaître en cours de terrassement. Elles seront alors collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

5.3. Niveau-bas – dallage

5.3.1. Solutions retenues

La réalisation d'un dallage sur terre-plein est envisageable compte tenu de la qualité du sol support après la purge totale des remblais existants : diorites décomposées (formation n°2a). Une couche de forme sera nécessaire avant sa mise en œuvre.

Les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3 partie 2 (collectifs).

5.3.2. Conception et exécution

La mise en œuvre de la structure sous dallage (couche de forme et couche de réglage) sera réalisée moyennant les précautions successives suivantes :

- **purge des remblais (formation n°1)** et terrassement jusqu'au fond de forme,
- **purge des éventuels poches médiocres et sols détériorés** par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,

- compactage du fond de forme à 95 % de l'optimum Proctor normal (OPN) avec des engins adaptés. Cette opération ne sera réalisable dans les sols en place que si ces derniers présentent une teneur en eau voisine de l'OPN. Selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite un fond de forme ayant un module EV2 de l'ordre de 15 à 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

Dans le cas contraire (à la suite d'intempéries par exemple), et s'il est impossible d'attendre que le terrain s'assainisse, on devra envisager l'une des solutions ci-dessous :

- cloutage (incorporation par compactage et jusqu'à refus d'éléments 100/300 mm ou équivalents) sur une épaisseur minimale de 50 cm puis mise en place d'un géotextile,
- mise en place d'un géotextile si la plate-forme n'est pas praticable, et d'une sous-couche de 50 cm minimum en matériaux d'apports granulaires compactés et insensibles à l'eau.

La structure sous dallage pourra alors être envisagée de la manière suivante :

- une couche de forme de 0,4 m d'épaisseur minimale en grave non traitée (GNT) 0/60, ou équivalent,
- une couche de réglage de 0,1 m d'épaisseur minimale en grave non traitée (GNT) 0/31.5 ou équivalent.

Ces épaisseurs sont données à titre informatif. Elles sont susceptibles de varier en fonction des conditions météorologiques et devront **être confirmées par une planche d'essai**.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR édité en 1992 par le SETRA.

5.3.3. Contrôles

D'après le DTU 13.3 de mars 2005 applicable au projet, le module de Westergaard (Kw) à obtenir sur la couche de forme est de 50 MPa/m minimum.

On s'assurera, d'autre part, que le compactage est correctement réalisé.

5.3.4. Tassements prévisibles

Les hypothèses à retenir sur les modules Es sont les suivantes, conformément au DTU 13.3 :

Formation	Epaisseur par rapport au TA ⁽¹⁾ (m)	α	Module Es ⁽²⁾ (MPa)
n°0 : couche de forme	0,5 à 0,7	1/3	20
n°2a : diorite décomposée	2,2 à 3,7	1/3	18
n°2b : diorite altérée	Au-delà	2/3	60

⁽¹⁾ TA : Terrain Actuel

⁽²⁾ avec $Es = E_M / \alpha$

Pour information, le tassement prévisible à long terme sous le dallage est estimé inférieur au centimètre en fonction des terrassements et des surcharges estimées de 5 kPa.

5.4. Fondation de la structure

5.4.1. Type de fondation et conditions d'ancrage

Compte tenu des éléments précédents, un système de fondations superficielles par semelles filantes ou isolées ancrées de 0,3 m minimum dans les diorites décomposées (formation n°2a) est envisageable.

5.4.2. Dispositions constructives

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET structure mais les points suivants sont toutefois à signaler :

- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0,5 m pour des semelles continues et de 0,8 m pour des semelles ponctuelles, pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards),
- en cas de deux parties d'un même bâtiment, fondées de façon différente ou présentant un nombre de niveaux différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui pourraient se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes,
- des surprofondeurs du toit de la couche d'ancrage sont toujours possibles et pourront nécessiter un rattrapage en gros béton et, par conséquent, des surconsommations de béton,
- des fondations établies à des niveaux différents doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations (NF P 94-261),
- afin d'éviter une décompression du sol de fondation, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

5.4.3. Justifications des fondations

➤ Remarques préalables

Le dimensionnement des fondations devra être mené conformément à la norme NFP 94-261 – Eurocode 7 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Fondations superficielles).

De plus, on notera les points suivants :

- les calculs proposés ci-dessous sont valables dans le cas de charges verticales et de fondations suffisamment éloignées d'un talus. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur $i\delta$. De même pour des fondations à proximité de talus de pente β (distance au talus $d \leq 8$ fois la largeur de la fondation), il conviendra d'appliquer un coefficient de réduction de portance $i\beta$,

- les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'Art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7 (NFP 94-261),
- des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type G2 PRO ou G3.

La vérification de la stabilité au glissement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans la mission géotechnique en phase projet (G2 PRO) ou en phase exécution (G3).

➤ Méthode de calcul de la capacité portante

On s'assurera que la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain V_d est inférieure à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle $R_{v;d}$:

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \quad \text{avec} \quad R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;v}} \quad \text{et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}}$$

Avec :

- R_0 : masse volumique de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux – ici négligé,
- $R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $R_{v;k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- A' : surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d;v}$ et $\gamma_{R;v}$: facteurs de sécurité partiels à considérer.

➤ Méthode de calcul des tassements

Les tassements sont évalués selon la méthode pressiométrique. Elle permet d'estimer le tassement final d'une fondation :

- en considérant l'amortissement des contraintes avec la profondeur au droit de la fondation,
- en additionnant le tassement du terrain dû aux déformations de cisaillement avec le tassement du terrain dû aux déformations volumiques.

Elle est adaptée à l'estimation des tassements pour des chargements proches de ceux de l'ELS quasi-permanent.

Il s'agit de la méthode qui était retenue dans les justifications au DTU 13.12 et au Fascicule 62 Titre V.

➤ Exemples de calcul

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous d'après la modélisation géotechnique présente au paragraphe 4.1.2 et la lithologie observée au droit des sondages SP1 et SP3 et en considérant un ancrage de 0,3 m dans la couche d'assise et une fondation totalement comprimée ($A'=A$).

Type de fondation	Sondage référence	Largeur B (m)	Prof. assise (m)	Horizon d'ancrage	p_{le}^* (MPa)	D_e	K_p	q_{net} (kPa)	$R_{v,d}$ ELU (kN ou kN/m)	$R_{v,d}$ ELS ⁽¹⁾ (kN ou kN/m)	V_d ⁽¹⁾ (kN ou kN/m)	S ⁽²⁾ (cm)
semelle filante	SP1	0,5 m	1,0	n°2a	0,70	0,40	1,27	889	264	161	100	# 0,5
semelle isolée carrée		1,0 m			0,70	0,40	1,25	875	521	317	200	# 0,5
semelle filante	SP3	0,5 m	0,8	n°2a	0,70	0,37	1,26	882	263	160	100	# 0,5
semelle isolée carrée		1,0 m			0,70	0,37	1,24	868	516	314	200	# 0,5

⁽¹⁾ ELS situations quasi-permanentes

⁽²⁾ tassement associé à V_d

Les calculs ont été réalisés selon "l'approche 2" au sens de l'Eurocode 7, avec :

- p_{le}^* : pression limite nette équivalente
- D_e : encastrement équivalent
- K_p : facteur de portance pressiométrique pour les sols de fondation de type sable et graves pour la formation n°2a.

En première approche, **de manière sécuritaire**, et en amont de l'étude de conception phase projet (G2 PRO) et de l'étude d'exécution (G3), nous proposons de retenir **pour des charges verticales et centrées sur les fondations** une valeur de la contrainte σ_{ELS} maximale de 200 kPa pour une assise dans les diorites décomposées (formation n°2a).

Remarques complémentaires :

- il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants,
- en fonction des valeurs de tassements admissibles, un approfondissement des fondations ou une rigidification de la structure pourraient être nécessaires. On pourra notamment prévoir un renforcement des armatures des fondations et des chaînages tant horizontaux que verticaux.

Nous examinons ci-après à titre indicatif, les profondeurs prévisibles des fondations au droit des sondages réalisés pour la contrainte proposée :

Sondage	Cote de la tête (m NI)	Profondeur prévisible d'assise de fondation (m/TA) pour $\sigma_{ELS} = 200$ kPa
SP1	+99,48	1,0
SP2	+100,02	0,9
SP3	+99,86	0,8

6. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre de l'avant-projet (G2 AVP) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de conception phase projet (G2 PRO) peut être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

(extraits de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013)

Tableau 1 — 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 risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		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

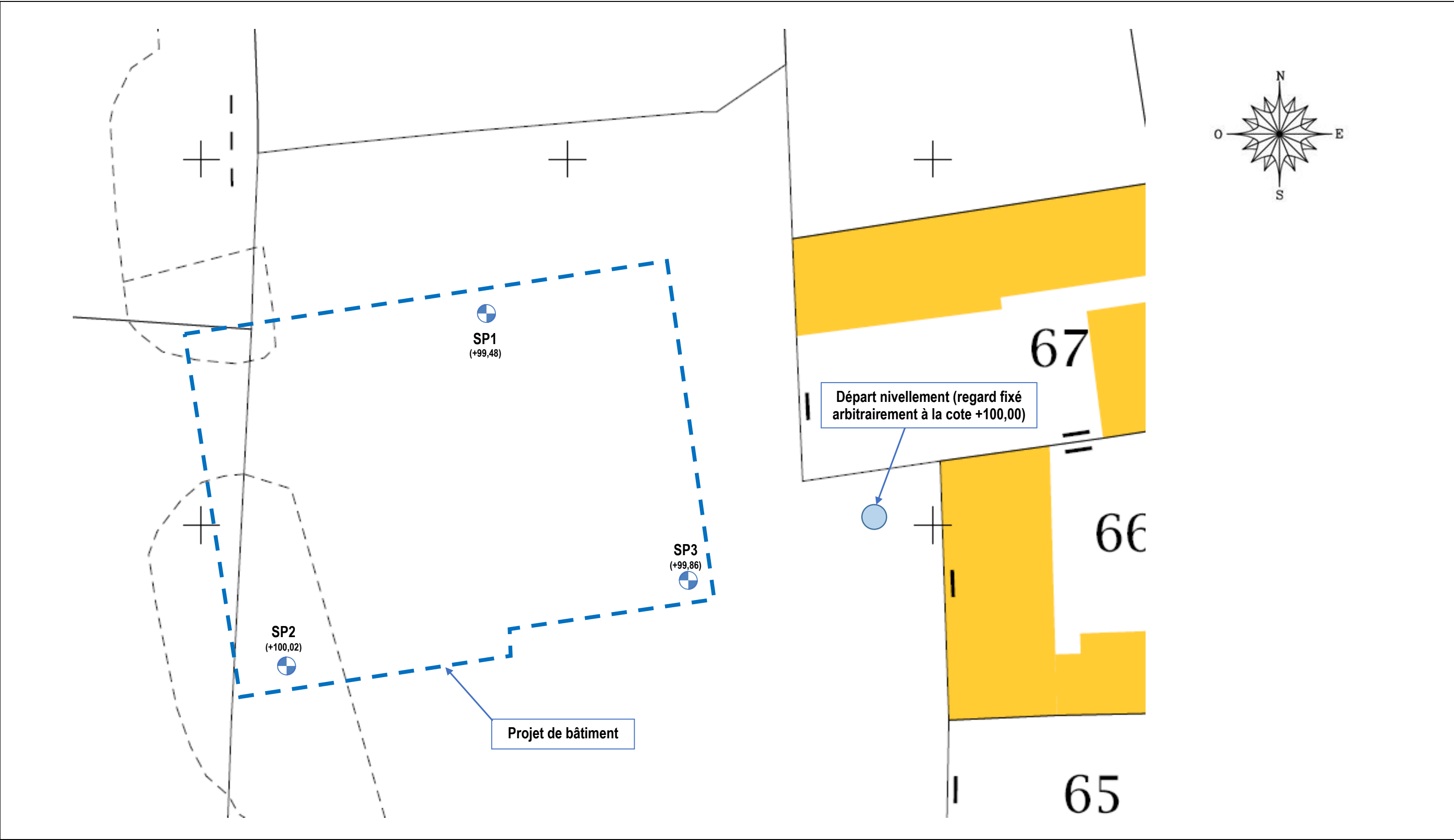
Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique



<p>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.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



<u>Légende :</u>		PLOUDANIEL (29) – Place Alain Poher			
		Construction d'une Maison médicale et sociale			
		Sondage avec essais pressiométriques (3 unités)		GINGER CEBTP Agence de Quimper 2 rue Félix le Dantec 29000 QUIMPER	
(+99,48)		Altimétrie du terrain actuel au droit du sondage (nivellement indépendant local)			
		Plan d'implantation des sondages			
		Dossier : OVA2.HB101			
		Date des investigations : 31 mai 2017		Echelle : 1/200 (format A3)	

ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

- **Sondages destructifs :**

- coupe approximative des sols,

Et, pour chaque essai pressiométrique effectué :

- module pressiométrique E_M (MPa)
- pression limite nette p_l^* (MPa)
- pression de fluage nette p_f^* (MPa)
- rapport E_M/p_l^*

Dossier : OVA2.HB101

Chantier : Maison médicale et sociale
Place Alain Poher à PLOUDANIEL (29)

Client : Mairie de Ploudaniel

Echelle : 1/50°

Machine : M244

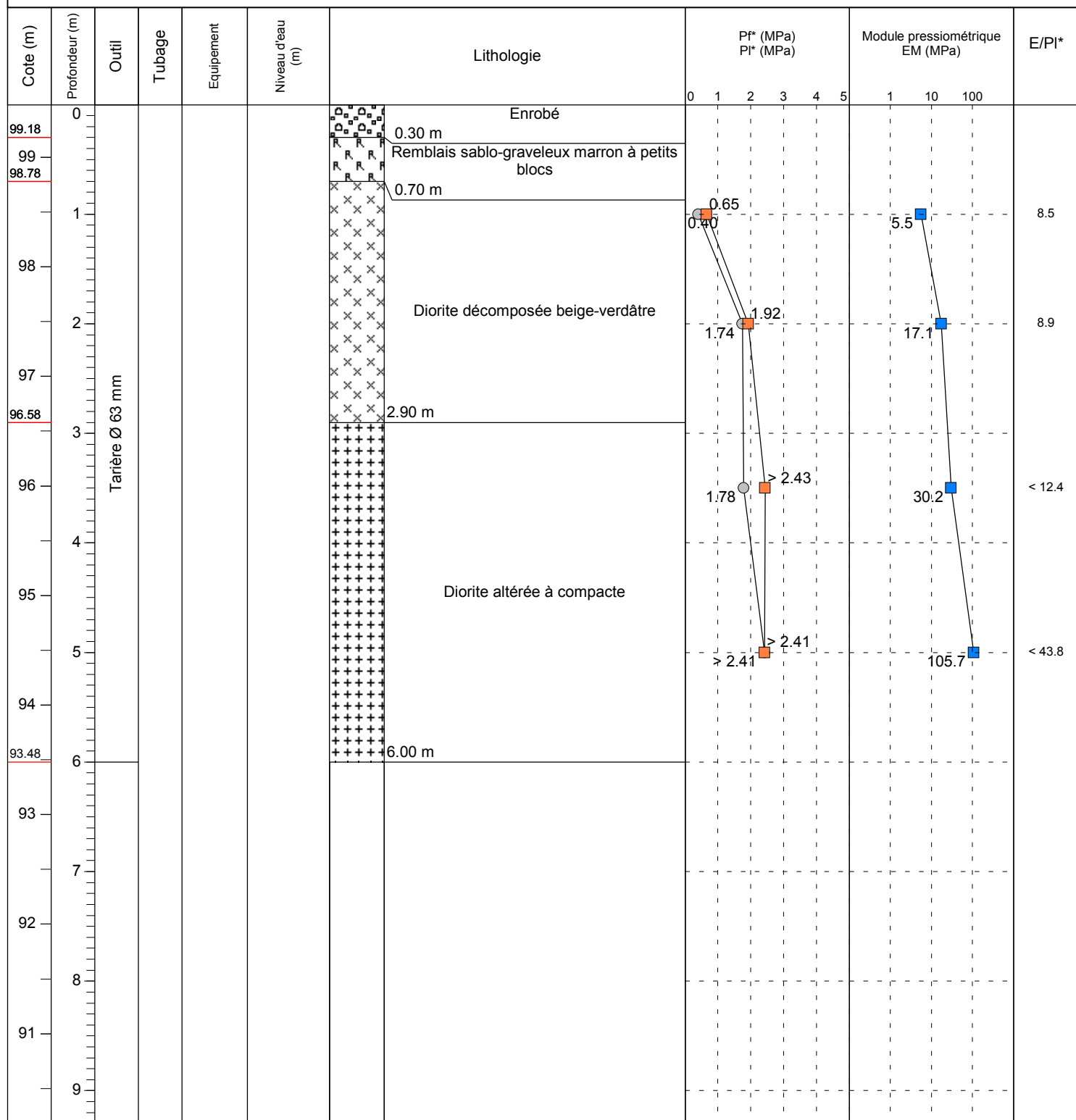
X :

Y :

Altitude : 99.48 Local

Date de forage : 31/05/2017

Profondeur du forage : 6.00 m



Observations : Aucune venue d'eau lors de notre intervention

EXGTE 3.20

Dossier : OVA2.HB101

Chantier : Maison médicale et sociale
Place Alain Poher à PLOUDANIEL (29)

Client : Mairie de Ploudaniel

Echelle : 1/50°

Machine : M244

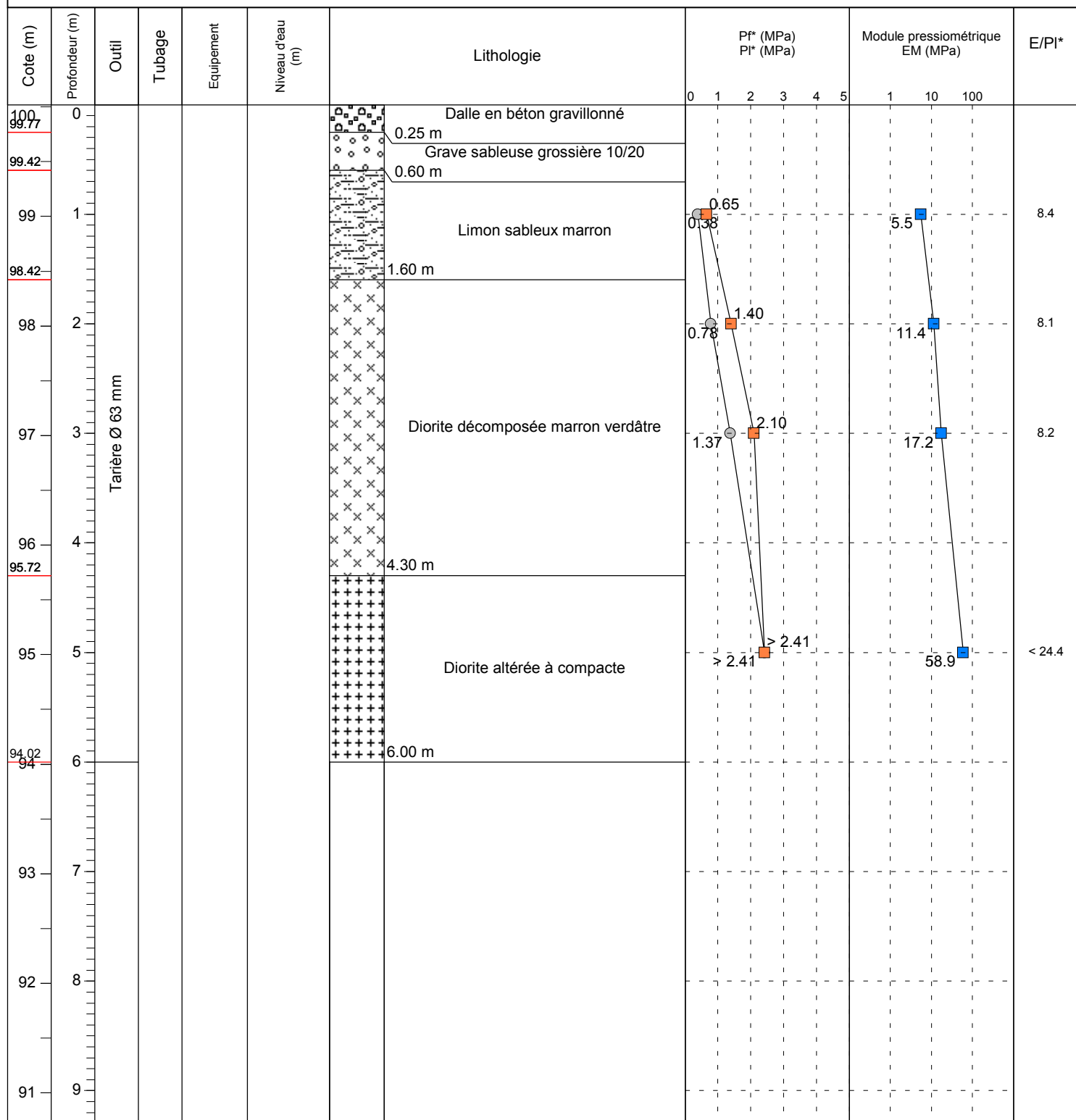
X :

Y :

Altitude : 100.02 Local

Date de forage : 31/05/2017

Profondeur du forage : 6.00 m



Observations : Aucune venue d'eau lors de notre intervention

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HB101**

Chantier : **Maison médicale et sociale**
Place Alain Poher à PLOUDANIEL (29)

Cliant : **Mairie de Ploudaniel**

Echelle : **1/50°**

Machine : **M244**

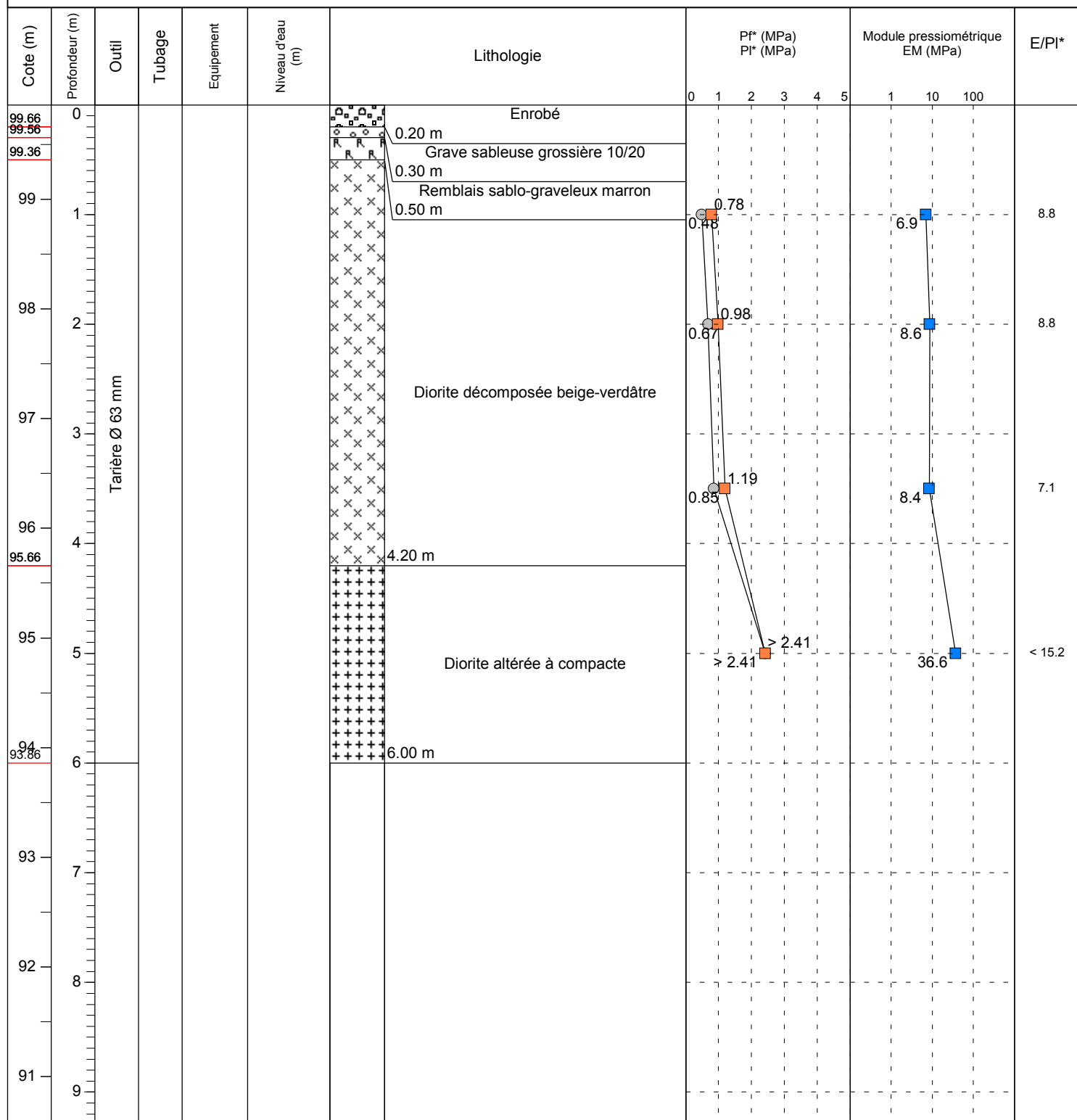
X :

Y :

Altitude : **99.86 Local**

Date de forage : **31/05/2017**

Profondeur du forage : **6.00 m**



Observations : **Aucune venue d'eau lors de notre intervention**



www.groupe-cebtp.com

CONTACTS BRETAGNE

VANNES (56)

6 rue Blaise Pascal – ZA de Tréhuinec
56890 PLESCOP
Téléphone +33 (0)2 97 40 25 65
cebtp.vannes@groupe-cebtp.com

BREST (29)

5 rue de Kervézennec – ZI de Kergonan
29200 BREST
Téléphone +33 (0)2 98 30 67 20
cebtp.brest@groupe-cebtp.com

RENNES (35)

ZA Beauséjour
35520 LA MEZIERE
Téléphone +33 (0)2 99 27 51 10
cebtp.rennes@groupe-cebtp.com

QUIMPER (29)

2 rue Félix Le Dantec – Le Forum
29000 QUIMPER
Téléphone +33 (0)2 98 10 12 11
cebtp.quimper@groupe-cebtp.com

www.groupe-cebtp.com