



# ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

**Mission G2PRO – Affaire n°G2295**

**SGAMI OUEST**

**Construction d'un atelier mutualisé**

**Caserne Buquet – Rue Général Paulet  
BREST (29)**



**TOPOGRAPHIE - BIM  
MAITRISE D'ŒUVRE VRD  
GÉOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT**

**Agence du Finistère**  
ZAC de Lannuzel  
29460 DIRINON  
02 98 34 11 61

**SAS Géo² Concept**  
[www.geo2concept.fr](http://www.geo2concept.fr)  
[contact@geo2concept.fr](mailto:contact@geo2concept.fr)  
SIRET : 894 384 064 00016

**Agence des Côtes d'Armor**  
30 avenue des Châtelets  
22450 TREGUEUX  
02 96 76 63 74

## Table des matières

<b>1. PROJET ET MISSIONS</b>	<b>2</b>
1.1 Présentation du projet	2
1.2 Définition et objectifs de la mission	2
1.3 Documents communiqués	3
1.4 Programmes d'investigations, d'implantation et de nivellement	3
<b>2. ENQUETE DOCUMENTAIRE</b>	<b>5</b>
2.1 Présentation du site	5
2.2 Géologie	7
2.3 Risques naturels	8
<b>3. RESULTATS ET INTERPRETATION DES SONDAGES</b>	<b>9</b>
3.1 Sondages : lithologies	9
3.2 Reconnaissance de fondations	10
3.3 Caractéristiques mécaniques	11
3.4 Essai laboratoire	12
3.5 Hydrogéologie	12
3.5 Réglementations parasismiques	13
<b>4. PRINCIPE DE CONSTRUCTION : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE PROJET</b>	<b>16</b>
4.1 Terrassements	16
4.2 Modèle géotechnique	18
4.3 Fondations et tassements	19
4.4 Sujétions d'exécution	22
4.5 Dallage	23
<b>ANNEXES</b>	<b>26</b>
PLAN D'IMPLANTATION	27
COUPES DES SONDAGES	29
ESSAI LABORATOIRE	34
EXTRAIT NORME NFP 94-500	35

# 1. PROJET ET MISSIONS

## 1.1 Présentation du projet

Le projet concerne la reconstruction et la réhabilitation d'un atelier mutualisé à la caserne de gendarmerie Buquet, bâtiments de plain-pied, sans niveau enterré. Le projet concerne la reconstruction du bâtiment N°16.

## 1.2 Définition et objectifs de la mission

Dans le cadre de ce projet, la société SGAMI OUEST nous a missionné pour réaliser une étude G2PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013. Les objectifs de cette étude sont de fournir un rapport donnant :

- Les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques à prendre en compte au stade de projet,
- Les notes techniques fournissant les choix constructifs des ouvrages géotechniques du projet (fondations, terrassements, pentes et talus, fondations, assises des dallages, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants, drainage, ...),
- Un prédimensionnement des fondations.

Aucune information concernant le plan de fondation (géométrie des fondations) ou les cotes NGF des niveaux RDC des bâtiments ne nous ont été transmises. Dans ces conditions, nous réalisons dans ce rapport une ébauche pré-dimensionnelle des fondations.

Le présent rapport ne concerne pas :

- L'étude hydraulique de la zone d'aménagement, ainsi que l'estimation d'éventuels débits de pompes / rabattement de nappe
- Le suivi piézométrique et la définition des niveaux d'eau conventionnels de la nappe (niveau EB, EQ, EH et EE),
- Le dimensionnement de la solution d'étanchéité des murs/parties enterrées,
- La recherche d'une éventuelle pollution,

Géo²Concept – ZA de Lannuzel 29460 DIRINON – Tél : 02 98 34 11 61  
SIRET : 894 384 064 00016 – contact@geo2concept.fr

- L'étude de gestion des eaux pluviales,
- Les travaux de démolition prévus dans le cadre du projet,
- Les travaux de purge des vestiges enterrés pouvant être présents sur site,
- La reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de la zone d'investigation et au-delà des profondeurs prévues de nos sondages.

### **1.3 Documents communiqués**

Pour mener à bien notre mission, les éléments suivants nous ont été fournis :

- Cahier des charges étude géotechnique, réalisé par le cabinet E.S.L. et daté du 14/02/2025 ;
- Diagnostic géotechnique mission G5, réalisé par ECR Environnement et daté de septembre 2012.

### **1.4 Programmes d'investigations, d'implantation et de nivellement**

Pour réaliser cette étude G2PRO, nous avons réalisé les investigations suivantes :

- 2 sondages de reconnaissance géologique à la tarière mécanique diamètre 63mm, nommés SP1 et SP2. Les sondages SP1 et SP2 ont été descendus jusqu'aux refus rencontrés respectivement à 4.70m et 4.50m de profondeur par rapport au Terrain Naturel (ci-après TN). Tous les sondages ont été réalisés avec relevé des coupes lithologiques et l'hydrogéologie, et ont permis de réaliser au droit des sondages SP1 et SP2 :
  - 2 profils pressiométriques réalisés conformément à la norme NFP 94-110 ;
- 1 reconnaissance de fondations nommée RF1 ;
- 1 sondage à la tarière manuelle, nommé TAM1, descendu jusqu'au refus rencontré à 0.41m de profondeur par rapport au TN ;
- 2 essais au pénétromètre dynamique manuel, nommés PD1 et PD2, descendus jusqu'aux refus rencontrés respectivement à 0.40m et 1.10m de profondeur par rapport au TN. Les essais PD1 et PD2 sont respectivement associés aux sondages TAM1 et RF1 ;

- 1 essai en laboratoire : Classification GTR de l'échantillon. L'essai en laboratoire GTR1 est associé au sondage TAM1 ;
- Pose d'un piézomètre nommé Pz au droit de SP2.

Tous les sondages ont été réalisés sous la conduite d'un Géotechnicien.

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport.

Dans le cadre de cette étude, les points de sondages ont été nivelés en m NGF. Les cotes altimétriques (m NGF) des sondages sont les suivantes :

Sondages	SP1	SP2+Pz	RF1+PD2
Cote du terrain naturel (m NGF)	85.86	85.86	85.88

Tout changement d'implantation et du projet doit nous être communiqué, ces changements pouvant modifier les conclusions de notre rapport.



## 2. ENQUETE DOCUMENTAIRE

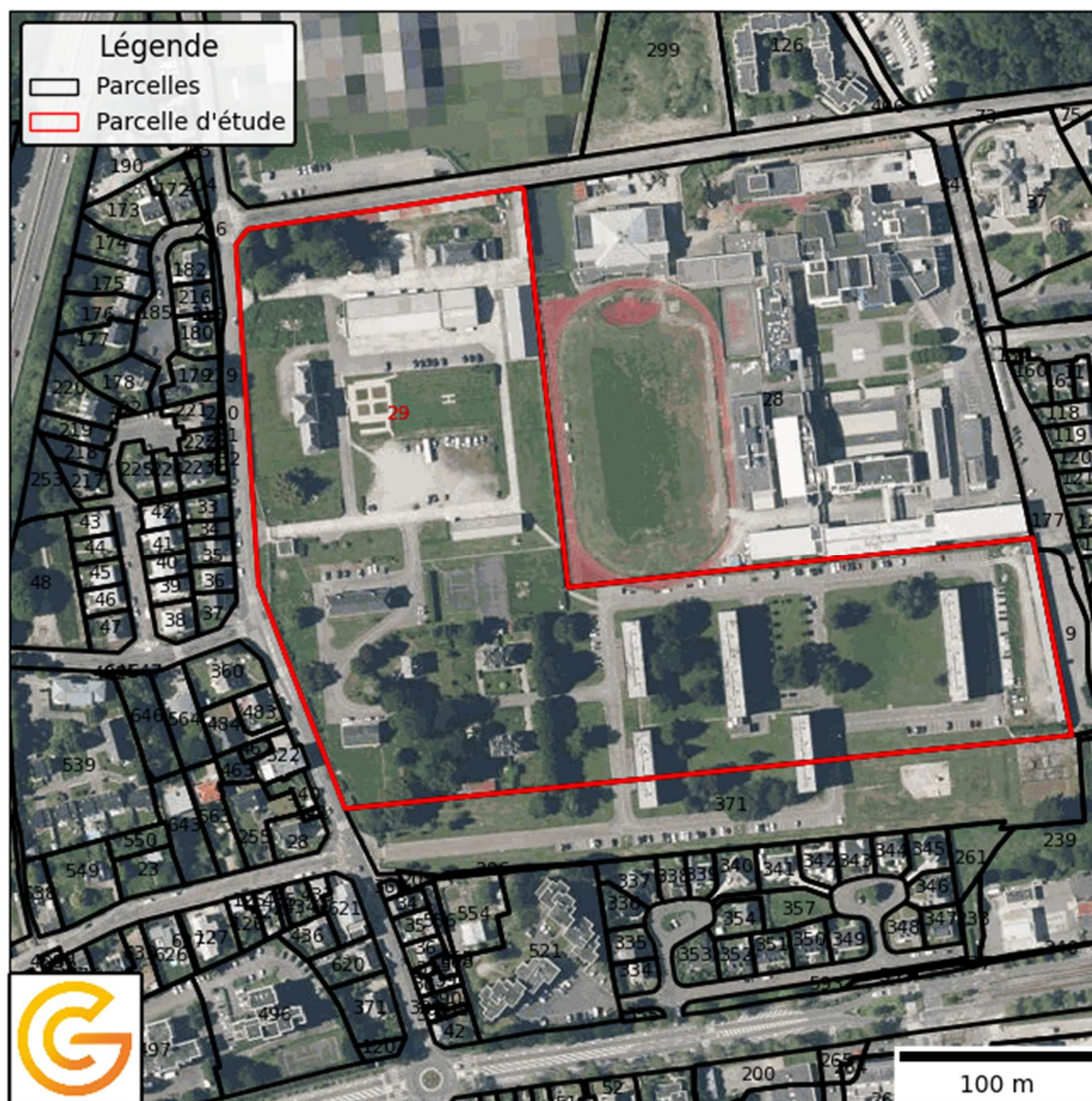
### 2.1 Présentation du site

Le projet est situé à la caserne de gendarmerie Buquet, rue du Général Paulet, sur la parcelle cadastrale n°29, section HW, sur la commune de BREST (29).



*Plan de situation du projet (source IGN V2)*





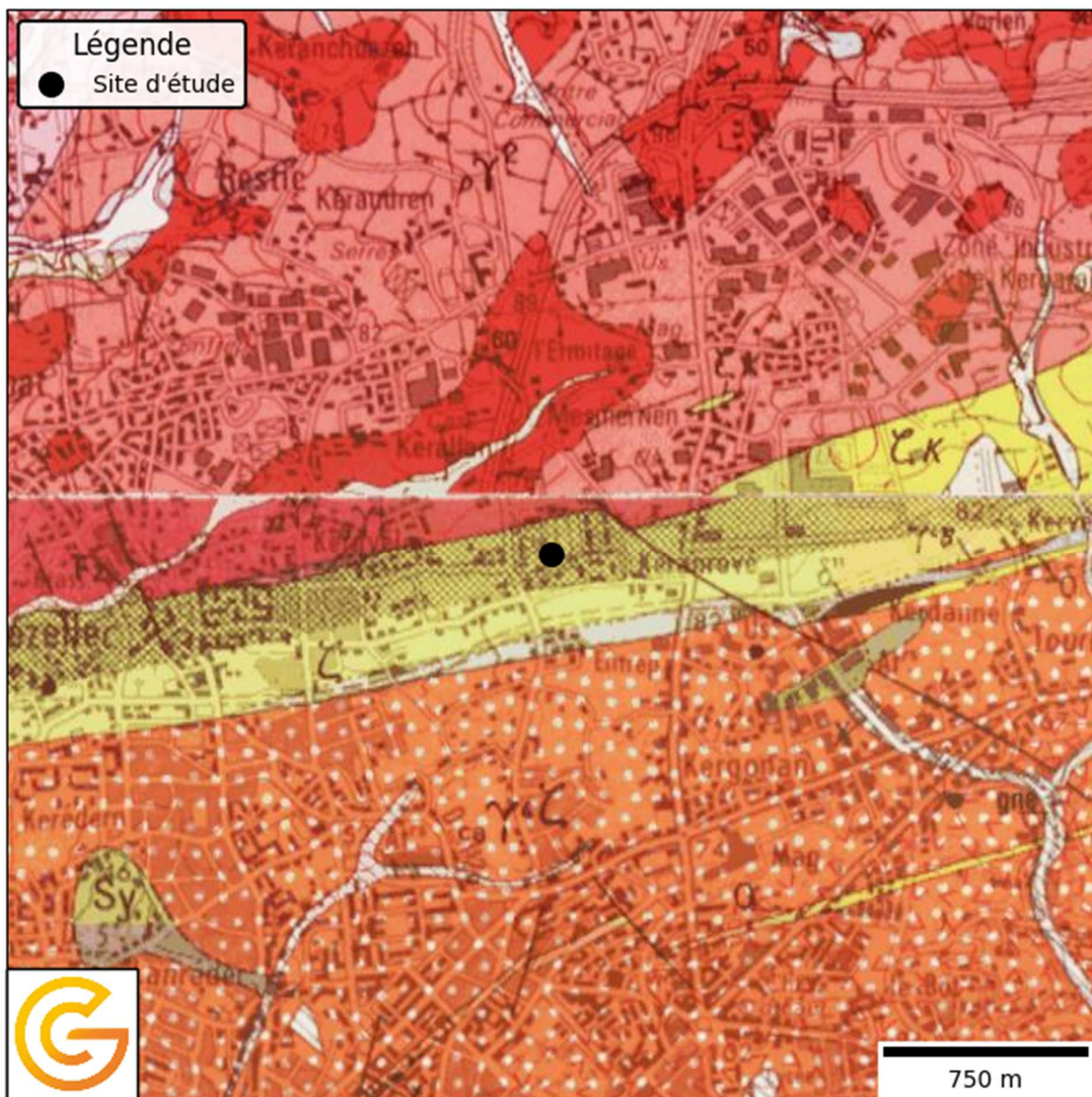
*Photographie aérienne du site d'étude (source ORTHOPHOTO)*



## 2.2 Géologie

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50 000<sup>ème</sup> du secteur montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les formations de surface (terre végétale, limon, ...), d'éventuels remblais non mentionnés par la carte :

- Altération substratum micaschisteux,
- Substratum micaschisteux,
- Présence de failles dans le secteur,
- Présence possible de filons indurés.

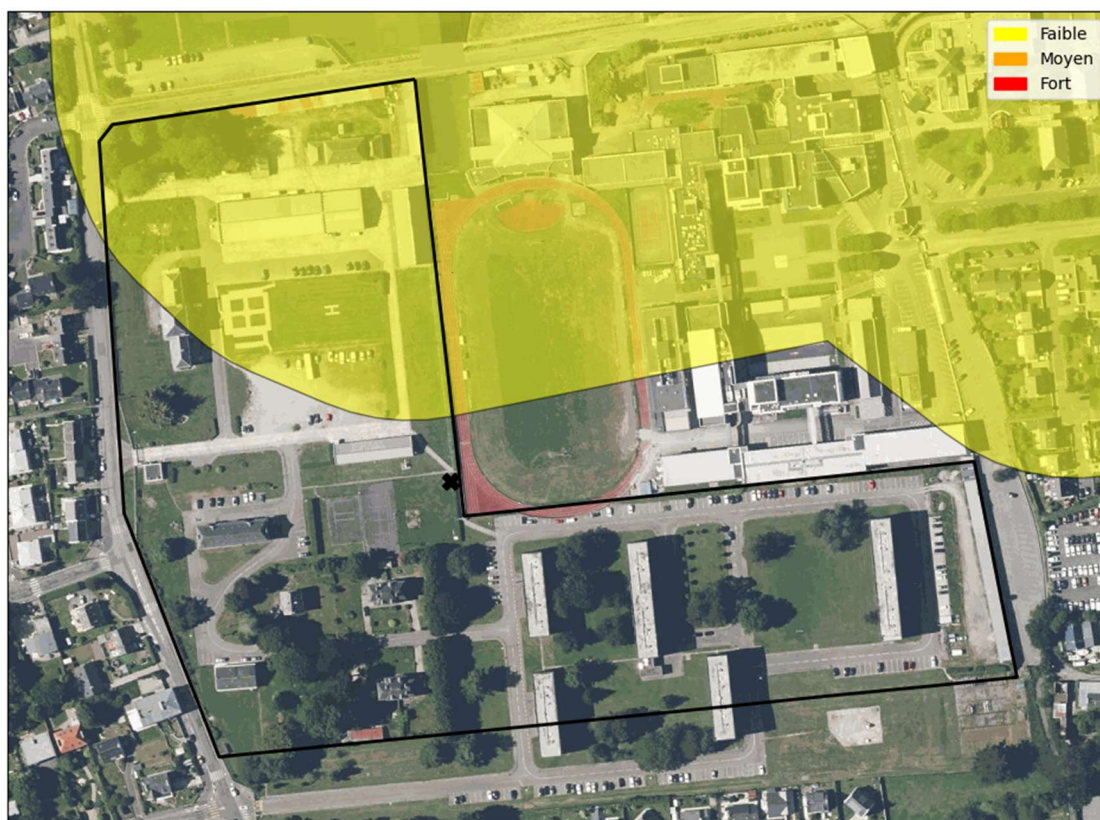




## 2.3 Risques naturels

### 2.3.1 Aléa retrait-gonflement des argiles

D'après la carte d'exposition au retrait-gonflement des argiles établie par le BRGM ([www.georisques.brgm.fr](http://www.georisques.brgm.fr)), le secteur d'étude se situe dans une zone d'exposition faible au retrait-gonflement des argiles.



*Extrait carte d'exposition au retrait-gonflement des argiles avec implantation du tracé (source infoterre)*

### 2.3.2 Risque sismique

Selon le zonage sismique de la France (décret d'octobre 2010 entré en vigueur le 1er mai 2011), la commune de BREST (29) est classée en zone d'aléa sismique 2 (aléa faible).

### 2.3.3 Radon

D'après la carte du Potentiel Radon de le l'IRSN (source [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)), la commune de BREST (29) est classée en catégorie 3. Il conviendra de respecter les recommandations de l'IRSN afin de limiter les accumulations ou effets du radon sur la construction et les personnes.

### 3. RESULTATS ET INTERPRETATION DES SONDAGES

#### 3.1 Sondages : lithologies

Les coupes des sondages sont jointes en annexes. Les profondeurs citées dans le présent rapport sont données par rapport au TN tel qu'il était lors de nos interventions (les 26 et 27/05/2025).

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages réalisés ont permis de mettre en évidence les couches suivantes :

Sondage (profondeur en m/TN)	SP1	SP2+Pz	TAM1+ PD1+GTR1	RF1 +PD2
<b>Dalle béton</b>	0.00 à 0.18	0.00 à 0.23	0.00 à 0.16	0.00 à 0.11
<b>Couche R</b> : Remblai sableux à sablo-limoneux irrégulier gris-noir à marron-ocre à cailloux et blocs	0.18 à 1.00	0.23 à 0.40	0.16 à >0.56®	-
<b>Couche 1</b> : Limon marron à cailloux et blocs	1.00 à 1.60	-	-	0.11 à >1.30®
<b>Couche 2</b> : Micaschiste altéré marron-ocre à cailloux et blocs	1.60 à 3.80	0.40 à 3.70	-	-
<b>Couche 3</b> : Micaschiste compact marron-ocre à cailloux et blocs	3.80 à >4.70®	3.70 à >4.50®	-	-

® : Refus du sondage à la tarière mécanique Ø63mm, à la pelle mécanique et /ou au pénétromètre dynamique manuel.

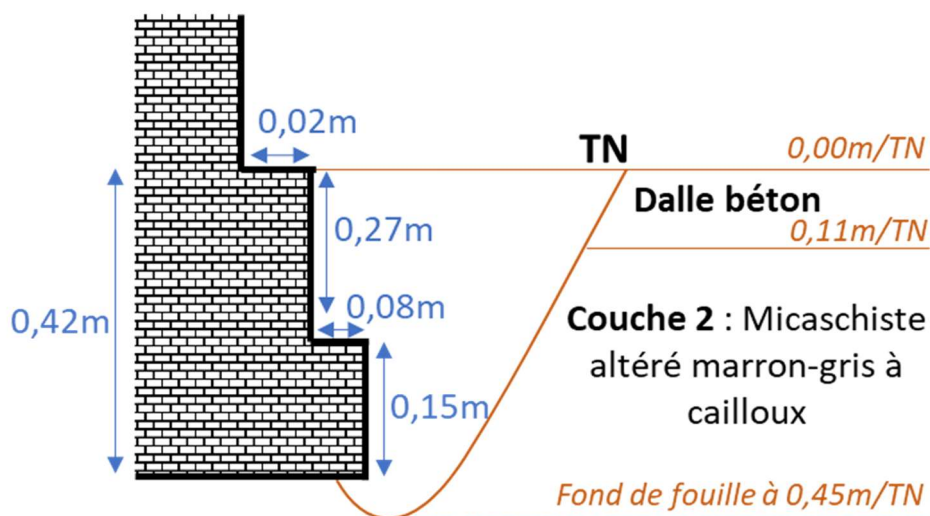
\* : Arrêt volontaire du sondage

*L'épaisseur des différentes couches n'est certaine qu'au droit de nos sondages. La rencontre de vestiges enterrés, même si non rencontrés au droit de nos sondages, et d'autres épaisseurs de remblais, ne peut être exclue.*

## 3.2 Reconnaissance de fondations

La reconnaissance de fondation RF1 a été réalisée à l'angle sud-est du bâtiment n°17. Elle a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- La fondation est ancrée à 0.42m de profondeur par rapport au TN. Elle présente un débord de 0.08m à 0.27m de profondeur par rapport au TN et une épaisseur de 0.15m ;
- La fondation est ancrée dans micaschiste altéré marron-gris à cailloux (couche 2) ;
- Aucune venue d'eau n'a été rencontrée au droit de RF1.



Coupe et photographie de la reconnaissance de fondation RF1



### 3.3 Caractéristiques mécaniques

Les résultats des essais pressiométriques et pénétrométriques ont permis de caractériser les compacités au droit de chacune des couches rencontrées :

- En surface, **couche R** : Remblai sableux à sablo-limoneux irrégulier gris-noir à marron-ocre à cailloux et blocs avec une dalle béton en tête : couche de compacité hétérogène, avec des valeurs au pénétromètre dynamique comprises entre 7.3 et 16.0 MPa et les valeurs pressiométriques suivantes :

$$PI^* = 0.78 \text{ MPa}$$

$$Em = 12.3 \text{ MPa}$$

Ces matériaux sont sensibles à l'eau peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques diminuer par exposition à l'eau ;

- Puis **couche 1** : Limon marron à cailloux et blocs : couche de compacité faible, avec les valeurs pressiométriques suivantes :

$$PI^* = 0.19 \text{ MPa}$$

$$Em = 2.9 \text{ MPa}$$

Ces matériaux sont très sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques chuter fortement par exposition à l'eau.

- Puis **couche 2** : Micaschiste altéré marron-ocre à cailloux et blocs : couche de compacité élevée à très élevée, avec des valeurs au pénétromètre dynamique comprises entre 3.1 et 13.7 MPa et les valeurs pressiométriques suivantes :

$$2.02 \text{ MPa} \leq PI^* \leq 3.59 \text{ MPa}$$

$$30.6 \text{ MPa} \leq Em \leq 63.3 \text{ MPa}.$$

Ces matériaux sont sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques diminuer par exposition à l'eau.

- Enfin **couche 3** : Micaschiste compact marron-ocre à cailloux et blocs : couche de compacité très élevée, avec les valeurs pressiométriques suivantes :

$$2.44 \text{ MPa} \leq PI^* \leq 4.98 \text{ MPa}.$$

$$86.9 \text{ MPa} \leq Em \leq 107.4 \text{ MPa}.$$

La compacité de cette couche amène le refus à la tarière mécanique.

### **3.4 Essai laboratoire**

Nous avons réalisé un essai en laboratoire, nommé GTR1, au droit du sondage TAM1.

Les analyses sont en cours de réalisation.

### **3.5 Hydrogéologie**

Des arrivées d'eau ont été rencontrées au droit de SP2 à 3.00m de profondeur par rapport au TN. Ce niveau peut correspondre à une nappe au sein des couches 2 et 3, dont le niveau remonte en période de remontées de nappes.

Une nappe de stagnation est possible au sein des couches R, 1, 2 et 3 lors de forts épisodes pluvieux.

Une nappe est probable plus en profondeur, dans la couche 3, pouvant remonter au sein des couches 2, 1 et R en périodes de remontées de nappes.

Le caractère ponctuel dans le temps de notre intervention ne permet pas d'affirmer qu'il n'y aura pas de venue d'eau lors des travaux de terrassement.

### 3.5 Réglementations parasismiques

Le projet abordé dans la présente étude est a priori de catégorie d'importance II (à confirmer par le Maître d'Ouvrage).

Selon l'Eurocode 8, pour un bâtiment de catégorie d'importance II situé en zone d'aléa sismique 2, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 n'est pas obligatoire.

Toutefois si le projet abordé dans la présente étude est catégorie d'importance III (à confirmer par le Maître d'Ouvrage), l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 est obligatoire.

Au sens des Eurocodes 8, le sol est de **classe A** au sens des Eurocodes 8. Le tableau ci-après décrit les différentes classes de sol disponibles dans la norme (tableau extrait de la norme NF-EN-1998-1) :

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (coups/30 cm)	$c_u$ (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	—	—
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de $v_s$ de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s			
$S_1$	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ( $PI > 40$ ) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	—	10 – 20
$S_2$	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou $S_1$ .			



On retiendra les valeurs des paramètres suivants décrivant les spectres de réponse élastique (tableau extrait de la norme NF-EN-1998-1) :

**Tableau 3.2 — Valeurs des paramètres décrivant les spectres de réponse élastique recommandés de type 1**

Classe de sol	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

**Tableau 3.3 — Valeurs des paramètres décrivant les spectres de réponse élastique recommandés de type 2**

Classe de sol	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

La valeur d'accélération  $a_{gr}$  (m/s<sup>2</sup>) est donnée par le tableau suivant :

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	$a_{gr}(m/s^2)$
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3

Selon le zonage sismique de la France (décret d'octobre 2010 entré en vigueur le 1<sup>er</sup> mai 2011), la commune de BREST (29) est classée en zone d'aléa sismique 2 (aléa faible), on a donc :

$$a_{gr} (m/s^2) = 0.7$$

Le tableau suivant donne le coefficient d'importance  $\gamma_i$  selon la catégorie d'importance du bâtiment, on a pour ce projet,  $\gamma_i = 1.2$ .

Catégorie d'importance	Coefficient d'importance $\gamma_i$
I	0,8
II	1
III	1,2
IV	1,4

L'accélération horizontale est donnée par la formule :  $\mathbf{a_g = a_{gr} \times \gamma_i}$

On a donc ici :  $\mathbf{a_g = 0.7 \times 1.2 = 0.84 \text{ m/s}^2}$

Concernant la liquéfaction des sols, d'après le Code de l'Environnement, article R563-4 modifié par arrêté le 19 juillet 2011, en zone de sismicités 1 et 2 (sismicité très faible à faible), l'analyse de liquéfaction n'est pas requise.

## **4. PRINCIPE DE CONSTRUCTION : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE PROJET**

### **4.1 Terrassements**

#### **4.1.1 Géométrie des terrassements**

Les cotes NGF des niveaux bas des bâtiments ne nous ont pas été transmises, nous supposons, dans le présent rapport, que le niveau bas du projet sera calé proche du TN. Cela induira des hauteurs de terrassements en déblais inférieures à 1.00m par rapport au TN (hors fouilles de fondations).

Nous supposons, dans le présent rapport, qu'il n'y aura pas de mise en place de remblai technique de surélévation.

Le présent rapport n'est valable qu'avec ces hypothèses.

Le présent rapport ne concerne pas les travaux de démolition.

#### **4.1.2 Terrassements**

Les matériaux à terrasser (hors démolition) seront ceux des couches R, 1, 2 et 3. Ces matériaux sont :

- De compacité hétérogène au sein de la couche R,
- De compacité faible au sein de la couche 1,
- De compacité élevée à très élevée au sein des couches 2 et 3,

Les décaissements au sein des couches R et 1 pourront se faire à l'aide d'une pelle mécanique classique. Cependant une pelle mécanique puissante associée à une fraise hydraulique ou une dent de déroctage pourra s'avérer nécessaire pour les terrassements au sein des couches R et 1 (en cas de rencontre d'éventuels vestiges enterrés, d'anciennes fondations, de passages et indurés, de gros blocs par exemple). Les terrassements au sein des couches 2 et 3 nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance équipés d'outils adaptés (fraise hydraulique, dent de déroctage, ...) ou d'autres méthodes (ciment expansif, éclateur hydraulique, sciage...).



Compte tenu de la présence d'avoisinants et de la proximité des bâtiments existants, nous déconseillons l'emploi du BRH. Ce dernier engendrera des vibrations avec un risque de fragiliser la structure des ouvrages existants présents non loin du projet. Si l'emploi de BRH est nécessaire, il conviendra de prendre toutes les dispositions nécessaires vis à vis des avoisinants (attention aux vibrations).

En cas de rencontre de vestiges enterrés, de souches d'arbres, de matériaux évolutifs, remaniés et déconsolidés, rencontrés lors de l'ouverture des fouilles, il conviendra de les purger et de les substituer avec des matériaux de qualité de type 0/150 ou 0/80 insensibles à l'eau ( $VBS < 0.1$ ), bien gradués (passants à  $80 \mu m < 5\%$  ;  $D_{10} > 1.0 \text{ mm}$ ), durs et non gélifs ( $LOS$  et  $MDE < 45$ ) et chimiquement inertes.

On veillera en phase chantier et en phase définitive à garantir l'intégrité des ouvrages et constructions avoisinantes.

**NOTA :** Compte tenu de la sensibilité à l'eau des couches R et 1, nous recommandons de réaliser les terrassements en périodes météorologiques favorables. Si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, le cloutage du fond de forme et la pose d'un géotextile pourra s'avérer nécessaire, pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

#### **4.1.3 Stabilité des talus de déblais**

Dans les couches R, 1, 2 et 3, les talus en déblais provisoires pourront être créés avec une pente de 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement). Ces préconisations sont valables en l'absence de problème d'emprise et pour des hauteurs de terrassement inférieures à 1.00m.

En phase définitive, les talus en déblais dans les couches R, 1, 2 et 3 pourront être créés avec une pente de 2H/1V (2 horizontalement pour 1 verticalement). Ces préconisations sont valables en l'absence de problème d'emprise et pour des hauteurs de terrassement inférieures à 1.00m en phase définitive.

Si ces pentes de talutages ne sont pas possibles par manque d'emprise, des soutènements provisoires et définitifs dimensionnés en conséquence seront mis en place.

A proximité des fondations existantes, il faudra s'assurer de ne pas déchausser les fondations existantes. Si on terrasse plus bas que les fondations existantes, une reprise en sous-œuvre des fondations existantes par passes alternées, sera nécessaire.

#### 4.1.4 Drainage

**En phase chantier**, et en fonction de la date de réalisation des terrassements, des arrivées d'eau seront possibles (ruissèlements, remontées, nappe de stagnation lors de forts épisodes pluvieux). Un pompage pourra alors s'avérer nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher la plateforme de terrassement généraux.

On prendra toutes les dispositions nécessaires afin de protéger la plate-forme des ruissellements et des précipitations directes.

On envisagera de modeler les arases en toit avec une pente d'au moins 2% pour permettre l'évacuation des eaux de surface vers des fossés périphériques et rejet des eaux vers un exutoire gravitaire ou par pompage.

**En phase définitive**, toute infiltration d'eau au niveau des fondations sera proscrite. Un drainage périphérique sera mis en place en respectant le DTU 20.1. Les eaux de ruissellement et de toiture seront soigneusement collectées (drainage amont, gouttières, contre-pente...) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

Le risque de remontée d'eau par capillarité sera compensé par tout moyen permettant de garantir la coupure capillaire vis-à-vis des soubassements et du dallage ou plancher porté.

## 4.2 Modèle géotechnique

Nous avons retenu un modèle géotechnique pour l'ensemble du site. Le modèle géotechnique retenue pour les calculs (au stade de la phase projet), sur la base des investigations réalisées, est le suivant :

Formation	Caractéristiques pressiométriques			Caractéristiques géomécaniques			
	PI* (MPa)	Em (MPa)	Es (MPa)	$\alpha$	$\gamma$ (kN/m³)	C' (kPa)	$\varphi'$ (°)
<b>Couche R</b> : Remblai sableux à sablo-limoneux irrégulier gris-noir à marron-ocre à cailloux et blocs	-	-	-	2/3	18	0	25
<b>Couche 1</b> : Limon marron à cailloux et blocs	0.2	3	4.5	2/3	18	0	25
<b>Couche 2</b> : Micaschiste altéré marron-ocre à cailloux et blocs	2.0	25	30	1/2	20	2	28
<b>Couche 3</b> : Micaschiste compact marron-ocre à cailloux et blocs	3	80	160	1/2	22	5	30

## 4.3 Fondations et tassements

### 4.3.1 Principe et niveau d'assise des fondations

Pour de faibles descentes de charges (à vérifier avec le bureau d'étude structure), les fondations du bâtiment seront superficielles de types semelles filantes ou isolées (massifs isolés associés à des longrines), ancrées de 30cm minimum dans la couche 2 ou 3, y compris vis-à-vis de l'arase terrassement.

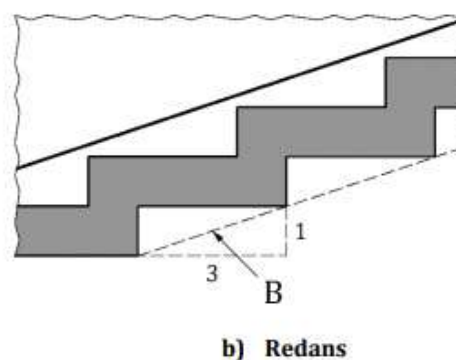
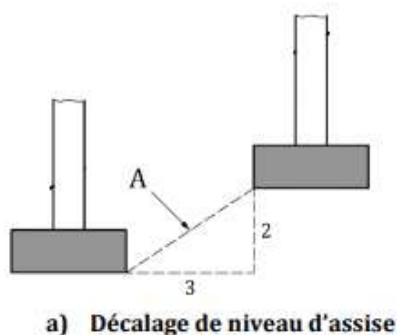
Tout ancrage dans la couche R et 1 est à exclure.

Les profondeurs d'ancrage au droit de nos sondages seront au minimum de :

Sondages	SP1	SP2+Pz
Profondeur minimum d'ancrage (m/TN)	≥ 1.90	≥ 0.70

Dans tous les cas, la mise hors-gel des fondations devra être respectée, à savoir à une profondeur minimum de 0.50m par rapport au sol périphérique fini.

La règle des fondations à niveaux décalées devra être respectée : il faudra respecter une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de semelles voisines (DTU 13.1, de septembre 2019) pour les semelles isolées, et une pente maximale de 3 de base pour 1 de hauteur pour les semelles filantes :



**Légende**

- A Pente 3 pour 2
- B Pente 3 pour 1



Si cette règle ne peut pas être respectée vis-à-vis des fondations mitoyennes existantes, il conviendra soit d'approfondir les fondations existantes par reprise en sous-œuvre par passes alternées, (en aucun cas, on ne pourrait terrasser sous les fondations existantes sans reprise en sous-œuvre préalable) ou soit d'approfondir les fondations du projet (si les fondations existantes sont fondées plus profondément).

Afin d'éviter une altération du fond des fouilles de fondation, celles-ci devront être protégées immédiatement par un béton de propreté. Si des fonds de fouilles de fondation se retrouvent détériorés par les eaux de pluie avant le coulage du béton, elles seront purgées et substituées par un gros béton sur la hauteur des sols détériorés par la pluie.

En cas de rencontres de poches décomprimées, de matériaux meubles, de traces de dessouchage d'arbres, d'éventuels vestiges enterrés, d'anciennes fondations, etc..., il faudra les purger et les substituer par un gros béton avant le coulage des fondations.

Des surépaisseurs des couches R et 1 seront possibles à l'échelle du projet, ce qui impliquera des approfondissements locaux de l'assise des fondations, avec un rattrapage en gros béton.

Il faudra blinder les fouilles au-delà de 1.30m de profondeur.

Des joints de rupture complets seront mis en œuvre entre les parties différemment fondées et chargées de la construction.

#### 4.3.2 Ebauche pré-dimensionnelle de fondations

Le calcul de la capacité portante des fondations a été calculé conformément à la méthode pressiométrique de la norme NF P 94-261 « Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles ».

Dans un premier temps nous déterminons la contrainte de rupture du sol  $q_{net}$  :

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

Avec :

- $p_{le}$  = pression limite nette équivalente = 2.00 MPa (couche 2)
- $k_p$  = facteur de portance pressiométrique = 0.8
- $i_{\delta}$  = coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement = 1 pour une charge verticale centrée
- $i_{\beta}$  = coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus en pente = 1 (pour une charge éloignée au minimum de 8B d'un talus).

On obtient  **$q_{net} = 1.60$**

Compte tenu du risque de remaniement du sol d'assise à l'exécution nous préconisons de limiter les contraintes de calcul à :

$$\begin{aligned} q_{\text{ELU F et S}} &\leq 0.65 \text{ MPa} \\ q_{\text{ELU A}} &\leq 0.76 \text{ MPa} \\ \underline{q_{\text{ELS QP et C}} &\leq 0.40 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

#### 4.3.3 Tassements

A titre d'exemple, les tassements attendus sous les fondations sous une contrainte de 0.40 MPa à l'ELS sont :

- Pour une semelle filante de 0.50 m de largeur et pour des charges n'excédant pas 20.0 T/ml (ELS), les tassements seront inférieurs au centimètre sous réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage.
- Pour un massif carré de 0.64m<sup>2</sup> (0.80m x 0.80m) et pour des charges centrées ne dépassant pas 25.6 T aux ELS par massif, les tassements seront inférieurs au centimètre sous réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage.
- Pour un massif carré de 1.00m<sup>2</sup> (1.00m x 1.00m) et pour des charges centrées ne dépassant pas 40.0 T aux ELS par massif, les tassements seront inférieurs au centimètre sous réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage.

## 4.4 Sujétions d'exécution

Les sujétions d'exécution suivantes devront être respectées :

- Respect d'un niveau d'ancrage des fondations de 0.30m au sein de la couche 2 ou 3, et respect des critères développés au chapitre 4.3.1,
- Surface minimale des fondations de 0,50 m² pour les massifs isolés, et largeur minimale de 0.50 m pour des semelles filantes,
- Respect des règles de fondations à niveaux décalés,
- Mise en place d'un béton de propreté immédiatement après l'ouverture des fouilles de fondations,
- En cas de présence d'eau, il conviendra de prévoir un pompage afin d'assécher les fouilles de fondation,
- Rattrapage en gros béton des variations possibles du niveau d'assise des fondations, en relation avec la fluctuation du toit du niveau d'ancrage,
- Purge et substitution par un gros béton en cas de découverte de vestiges enterrés, de niveaux décomprimés, de sols organiques, d'anciennes souches d'arbres et des sols foisonnés associés,
- Blindage des fouilles au-delà de 1.30m de profondeur,
- Si l'emploi de BRH est nécessaire, il conviendra de prendre toutes les dispositions nécessaires vis à vis des avoisinants (attention aux vibrations),
- Respect de l'interdiction de circulation des engins sur le fond de fouille,
- Bétonnage à l'avancement des fondations : on privilégiera le travail par beau temps. S'il pleut, on veillera à ne pas laisser s'installer une stagnation d'eau dans les fouilles.

## 4.5 Dallage

Les surcharges d'exploitation réparties sur dallage seront a priori de 2.0 T/m<sup>2</sup> maximum (à confirmer par le Maître d'Ouvrage).

Un dallage sur terre-plein pourra être envisagé, sous réserve de respecter les préconisations ci-dessous. Ces préconisations sont valables pour des surcharges d'exploitation réparties sur dallage  $\leq 2.0$  T/m<sup>2</sup>.

### 4.5.1 Préparation de la plateforme

Dans un premier temps, et après démolition du dallage ou plancher existant, il conviendra de purger l'ensemble des couches R, de purger et substituer tout système racinaire, toute éventuelle poche de matériaux foisonnés, décomprimés ou organiques et tout éventuel vestige enterré.

Les substitutions devront être réalisées avec des matériaux d'apports de type 0/150, insensibles à l'eau (VBS < 0.1), bien gradués (passants à 80  $\mu$ m < 5% ; D10 > 1.0 mm), durs et non gélifs (LOS et MDE < 45) et chimiquement inertes. Ces matériaux seront compactés par couches successives pour un objectif de densification q<sub>3</sub>, réceptionnées à EV2>50 MPa.

Les poches de sols médiocres et détériorés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie seront également purgées et substituées.

Lors de la démolition du dallage existant, il faudra prendre toutes les dispositions nécessaires pour garantir l'intégrité des existants et avoisinants (attention aux vibrations).

Une attention particulière devra être portée lors de la préparation de la plateforme à proximité des murs existants : **on évitera de déchausser les fondations existantes. Si l'on terrasse plus bas que les fondations de l'existant, une reprise en sous-œuvre par passes alternées des fondations existantes sera nécessaire.**

Après purge et substitution comme indiqué ci-dessus, le fond de forme sera constitué :

- Soit par les limons marron à cailloux et blocs (couche 1) de compacité faible ;
- Soit par le micaschiste altéré marron-ocre à cailloux et blocs (couche 2) de compacité élevée à très élevée.

En cas de rencontre de gros blocs et de filons indurés, il conviendra de les dérocter sur au moins 30cm ceci afin de minimiser les risques de désordres dans la dalle béton par phénomène de points durs rocheux.



En cas de présence d'eau, on veillera à assainir la couche de forme par des drains, ce qui nécessitera de penter les arases à 2%, de donner une pente aux drains et de les relier à un exutoire à définir.

**NOTA :** Compte tenu de la sensibilité à l'eau des couches R et 1, nous recommandons de réaliser les terrassements en périodes météorologiques favorables. Si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, le cloutage du fond de forme et la pose d'un géotextile pourra s'avérer nécessaire, pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

#### **4.5.2 Couche de forme sous dallages et critères de réception**

Une couche de forme sous dallage devra être mise en place afin d'obtenir une plateforme support de dallage de type PF2 avec pour objectif d'essais à la plaque mesurés (selon le mode opératoire LCPC) :  $EV2 > 50 \text{ MPa}$ , avec un rapport de compactage  $EV2/EV1 < 2.0$  et un module de Westergaard  $Kw > 50 \text{ MPa/m}$ .

**Avec un fond de forme constitué par les limons marron à cailloux et blocs (couche 1), l'épaisseur de la couche de forme à mettre en place sera de 0.65m minimum et sera constitué de :**

- 0.50 m de 0/150mm compactés à q3,
- Fermé par une couche de réglage de 0.15m de 0/31.5 compacté à q3,
- Elle sera contrôlée par des essais à la plaque avec pour objectif  $EV2 > 50 \text{ MPa}$ ,  $EV2/EV1 < 2.1$  et  $Kw > 50 \text{ MPa/m}$ .

**Avec un fond de forme constitué par le micaschiste altéré marron-ocre à cailloux et blocs (couche 2), l'épaisseur de la couche de forme à mettre en place sera de 0.35m minimum et sera constitué de :**

- 0.20 m de 0/60mm compactés à q3,
- Fermé par une couche de réglage de 0.15m de 0/31.5 compacté à q3,
- Elle sera contrôlée par des essais à la plaque avec pour objectif  $EV2 > 50 \text{ MPa}$ ,  $EV2/EV1 < 2.1$  et  $Kw > 50 \text{ MPa/m}$ .

Au niveau des jonctions entre la couche 1 et la couche 2, il conviendra de dérocter sur au moins 50cm la couche 2, ceci afin de minimiser les risques de désordres par phénomène de points durs rocheux (épaisseur de couche de forme à mettre en place de 50cm minimum dans la couche 2 à ce niveau).

Les matériaux de couche de forme seront propres ( $VBS < 0.1$ ), bien gradués (passants à  $80 \mu m < 5\%$  ;  $D_{10} > 1.0 \text{ mm}$ ), durs et non gélifs ( $LOS$  et  $MDE < 45$ ) et chimiquement inertes.

Le compactage de la couche de forme devra être maîtrisé (en termes de vibrations notamment), de manière à garantir l'intégrité des existants.

#### 4.5.3 Module de déformation pour dallages

Le tableau suivant rappelle la succession lithologique attendue sous le dallage, et donne, pour chaque couche de sol, son épaisseur et ses caractéristiques mécaniques à long terme, pour permettre la justification du dallage au sens du DTU 13.3 de décembre 2021 :

N° de couche	$E_M$ (MPa)	$\alpha$	$E_s$ (MPa)
Couche de forme	15	1/3	45
R	Purgée		
1	3	2/3	4.5
2	25	1/2	50
3	80	1/2	160

- $E_M$  : module pressiométrique,  $E_s$  : module de déformation du sol,
- $\alpha$  : coefficient rhéologique.

Les dallages seront conçus et réalisés conformément aux DTU 13-3, décembre 2021.

---

Notre mission G2PRO se termine à la remise du présent rapport.

Nous restons à la disposition de la société SGAMI OUEST et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

**Rédacteur** : Céline SAMZUN – chargée d'études géotechnique.

**Rellecteur** : Benoît GAC – chargé d'affaires géotechnique.

**Date** : 02/06/2025

Géo²Concept – ZA de Lannuzel 29460 DIRINON – Tél : 02 98 34 11 61  
SIRET : 894 384 064 00016 – contact@geo2concept.fr

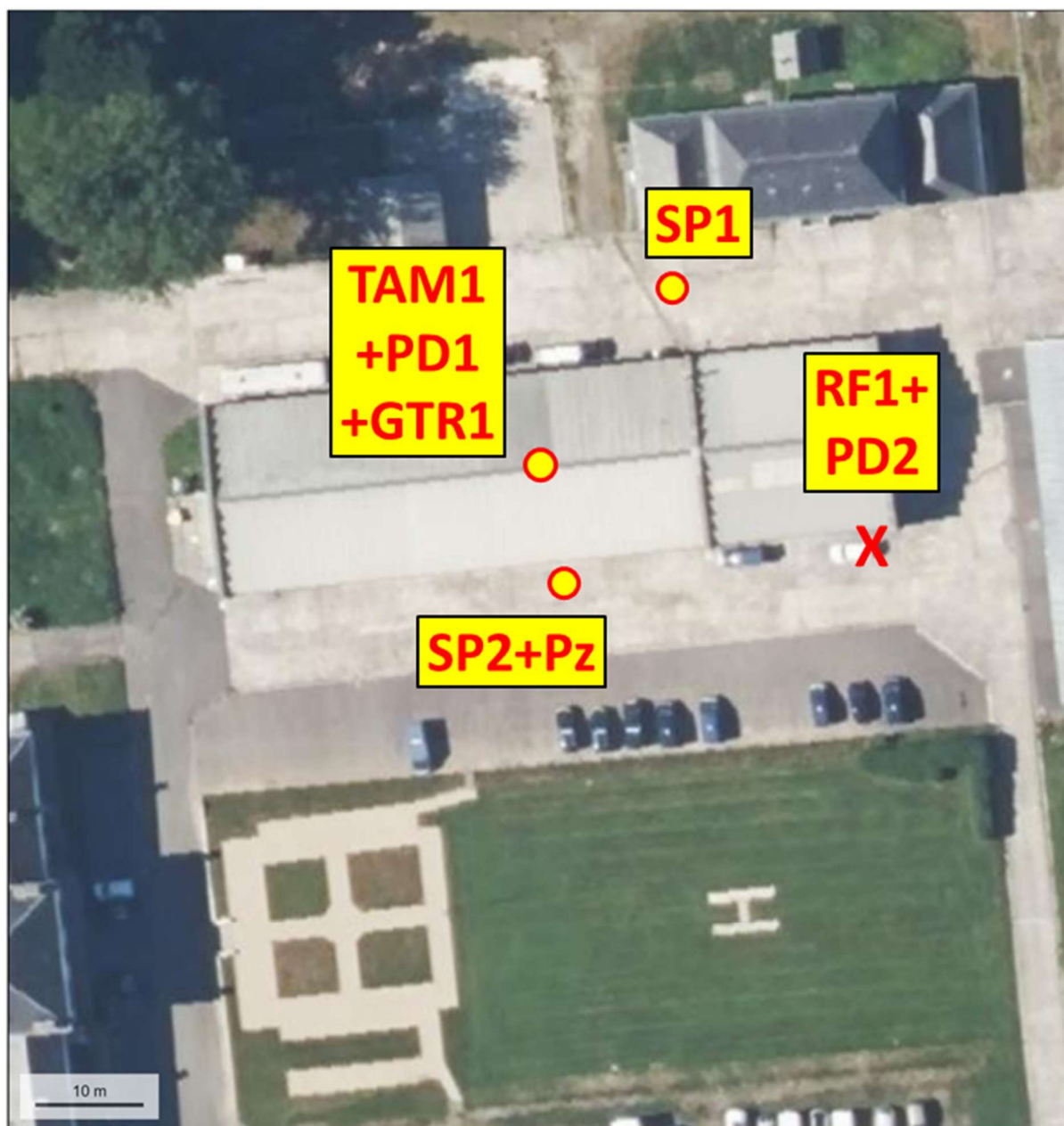
# ANNEXES

# PLAN D'IMPLANTATION



**géoportail**

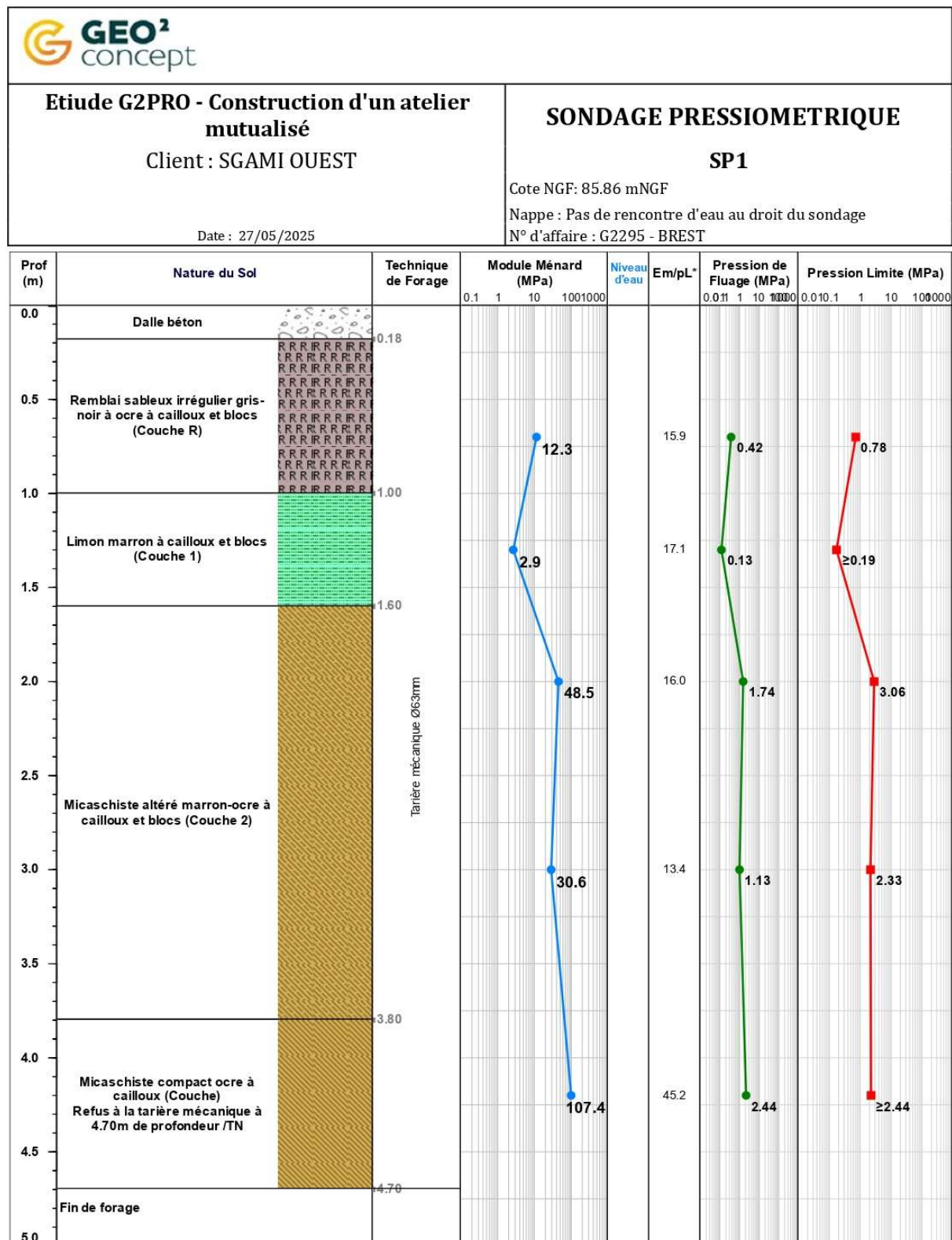
Photographie aérienne 1/500

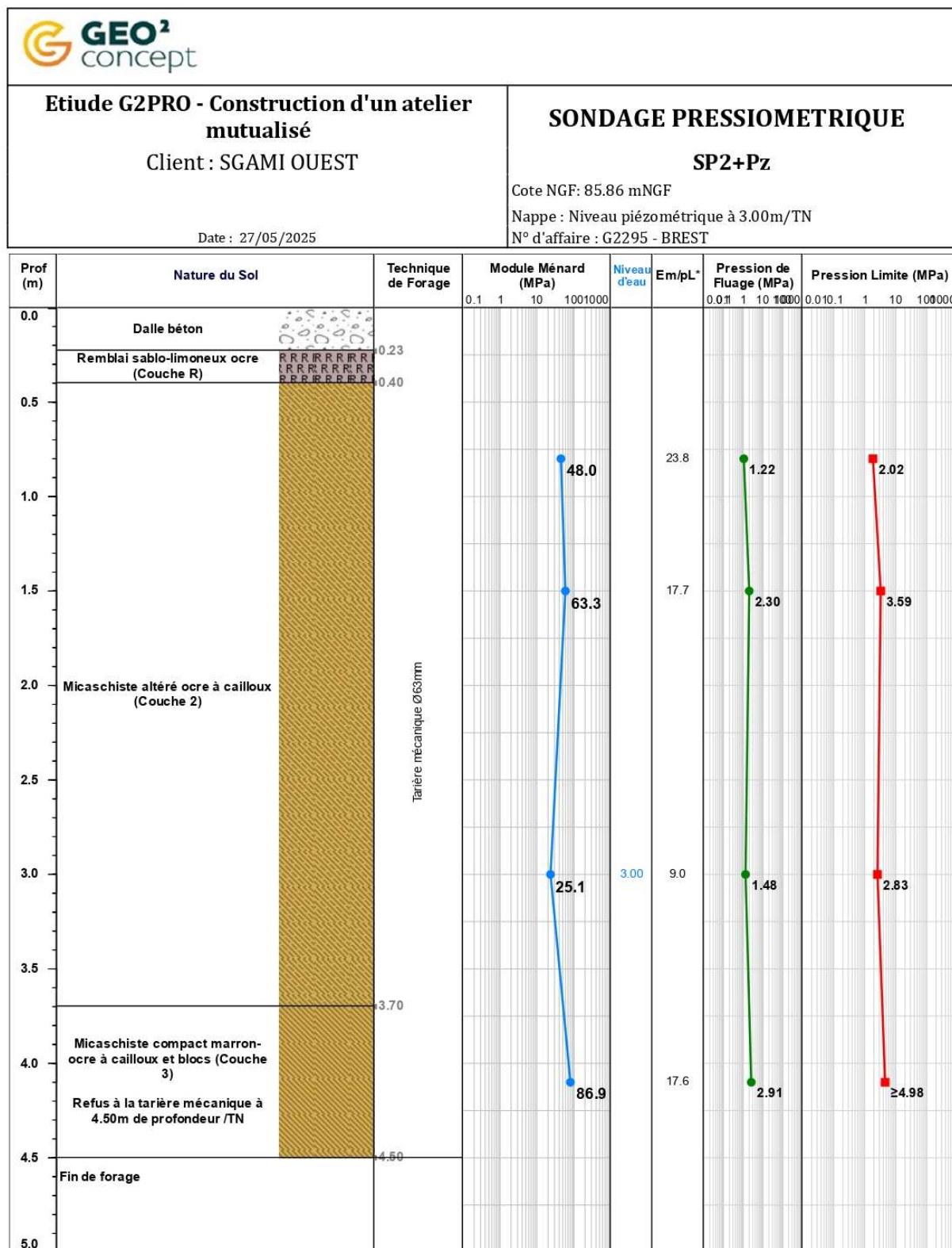


© IGN 2023 - [www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales](http://www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales)

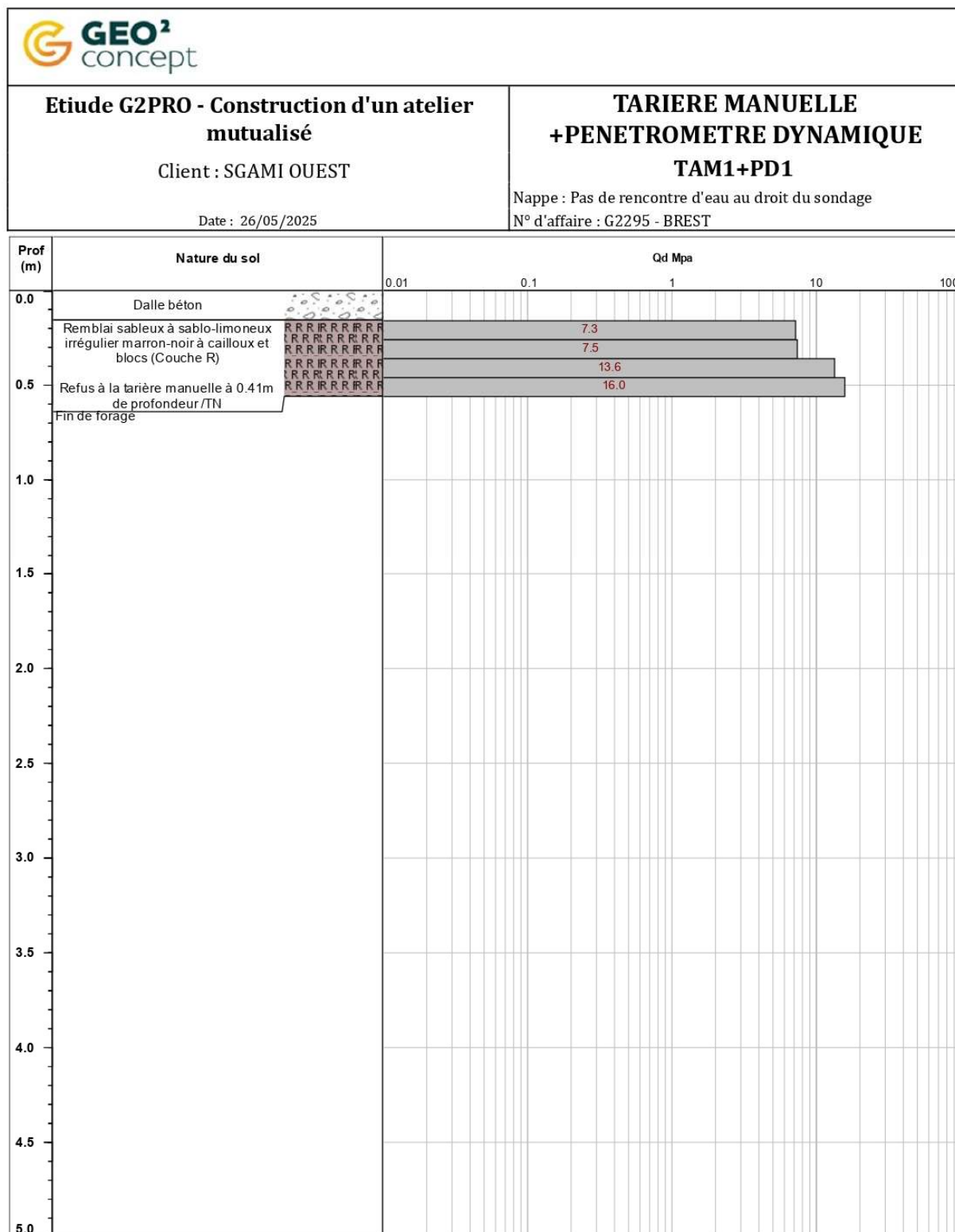
Longitude : 4° 28' 29" W  
Latitude : 48° 25' 09" N

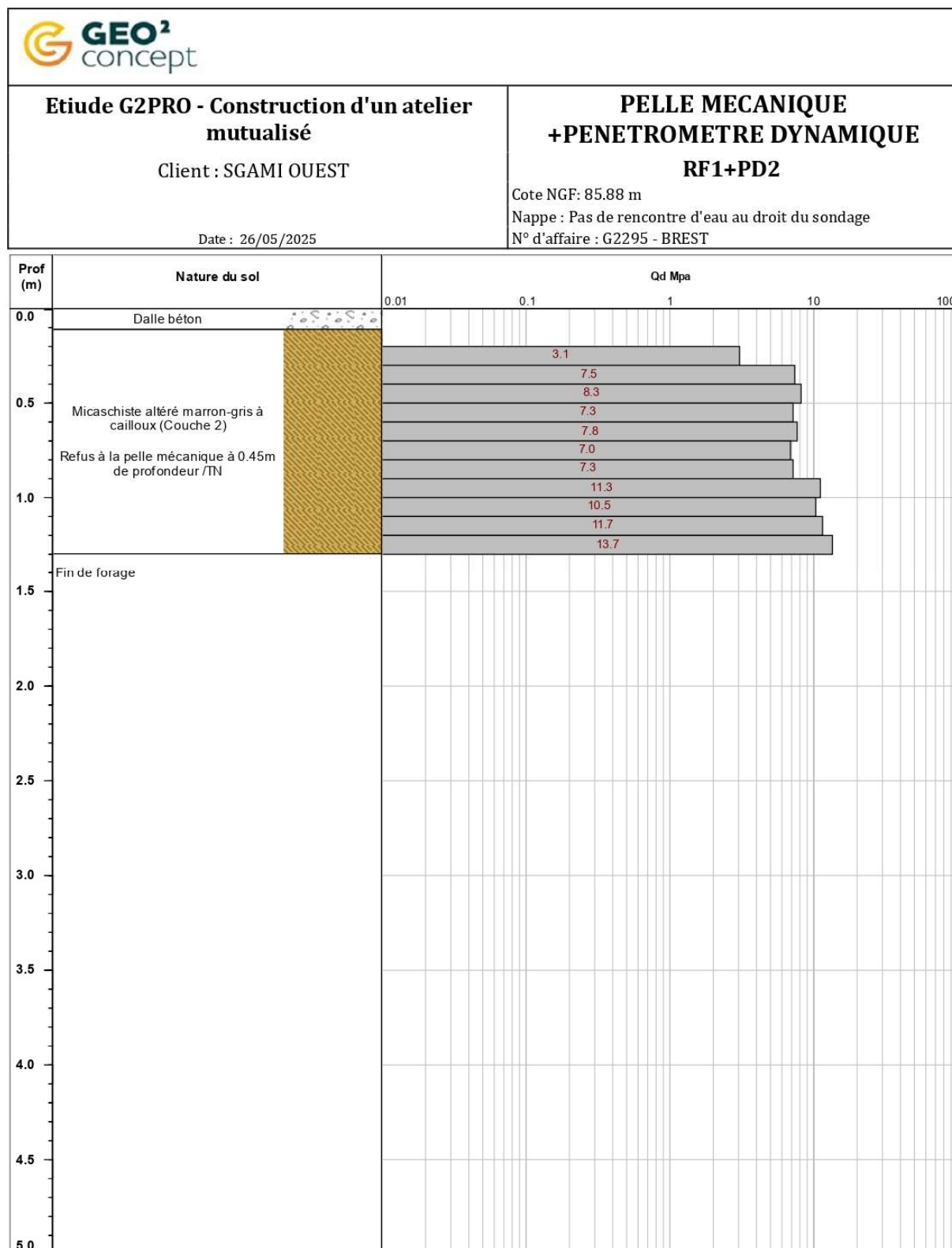
# COUPES DES SONDAGES











# **ESSAI LABORATOIRE**

## **Analyse en cours de réalisation**

# **EXTRAIT NORME NFP 94-500**

**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><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></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"> <li>• Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <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"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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).</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></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"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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.</li> </ul> <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"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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.</li> </ul> <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"> <li>• 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).</li> <li>• 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.</li> </ul>



**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

<p><b>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</b></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"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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).</li> <li>• Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul> <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>• 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).</li> <li>• 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)</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b></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"> <li>• 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.</li> </ul> <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li> </ul> <p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></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"> <li>• Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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).</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------