



# LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE POLYNESIE

S.A.E.M au capital de 120 000 000 FCP – SIEGE SOCIAL : 261 VALLEE DE TIPAERUI – PAPEETE

RCS 8698B – n° TAHITI 616292

BP 404 – 98713 PAPEETE TAHITI

TEL (689) 40 42 02 09 – FAX (689) 40 42 45 10

EMAIL : [secretariat@labotp.pf](mailto:secretariat@labotp.pf) – SITE INTERNET : <http://www.labotp.pf>

**1964 – 2019**  
**55 ans d'expertise au Fenua**  
**qui font la différence**

Papeete le 14 Décembre 2020

N/Réf : DM / ht

Dossier : 423b0

Chargé d'Affaires : David MATHE

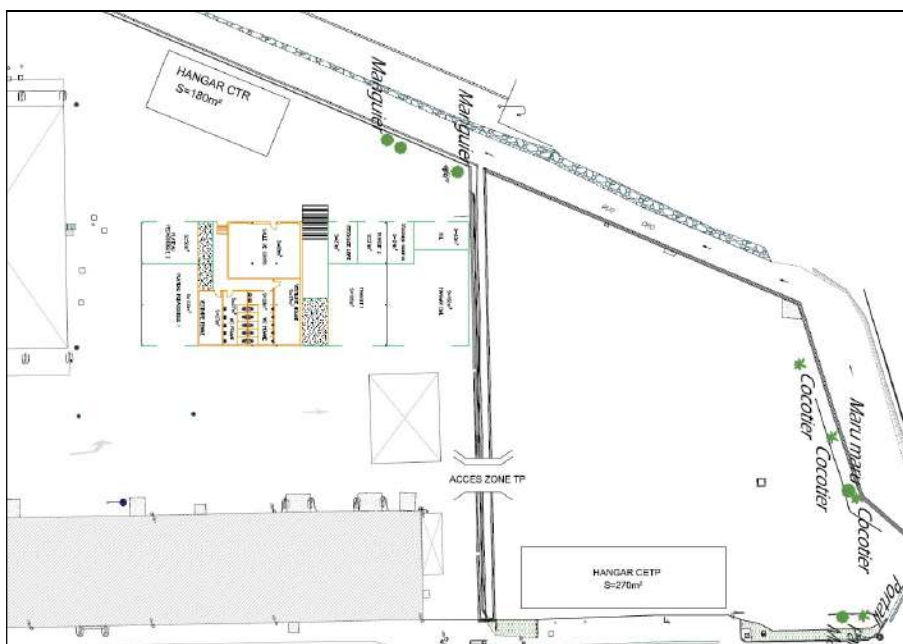
**RSMA-PF**

B.P. : 9420

98715 – PAPEETE

## RAPPORT N° 20/1555

### SITE RSMA CONSTRUCTION DE HANGARS CETP & CTR



### COMMUNE DE ARUE

**Etude géotechnique préalable**  
**Mission G1 phase PGC – Synthèse de la Norme NF P94-500 (nov.2013)**

RAP 20/1555.D423b0.Nb pages :32



GEOTECHNIQUE – GEOLOGIE – HYDROGEOLOGIE  
EXPERTISE DU BATIMENT – TECHNIQUES ROUTIERES  
ENVIRONNEMENT – MATERIAUX – INSTRUMENTATION ET  
MESURES – MAITRISE D'ŒUVRE



**Assistance Technique du CEBTP**  
Centre d'Expertise du Bâtiment et des Travaux Publics  
12, avenue Gay Lussac  
ZAC La Clef Saint Pierre  
78990 ELANCOURT

Sondages effectués à la demande de : **REGIMENT DU SERVICE MILITAIRE ADAPTE DE POLYNESIE FRANCAISE (RSMA-PF)**  
**BC N° 1510288323 du 06/10/2019** suivant  
 Proposition financière N° G001.0.0687 du 17/09/2020

Chantier : **SITE RSMA**  
**CONSTRUCTION DE HANGARS CETP & CTR**  
**COMMUNE DE ARUE**

***Etude géotechnique préalable***

Mission : G1 Phase Principes Généraux de Construction (PGC) selon la synthèse de la norme NF P94-500 version de Novembre 2013

Nature des sondages :

- ⇒ **6** sondages au pénétromètre lourd notés **PDL1** à **PDL5** & **PDL1bis** à 8 m de profondeur
- ⇒ **2** sondages pressiométriques notés **SP1** à **SP2** à 8 m de profondeur
- ⇒ **3** fouilles de reconnaissance des sols notés **PU1** à **PU3**

Coordonnées planes :  
 (RGPF, UTM zone 7 L)

X = 231 351 m  
 Y = 8 060 228 m

Implantation des sondages : cf. plan donné en **annexe 1**

Date de l'intervention : Novembre 2020

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PRESENTATION.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>GENERALITES .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>MISSION.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>CARACTERISTIQUES DU PROJET .....</b>	<b>4</b>
1.3.1	<i>Document communiqué.....</i>	4
1.3.2	<i>Descriptif des projets.....</i>	5
1.3.3	<i>Géomorphologie du site .....</i>	5
1.3.4	<i>Contexte géologique du site.....</i>	5
<b>1.4</b>	<b>PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (PPR) .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5</b>	<b>REGLEMENTS UTILISES .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6</b>	<b>ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>RECONNAISSANCES .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>RESULTATS DES INVESTIGATIONS .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>SYNTHESE LITHOLOGIQUE.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>SYNTHESE GEOMECANIQUE DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>SYNTHESE DES SONDAGES PENETROMETRIQUES .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4</b>	<b>FOUILLES.....</b>	<b>10</b>
<b>3.5</b>	<b>NIVEAU D'EAU .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>FONDATIONS.....</b>	<b>12</b>
4.1.1	<i>Principe de fondations.....</i>	12
4.1.2	<i>Justification des fondations superficielles.....</i>	12
<b>4.2</b>	<b>TERRASSEMENTS .....</b>	<b>13</b>
<b>4.3</b>	<b>RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE DES FONDATIONS.....</b>	<b>13</b>
<b>4.4</b>	<b>RADIER.....</b>	<b>13</b>
<b>4.5</b>	<b>PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION .....</b>	<b>14</b>
4.5.1	<i>Conception des fondations .....</i>	14
4.5.2	<i>Joint de construction.....</i>	14
4.5.3	<i>Protection contre la présence d'eau.....</i>	14
4.5.4	<i>Mitoyen.....</i>	14
4.5.5	<i>Dispositions spécifiques compte tenu de l'hétérogénéité du sol.....</i>	15
<b>4.6</b>	<b>CONTINUE DE LA MISSION.....</b>	<b>15</b>

# 1 PRESENTATION

## 1.1 GENERALITES

A la demande et pour le compte du **REGIMENT DU SERVICE MILITAIRE ADAPTE DE POLYNESIE FRANCAISE (RSMA-PF)**, le Laboratoire des Travaux Publics de Polynésie (LABO TP) a procédé à une étude géotechnique préalable à la construction de 2 hangars sur le camp du RSMA à Arue.

Le présent rapport honore le **bon de commande N° 1510288323 du 06/10/2020**, approuvant le devis N° G001.0.0687 du 17/09/2020.

## 1.2 MISSION

Le Laboratoire des Travaux Publics de Polynésie a reçu comme mission de :

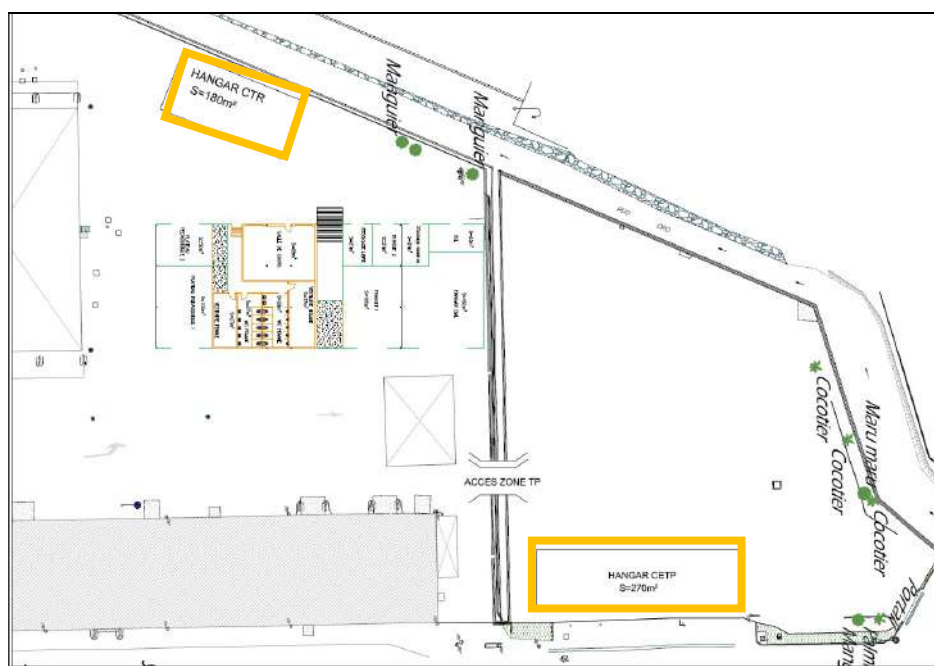
- procéder à une campagne de reconnaissance des sols (mission d'investigations géotechniques),
- définir le ou les système(s) de fondation adaptés aux sols rencontrés,
- définir les principes d'adaptation du projet au terrain.

Il s'agit d'une mission de type G1 Phase Principes Généraux de Construction (PGC) selon la norme NF P94-500, version de Novembre 2013.

## 1.3 CARACTERISTIQUES DU PROJET

### 1.3.1 Document communiqué

Il nous a été remis un plan de masse ainsi qu'un email de description des hangars.



**Document fourni par le RSMA**

### 1.3.2 Descriptif des projets

Pour le hangar CETP il fera 30 x 9 ml, pour le hangar CTR, il fera 20 x 9 ml et tous les deux accueilleront des engins de chantier.

Le hangar CTR se situerait non loin d'une clôture rigide, délimitant la limite de propriété.

Ces hangars seraient « ouverts » et constitués de poutres métalliques type IPN avec une couverture en bardage simple peau et un bardage sur les parois verticales.

### 1.3.3 Géomorphologie du site

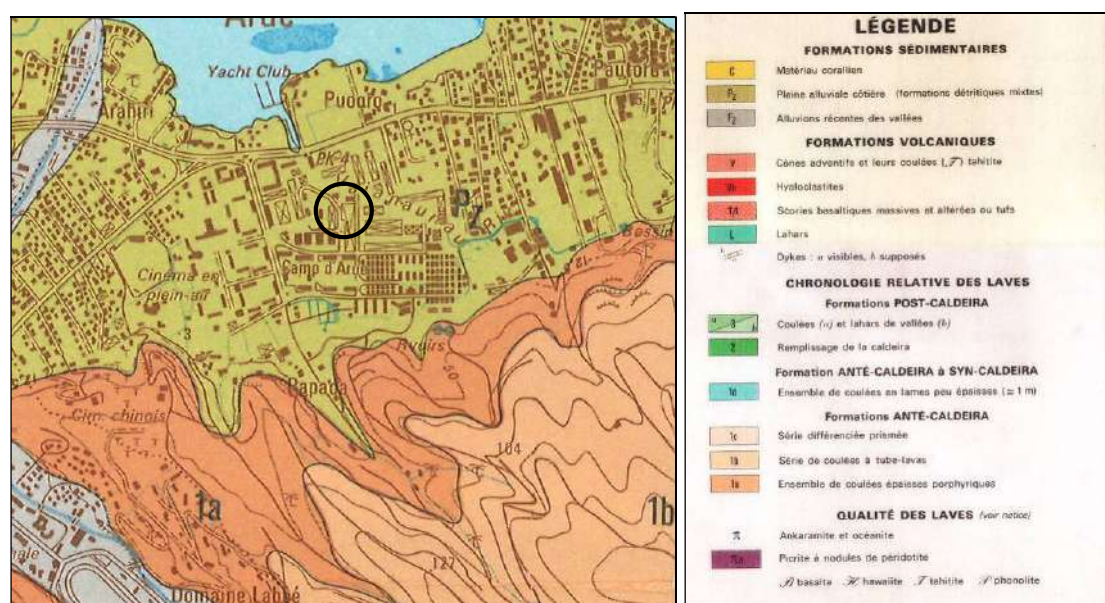
Le site du hangar CETP est actuellement un revêtement terreux, celui du hangar CTR est bitumeux. Les 2 sites sont relativement plats à l'échelle locale.

A noter la présence de la Vaianuanua en bord de parcelle et jouxtant le hangar CTR ainsi qu'une dalle béton au sol.

### 1.3.4 Contexte géologique du site

D'après les documents consultés (carte géologique au 1/50 000<sup>ème</sup>), les horizons attendus sur cette zone sont, de haut en bas :

- Formations détritiques mixtes (formations de la plaine côtière),
- Alluvions récentes des vallées (sous jacentes).

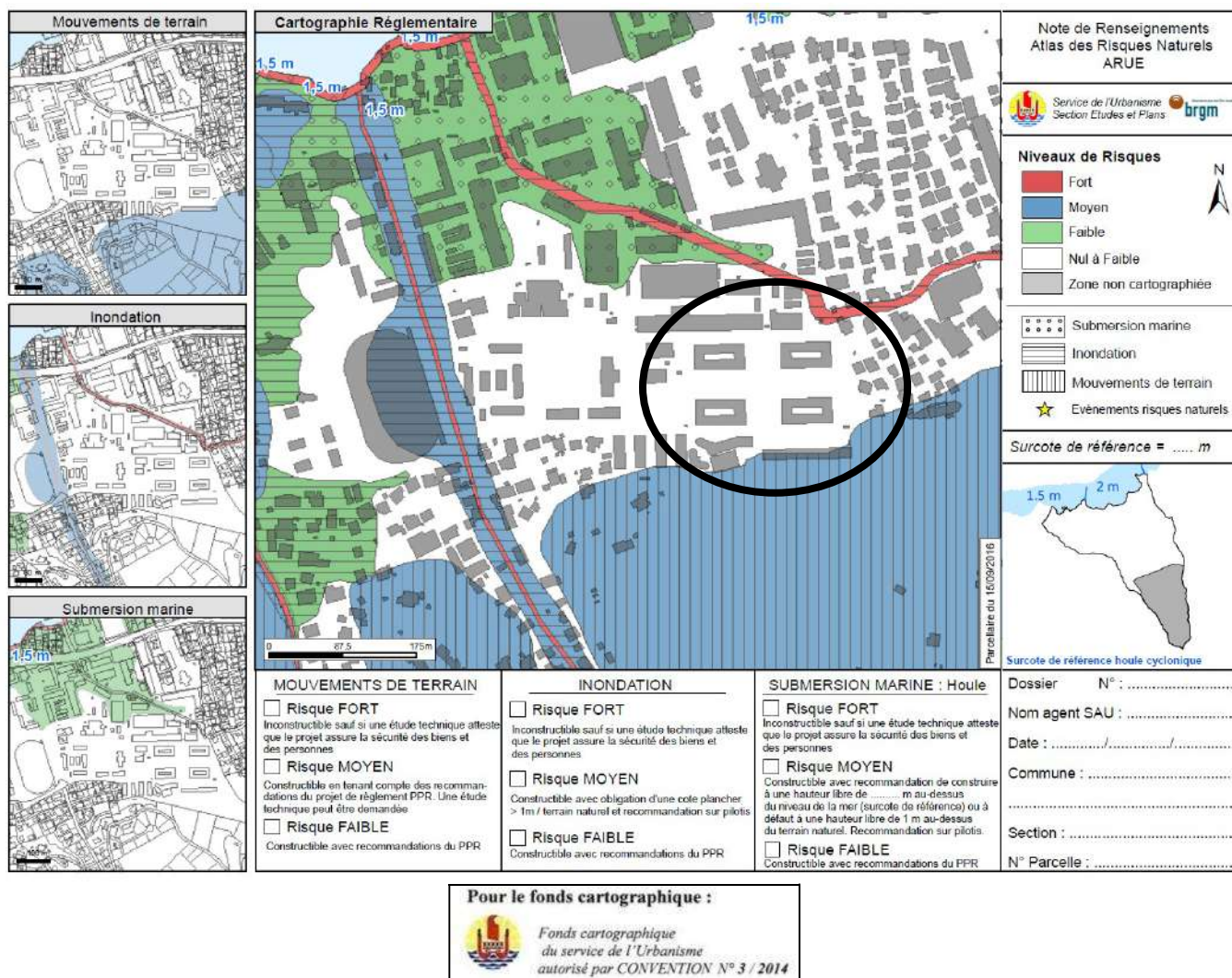


Sur place il peut être attendu des remblais ou des terrains remaniés (existants présent et démolé).



## 1.4 PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (PPR)

Suivant le projet de Plan de Prévention des Risques de la commune de Arue, le site se trouve sans risque particulier.



## 1.5 REGLEMENTS UTILISES

La reconnaissance des sols et les différents essais pratiqués sont conformes aux normes AFNOR ou font l'objet d'une description technique spécifique. Les recommandations et justifications des prédimensionnements ont été faites conformément aux textes réglementaires suivants :

- Normes AFNOR en vigueur, ou notes techniques particulières existantes concernant les travaux de sondages et essais *in-situ* ou de laboratoire,
- DTU 13.11 Fondations superficielles et NF P11-711 – DTU 13.12 Règles pour le calcul des fondations superficielles,

## 1.6 ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES

Le projet n'est pas entièrement défini et les sollicitations sur les fondations sont mal connues. Une étude de dimensionnement est nécessaire, elle pourra être faite dans le cadre d'une mission G2 (avec la réalisation de sondages pressiométriques).

De plus, les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéités locales) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.

Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « Présentation » du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée au LABO TP afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.

De même, des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple : cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau etc.) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.

Au moment de l'ouverture des fouilles, il est conseillé de faire procéder à une visite de chantier par un géotechnicien. Cette visite donne lieu à un avis écrit portant sur la conformité de la méthode d'exécution des fondations. Cette visite doit faire l'objet d'une commande préalable.

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager le LABO TP.

Les conclusions du rapport concluant la mission géotechnique G1 Phase PGC confiée ne sont valables que sous réserve du respect de l'enchaînement des missions géotechniques rappelées en annexe.

Le présent rapport (ou présente note) est considéré(e) accepté(e) en l'état par le client s'il n'est l'objet d'aucune observation par ce dernier dans un délai de 15 jours à compter de la date de transmission de ce document au client.

## 2 RECONNAISSANCES

L'implantation des sondages a été réalisée par nos soins au droit des 2 sites en fonction des accès et des surfaces. Cette implantation figure en **annexe 1**.

Remarque : les profondeurs des sondages sont définies à partir du niveau du terrain actuel.

Sondages de reconnaissance	Référence	Profondeur (m/T.N.)	Particularité
Sondages pénétrométriques lourds 22476-2	PDL1, 1 bis (CETP)	-5.8, -8.0	Refus, Arrêt
	PDL2 (CETP)	-8.0	Arrêt
	PDL3 (CETP)	-8.0	Arrêt
	PDL4 (CTR)	-8.0	Arrêt
	PDL5 (CTR)	-3.8	Refus
Puits de reconnaissance des sols	PU1 (CETP)	-2.0	Arrêt
	PU2 (CETP)	-2.0	Arrêt
	PU3 (CTR)	-2.0	Arrêt
Sondages pressiométriques NF P 94-110-1	SP1 (CETP)	-8.0	6 essais
	SP2 (CTR)	-8.0	6 essais

Les sondages pénétrométriques lourds ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique lourd de type APAGEO dont les caractéristiques sont les suivantes :

- poids du mouton                      63.5 kg
- hauteur de chute                      0.50 m
- section de la pointe                      19.6 cm<sup>2</sup>

qui ont permis la mesure de la résistance dynamique de pointe (qd) des terrains traversés.

Les résultats des sondages et essais *in-situ* sont fournis en **annexe 2**.

Les sondages pressiométriques ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse de type GEO 305 avec enregistrement des paramètres de forage.

Les sondages sont fournis en **annexe 3**.



### 3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS

#### 3.1 SYNTHÈSE LITHOLOGIQUE

La synthèse lithologique décrite ci-après a été déduite des sondages pressiométriques réalisés et les puits de reconnaissances des sols (en surface). Les sondages pressiométriques ont vocation à mesurer les propriétés mécaniques des sols et peut donner des indications sur la nature des terrains traversés. Compte tenu du contexte et des profondeurs, une coupe lithologique est établie à partir des boues de forage (lorsque celles-ci remontent), des enregistrements des paramètres de forage et de l'expérience du LABO TP. La description des faciès peut s'avérer incomplète dans ces conditions. Seul le sondage par carottage permet une reconnaissance visuelle précise. Il pourra être réalisé le cas échéant dans une mission complémentaire.

D'après les sondages pressiométriques (et les puits de reconnaissance de sol) réalisés sur le site, il est possible de distinguer les formations suivantes :

1. **Des remblais superficiels** d'épaisseur estimée à métrique, de type graviers/graves alluvionnaires dans une matrice sablo-limoneuse noire.
2. **Une formation sous-jacente de type sables limoneux brun/marron**, rencontrée en surface aussi et d'épaisseur très fine (inférieure au mètre).
3. **Une formation de type tout-venant alluvionnaire** rencontrée à partir de 1.0 m jusqu'à la fin des sondages (-8.0 m de profondeur). Il s'agirait du toit des alluvions récentes.

#### 3.2 SYNTHÈSE GEOMECANIQUE DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

Les caractéristiques obtenues dans les couches identifiées sont données dans le tableau ci-après :

N° de couche	Horizon	Profondeur de la base (m/fond marin)	Pressiomètre		
			$E_M$ (MPa)	$P_f^*$ (MPa)	$\alpha$
1	Remblais et terrains remaniés	# - 1.1/1.3	4.5 à 16.6 $M_h = 7.1$	0.92 à 1.69 $M_a = 1.31$ $\sigma = 0.39$	-
2	Sables plus ou moins limoneux brun / marron	# -1.0	-	-	1/2
3	Formation alluvionnaire	> -8.0	0.9 à 69.7 $M_h = 3.5$	0.06 à 2.22 $M_a = 0.98$ $\sigma = 0.68$	1/4

NOTA :  $M_a$  = Moyenne arithmétique ;  $M_h$  = Moyenne harmonique ;  $\sigma$  = Ecart-type.

Les remblais de surface présentent des propriétés mécaniques moyennes à fortes ; le sable limoneux est en très faible épaisseur et la formation alluvionnaire présente des propriétés mécaniques faibles en tête puis fortes.

### 3.3 SYNTHÈSE DES SONDAGES PENETROMETRIQUES

Les essais ont été menés jusqu'à 1.2 m (refus) et 6.0 m de profondeur (arrêt). Le tableau synthétise les résultats obtenus :

N° de sondage	Prof. de terrains meubles (très faibles propriétés mécaniques) ( $Q_d < 2$ MPa)	Prof. de terrains aux qualités mécaniques moyennes ( $2 < Q_d < 5$ MPa)	Prof. de terrains aux qualités mécaniques moyennes à fortes ( $Q_d > 10$ MPa)
PDL1 (CETP)	2.4 – 3.6	0.0 – 2.4	3.6 – 5.8
PDL1 bis (CETP)	2.4 – 3.8	0.0 – 2.4 / 7.4 – 8.0	3.8 – 7.4
PDL2 (CETP)	-	0.0 – 3.0	0.8 / 1.8
PDL3 (CETP)	-	0.0 – 1.0 / 1.8 – 8.0	1.0 – 1.8
PDL4 (CTR)	2.0 – 6.8	6.8 – 8.0	0.0 – 2.0
PDL5 (CTR)	0.8 – 3.2	-	0.0 – 0.8 / 3.2 – 3.8

Les sondages montrent une résistance en surface assez forte sur 1 à 2 m environ (remblais vraisemblablement) puis des propriétés mécaniques faibles à moyennes, le tout dans un contexte hétérogène.

### 3.4 FOUILLES

La fouille n° 1 (CETP) a été réalisée à une profondeur de l'ordre de 2.0 ; elle montre 1.3 m environ de remblais limoneux avec des graves et blocs Ø 0.5 m reposant sur un sable avec des graves (alluvions).



**Vues de la fouille 1**

La fouille n° 2 (CETP) montre des limons mélangés à des sables et blocs jusqu'à 1.10 m puis un sable à graves (alluvionnaire) et blocs jusqu'à 2.0 m.



La fouille n° 3 (CTR) montre environ 1.1 m de remblais caillouteux/sableux puis un sable alluvionnaire riche en cailloux/blocs jusqu'à 2.0 m de profondeur.



### 3.5 NIVEAU D'EAU

Les niveaux d'eau mesurés dans les sondages sont les suivants le jour de l'intervention :

Sondage	SP1	SP2	PDL1/ 1 bis	PDL2	PDL3	PDL4	PDL5	PU1	PU2	PU3
Prof. (m/TA)	1.0	1.0	0.8	0.6	0.5	0.9	0.9	0.6	0.6	0.7

Il est rappelé que ce type de sondages n'a pas vocation à donner un niveau d'eau et ne remplace pas une étude hydrogéologique. Il est probable que le niveau statique de la nappe subisse des fluctuations au gré des aléas climatiques notamment lors d'évènements pluvieux intenses et/ou prolongés tels que des pluies ou crues, ou les marées.

L'observation des fluctuations saisonnières de la nappe ne peut être réalisée que dans le cadre d'un suivi piézométrique couvrant au minimum une saison complète des pluies.

A noter la présence (moins de 20 m) de la rivière Vainuanua. Nous tenons à préciser que le site peut être inondable.

## 4 RECOMMANDATIONS

### 4.1 FONDATIONS

#### 4.1.1 Principe de fondations

De l'analyse des résultats des sondages et des essais, ainsi que de l'adaptation du projet au terrain, il ressort les points principaux ci-après :

- **Il existe des remblais superficiels** d'épaisseur plurimétrique et qui offrent des propriétés mécaniques moyennes, dans un contexte hétérogène néanmoins, dans lesquels il pourra être proposé une solution de fondation superficielle avec adaptation et sujétions techniques.
- **Les alluvions sous-jacentes présentent en tête des propriétés faibles puis moyennes à fortes**, suffisantes néanmoins pour assurer la réalisation de fondations semi-profondes à profondes.
- Les sondages révèlent la présence d'eau entre 0.6 et 1.0 m de profondeur. Ce niveau d'eau va impacter le choix des fondations ainsi que les terrassements.
- Le site se trouve sans risque particulier, néanmoins par retour de dire, il se peut qu'il soit inondable malgré l'absence de niveau d'aléa sur le projet PPR .

En conséquence, en l'état actuel des connaissances et des données géotechniques, il pourra être retenu le système de fondation suivant pour les 2 hangars, sous réserve de connaître les descentes de charge et d'un calcul des tassements (dans le cadre d'une mission G2 phase AVP par exemple) :

- **Réalisation d'un radier dans les remblais**, posé sur un matelas de blocs de 0.8 m (hérissonnage) et avec un ancrage des bèches périphérique de 0.5 m dans le terrain actuel (soit à 1.3 m de profondeur/terrain actuel).

Par ailleurs, compte tenu du contexte, il est demandé de réaliser un suivi d'exécution des fondations afin de valider les profondeurs et la nature du sol. Cela pourra se faire dans le cadre d'une mission G4 (NF P94-500 de Nov. 2013). Préalablement, le plan des fondations devra être validé par un géotechnicien.

#### 4.1.2 Justification des fondations superficielles

Les calculs réalisés – fondations superficielles – en première approche – au droit des sondages montrent que l'on peut retenir les contraintes réglementaires suivantes pour le dimensionnement de la fondation superficielle, sous descentes de charges verticales centrées :

Etat limite	E.L.U.	E.L.S.
Contrainte admissible $q'_a$ (MPa)	0.15	<b>0.10</b>

NOTA :  $100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} \# 10 \text{ t/m}^2$

Ce qui est surabondant pour un radier de ce type Il appartient au B.E.T de Génie Civil de définir les tassements acceptables en fonction de la structure, ce qui conduira éventuellement à modifier les contraintes réglementaires.



## 4.2 TERRASSEMENTS

**Il est exclu de réaliser les terrassements sans assurer la stabilité des fouilles par un talutage adapté (pente de 1<sup>H</sup>/1<sup>V</sup> par exemple) si les emprises le permettent ou par un soutènement adapté interdisant tout déplacement en phases provisoire et définitive.**

Le terrassement sera réalisable à la pelle mécanique avec évacuation des matériaux à l'extérieur de la fouille.

Compte tenu de la présence de sols superficiels hétérogènes et de caractéristiques mécaniques médiocres, il est exclu de réaliser les terrassements sans assurer la stabilité des fouilles et des ouvrages mitoyens par un talutage adapté si les emprises le permettent ou par un soutènement adapté interdisant tout déplacement en phases provisoire et définitive avant travaux.

Etant donné la présence d'avoisinants, il conviendra d'en tenir compte dans la réalisation de l'enceinte en limitant notamment l'émission de vibrations à la mise en œuvre des soutènements et en apportant une attention particulière aux modalités de pompage.

La présence d'eau à faible profondeur et suivant l'époque à laquelle seront réalisés les travaux, pourra nécessiter des sujétions particulières d'exécution telles que pompage ou bétonnage au tube plongeur après blindage. En ce sens, une étude hydraulique pourra s'avérer nécessaire.

## 4.3 RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE DES FONDATIONS

Les poches molles ou décomprimées seront purgées et remplacées par un rattrapage en gros béton.

Afin d'éviter une décompression du fond des fouilles et/ou des rigoles des semelles, ceux-ci devront être protégés immédiatement par un béton de propreté ou par un matériau équivalent.

Le fond de fouille sera horizontal. Les fondations devront être coulées immédiatement après terrassements. L'exécution des fouilles devra être soignée.

## 4.4 RADIER

La réalisation de radier est envisageable pour les ouvrages sous réserve de respecter les dispositions constructives suivantes :

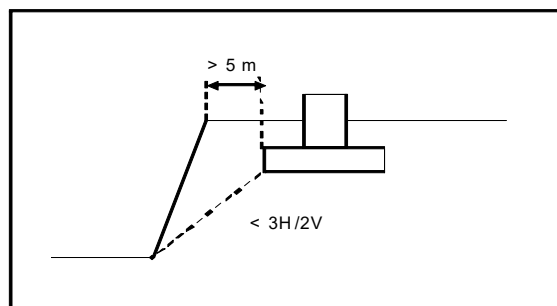
- élimination de la terre végétale, des remblais de mauvaise facture, des poches décomprimées, saturées, déstructurées par le passage des engins et des points durs puis compactage du fond de forme,
- traitement de la couche inférieure à l'aide d'un matériau à blocs propres charpentés (100/200 mm) sur 0.8 m d'épaisseur minimum (qu'il conviendra d'ajuster au moment des travaux), en fonction des conditions hydriques et de l'état du fond de forme. On devra vérifier, au moyen d'essais à la plaque, qu'en tout point de la plateforme, le module EV2 est supérieur à 50 MPa. Cette vérification constitue un point d'arrêt dans le déroulement du chantier,
- réalisation du radier.



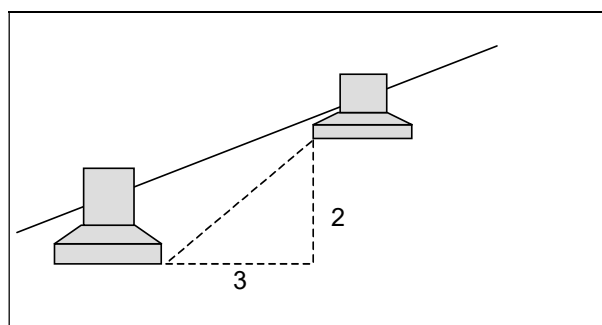
## 4.5 PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION

### 4.5.1 Conception des fondations

Pour les fondations ancrées sur la plateforme et dans la pente, le niveau d'assise sera tel qu'il devra respecter la condition géométrique du DTU 13.12 :



Les niveaux de fondations successives doivent être tels qu'une pente maximale de 3 de base, pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines. Cette règle est applicable entre fondation projetée et fondation mitoyenne éventuelles :



### 4.5.2 Joints de construction

Des joints de construction devront impérativement être prévus à la jonction des ouvrages à créer, sur toute la hauteur de l'ouvrage, y compris fondations.

### 4.5.3 Protection contre la présence d'eau

Un niveau d'eau a été rencontré vers -0.5/-1.0 m de profondeur.

Rappelons que le DTU 14.1 fait obligation de prévoir le cuvelage jusqu'à + 0.50 m au dessus du niveau PHEC considéré. Si ce niveau n'est pas défini, il revient à la maîtrise d'ouvrage de se prononcer sur une cote de protection. Par ailleurs, en cas de réalisation d'un joint de construction ou de dilatation, il y aura peut-être lieu de mettre en place, entre les parties de l'ouvrage, des joints étanches de type « water-stop ».

Une étude hydraulique pourra s'avérer nécessaire selon la profondeur de terrassement et/ou d'ajustement de la couche d'hérissonnage / fond de forme (base du radier).

L'ouvrage sera conçu de manière à reprendre les sous pressions hydrostatiques du fait de son caractère inondable.

### 4.5.4 Mitoyen

En fonction des caractéristiques du projet, sa réalisation peut impliquer des travaux au voisinage d'ouvrages existants (clôture), notamment des réseaux etc... des bâtiments et autres constructions mitoyens et avoisinants (voirie, murs de délimitation, etc.). Les avoisinants sont en partie des structures légères parfois anciennes dont les systèmes de fondations sont potentiellement peu ancrés. Une attention particulière devra être portée à ces ouvrages dans la suite du projet. Des reconnaissances de ces mitoyens sont impératives avant tout plan ou début des travaux.

Toutes les précautions devront être prises pour leur éviter tout dommage en phase travaux.

Dans tous les cas, les fondations du projet situées à proximité des fondations existantes seront ancrées au moins à la même profondeur que les fondations des ouvrages existants et avec une contrainte admissible proche afin de limiter les tassements différentiels entre les fondations existantes et les fondations à créer.

Si une reprise en sous-œuvre s'avère nécessaire, elle devra faire l'objet d'une étude particulière que le LABO TP peut réaliser dans le cadre d'une mission spécifique du type G5 ou d'une mission plus générale de type G2 complémentaire.

#### **4.5.5 Dispositions spécifiques compte tenu de l'hétérogénéité du sol**

Il conviendra d'adopter les dispositions constructives suivantes :

- ⇒ fondations armées et rigidifiées,
- ⇒ coulage des fondations à pleines fouilles,
- ⇒ éloignement de toute plantation d'arbres,
- ⇒ évacuation des eaux de circulations superficielles,
- ⇒ chaînages soignés des constructions.

### **4.6 CONTINUITE DE LA MISSION**

Il convient à présent établir les plans des ouvrages, leurs descentes de charge et plan de fondations.

L'étude a montré la présence potentielle de remblais en surface.

Il conviendra de calculer les tassements des ouvrages suivant les descentes de charge avec les engins pour valider ou infirmer la solution de fondation proposée.

Il est conseillé de faire suivre ces travaux par une mission G4 (suivi d'exécution – NF P94-500 de Nov. 2013) afin de s'assurer de la bonne exécution du matelas, des fouilles et de l'atteinte des profondeurs préconisées.

Le Chef du Département Géotechnique,

Le Contrôle interne,

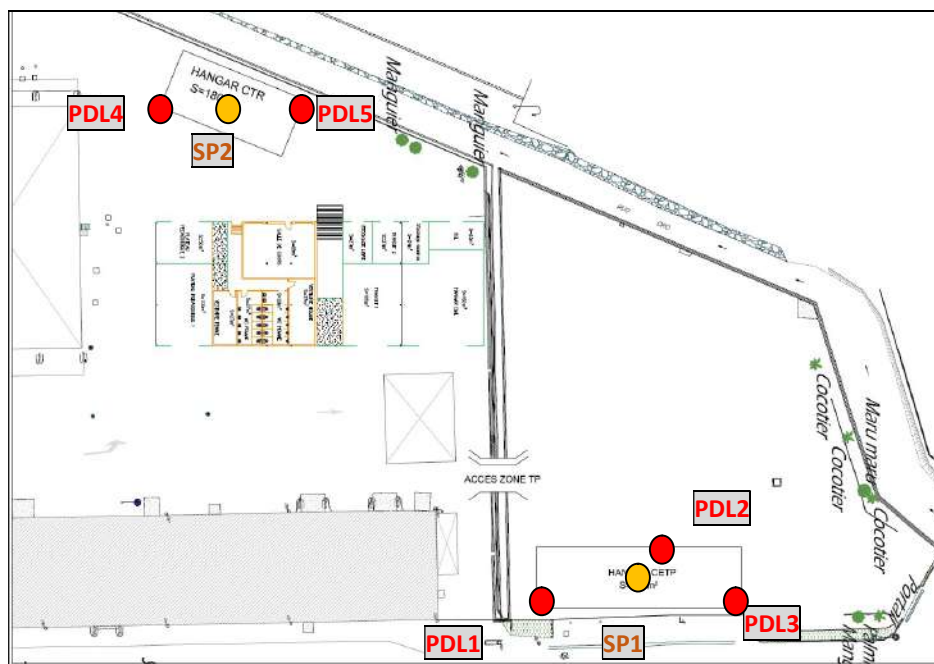
D. MATHE

E. LAITAME-RAUZY




# **ANNEXE 1**

## **IMPLANTATION DES SONDAGES**



## SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Dossier : 423b0

Affaire : CONSTRUCTION DE HANGARS

Lieu : RSMA – ARUE

Date d'intervention : Décembre 2020



# **ANNEXE 2**

**SONDAGES PENETROMETRIQUES LOURDS**



Chantier : ARUE

Client : RSMA

Dossier : 432b0

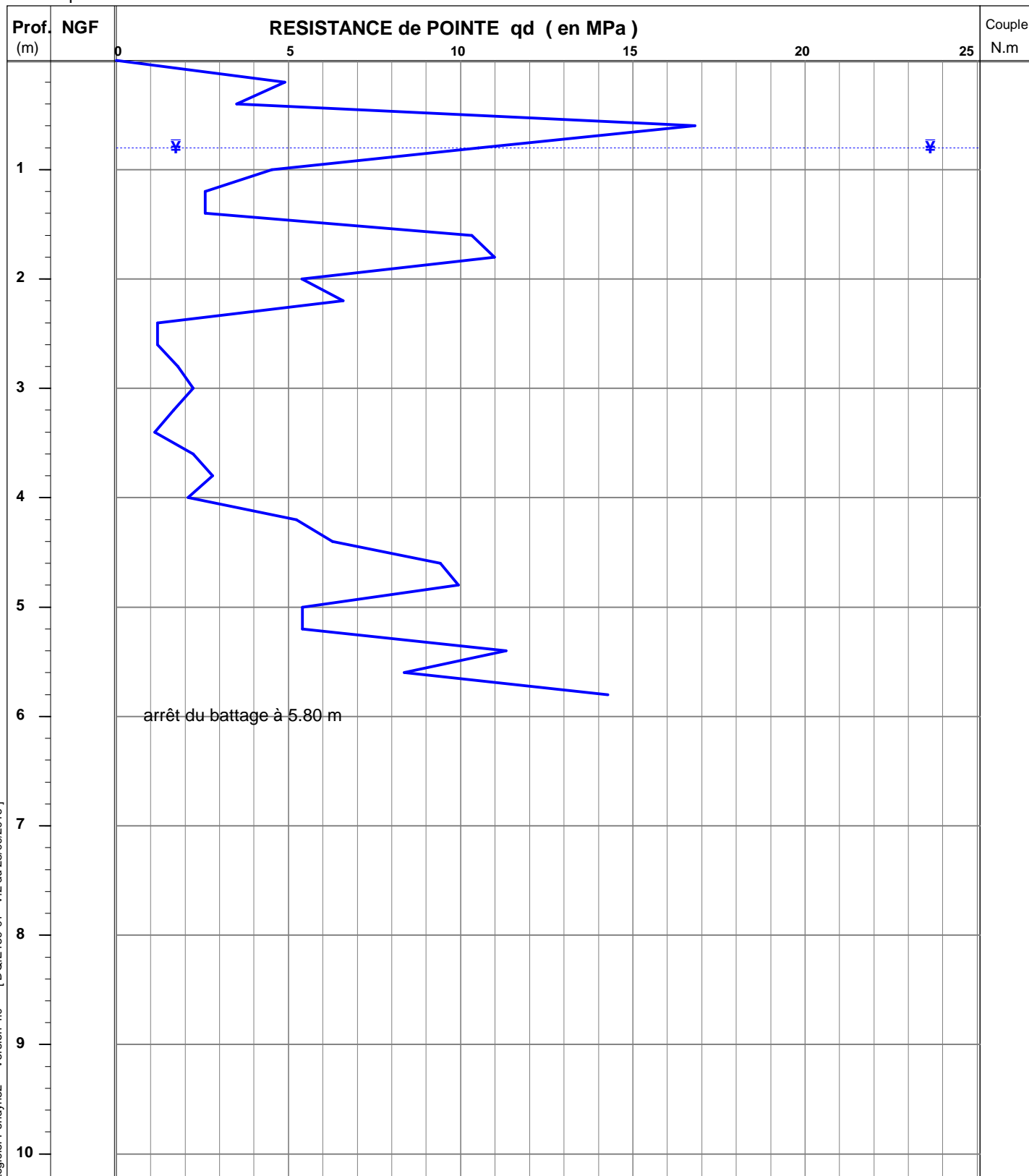
Date essai : Dec. 2020



Echelle prof. : 1/50°

Niveau d'eau à 0.80 m. à la date de l'essai

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : PDL APAGEO

Etalonné le 09/10/2020

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.50 m - équipage mobile 3.5 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : Arrêt sur casse machine

Chantier : ARUE

Client : RSMA

Dossier : 432b0

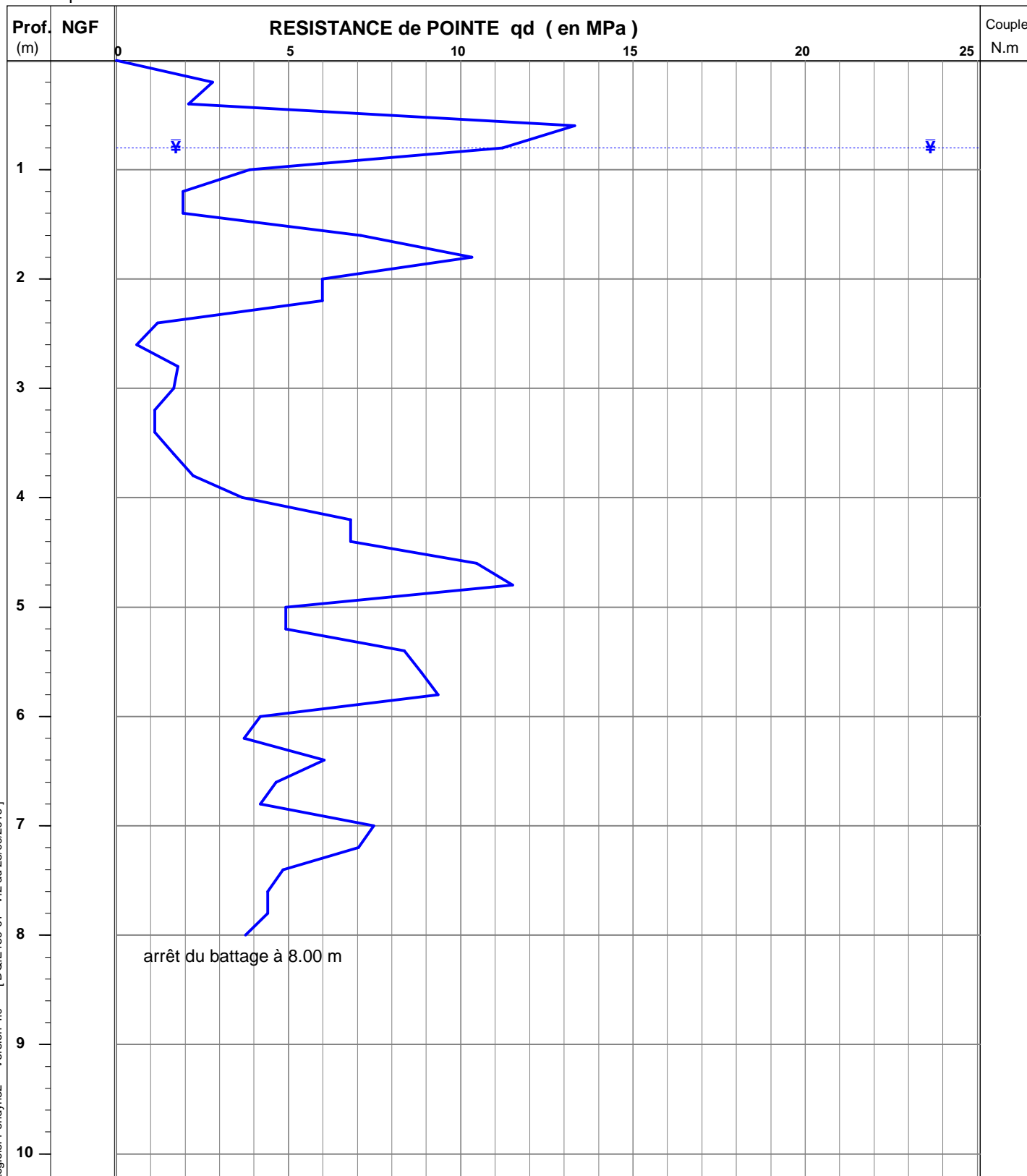
Date essai : Dec. 2020



Echelle prof. : 1/50°

Niveau d'eau à 0.80 m. à la date de l'essai

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : PDL APAGEO

Etalonné le 09/10/2020

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.50 m - équipement mobile 3.5 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /

Chantier : ARUE

Client : RSMA

Dossier : 432b0

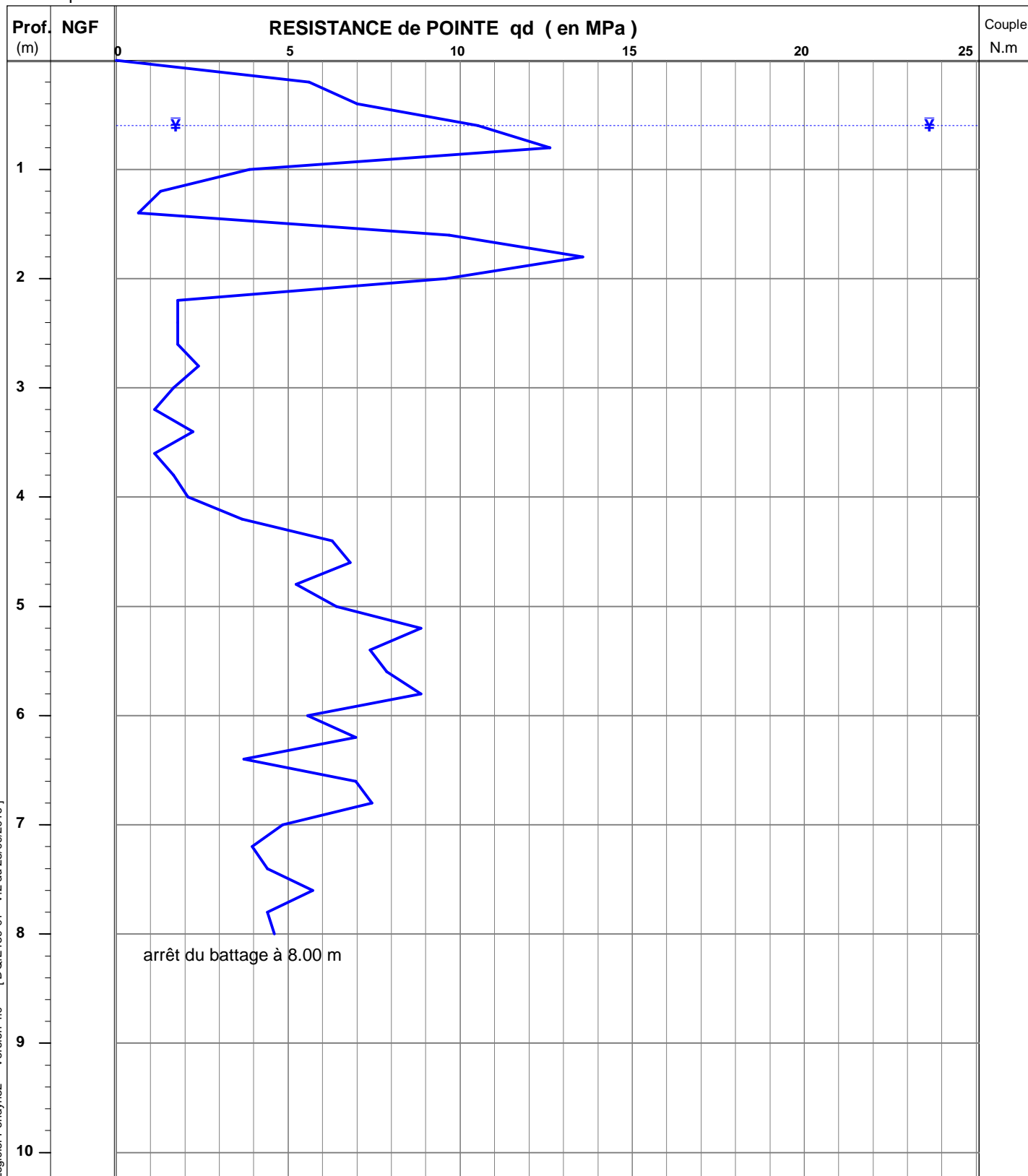
Date essai : Dec. 2020



Echelle prof. : 1/50°

Niveau d'eau à 0.60 m. à la date de l'essai

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : PDL APAGEO

Etalonné le 09/10/2020

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.50 m - équipement mobile 3.5 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /

Chantier : ARUE

Client : RSMA

Dossier : 432b0

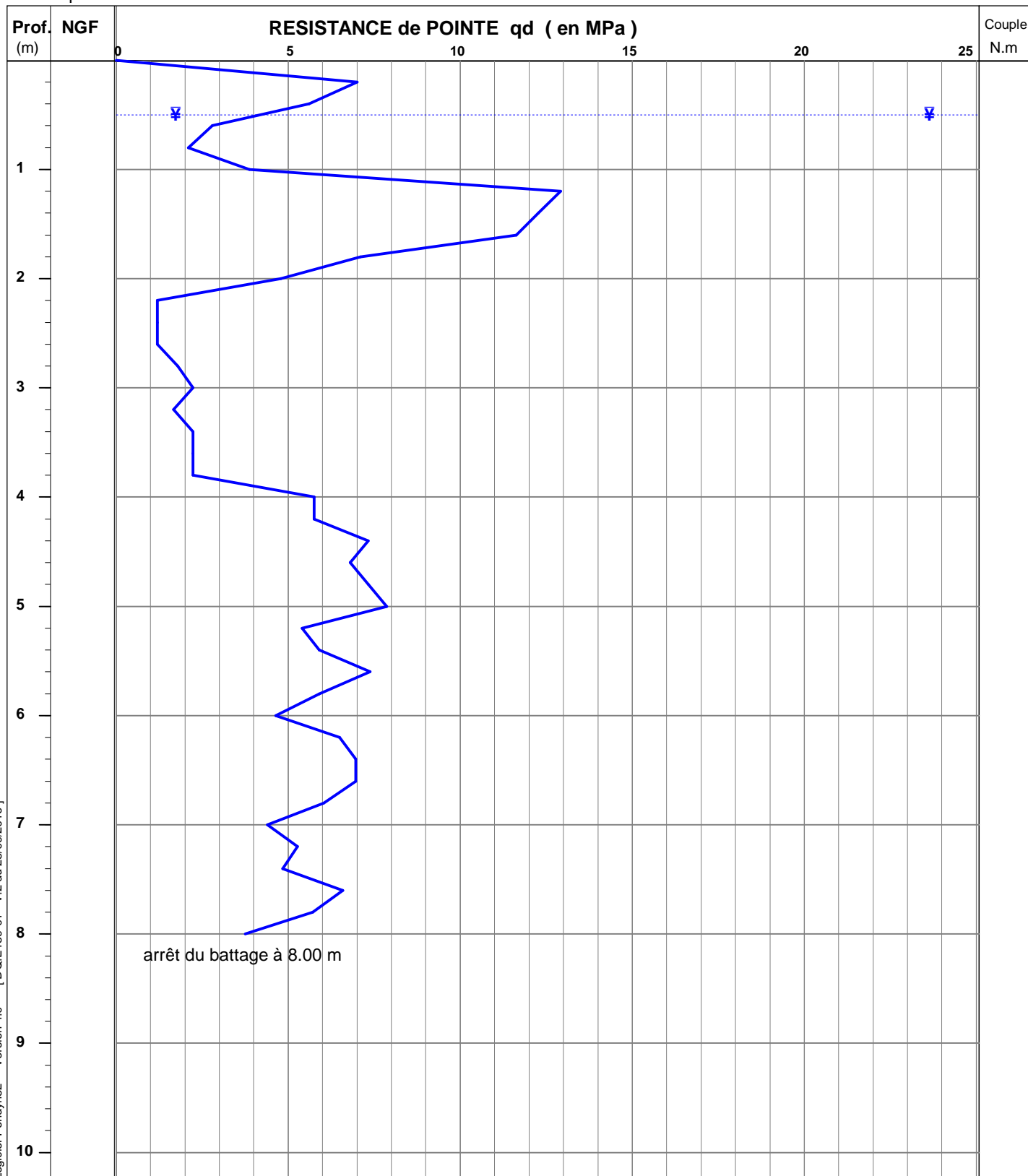
Date essai : Dec. 2020



Echelle prof. : 1/50°

Niveau d'eau à 0.50 m. à la date de l'essai

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : PDL APAGEO

Etalonné le 09/10/2020

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.50 m - équipement mobile 3.5 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /

Chantier : ARUE

Client : RSMA

Dossier : 432b0

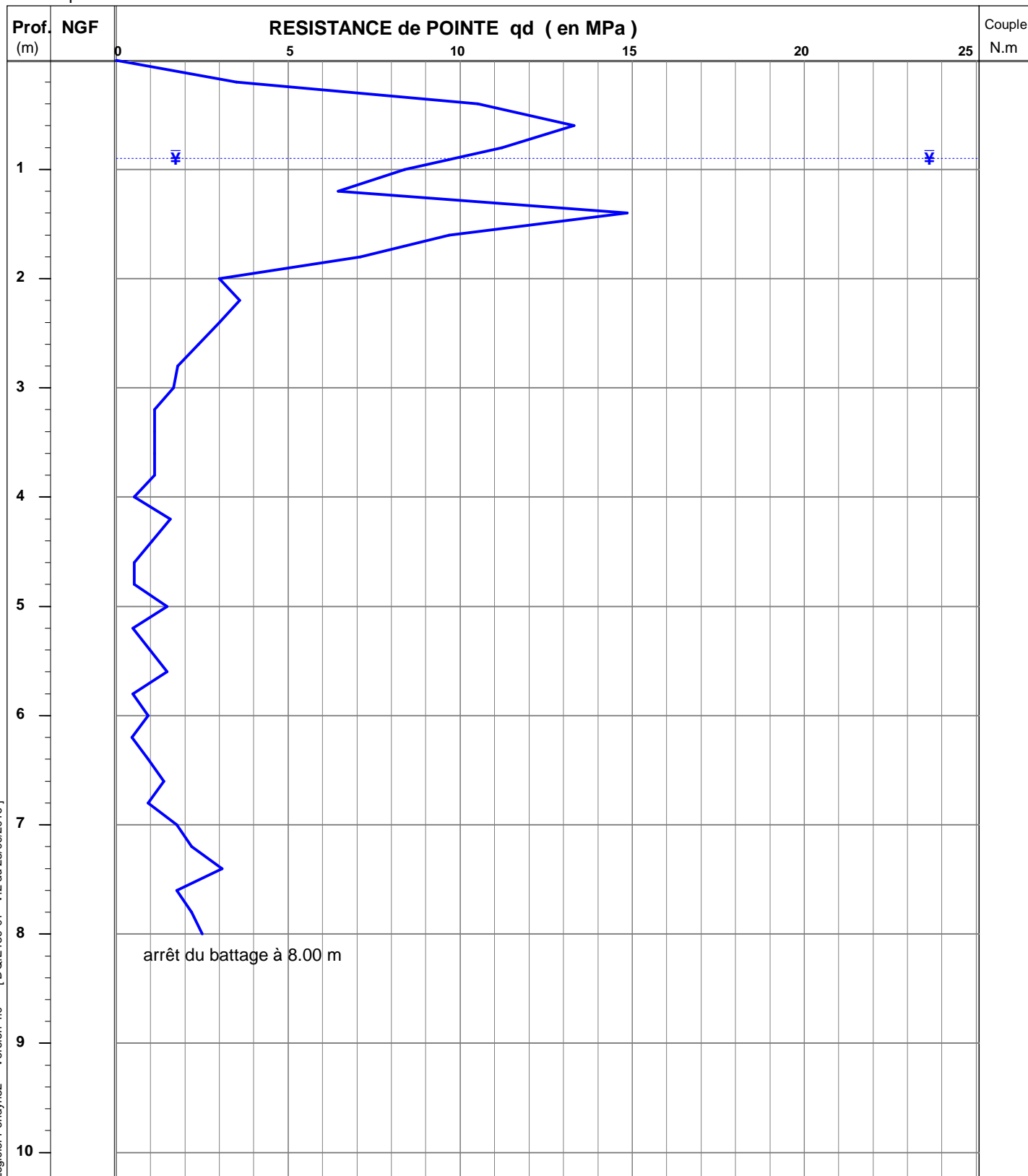
Date essai : Dec. 2020



Echelle prof. : 1/50°

Niveau d'eau à 0.90 m. à la date de l'essai

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : PDL APAGEO

Etalonné le 09/10/2020

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.50 m - équipement mobile 3.5 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /



Chantier : ARUE

Client : RSMA

Dossier : 432b0

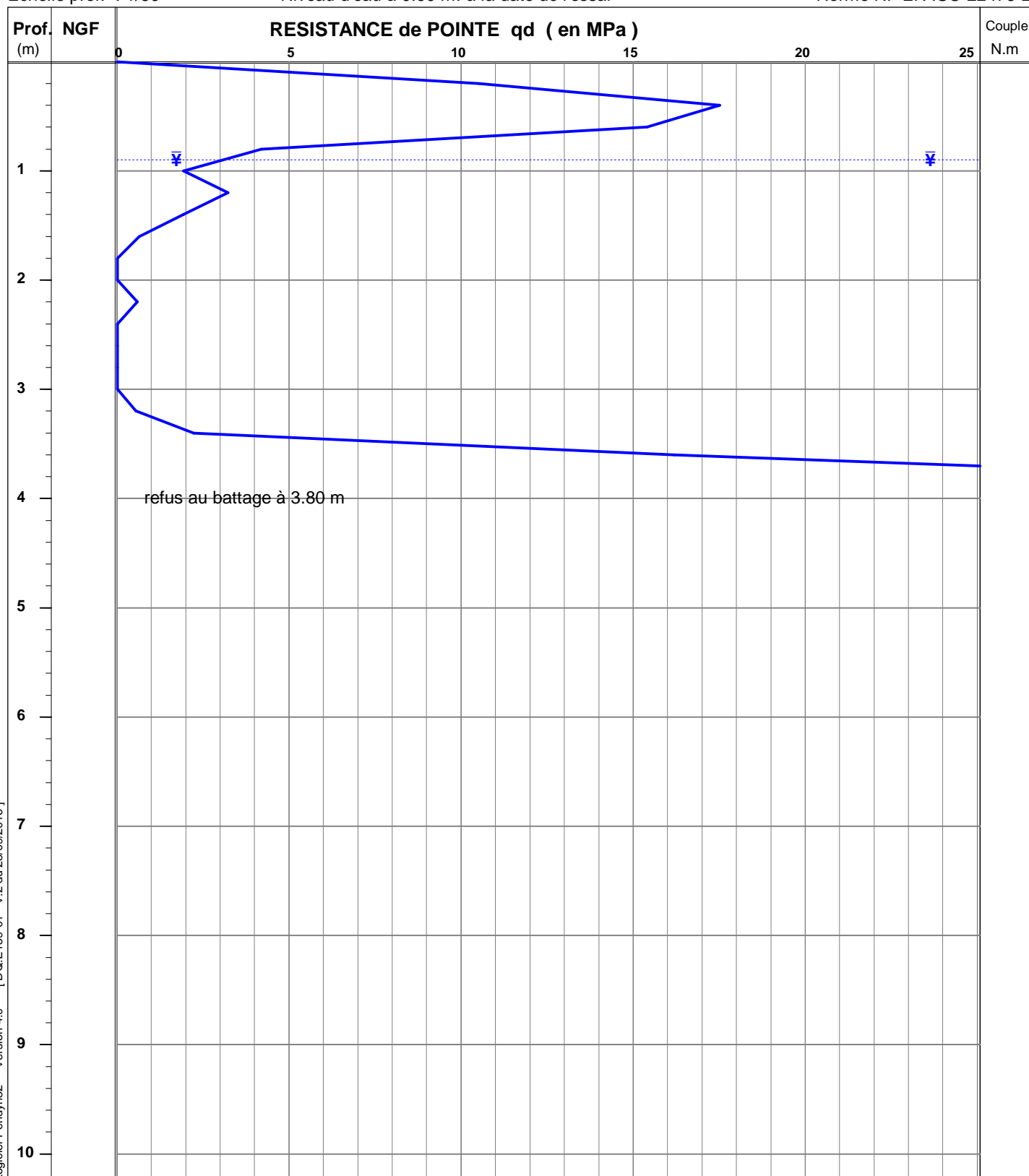
Date essai : Dec. 2020



Echelle prof. : 1/50°

Niveau d'eau à 0.90 m. à la date de l'essai

Norme NF EN ISO 22476-2



MATRIEL UTILISE : PDL APAGEO

Etalonné le 09/10/2020

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.50 m - équipement mobile 3.5 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /



## DESCRIPTION DES ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD

Référence : D1 ING\_REF\_0781\_03

Approuvé le : 12-oct-20

1/1

Les essais sont exécutés au moyen d'un pénétromètre dynamique lourd suivant les normes AFNOR NF P94-115 :12/1990 (sondage au pénétromètre dynamique type B) et NF EN ISO 22476-2 :07/2005. Ils consistent à enfoncer dans le sol, suivant une hauteur de chute de 50 ou 75 cm selon les modèles, une pointe conique de 19.6 cm<sup>2</sup> de section fixée à l'extrémité d'une tige ronde de 32 mm de diamètre. Ces essais sont dits « aveugles » car ne permettant pas de vérification visuelle des sols rencontrés.

La résistance de rupture conventionnelle en pointe  $q_d$  est calculée par la formule des Hollandais :

$$q_d = \frac{M^2 \times H}{e(P + M)} \times \frac{1}{s}$$

avec :

$q_d$  est exprimé en daN/cm<sup>2</sup>

M en daN est le poids du mouton

H en cm est la hauteur de chute

P en daN représente le poids mort (enclume, tiges, goujons, embout, pointe etc...) qui est variable avec la profondeur

e en cm est l'enfoncement pour un coup de mouton avec :

$$e = \frac{E}{N}, E \text{ étant l'enfoncement pour } N \text{ coups de mouton}$$

s est la surface de la pointe

### 1) SEMELLES SUPERFICIELLES

Les contraintes de calcul sont déterminées d'après les recommandations du DTU 13.12 de mars 1988 (règles pour le calcul des fondations superficielles) ou Eurocode 7 (NF P94-261 :06/2013 ou NF P94-281 :04/2014 suivant le type d'ouvrage).

La méthode employée issue du DTU 13.12 est décrite ci-après :

- contrainte de calcul ultime :  $q_u = \frac{q_d}{k_d}$  avec  $k_d$  # 5 à 7

- contrainte de calcul aux ELS :  $q_{ELS} = \frac{q_u}{3}$

- contrainte de calcul aux ELU :  $q_{ELU} = \frac{q_u}{2}$

avec  $q_d$  (MPa) : résistance de pointe mesurée au pénétromètre dynamique.

**Remarques :**

- cette méthode est utilisée pour apprécier la faisabilité de fondations superficielles au stade de l'avant-projet sommaire ou bien pour contrôler la portance d'un horizon bien connu
- limite de validité de la méthode : lorsque les résistances de pointe  $q_d$  mesurées au pénétromètre dynamique sont inférieures à 1-2 MPa (cas de sables lâches etc.), il y a lieu de procéder à des essais complémentaires (type essais pressiométriques ou essais en laboratoire).

### 2) FONDATIONS PROFONDES

Le pénétromètre dynamique est assimilable à un modèle réduit de « fondation profonde », son élancement (rapport de la longueur au diamètre) étant très important.

En terrain normal et dans le cadre d'une étude préliminaire de faisabilité géotechnique, il est d'usage pour des pieux, d'estimer la résistance de pointe par la formule suivante :

$$Q_p = \frac{q_d}{6}$$

L'utilisation de cette méthode permet une approche de la faisabilité géotechnique d'un tel mode de fondation, mais ne peut en aucun cas servir de base pour le dimensionnement au stade d'étude de projet ou d'exécution ; des investigations complémentaires sont indispensables (essais pressiométriques).

Au delà de 7 à 10 m de profondeur, du fait de phénomènes parasites (frottement latéral, flambage ou déviation des tiges), l'exploitation des résultats obtenus requiert une grande prudence.

L'expérience montre que les résultats obtenus pour les sables fins, notamment noyés, sont souvent pessimistes, du fait de l'influence de phénomènes vibratoires et de liquéfaction.

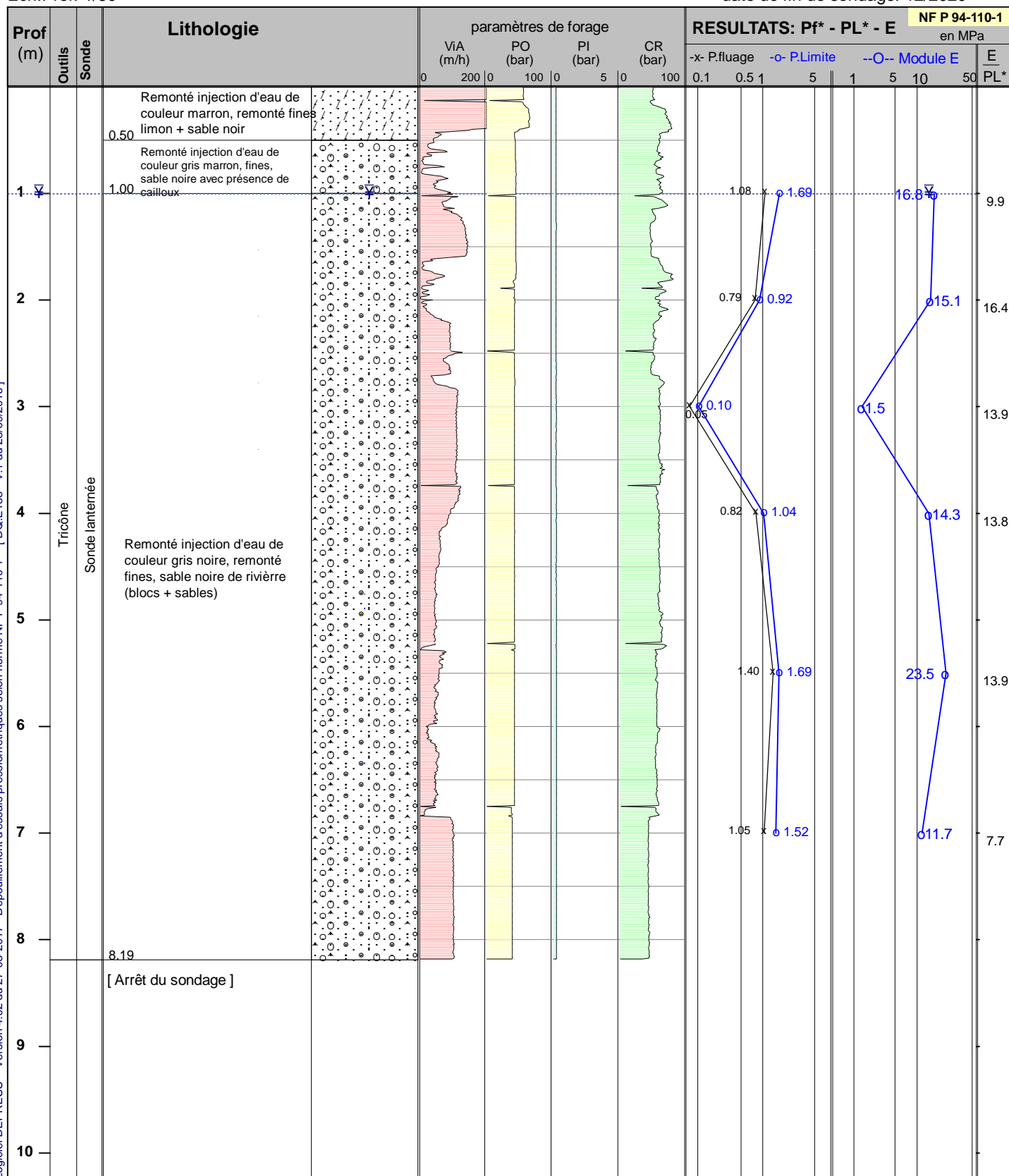
# **ANNEXE 3**

## **SONDAGES PRESSIOMETRIQUES**



Ech.Prof: 1/50°

date de fin de sondage: 12/2020



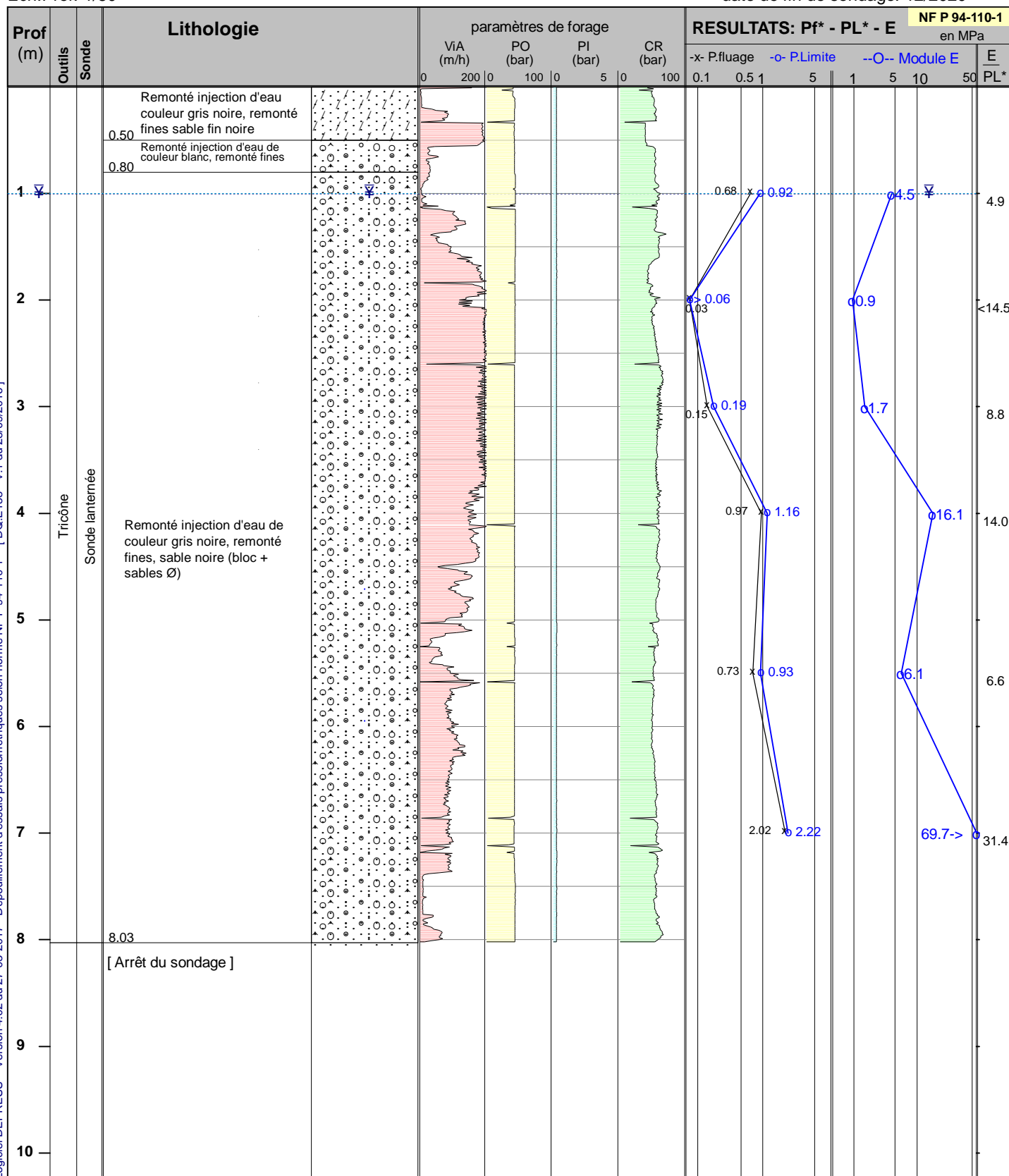
Observations : /

Nappe: niveau d'eau à 1.0 m.  
(à la date d'exécution du forage)



Ech. Prof: 1/50°

date de fin de sondage: 12/2020



Observations : /

Nappe: niveau d'eau à 1.0 m.  
niveau relevé le 16/11/2020



# **ANNEXE 4**

**Synthèse de la Norme NF P94-500  
(Nov.2013)**



## SYNTHÈSE NF P 94-500 VERSION 2013

Référence : D1 ING\_REF\_0780\_02

Approuvé le : 9-avr-14

1/3

**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
Etape 1 : étude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, esquisse, APS	Etude 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
Etape 2 : étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude 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	Etude 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	Etude 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		
Etape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (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)	Etude 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	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Etude)	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
A 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



## SYNTHÈSE NF P 94-500 VERSION 2013

Référence : D1 ING\_REF\_0780\_02

Approuvé le : 9-avr-14

2/3

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

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### **ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)**

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

#### Phase Etude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols)

### **ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)**

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifiques, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pente et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Etablir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaire 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.



## SYNTHÈSE NF P 94-500 VERSION 2013

Référence : D1 ING\_REF\_0780\_02

Approuvé le : 9-avr-14

3/3

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

### **ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATIONS (G3 et G4, distinctes et simultanées)**

#### **ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT.

Elle comprend :

##### Phase Etude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- Etudier 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).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- 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).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DCE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### **SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

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

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

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

#### **DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier 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 géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).