



LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE POLYNÉSIE

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 – SITE INTERNET : <http://www.labotp.pf>

1964 – 2018
54 ans d'expertise au Fenua
qui font la différence

Papeete le 14 Août 2018

N/Réf : DM / ht

Dossier : 18300

Chargé d'Affaires : David MATHE

DID PPT

B.P. : 9154

98715 – PAPEETE CMP

RAPPORT N° 18/1053

RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE EXTENSION ET MISE AUX NORMES DU DÉPÔT DE STOCKAGE DES CARBURANTS BASE AÉRIENNE – SITE BA190 PARCELLE KB252

FAA'A

Etude géotechnique de faisabilité
Mission G1 Phase PGC – Norme NF P94-500 (Nov.2013)

RAP 18/1053.D18300.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 :

**LA DIRECTION D'INFRASTRUCTURE DE LA DEFENSE (DID)
DE PAPEETE**

BON DE COMMANDE N° 1508800682 DU 08/06/2018 suivant
Proposition financière N° G001.8.0587 du 16/03/2018

Chantier :

**EXTENSION ET MISE AUX NORMES DU DEPOT
DE STOCKAGE DES CARBURANTS
RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE
BASE AERIENNE – SITE BA190
PARCELLE KB252
FAA'A**

Etude géotechnique de faisabilité

Mission :

G1 Phase Principes Généraux de Construction (PGC)
selon la norme NF P94-500 version de novembre 2013

Nature des sondages :

- ⇒ 1 sondage pressiométrique noté **SP1** à 8 m de profondeur avec essais tous les mètres
- ⇒ 3 sondages au pénétromètre dynamique lourd noté **PDL1** à **PDL3** jusqu'à 8 m de profondeur
- ⇒ 3 sondages statiques notés **ST1** à **ST3** à 6 m et/ou au refus
- ⇒ 3 essais dynamiques à la plaque notés **P1** à **P3**

Coordonnées planes :
(RGPF, UTM zone 6 K)

X = 222 350 m
Y = 8 056 302 m

Implantation des sondages :

cf. plan donné en **annexe 1**

Date de l'intervention :

Début Août 2018

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	4
1.1	GENERALITES	4
1.2	MISSION.....	4
1.3	CARACTERISTIQUES DU PROJET	4
1.3.1	<i>Documents communiqués</i>	4
1.3.2	<i>Descriptif du projet.....</i>	4
1.3.3	<i>Contexte géologique du site</i>	5
1.4	PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (PPR)	6
1.5	REGLEMENTS UTILISES	6
1.6	ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES.....	7
2	RECONNAISSANCE DES SOLS.....	8
3	RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	9
3.1	SYNTHESE LITHOLOGIQUE.....	9
3.2	SYNTHESE DES SONDAGES PENETROMETRIQUES	9
3.3	SYNTHESE DES SONDAGES PENETROMETRIQUES	9
3.4	SYNTHESE HYDROLOGIQUE	10
3.5	ESSAIS DE PLAQUE DYNAMIQUE.....	10
4	RECOMMANDATIONS.....	11
4.1	FONDATIONS.....	11
4.1.1	<i>Principe de fondations</i>	11
4.1.2	<i>Justification des fondations superficielles</i>	11
4.2	TERRASSEMENTS	12
4.3	RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE DU MATELAS DE SUBSTITUTION.....	12
4.4	RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE DES FONDATIONS.....	12
4.5	DALLAGE	13
4.6	STRUCTURE DE CHAUSSEE	13
4.7	PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION	14
4.7.1	<i>Conception des fondations.....</i>	14
4.7.2	<i>Joints de construction.....</i>	15
4.7.3	<i>Dispositions spécifiques compte tenu de l'hétérogénéité du sol.....</i>	15
4.7.4	<i>Protection contre l'eau.....</i>	15
4.8	CONTINUE DE LA MISSION.....	15

1 INTRODUCTION

1.1 GENERALITES

A la demande et pour le compte de la **DIRECTION D'INFRASTRUCTURE DE LA DEFENSE DE PAPEETE (DID PPT)**, le Laboratoire des Travaux Publics de Polynésie (LABO TP) a procédé à une étude géotechnique de faisabilité en vue d'une mise aux normes du dépôt de stockage des carburant, sur le site de la BA190 à Faa'a.

Le présent rapport rend compte des résultats de cette étude et honore le bon de commande n° 1508800682 du 08/06/2018 du client, approuvant le devis N° G001.8.0587 du 16/03/2018.

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),
- de définir le ou les système(s) de fondation adapté(s) aux sols rencontrés,
- de définir les principes d'adaptation du projet au terrain,
- de donner la structure de chaussée de la voirie des camions citernes.

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.

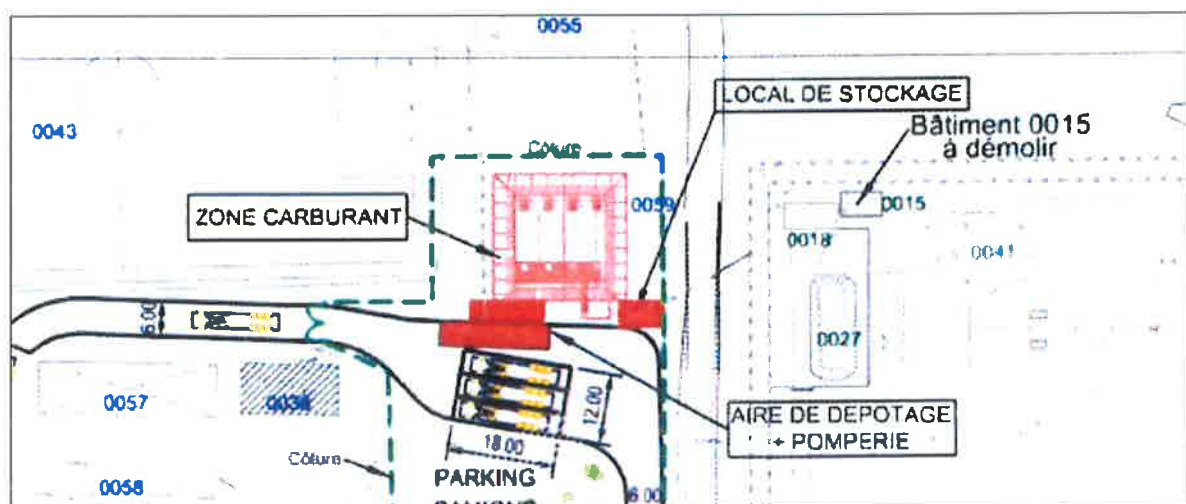
1.3 CARACTERISTIQUES DU PROJET

1.3.1 Documents communiqués

Il nous a été communiqué un cahier des charges avec une implantation du projet.

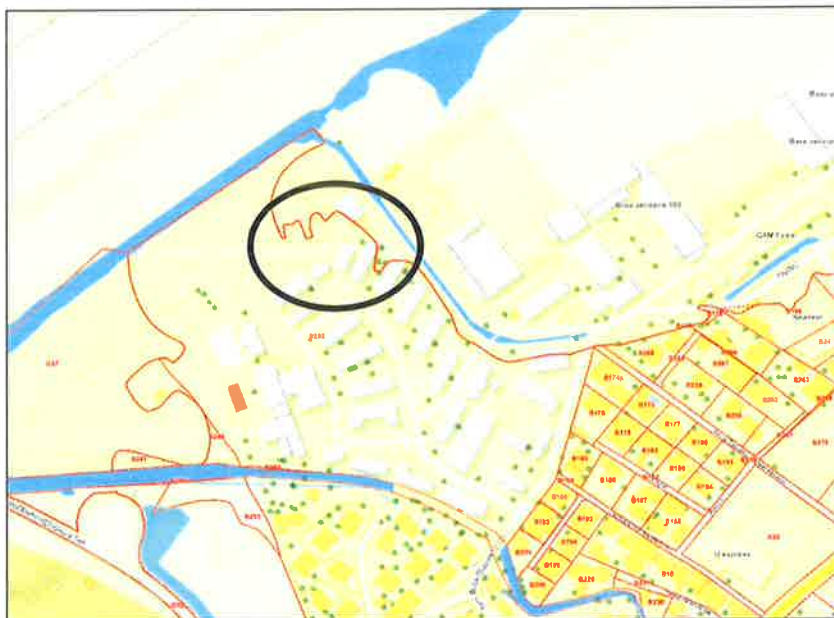
1.3.2 Descriptif du projet

Il est prévu la construction d'une zone de carburant, un local de stockage et une aire de dépotage (cf. ci-dessous).



Géomorphologie du site

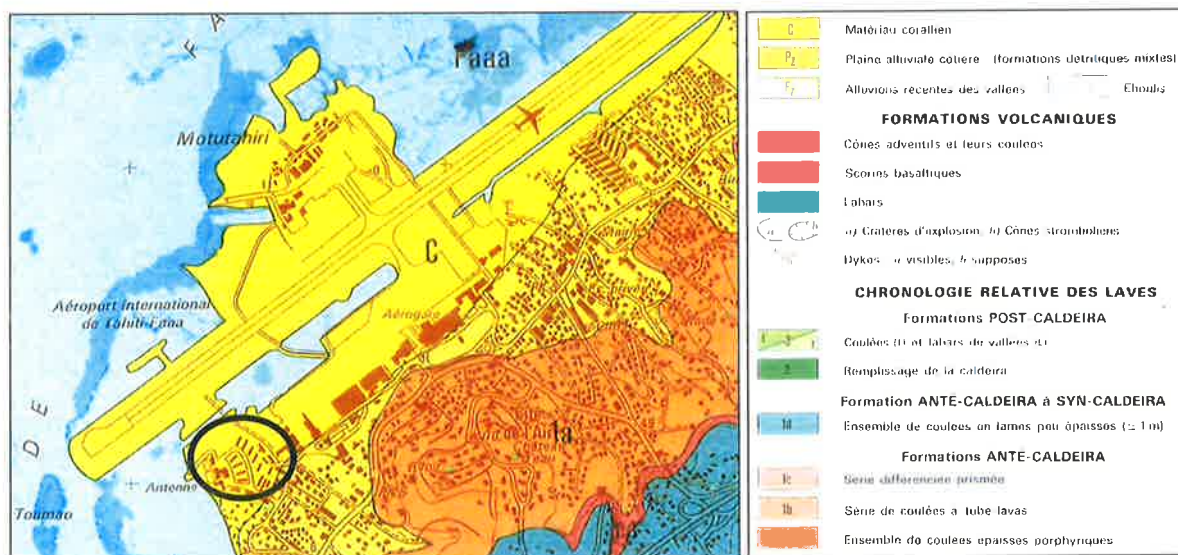
Le site destiné aux travaux est un terrain relativement plat tout juste situé au dessus du niveau marin. Le terrain jouxte un cours d'eau ou canal.



1.3.3 Contexte géologique du site

D'après les documents consultés (carte géologique au 1/50 000^{ième}), les horizons attendus sur cette zone sont, de haut en bas :

- des matériaux coralliens,
- des formations détritiques mixtes (plaine alluviale côtière),
- substratum basaltique.



1.4 PLAN DE PREVENTION DES RISQUES (PPR)

Suivant le projet de Plan de Prévention des Risques de la Commune de Faa'a, la zone du site se situe en risque faible et moyen à fort vis-à-vis de l'aléa houle marine.



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.

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 « *Introduction* » 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.

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.

Les conclusions du rapport concluant la mission géotechnique G1 Phase PGC confiée ne sont valables que sous réserve du respect des conditions générales d'utilisation des missions géotechniques rappelées plus loin.

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.

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 1 mois à compter de la date de transmission de ce document au client.

2 RECONNAISSANCE DES SOLS

L'implantation des sondages figure en **annexe 1**.

Remarque : Les profondeurs des sondages sont définies à partir du niveau du terrain actuel (cote 3.3 m NGT approximativement).

Sondages de reconnaissance	Référence	Profondeur (m/T.N.)	Particularité
Sondage pressiométrique NF P94-110-1	SP1	-8.0	7 essais
Sondage pénétrométrique NF P94-115	PDL1	-8.0	Arrêt
	PDL2	-8.0	Arrêt
	PDL3	-8.0	Arrêt
Pénétromètre statique manuel	PS1	-0.4	Refus
	PS2	-0.5	Refus
	PS3	-0.3	Refus
Essai de plaque dynamique (Ø 30 cm)	P1	-0.4	-
	P2	-0.4	
	P3	-0.4	

Le sondage pressiométrique a été réalisé à l'aide d'une sondeuse de type SOCOMAFOR 35 en battage direct (compte tenu du terrain très meuble).

Les résultats du sondage pressiométrique sont fournis en **annexe 2**.

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

❖	poids du mouton	63.5 kg
❖	hauteur de chute	0.75 m
❖	section de la pointe	19.6 cm ²

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

Les résultats des sondages pénétrométriques lourds sont fournis en **annexe 3**.

Les essais au pénétromètre statique figurent en **annexe 4**.

3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1 SYNTHÈSE LITHOLOGIQUE

La synthèse lithologique décrite ci-après a été déduite d'après le sondage pressiométrique réalisés. Ce type de sondage a vocation à mesurer les propriétés mécaniques des sols et peut donner des indications la nature des terrains traversés. Compte-tenu du contexte et des profondeurs, il est déduit des boues de forage (lorsque celles-ci remontent) et de l'expérience du LABO TP une coupe lithologique. La description des faciès peut s'avérer incomplète dans ces conditions (identification partielle des cuttings).

Un sondage carotté ou des fouilles à la drague sont les meilleurs moyens de vérifier la nature des terrains. Ils pourront être réalisés dans une mission complémentaire.

D'après le sondage réalisé sur le site, il est possible de distinguer **un sable vasard meuble** jusqu'à 8.0 m de profondeur (fin du sondage pressiométrique). Il s'agirait de sables appartenant à la formation détritique mixte. Il n'est pas impossible qu'il existe des remblais en surface.

3.2 SYNTHÈSE DES SONDAGES PENETROMETRIQUES

Les caractéristiques pressiométriques obtenues dans chacune des couches identifiées sont données dans le tableau ci-après :

N° de couche	Horizon	Profondeur de la base (m/Terrain actuel.)	Pressiomètre		
			E_M (MPa)	P_l^* (MPa)	α
1	Sable vasard meuble	> -8.0	0.7 à 4.9 $M_h = 1.6$	0.04 à 0.25 $M_a = 0.15$ $\sigma = 0.09$	1/2

NOTA : M_a = Moyenne arithmétique ; M_h = Moyenne harmonique ; σ = écart-type.

Compte tenu des essais, il peut être constaté que les sols superficiels de type sables meubles présentent des propriétés mécaniques très faibles voire même compressibles.

3.3 SYNTHÈSE DES SONDAGES PENETROMETRIQUES

Les essais ont été menés jusqu'à 8.0 m (arrêt) de profondeur. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus :

N° de sondage	Prof. de terrains meubles (très faibles propriétés mécaniques) qd moy. < 2 MPa	Prof. de terrains aux qualités mécaniques moyennes 5 MPa < qd moy. < 2 MPa	Prof. de terrains aux qualités mécaniques moyennes à fortes et/ou refus qd moy. > 5 MPa	Hauteur de la colonne d'eau/niveau d'eau dans le sol
1	2.8 – 8.0	-	0.0 – 2.8	-
2	1.8 – 8.0	0.0 – 0.4	0.4 – 1.8	-
3	1.8 – 8.0	-	0.0 – 1.8	-

3.4 SYNTHESE HYDROLOGIQUE

Les sondages ne mettent pas en évidence un niveau d'eau franc. En revanche, ils sont tous bouchés à -0.5 m de profondeur. Ce « niveau d'eau » est une cote relevée dans nos sondages qui n'a pas pour vocation à donner un niveau précis. Ce niveau d'eau est susceptible de fluctuer en fonction de la saisonnalité et des intempéries. On retiendra à ce stade un niveau de remontée maximal de la nappe inférieur à 1.0 m par rapport à la surface topographique.

Si l'on souhaite connaître la fluctuation de la nappe, il conviendra de disposer des piézomètres et de réaliser un suivi sur un an minimum.

3.5 ESSAIS DE PLAQUE DYNAMIQUE

Il a été réalisé 3 essais dynamiques à la plaque après décapage de la terre végétale (0.4 m). Les portances estimées sont les suivantes :

N° essai	Implantation	Enfoncement de la plaque (mm)				Module E _{vd} (MPa)	Estimation module EV2* (MPa)
		S ₁	S ₂	S ₃	S _m		
1	<i>Cf. annexe 1</i>	0.39	0.39	0.38	0.39	58	87
2		0.79	0.79	0.77	0.78	29	43
3		1.83	1.94	2.02	1.93	12	17

Observations : *Application d'un coefficient forfaitaire et de première approche de 1.5, pouvant être affiné par réalisation d'une planche d'essai.
Résultats très hétérogènes.

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 :

- **Les terrains superficiels** (plus ou moins remblayés, compactés) **jusqu'à 1.8/2.9 m de profondeur** présentent des propriétés mécaniques élevées. En deçà, le sable vasard reste lâche avec de très faibles caractéristiques mécaniques et dans un contexte hétérogène. Il pourra être réalisé des fondations superficielles avec adaptation.
- Il est pressenti un niveau d'eau vers -0.5 m de profondeur ce qui pourrait impacter les terrassements, les fondations voire le projet. A noter qu'à ce niveau de l'étude, il n'est pas évoqué la cote des projets.
- Le site se trouve en risque faible et moyen à fort vis-à-vis de l'aléa houle marine.

En conséquence et en l'état actuel des connaissances, il pourra être retenu les système de fondation suivants pour les différentes constructions, compte tenu du contexte local, des sondages :

- **Réalisation d'un radier rigide ou de semelles filantes entrecroisées après purge et réalisation d'un remblai de substitution de 1.0 m d'épaisseur** minimum sous les fondations ou les bèches périphériques de manière à assoir l'ouvrage sur une assise homogène. Les bèches auront un dispositif anti-affouillement.

Si l'on souhaite optimiser l'épaisseur du matelas, des planches d'essais devront être réalisées préalablement et validées par un géotechnicien.

Il est fortement conseillé de faire suivre la réalisation des fonds de fouilles par un géotechnicien dans le cadre d'un suivi d'exécution géotechnique (Mission G4 – NF P94-500 de Nov. 2013) pour valider la nature des terrains rencontrés et s'assurer du même horizon au droit de la base du matelas de substitution.

4.1.2 Justification des fondations superficielles

En considérant un système de fondations superficielles de type radier ou de semelles filantes entrecroisées, la résistance en pointe minimale R_d sera considérée à 1.4 MPa. Cette valeur devra être confirmée ou validée à l'aide d'essais de pénétration de contrôle et d'essais de plaque.

D'où une contrainte aux ELS (états limites de service) $Q_{ELS} = Q_{ELU}/1,5$, **soit $Q_{ELS} \# 0.07 \text{ MPa}$ (0.7 bar).**

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. Il est toutefois attiré l'attention sur le fait de la qualité de la reconstitution du sol, dépendront les tassements (essais de contrôle).

4.2 TERRASSEMENTS

Il est exclu de réaliser les terrassements sans assurer la stabilité des fouilles par un talutage adapté (pente de $1^H/1^V$ 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. Le fond de fouille sera horizontal.

4.3 RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE DU MATELAS DE SUBSTITUTION

Sous l'ensemble des fondations et avec un débord minimum de 1.0 m il sera purgé le sol sur une épaisseur minimale de 1.0 m approximativement puis établi une couche d'assise en matériau (20/100 mm) insensibles à l'eau, charpentés, graveleux de type basalte concassé d'une épaisseur égale au terrassement, constituée de matériaux de type D3 de la classification LCPC/SETRA et mis en œuvre suivant les règles de l'art et les recommandations en vigueur. Cette épaisseur pourra varier sensiblement après ouverture de la fouille et un suivi d'exécution des fondations de type G4 est fortement conseillé. La mise en œuvre de chaque couche n'excédera pas les 0.3 m d'épaisseur. Celles-ci devront être compactées par le biais d'un compactage mécanique soigné et adapté.

Des planches d'essais avec tests au pénétromètre pourront être réalisés préalablement au chantier pour optimiser l'épaisseur de matelas et sa contrainte de sol.

En cours de compactage, il conviendra impérativement de contrôler le compactage. Il s'agit d'un point de contrôle/critère d'arrêt pour la continuité du chantier. Un géotechnicien pourra se prononcer sur les résultats dans le cadre d'un suivi d'exécution géotechnique des fondations (Mission G4 – NF P94-500 de Nov. 2013).

Cette couche devra être réceptionnée par des essais à la plaque suivant le mode opératoire du LCPC, avec palier intermédiaire à 0,07 MPa pour la détermination du module de WESTERGAARD. Il est proposé les critères de réception suivants :

module de déformation	$Ev2 > 50 \text{ MPa}$
rapport des modules	$Ev2 / Ev1 < 2$
module de WESTERGAARD	$Kw > 50 \text{ MPa/m}$
Qd pénétromètre	$Qd \geq 4 \text{ MPa}$

L'Entreprise devra mettre en œuvre les moyens nécessaires permettant d'atteindre ces critères (utilisation d'engins de compactage appropriés, épaisseur de grave de carrière à adapter en fonction de l'état réel du site et de sa teneur en eau, compactage par couches selon les recommandations en vigueur, préparation et protection lors de périodes pluvieuses du fond de forme etc.). Le compactage de la GNT pourra entraîner des consolidations en profondeur qui pourra engendrer des surconsommations de GNT.

L'exécution des fouilles devra être soignée. Les murs enterrés seront considérés comme des murs de soutènement.

Les poches molles ou décomprimées (remblais confirmés) seront purgées et remplacées par la mise en œuvre d'un sol de type GNT compactée.

4.4 RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE DES FONDATIONS

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.

Compte tenu de la présence de sols superficiels hétérogènes de caractéristiques mécaniques médiocres, et de la présence attendue d'eau à faible profondeur, 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.

4.5 DALLAGE

La réalisation de dallage sur terre plein est envisageable pour l'ouvrage sous réserve de respecter les dispositions contenues dans la norme AFNOR NF P11-213-1 de mai 2007, des contraintes techniques imposés par le PPR ainsi que les dispositions constructives suivantes :

- Élimination de la terre végétale et 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'une GNT sur 0.5 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. En fonction des exigences demandées, il conviendra peut être de disposer une plus grande épaisseur.
- On devra vérifier, au moyen d'essais à la plaque, qu'en tout point de la plateforme, le module de Westergaard est supérieur à 50 MPa ou 80 MPa/m (selon les exigences techniques demandées – stock de palettes – charge de 3 à 4 tonnes/m²). Cette vérification constitue un point d'arrêt dans le déroulement du chantier.
- Réalisation du dallage.

Nous rappelons qu'il peut être réalisé des planches d'essais au préalable pour optimiser l'épaisseur de matelas sous l'éventuel dallage comme sous les fondations.

4.6 STRUCTURE DE CHAUSSEE

En prenant les hypothèses de dimensionnement de voirie suivantes :

- un trafic en limite haute T5 soit jusqu'à 25 PL > 5T/jour/sens de circulation,
- une durée de vie de 15 ans,
- un taux d'accroissement de 0 %,
- et un fond de forme de portance PF1 (portance de fond de forme estimée à partir des essais de plaque comprise entre 15 et 30 MPa (matériaux sensibles à l'eau).

Un calcul de prédimensionnement issu du « guide des chaussées neuves à faible trafic » permet d'envisager une structure de principe suivante :

- revêtement de 7 cm d'enrobé BBSG,
- couche de base de 20 cm en GNT 0/20 ou 0/31.5 mm,
- couche de fondation de 25 cm de GNT 0/63 mm,
- couche de forme de 30 cm (GNT 0/63 mm ou tout-venant 0/100 mm propre, continu et bien gradué) pour obtention d'une assise de chaussée de portance suffisante.

La vérification de la portance du toit de la couche de forme par essais à la plaque LCPC devra constituer un point d'arrêt du chantier pour lequel le critère de réception sera :

- Module EV2 > 40 MPa,
- Rapport $k = EV2/EV1 < 1.5$.

Si la portance sur couche de forme reste ≤ 40 MPa, une épaisseur complémentaire devra être mise en œuvre, à définir suivant le niveau de portance atteint.

La structure supérieure de chaussée restera la même (revêtement, couche de base et couche de fondation). Il sera vérifié la bonne qualité des matériaux de grave non traitée mis en œuvre (Granulométries continues, matériaux propres et de dureté conforme aux spécifications d'une GNT) et une attention particulière sera à apporter à la réalisation homogène et continue des couches d'imprégnation sur GNT et d'accrochage avant mise en œuvre du revêtement.

La mise en œuvre d'un géotextile sur fond de forme est fortement bitumineuse et préconisée pour limiter la contamination de la couche de forme par des éléments fins du support limoneux.

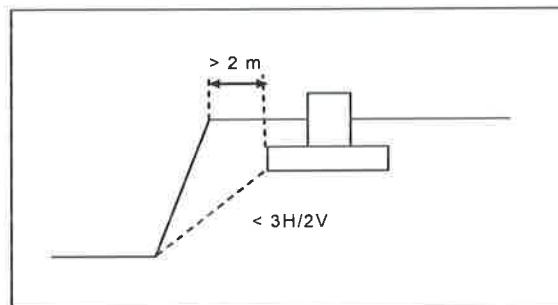
La gestion des eaux de ruissellement sera à prendre en compte dans la conception du projet routier.

Cette proposition de prédimensionnement reste toutefois établie sur la base d'essais de plaque réalisés en conditions défavorables et sur la base d'hypothèses de trafic restant à confirmer. Il pourra être affiné par des essais complémentaires de plaque sur plateforme terrassée, compactée et en fonction du trafic réel envisagé.

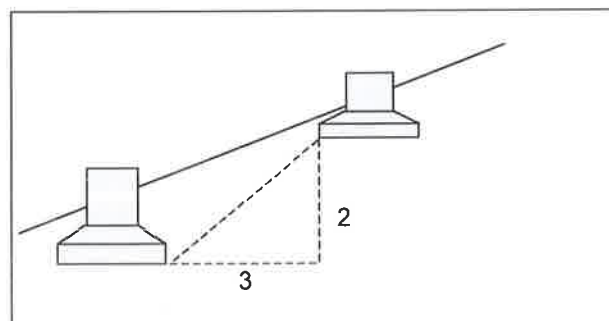
4.7 PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION

4.7.1 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 :



4.7.2 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 les fondations.

4.7.3 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.

4.7.4 Protection contre l'eau

L'eau potentiellement décelée à -0.5 m de profondeur pourra éventuellement entraîner des sujétions particulières pour les fondations telles que blindage, pompage ou bétonnage au tube plongeur en cas de remontées du niveau de la nappe.

Rappelons que le DTU 14.1 fait obligation de prévoir le cuvelage jusqu'à +0.5 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 ».

L'ouvrage sera conçu de manière à reprendre les sous pressions hydrostatiques. Dans tous les cas, le Maître d'Ouvrage devra accepter les sujétions liées à la surveillance et l'entretien des équipements mis en place.

4.8 CONTINUITE DE LA MISSION

Il conviendra de contrôler la réalisation du matelas à l'aide d'essais à la plaque et de sondages pénétrométriques. Il est possible que la hauteur de matelas soit moindre ou modifiée à l'ouverture des fouilles. Il est conseillé de faire ces contrôles dans le cadre d'une mission G4. Cette visite donne lieu à avis écrit portant sur la conformité de la méthode d'exécution des fondations. Cette visite doit faire l'objet d'une commande préalable.

Cette mission pourrait éventuellement diminuer les épaisseurs de matelas annoncées si les sols rencontrés s'y prêtent.

Il est conseillé de réaliser des planches d'essais préalables pour valider le matériau et le compactage du matelas de substitution.

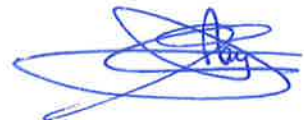
Le Chef du Département Géotechnique,

D. MATHE



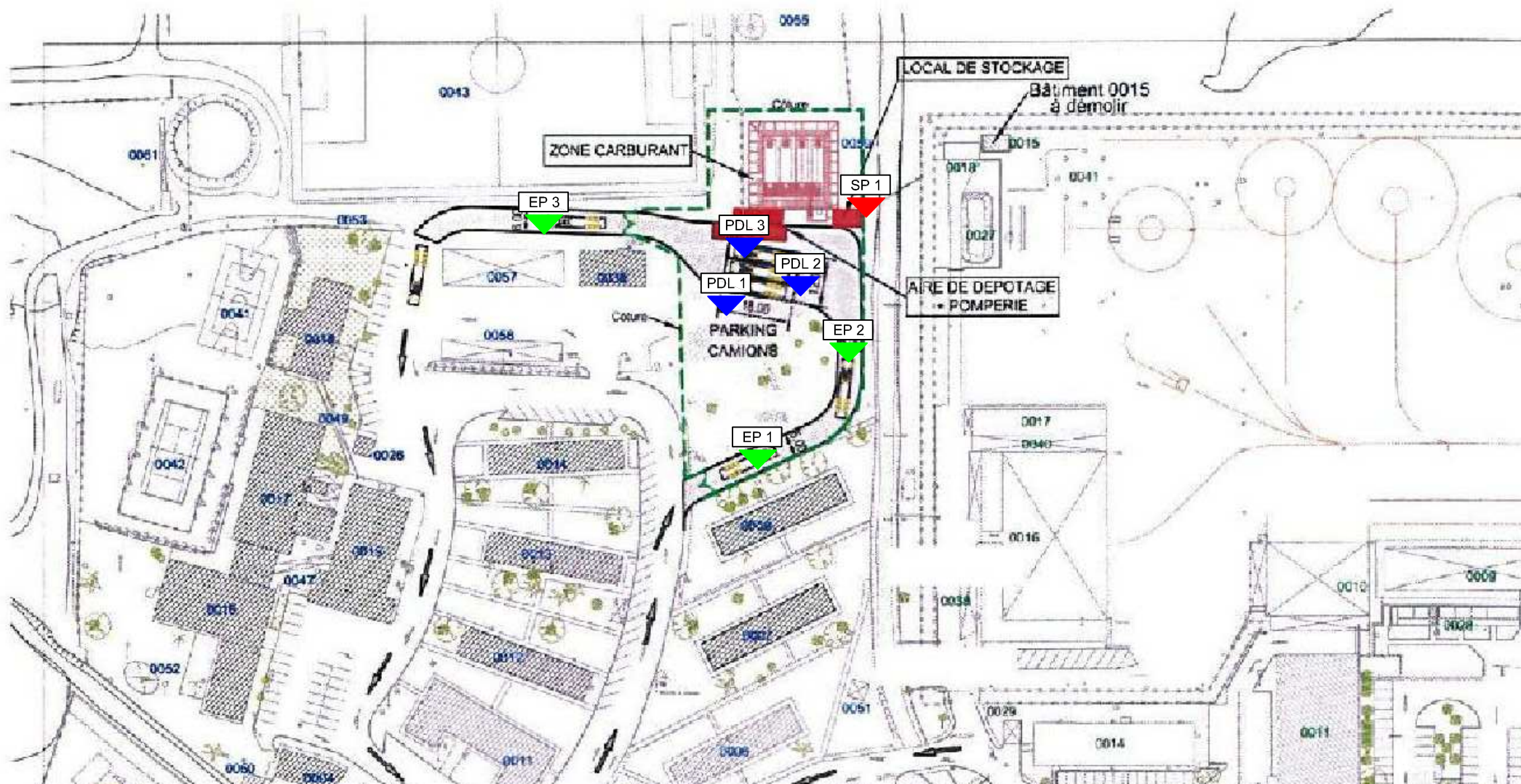
Le Contrôle interne,

E. LAITAME-RAUZY



ANNEXE 1

IMPLANTATION DES SONDAGES



Client :	HAUT COMMISSARIAT	Affaire :	Extension et mise aux normes du dépôt de stockage carburants						
N° dossier :	18/300	Lieu :	Ile de TAHITI - Commune de Papeete						
		Titre :	Implantation des sondages						
		N° plan :	Indice	Dess.	Vérif.	Date :	Echelle	Format	▲ Sondage pénétrométrique dynamique lourd PDL 1 à PDL 3 ▲ Sondage pressiométrique SP 1 ▲ Essai de plaque EP 1 à EP 3
		01	A	YP	DM	Juillet Août 2018	-	A4	



Laboratoire des Travaux Publics de Polynésie
 BP 404 - 98713 PAPEETE
 Tel : 40.42.02.09 / Fax : 40.42.45.10 /
secretariat@labotpp.pf

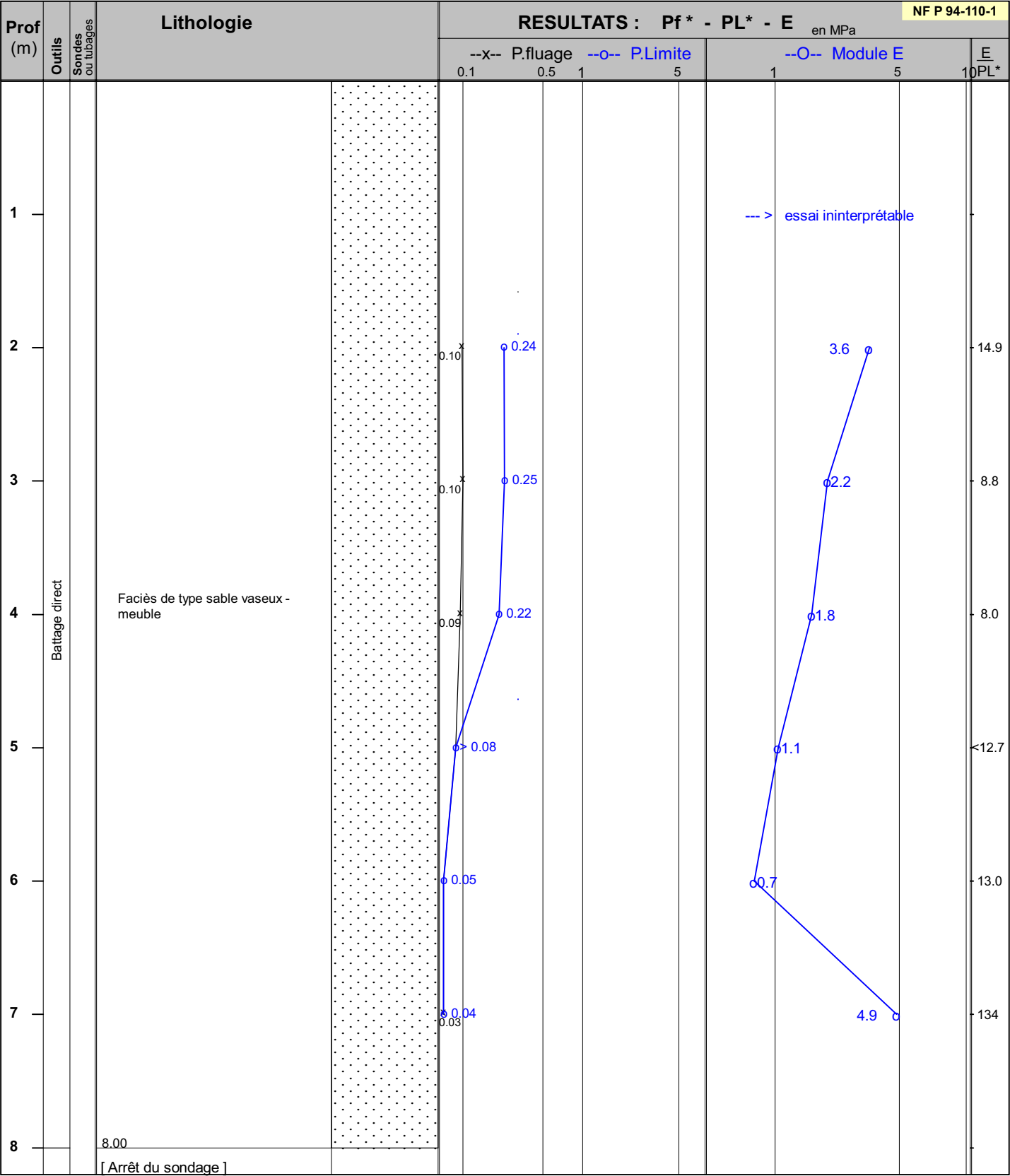
ANNEXE 2

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

SP1



Ech.Prof: / Sondeuse: BE23 date de fin de sondage: 17/08/2018



Observations : /

Nappe: /
(à la date d'exécution du forage)

ANNEXE 3

SONDAGES PENETROMETRIQUES

PDL1 A PDL3

Chantier : DID FAAA 987

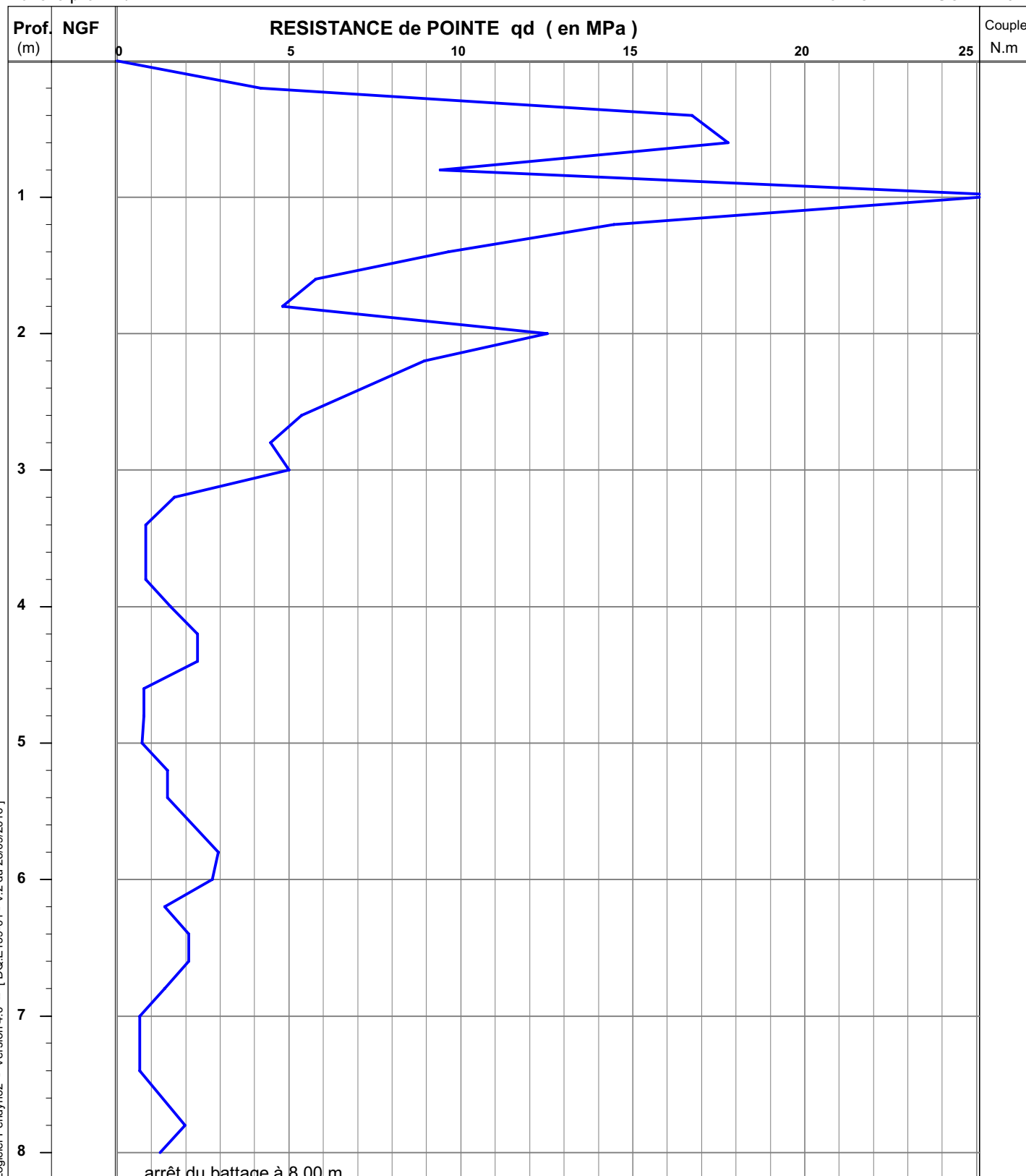
Client : DID
Dossier : 18300

Date essai : 17/08/2018



Echelle prof. : /

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : GEOTOOL

Etalonné le 01/01/16

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 3.9 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /

Chantier : DID FAAA 987

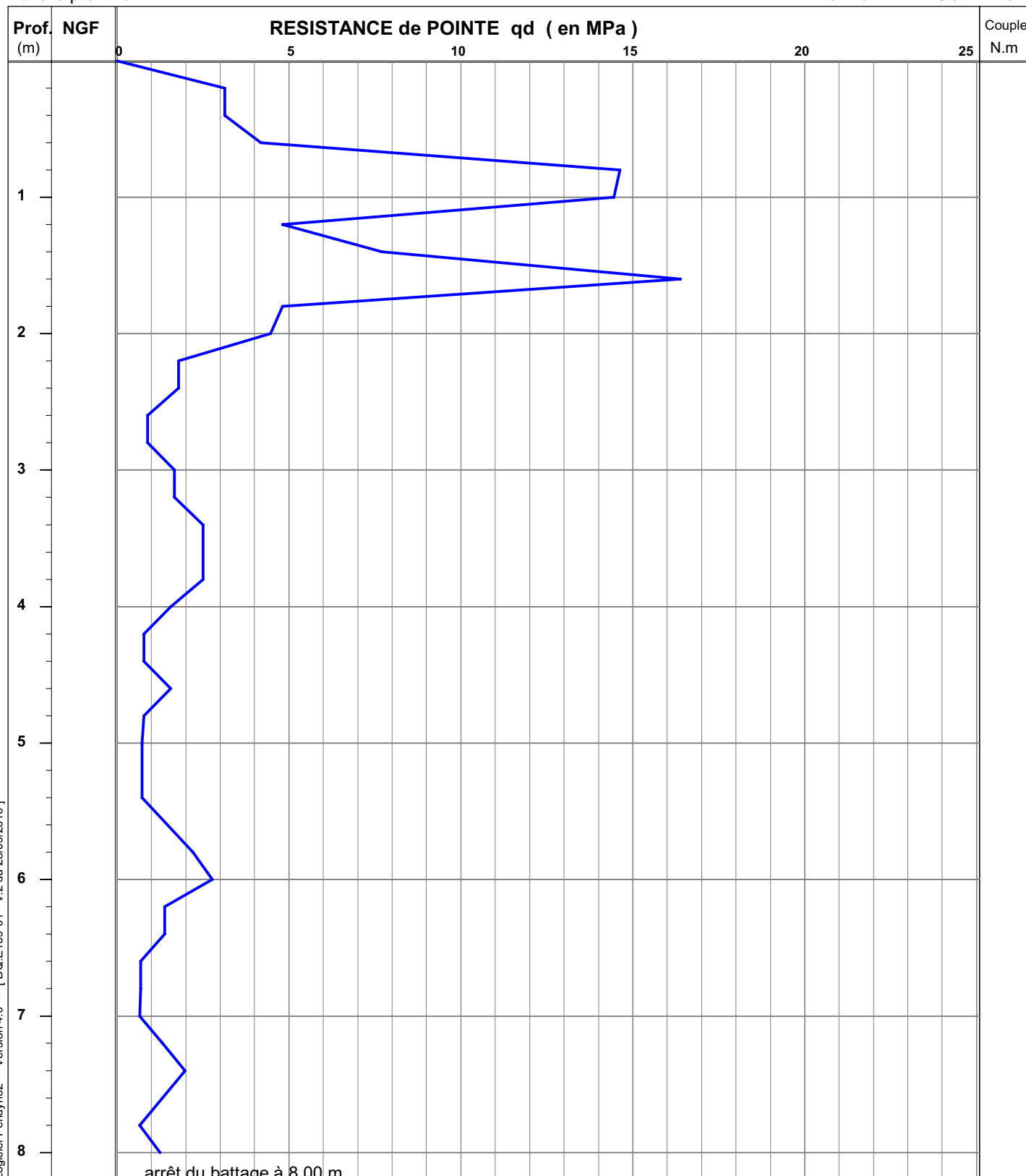
Client : DID
Dossier : 18300

Date essai : 20/08/2018



Echelle prof. : /

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : GEOTOOL

Etalonné le 01/01/16

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 3.9 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /

Chantier : DID FAAA 987

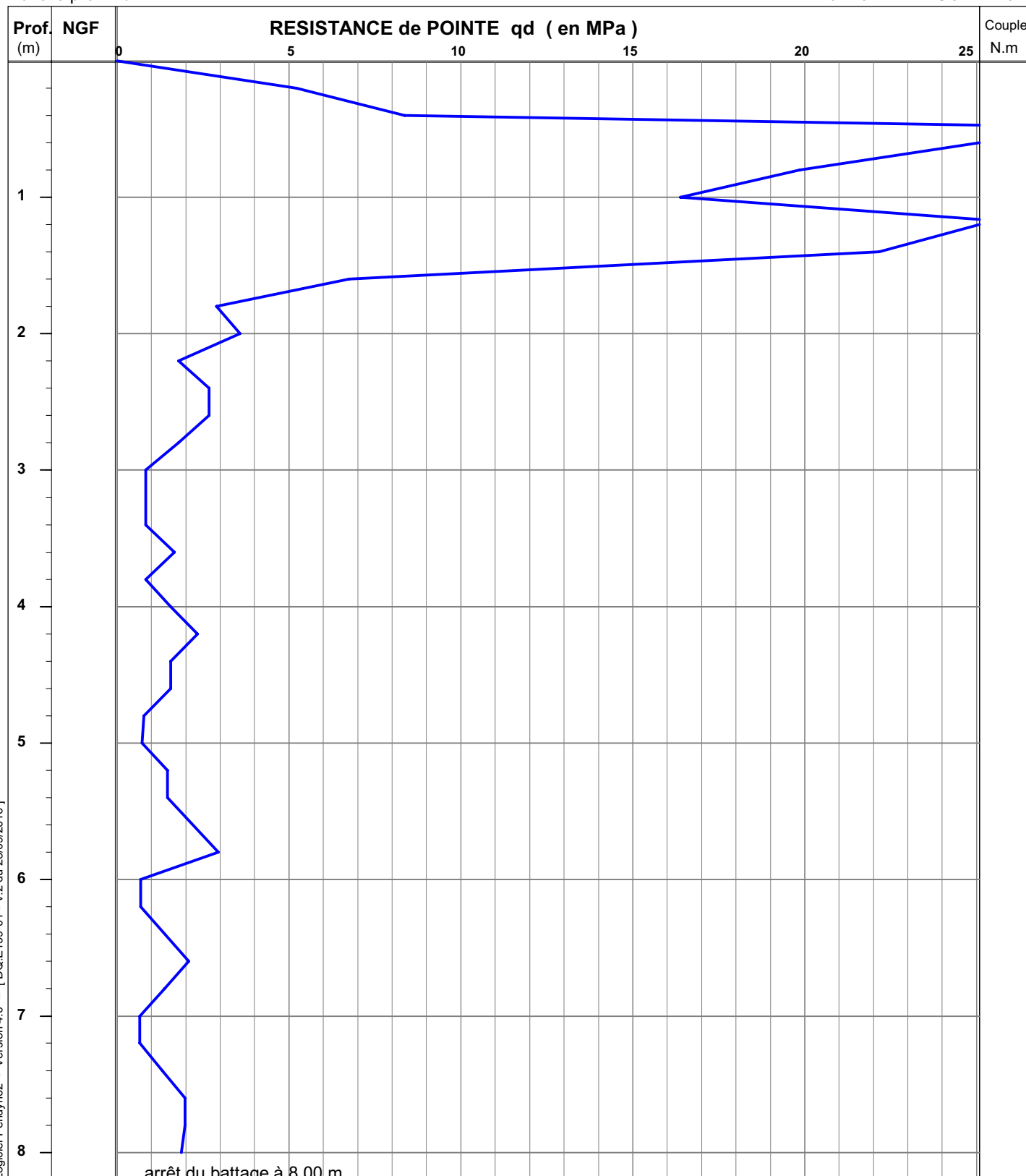
Client : DID
Dossier : 18300

Date essai : 20/08/2018



Echelle prof. : /

Norme NF EN ISO 22476-2



MATERIEL UTILISE : GEOTOOL

Etalonné le 01/01/16

mouton de 63.5 kg, H.chute 0.75 m - équipement mobile 3.9 kg - tiges de 1 m. et de 6.2 kg - section pointe de 19.6 cm²

OBSERVATIONS : /



DESCRIPTION DES ESSAIS AU PÉNÉTROMÈTRE DYNAMIQUE LOURD

Référence : D1 ING_REF_0781_01

Approuvé le : 14-janv-13

1/1

Les essais ont été exécutés au moyen d'un pénétromètre Lourd BORRO conformément au mode opératoire de la norme NF P-94115 type B. Ils consistent à enfoncer d'une hauteur de 20 cm, une pointe conique de 19.6 cm² de section fixée à l'extrémité d'une tige ronde de 32 mm de diamètre.

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/cm²

M en daN est le poids du mouton

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

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 1998 (règles pour le calcul des fondations superficielles).

La méthode employée 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 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 4

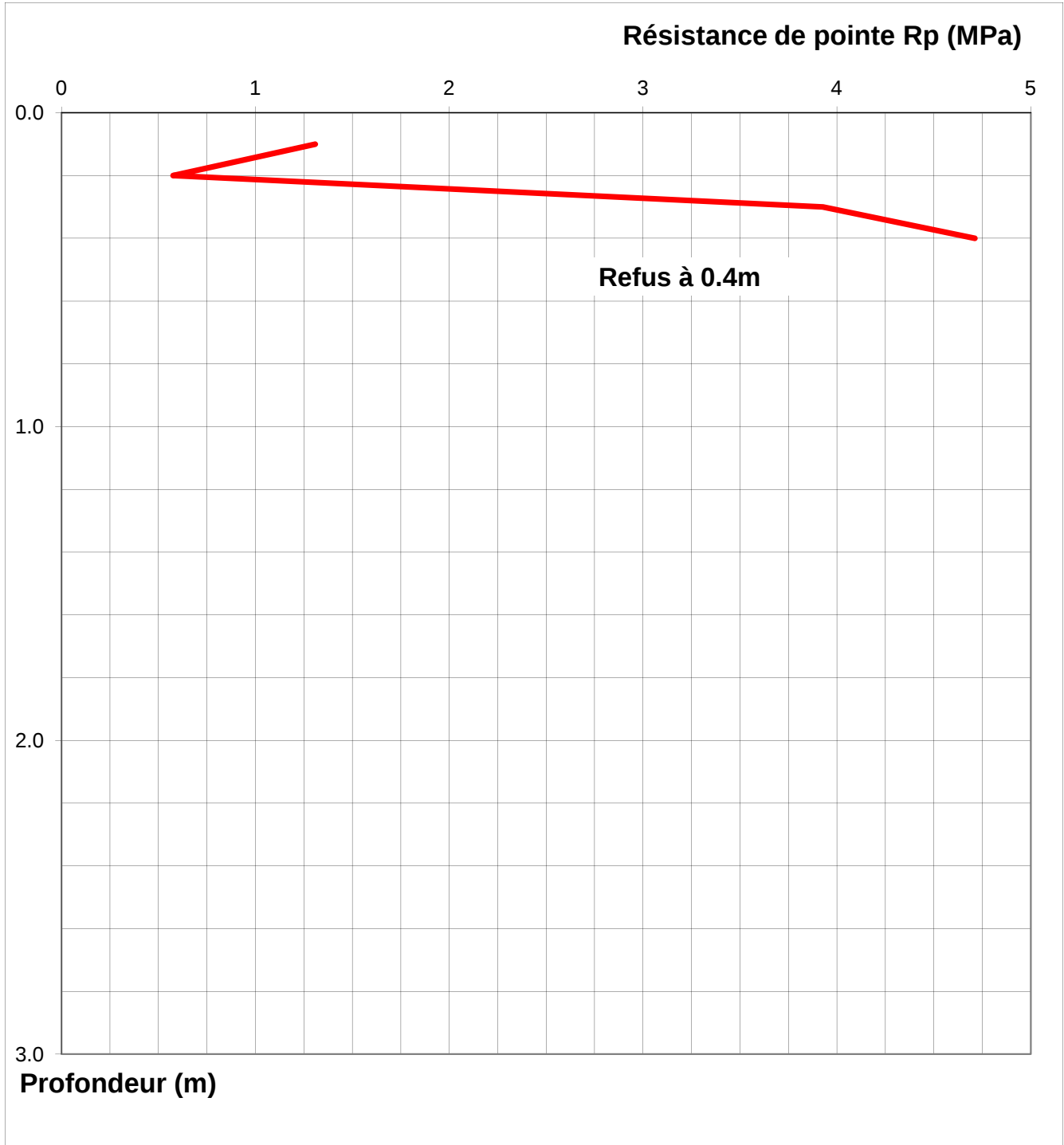
ESSAIS AU PENETROMETRE STATIQUE

SP1 A SP3

ETUDE	BA190
LIEU	FAAA
CLIENT	DID
DOSSIER	18 300

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE POLYNESIE	
BP 404 - 98 713 PAPEETE	
TEL : 40.42.02.09	
FAX : 40.42.45.10	

ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE MANUEL



MATERIEL	statique manuel
ANNEAU	6 KN
POINTE	2.4

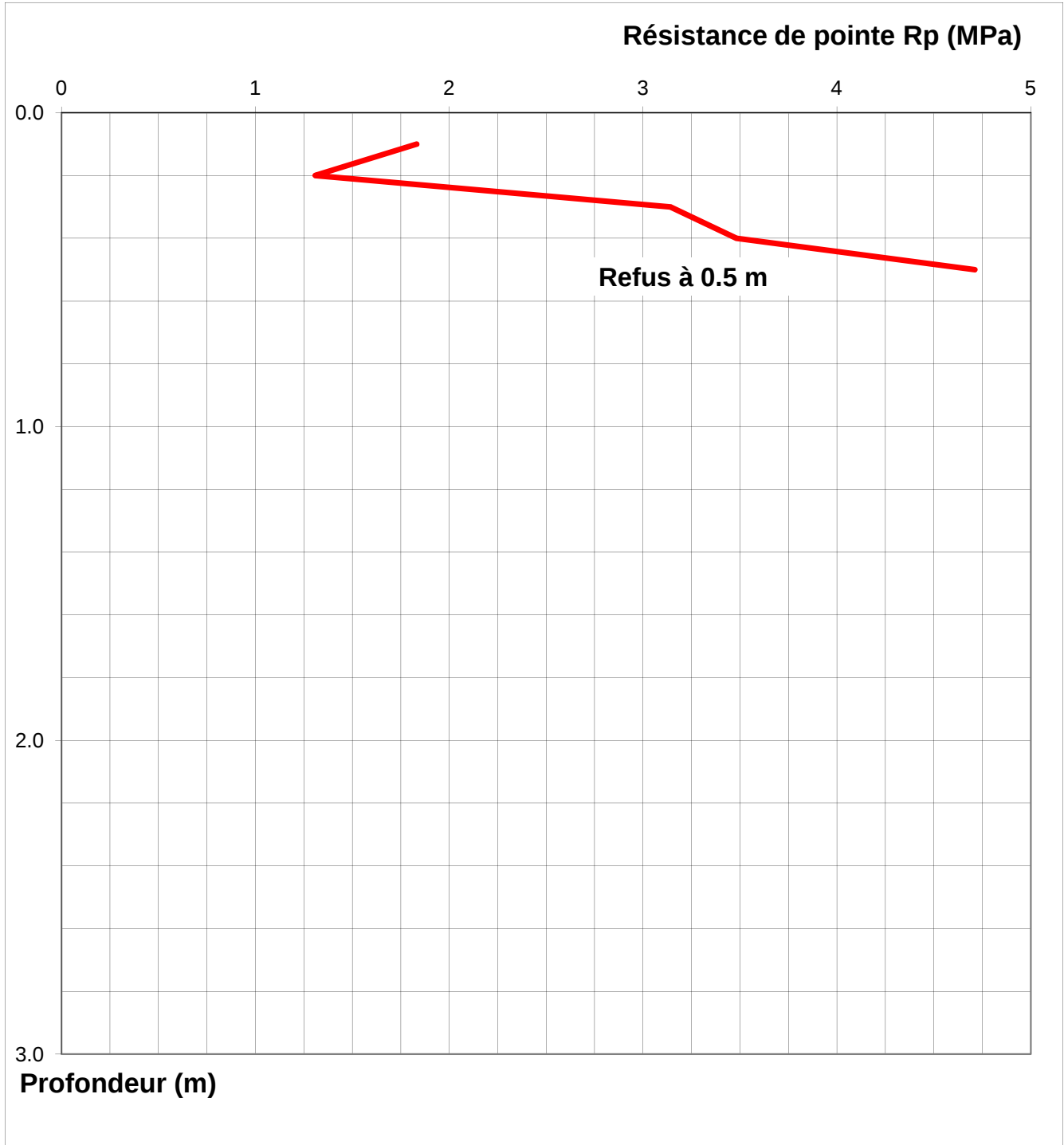
ESSAI	PS1
--------------	------------

OBSERVATIONS :

ETUDE	BA190
LIEU	FAAA
CLIENT	DID
DOSSIER	18 300

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE POLYNESIE BP 404 - 98 713 PAPEETE TEL : 40.42.02.09 FAX : 40.42.45.10	
---	---

ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE MANUEL



MATERIEL	statique manuel
ANNEAU	6 KN
POINTE	2.4

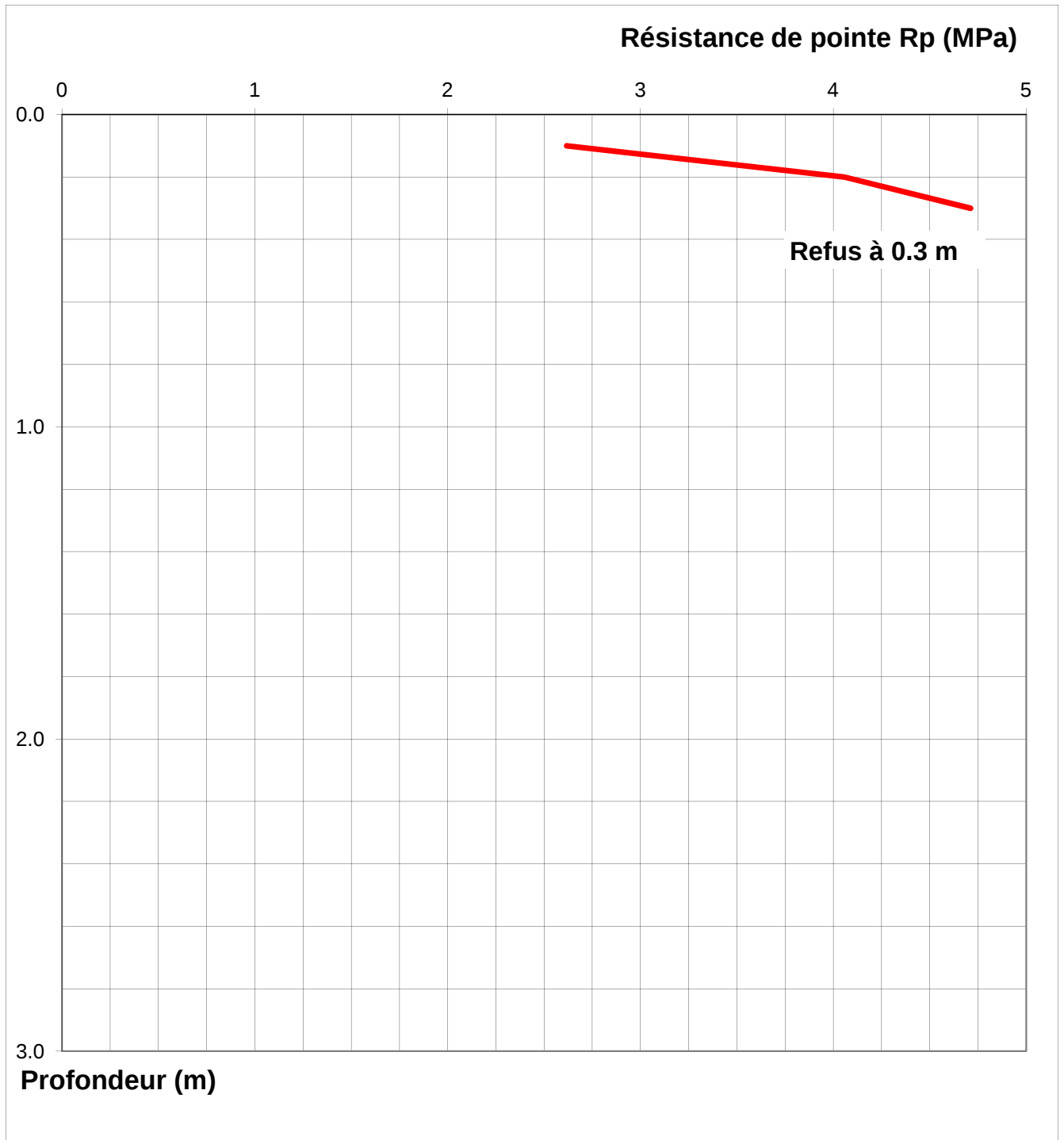
ESSAI	PS2
-------	-----

OBSERVATIONS :

ETUDE	BA190
LIEU	FAAA
CLIENT	DID
DOSSIER	18 300

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE POLYNESIE	
BP 404 - 98 713 PAPEETE	
TEL : 40.42.02.09	
FAX : 40.42.45.10	

ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE MANUEL



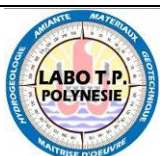
MATERIEL	statique manuel
ANNEAU	6 KN
POINTE	2.4

ESSAI	PS3
--------------	------------

OBSERVATIONS :

ANNEXE 5

NORME NF P94500 (version 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).