ADMINISTRATION SUPERIEURE DE WALLIS

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Construction d'un bâtiment « Archives et Mémoire » - WALLIS

Mission géotechnique de conception - Phase Projet (G2-PRO)



AF21-0944/G/G
CD23-0601
00

31 Mai 2023

SAS A2EP GEOTEC - tél (687) 26 30 00
724 336 RCS NOUMEA
Lot n°25, route de la Quarantaine – ZIZA – 98 890 PAITA
BP 727 98 860 KONE
www.a2ep.nc

Client	ADMINISTRATION SUPERIEURE DE WALLIS
Titre du document	Construction d'un bâtiment « Archives et Mémoire » - WALLIS
Sous-titre du document	Mission géotechnique de conception - Phase Projet (G2-PRO)
Numéro de l'affaire	AF21-0944/G/G
Numéro de document	CD23-0601
Indice	00
Date de mise à disposition du rapport	31 Mai 2023
Chargée d'affaire : Lucie GRANGER	A2EP GÉOTEC ZIZA PAITA – Lot n° 25 Route de la Quarantaine 98890 PAITA Tél : 26.3000 RIDET 724 335 KONE BP n° 727 98860 KONE Tél : 427.427
Relecteur : Clio DESORMEAUX	

Indice	Date	Version	Rédacteur	Relecteur
00	31/05/2023	Pour diffusion	LGR	CDE

TABLE DES MATIERES

1 AVANT-PROPOS 4
1.1 MISSION DU BUREAU D'ÉTUDES GÉOTECHNIQUES 4
1.2 DOCUMENTS REMIS, PROJET ET HYPOTHÈSES 4
2 CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE 6
2.1 SITUATION / LOCALISATION 6
2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE 6
3 CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE 7
3.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE 7
3.2 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE 7
3.3 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DES SOLS 7
3.4 ESSAIS EN LABORATOIRE 8
3.5 CLASSE SISMIQUE – RISQUE DE LIQUÉFACTION 9
4 PRINCIPES CONSTRUCTIFS ET JUSTIFICATION GEOTECHNIQUE 11
4.1 PREAMBULE 11
4.2 PRINCIPE DE PRECHARGEMENT 11
4.3 RADIER PORTEUR RIGIDE SOLLICITANT UNE COUCHE DE FORME 12
4.3.1 PRINCIPE DE FONDATION – NIVEAU D'ASSISE 12
4.3.2 MISE EN ŒUVRE DU REMBLAI DE PRECHARGEMENT ET DU REMBLAI TECHNIQUE 13
4.3.3 CALCUL DES TASSEMENTS SOUS LA CHARGE PROJET – COMPORTEMENT OEDOMETRIQUE DES SOLS 13
4.3.4 MODELISATION DES SOLS EN COMPORTEMENT ELASTIQUE 14
4.3.5 TEMPS DE CONSOLIDATION SOUS PRECHARGEMENT 15
4.3.6 SURELEVATION DU REMBLAI DE PRE-CHARGEMENT 16
4.3.7 CONCLUSIONS ET ANALYSES 18
4.3.8 SUIVI ET CONTROLE DU PRECHARGEMENT 18
4.3.9 CRITERE D'ARRET DU PRECHARGEMENT 19
4.4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES COMPLEMENTAIRES 19
4.5 TERRASSEMENTS 20
4.5.1 TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER 20
4.5.2 EXTRACTION 20
4.5.3 STABILITE DES TALUS ET AVOISINANT 20
4.5.4 SUJETIONS D'EXECUTION 20
4.6 MISE HORS D'EAU 20
5 RECOMMANDATIONS POUR LES MISSIONS SUIVANTES 21

1 AVANT-PROPOS

La présente mission a été effectuée par la Société **A2EP GEOTEC** situé le Lot 25, ZIZA de PAITA, Route de la Quarantaine, 98890 PAITA, BP 727 98860 KONÉ à la demande et pour le compte l'administration supérieure de Wallis.

Notre mission concerne l'étude de sol relative au projet de construction d'un bâtiment pour les Archives de WALLIS.

1.1 MISSION DU BUREAU D'ÉTUDES GÉOTECHNIQUES

Par référence à la classification des Missions Géotechniques (norme NF-P94.500 de novembre 2013), la présente mission est une **étude géotechnique de conception – phase projet (G2-PRO)** et voit de ce fait l'étendue de sa mission limitée aux prestations correspondantes :

- Enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site,
- Analyser le contexte géotechnique du site ;
- Analyser et synthétiser l'ensemble des documents (projet, études géotechniques précédentes, ..) et investigations;
- Définir les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour chacun des horizons géologiques reconnus, pour le projet ;
- Définir les choix constructifs des fondations et dispositions constructives ;
- Justifier les fondations en phase projet - dimensionnement et vérifications selon les Eurocodes correspondants ;
- Définir les risques majeurs à prendre en compte vis à vis des ouvrages existants avoisinants ;
- Identifier les incertitudes et aléas géologiques résiduels.

Les conditions générales des missions géotechniques selon la norme NF P94-500 sont disponibles en annexe.

NOTA : Mission G2 PRO hors approche des quantités, coût et délai. De plus, l'étude des ouvrages annexes (réseaux, …) et de la voirie, des murs de soutènement et enrochement n'entre pas dans le cadre de cette mission.

Il est rappelé que la mission géotechnique de conception phase projet (G2-PRO) doit être complétée par des missions d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) et de supervision géotechnique d'exécution (G4) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages. A2EP GEOTEC reste à disposition des intervenants, et notamment de la future équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires G2 et G4, la mission G3 étant à la charge des entreprises de travaux.

Pour ce projet, plusieurs études géotechniques ont déjà été réalisées, avec notamment :

- Etude géotechnique préalable – G1 PGC – FONDATER NC – avril 2015 (Réf. G222-18/A)
- Etude géotechnique de conception – G2 AVP – FONDATER NC – septembre 2019 (Réf. G222-18/C)
- Etude géotechnique de conception complémentaire – G2 AVP – A2EP GEOTEC – Mai 2022 (Ref.AF21-0944/G/G indice 02)

1.2 DOCUMENTS REMIS, PROJET ET HYPOTHÈSES

Pour la réalisation de cette étude, il nous a été mis à disposition l'ensemble des plans projet (plans PRO DCE BA 001 à 003, plans PRO DCE VRD 00 à 06 et plans PRO DCE TER 00 à 02).

Le projet prévoit la construction d'un bâtiment principal de type RdC, d'une emprise au sol de l'ordre de 2000 m² environ.

A l'issue de la G2 AVP réalisée par Fondater en 2019, le système de terrassement de fondation prévu était le suivant :

- Fondation de type radier porteur rigide sur couche de forme ;
- Mise en place d'un remblai de pré-chargement pour limiter les tassements ;

La mission G2 AVP complémentaire réalisée par A2EP GEOTEC en mai 2022 a permis d'exploiter les résultats de essais oedométriques dans différentes analyses de scénario (descente de charge, niveau fini) pour la justification du radier et des remblais de pré-chargement.

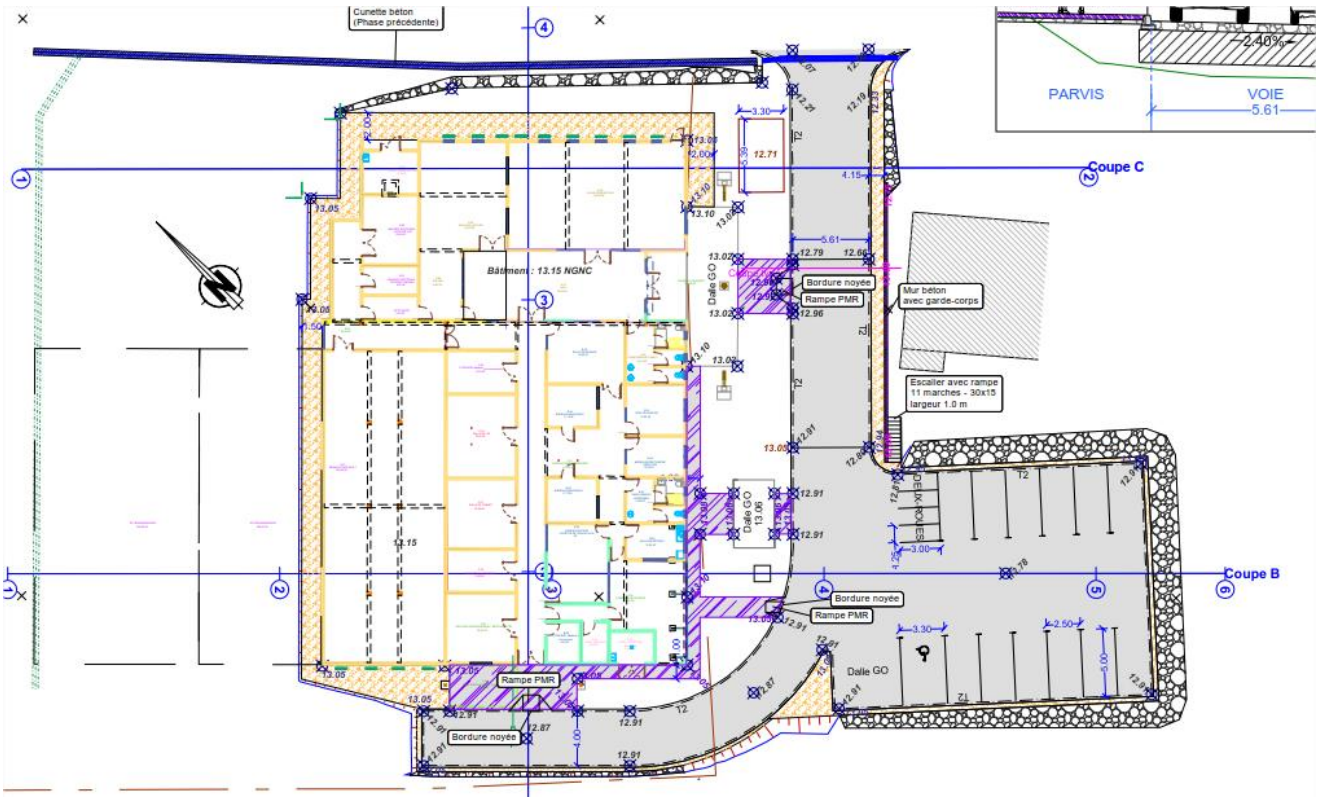


Figure 1 : Plan masse projet

Au stade du projet, les caractéristiques du projet sont les suivantes :

- La charge répartie de l'ouvrage est de **35 kPa** (y compris radier) dans la zone de stockage et de **25 kPa** (y compris radier) dans la zone de bureau.
- Le niveau maximal du terrain actuel relevé est de 14.0 m NGWF (zone 35 kPa) et 12.9 m NGWF (zone 25 kPa)
- Le niveau minimal du terrain actuel relevé est de 12.8 m NGWF (zone 35 kPa) et de 11.9 m NGWF (zone 25 kPa)
- Le niveau fini du projet est prévu à la cote **12.90 mNGWF.**
    - Zone 35 kPa : soit -1.1 m en dessous du terrain actuel (zone en déblais).
    - Zone 25 kPa : soit +1.0 m au dessus du terrain actuel (zone en remblais).
- Le tassement absolu admissible sera de **1,5 cm** ;
- Le tassement différentiel admissible sera de **1,0 cm** sur une portée de 5 m ;

Nota : le point bas topographique relevé à 11.97 m NGWF au droit de la zone chargée à 35 kPa n'a pas été retenu conformément à la demande de la MOE (erreur de topographie ou relevé dans un trou ponctuel).

Ces charges devront être calculées avec précision par le BET Structure ou l'entreprise, et transmises à A2EP GEOTEC si elles diffèrent de celles précitées.

2 CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

2.1 SITUATION / LOCALISATION

La zone d'étude se situe dans la zone administrative de l'Administration Supérieure, sur la route reliant la RT1 et la RT3, à MATA'UTU, district de HAHAKE.

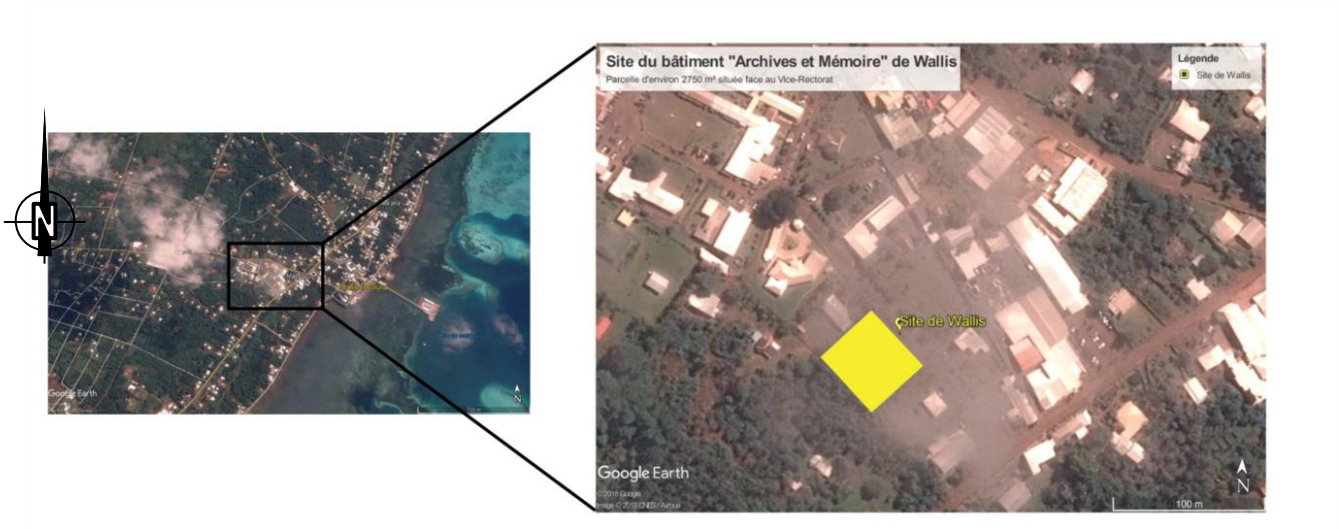


Figure 2 : Localisation de la zone d'investigation (source Google Earth).

La topographie du site est comprise entre les cotes 11 et 14 mNGWF, et le site est sensiblement plat à l'échelle de ses 2 500 m² de superficie.

La voirie actuelle est comprise entre les cotes 12.0 et 13.5 m NGWF.



Figure 3 : Photographies du site

2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

Les campagnes de reconnaissances réalisées lors des précédentes études géotechniques sont les suivantes :

Mission G1 PGC (Fondater NC):

- **8 essais au pénétromètre dynamique,** nommés EP1 à EP8. Ces essais permettent de mesurer en continu les caractéristiques mécaniques des sols traversés. Ces investigations ont été réalisées à l'aide d'un pénétromètre dynamique lourd normalisé NF EN ISO 22476-2.
- **8 puits à la pelle mécanique,** nommés PU1 à PU8, permettant la reconnaissance visuelle des sols superficiels et le relevé d'éventuelle arrivée d'eau.

Ces essais ont été descendus aux profondeurs suivantes :

Essais réalisés	Sondages au pénétromètre dynamique							
	EP1	**EP2**	**EP3**	**EP4**	**EP5**	**EP6**	**EP7**	**EP8**
Profondeur d'arrêt/ TN (m)	9.0	9.0	9.0	9.8	10.0	9.0	7.8	9.8
Raison de l'arrêt	Fin de l'essai							
Venue d'eau observée	Néant							
Essais réalisés	Puits à la pelle mécanique							
	PU1	**PU2**	**PU3**	**PU4**	**PU5**	**PU6**	**PU7**	**PU8**
Profondeur d'arrêt/ TN (m)	3.1	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2
Raison de l'arrêt	Fin de l'essai							
Venue d'eau observée	Néant							

Tableau 1 : Synthèse des profondeurs des sondages – Campagne G1 PGC

Mission G2 AVP (Fondater NC):

- **2 puits à la pelle mécanique,** nommés Sondage A et Sondage B, permettant la reconnaissance visuelle des sols superficiels sur 3.1 à 3.2 m de profondeur, le relevé d'éventuelle arrivée d'eau et le prélèvement d'échantillon pour l'analyse en laboratoire.
- **Essais en laboratoire,** comprenant 2 identifications de sol selon le GTR92, et 2 essais œdométriques.

Les coupes des investigations géotechniques sont disponibles en annexe 2.

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation donné en annexe 1.

3 CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

3.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique et notre connaissance du secteur, la géologie locale du site est caractérisée par des formations d'altération du substratum basaltique.

3.2 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Lors des campagnes d'investigations géotechniques, aucune arrivée d'eau n'a été identifiée au droit des sondages.

Ces relevés réalisés en fin de forage ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'ensemble des circulations d'eau qui peuvent se produire, notamment en période pluvieuse.

3.3 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

Les résultats des sondages à la pelle mécanique et au pénétromètre dynamique ont permis d'identifier les terrains suivants :

- **(H1) Couverture de terre végétale,** identifiée sur une épaisseur comprise entre 0.1 et 1.0 m environ.
- **(H2) Horizon argilo-latéritique très mou,** identifié dans tous les sondages jusqu'à leurs profondeurs d'arrêt comprises entre 7.8 et 10.0 m/TN.

  Leurs caractéristiques mécaniques sont globalement très médiocres, avec

  $$0.8 \leq R_d \leq 3.5 \text{ MPa}$$

Il a été établi ci-dessous une estimation de la base (m/TA) des horizons géologiques reconnus au droit de chacun des sondages :

Horizon géologique	EP1/PU 1	EP2/PU 2	EP3/PU 3	EP4/PU 4	EP5/PU 5	EP6/PU 6	EP7/PU 7	EP8/PU 8	Résistance dynamique moyenne R_d (MPa)
	Profondeur de la base (m/TA)								
(H1) Terre végétale	0.1	1.0	0.1	0.1	1.0	0.1	0.1	1.0	/
(H2) Argiles latéritiques à cailloutis	>9.0	>9.0	>9.0	>9.8	>10.0	>9.0	>7.8	>9.8	1.5

Tableau 2 : Synthèse des sondages

Remarques :

On rappelle que **les sondages pénétrométriques sont de type aveugle** et ne permettent pas une identification visuelle des sols traversés. La nature et la profondeur ne sont donc que des suppositions établies par analyse des diagraphies pénétrométriques et des données géologiques du site.

3.4 ESSAIS EN LABORATOIRE

Dans le cadre de la mission G2 AVP réalisée par Fondater en 2019, des essais en laboratoire ont été réalisés au droit des sondages A et B. Les résultats sont les suivants :

Sondage	Sondage A	Sondage B
Profondeur (m)	3.20 m	3.10 m
Matériau analysé	Argile limoneuse latéritique	Argile limoneuse latéritique
Teneur en eau par étuvage NF P 94-050 W %	56.7	60.0
Analyse granulométrique NF P 94-056 Dmax (mm) % < 0.08 mm % < 2 mm	20mm 63% 85%	20mm 73% 89%
Valeur au Bleu Sol NF P 94-068 VBS (%)	0.81	1.31
Classification NF P 11-300	A_1	A_1

Sondage A (profondeur 2.73 m, argile limoneuse) :

Profondeur prélèvement (m/TN)	Masse volumique (Mg/m^3)	Eo calculé	Cc	Cs	σ'p (kPa)	σ'v0 (kPa)	Cv à 45 kPa (cm^2/s)	Cv à 70 kPa (cm^2/s)
-2.73	1.761	1.19	0.249	0.009	56	48	1.62^{E-03}	1.90^{E-03}

Compte tenu de ces résultats, l'argile limoneuse est considérée comme moyennement compressible (0.05 < Cc / (1+eo) < 0.20).

Sondage B (profondeur 2.60 m, argile limoneuse) :

Profondeur prélèvement (m/TN)	Masse volumique (Mg/m^3)	Eo calculé	Cc	Cs	σ'p (kPa)	σ'v0 (kPa)	Cv à 31 kPa (cm^2/s)	Cv à 44kPa (cm^2/s)
-2.60	1.590	1.483	0.515	0.012	35	41	8.49^{E-04}	8.35^{E-04}

Compte tenu de ces résultats, l'argile limoneuse est considérée comme très compressible (Cc / (1+eo) > 0.20).

Il est possible de distinguer plusieurs catégories de sol en fonction des valeurs relatives de $\sigma'p$ et σ'_{v0} :

- **$\sigma'p > \sigma'_{v0}$:** Les sols sont surconsolidés. Si des fondations surchargent un sol surconsolidé sans que les contraintes supplémentaires apportées au poids des terres dépassent $\sigma'p$, alors les tassements seront faibles, voir négligeables.

  Ici l'essai œdométrique réalisé en **Sondage A,** avec un matériau prélevé à 2.7 m de profondeur/TA a permis de reconnaitre un sol surconsolidé, avec une contrainte de pré consolidation $\sigma'p$ = 56 kPa.

- **$\sigma'p < \sigma'_{v0}$:** Les sols sont sous-consolidés. Ces sols sont en cours de consolidation sous leur propre poids : les remblais sont récents, mal ou non compactés, vases récemment sédimentées, tourbes, etc… Les sols sous-consolidés sont généralement inconstructibles sans traitement particulier, car ils continuent à se déformer même en l'absence de surcharge.

  Ici l'essai œdométrique réalisé en **Sondage B**, avec un matériau prélevé à 2.6 m de profondeur/TA au sein d'une poche argileuse, a permis de reconnaitre un sol sous-consolidées, avec une contrainte de pré consolidation $\sigma'p$ = 35 kPa pour une contrainte effective verticale en place σ'_{v0} = 41 kPa.

3.5 CLASSE SISMIQUE – RISQUE DE LIQUÉFACTION

A la demande du client, le projet sera conçu en tenant compte du risque sismique en considérant le projet en **zone 4** (niveau d'aléa moyen) et avec une **catégorie d'importance de bâtiment de II.**

Catégorie d'importance		Description
I		▪ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II		▪ Habitations individuelles. ▪ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ▪ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ▪ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. ▪ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ▪ Parcs de stationnement ouverts au public.
III		▪ ERP de catégories 1, 2 et 3. ▪ Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. ▪ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ▪ Établissements sanitaires et sociaux. ▪ Centres de production collective d'énergie. ▪ Établissements scolaires.
IV		▪ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ▪ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ▪ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ▪ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ▪ Centres météorologiques.

Malgré l'absence de classement normatif pour les îles de Wallis et Futuna et d'obligations, les approximations que l'on peut envisager avec l'Eurocode 8 - NF EN 1998-1, à partir des hypothèses retenues par le client, sont présentées ci-après.

- Classe sismique

D'après les règles de construction parasismiques EUROCODE 8 (NF EN 1998-1), l'accélération horizontale de calcul au niveau d'un sol de type rocheux a_g est donnée par :

$$a_g = \gamma_I * a_{gr}$$

Avec :

γ_I : Coefficient d'importance (1.0 pour un bâtiment de catégorie d'importance II),

a_{gr} : Accélération maximale de référence au niveau d'un sol de type rocheux (1.6 m/s² pour la zone 4).

Soit : **a_g = 1.6 m/s²**

La classe sismique du site a été déterminée conformément au § 3.1.2 « Identification des classes de sol » des règles de construction parasismiques EUROCODE 8.

Dans le cas de formations argileuses et latéritiques de caractéristiques mécaniques médiocres identifiées sur au moins 16.8 m de profondeur/TA, il conviendra de retenir une classe de sol D ou E, avec :

- D : dépôts de sols sans cohésion de densité faibles ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes (Cu < 70 kPa) ;

- E : profil de sol comprenant une couche superficielle de type C ou D sur une épaisseur de 5 à 20 m reposant sur un matériau plus raide (Vs30 > 800 m/s).

Dans le cas présent, en l'absence de confirmation de sols de classe D sur plus de 20m, on retiendra le critère le plus défavorable, à savoir une **classe de sol E, soit un paramètre de sol S = 1.8.**

On obtient une **accélération horizontale maximale de surface pour une classe de sol E** égale à :

$$\mathbf{S * a_g = 2.88\ m/s^2}$$

- Risque de liquéfaction

Selon la réglementation en vigueur l'analyse de la liquéfaction doit être faite dans les terrains à partir d'une zone de sismicité 3 pour les ouvrages de catégorie d'importance II à IV.

Selon les EC8, dans les sols sableux à sablo-argileux, le risque de liquéfaction est négligé lorsque $\alpha . S < 0.15$ et lorsque, en même temps, une des conditions suivantes au moins est remplie :

- les sables contiennent de l'argile en proportion supérieure à 20%, avec un indice de plasticité Ip > 10 ;
- les sables contiennent des silts *(limons)* en proportion supérieure à 35% et, simultanément le nombre de coups SPT, normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'énergie $N_1(60) > 20$;
- les sables sont propres, avec la valeur du nombre de coups SPT, normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'energie $N_1(60) > 30$.

Dans notre cas :

$$\propto . S = \frac{a_g}{g} . S = \frac{1.6 * 1.8}{9.81} = \mathbf{0.29} > 0.15$$

Avec un pourcentage des matériaux < 0.08mm de 63 et 73 % pour les matériaux testés, **le risque de liquéfaction peut être négligé dans l'horizon H2.**

Par ailleurs, en l'absence de nappe identifiée, le risque de liquéfaction peut être écarté sur le projet.

4 PRINCIPES CONSTRUCTIFS ET JUSTIFICATION GEOTECHNIQUE

4.1 PREAMBULE

Les précédentes études géotechniques et les reconnaissances de terrains dont particulièrement les essais œdométriques ont mis en évidence la présence de sols latéritiques compressibles sur plus de 10 m de profondeur, voir supérieure à 17 m/TN (Cf. référence à l'historique du secteur – mission G2 AVP Fondater).

La solution de fondation retenue est une solution de fondation superficielle, de type **radier porteur rigide, sollicitant une épaisse couche de forme et nécessitant la mise en œuvre d'un remblai de pré-chargement.**

On rappelle que les charges réparties apportées par le bâtiment sont de **35 kPa** (y compris radier) dans la zone de stockage et de **25 kPa** (y compris radier) dans la zone de bureau.

D'après le plan topographique transmis, la surcharge apportée par les remblais de compensation altimétrique sera caractérisée de la façon suivante (poids volumique des remblais considéré à 20 kN/m^3). :

- Le niveau fini du projet est prévu à la cote **12.90 mNGWF.**
    - Zone 35 kPa : soit -1.1 m en dessous du terrain actuel → pas de surcharge supplémentaire
    - Zone 25 kPa : soit +1.0 m au dessus du terrain actuel → surcharge supplémentaire de **20 kPa**

4.2 PRINCIPE DE PRECHARGEMENT

Compte tenu de la compressibilité des argiles limoneuses sur 10 m de profondeur environ, il sera nécessaire de traiter ces sols de manière à limiter les tassements absolus et différentiels à long terme. Une solution de traitement des sols par préchargement est envisageable.

Cette technique consiste en la mise en place d'un remblai provisoire en surépaisseur amenant une contrainte supérieure à la contrainte de service et qui a pour effet de provoquer un tassement et donc une consolidation des couches compressibles. Après stabilisation des tassements, on retire le volume de remblai excédentaire pour réaliser la plateforme des bâtiments. Ce procédé permet un contrôle du comportement du sol par mesures des tassements avant la réalisation de l'ouvrage définitif.

En l'absence de sondage pressiométrique, les calculs de tassement ont été réalisés selon la méthode œdométrique, dont les caractéristiques des sols sont les suivantes **:**

Nature géologique estimée		**Profondeur de la base (m/TA)**
H1	**(H1) Terre végétale**	1.0
H2	**(H2) Argiles latéritiques à cailloutis**	>10.0

Sondage	Sondage A	Sondage B
Profondeur d'essai/ TA (m)	2.73 m	2.60 m
Horizon géologique	H2- argile limoneuse	H2- argile limoneuse
Indice des vides e_0	1.190	1.483
Contrainte effective verticale en place σ'_{v0} (kPa)	48	41
Contrainte de préconsolidation $\sigma'p$ (kPa)	56	35
Indice de compression Cc	**0.249**	**0.515**
Indice de décompression Cs	0.009	0.012
Vitesse de consolidation moyenne Cv (m²/s)	1.76 x10^{-7}	8,49 x10^{-8}
Rapport Cc/(1+e_0)	0.113	0.207
Etat de consolidation sans projet	**$\sigma'p > \sigma'_{v0}$ Surconsolidé**	**$\sigma'p < \sigma'_{v0}$ Sous-consolidé**
Etat de consolidation avec projet	**$\sigma'p$ (56 kPa) < σ'_{v0} (48 + 35 kPa) Sous-consolidé**	**$\sigma'p$ (35 kPa) < σ'_{v0} (41 + 35 kPa) Sous-consolidé**

4.3 RADIER PORTEUR RIGIDE SOLLICITANT UNE COUCHE DE FORME

4.3.1 PRINCIPE DE FONDATION – NIVEAU D'ASSISE

Sous réserve de la mise en œuvre d'un remblai de préchargement, le principe de fondation pourra consister à reporter les charges du bâtiment par un **radier porteur rigide**, sollicitant les formations argileuses du site par l'intermédiaire d'une couche de forme, d'une **épaisseur minimale de 2.0 m**, et à condition que la structure permette une bonne répartition des charges.

Le radier et l'ajustement de la couche de forme support de radier seront mis en place après avoir retiré le surplus du remblai de préchargement.

Des remblais de surélévations seront nécessaires en partie Sud et Est du projet pour atteindre le niveau de la plateforme donnée à 12.9 m NGWF, sur des épaisseurs de 1.0 m/TN au maximum, soit une surcharge supplémentaire de **20 kPa à ajouter à la charge du bâtiment.**

Soit une charge répartie totale de :

- Zone 35 kPa : soit -1.1 m en dessous du terrain actuel → pas de surcharge supplémentaire, **avec q = 35 kPa**
- Zone 25 kPa : soit +1.0 m au dessus du terrain actuel → surcharge supplémentaire de **20 kPa, avec q = 45 kPa**

La contrainte moyenne développée sur le radier sera d'environ :

q = 35 à 45 kPa

Cette contrainte moyenne correspond à un coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture de : **F ≥ 3.3** pour une contrainte à l'ELS limitée à 150 kPa au sein de la couche de forme.

Cette contrainte moyenne correspond à un coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture de : **F ≥ 1.5** pour une contrainte à l'ELS limitée à 70 kPa au sein des latérites (H2).

4.3.2 MISE EN ŒUVRE DU REMBLAI DE PRECHARGEMENT ET DU REMBLAI TECHNIQUE

Pour la mise en œuvre du remblai technique et du remblai de préchargement, on procèdera de la façon suivante :

1. Purge de la terre végétale sur 0.1 à 1.0 m de profondeur et des matériaux latéritiques jusqu'à la cote minimale de 10.9 ou 11.35 m NGWF;
2. Compactage du fond de fouille et pose d'un géotextile (assurant à la fois une fonction anti-contaminante et de renforcement) sur tout le fond de forme (après cloutage éventuel) ;
3. Mise en place du remblai technique (couche de forme) jusqu'au niveau de plateforme fini sur une épaisseur de 2.0 m au minimum.

   Le remblai d'apport sera constitué d'un matériau noble insensible à l'eau (VBS < 0.4), de granulométrie 0/80 ou 0/100 de type C1B4 / C1B3 selon le GTR peu dégradable (Dg < 5), de caractéristiques intrinsèques Los Angeles et Micro-Deval < 45 avec un pourcentage de fines à 80 µm inférieur à 7% selon les recommandations du LCPC-COPREC,

   Les qualités de ce matériau devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien). Le matériau sera mis en place par couches de 0.30 à 0.40 m, soigneusement compactées selon le GTR

   Une couche de finition constituée par un matériau propre de granulométrie 0/31.5 mm sur une épaisseur minimale de 0.30 m soigneusement compactée (assise du radier) pourra ensuite mise en place à la fin de la phase du pré-chargement.

4. Des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité du compactage. Ils seront réalisés tous les 0.50 m d'élévation. Les valeurs minimales à obtenir (au niveau de l'assise du radier) seront :

   EV2/EV1 ≤ 2.0 et EV2 > 50 MPa couche intermédiaire et EV2>80 MPa couche finale

   Module de Westergaard **:** Kw ≥ 50 à 70 MPa/m sous radier en fonction des surcharges réelles
5. Mise en œuvre d'un géotextile non tissé sur l'emprise de la couche de forme afin d'éviter la pollution de ce remblai avec les matériaux du remblai de pré-chargement.
6. Mise en œuvre du remblai de pré-chargement avec un matériau de type tout venant (poids volumique contrôlé) par couches successives compactées grossièrement (roulement des engins de chantier) ;

4.3.3 CALCUL DES TASSEMENTS SOUS LA CHARGE PROJET – COMPORTEMENT OEDOMETRIQUE DES SOLS

D'après les informations transmises, la charge de l'ouvrage est limitée à :

- Zone 35 kPa : soit -1.1 m en dessous du TN → pas de surcharge supplémentaire, **avec q = 35 kPa**
- Zone 25 kPa : soit +1.0 m au dessus du TN → surcharge supplémentaire de **20 kPa, avec q = 45 kPa**

Afin d'obtenir une valeur supérieure à cette contrainte, on prévoira le préchargement avec une couche de remblais d'une hauteur comprise entre 1.7 et 2.2 m, respectant un débord de 1.5 m en périphérie.

- H remblai de préchargement = **1.7 m** depuis le niveau de la plateforme fini

  (Zone 35 kPa : soit -1.1 m en dessous du TN → pas de surcharge supplémentaire, avec q = 35 kPa)
- H remblai de préchargement = **2.2 m** depuis le niveau de la plateforme fini

  (Zone 25 kPa : soit +1.0 m au dessus du TN → surcharge supplémentaire de 20 kPa, avec q = 45 kPa)

Les tassements ont été calculés à l'aide du logiciel FOXTA, module Tasseldo. Les résultats sont présentés ci-après :

Contrainte appliquée (kPa)	Hauteur de sol compressible (m)	Tassement œdométrique (cm)	
		Sondage A	Sondage B
45	8	9.3	27.2
35		6.5	22.1

D'après ces résultats, et en considérant une modélisation des tassements selon un comportement œdométrique du sol, des tassements compris entre 6.5 et 27.2 cm seront à attendre pour une descente de charge de 35 à 45 kPa.

Le modèle géotechnique a été limité à la profondeur de 10 m/TA (2 m de couche de forme et 8 m d'argile latéritique de faibles caractéristiques mécaniques). Les tassements ont donc été considéré au sein de cette couche compressible de 8 m d'épaisseur.

Cependant, les sondages n'ayant pas permis de reconnaitre les horizons sous-jacents, les tassements donnés seront à considérer comme des tassements minimums et des tassements plus importants sont possibles. En effet, en l'absence de donnée lithologique et mécanique de l'horizon sous-jacent, il conviendra de considérer un horizon peu résistant en base des argiles latéritiques.

NOTA : En considérant une couche d'argile latéritique de -10 à -20 m de profondeur, présentant un module de Young de 5 MPa, un **tassement supplémentaire de l'ordre de 5 cm environ** (modèle élastique) devra être ajouté au tassement œdométrique de la couche compressible de -2 à -10 m de profondeur/TA.

4.3.4 MODELISATION DES SOLS EN COMPORTEMENT ELASTIQUE

En considérant un comportement élastique du sol, un calcul de tassement a été réalisé sur la base des corrélations suivantes :

- Argile limoneuse de classe GTR de type A1
- Résistance dynamique moyenne de Rd = 1.5 MPa
- Coefficient de poisson de 0.3
- Loi de comportement : élastique linéaire
- Détermination de la pression limite pl* sur la base des corrélations de E. Waschkowski

Nature du sol	q_d/q_c	q_d/p_{LM}	q_d/E_M
Argiles, limons et vases normalement consolidés, sables lâches ou moyennement denses	≈ 1	1,4 à 2,5	0,1 à 0,3
Argiles et limons surconsolidés	1 à 2	3 à 5	0,2 à 0,4
Sables et graviers, sables limoneux ou argileux denses à très denses	0,5 à 1	5 à 10	0,4 à 1,5

Soit pl* de 0.3 MPa considéré dans les argiles limoneuses.

De là, une corrélation du module pressiométrique avec E_M ≈ 3 MPa et Ey ≈ 4,5 MPa

D'après un comportement des couches élastiques, les tassements calculés sous Foxta – module TASSELDO sont les suivantes :

Contrainte appliquée (kPa)	Hauteur de sol compressible (m)	Tassement pressiométrique (cm)
45	8	5.6
35		4.4

En considérant un comportement élastique des sols argilo-limoneux, les tassements attendus seront compris entre 4.4 et 5.6 cm pour une surcharge répartie de l'ouvrage comprise entre 35 et 45 kPa.

Ces ordres de grandeur de tassement se rapprochent de ceux obtenus pour la méthode de calcul œdométrique au droit du sondage A (6.5 à 9.3 cm de tassement).

Les tassements obtenus avec un modèle de sol élastique sont tout de même inférieurs, et compte tenu de la nature des terrains (A1), le modèle de sol élastique pourrait être plus représentatif du comportement réel des sols (à confirmer en EXE lors du pré-chargement).

4.3.5 TEMPS DE CONSOLIDATION SOUS PRECHARGEMENT

Les sols compressibles sur 8 m de profondeur (substitution de 2 m d'épaisseur en tête pour la mise en place de la couche de forme) mettront beaucoup de temps à se consolider. Il sera donc nécessaire de mettre en œuvre un pré-chargement sur cette couche épaisse d'argile.

Nous prendrons un coefficient de consolidation de 8,49 $x10^{-8}$ m^2/s (calculé sur la base de l'échantillon de sol le plus compressible) pour le sondage B, et un coefficient de consolidation de 1.76 $x10^{-7}$ m^2/s pour le sondage A.

Le délai de pré-chargement peut être optimisé, avec un temps maximal possible de 1 an d'après les données transmises.

On déduit ainsi le degré de consolidation associé à différent temps de pré-chargement :

Sondage B :

Sondage B - Temps de pré-chargement : 1 an					
Contrainte appliquée (kPa)	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv à 1 an (%) [argile limoneuse compressible]	Tassement obtenu au bout de 1 an (cm)	**Tassement restant à acquérir (cm)**
45	8 m (substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	8,49 $x10^{-8}$	47	15.1	**12.1**
35				12.2	**9.9**

Sondage A :

Sondage A - Temps de pré-chargement : 1 an					
Contrainte appliquée (kPa)	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv à 1 an (%) [argile limoneuse compressible]	Tassement obtenu au bout de 1 an (cm)	**Tassement restant à acquérir (cm)**
45	8 m (substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	1.76 $x10^{-7}$	66	5.1	**4.2**
35				3.7	**2.8**

Au regard de ces résultats :

- Consolidation de l'ordre de 47 à 66 % à l'issu d'une période de pré-chargement de 1 an ;
- Tassement restant à acquérir important, avec 2.8 à 4.2 cm pour le modèle du sondage A et de 9.9 à 12.1 cm pour le modèle du sondage B à l'issu de 1 an de pré-chargement selon la charge de l'ouvrage ;

La mise en place d'une **augmentation de la hauteur des remblais de pré-chargement** sera nécessaire afin d'accélérer la consolidation de cette couche de sol compressible.

4.3.6 SURELEVATION DU REMBLAI DE PRE-CHARGEMENT

La hauteur maximale de remblaiement peut être évaluée par la formulation :

$$q_u = (\Pi + 2) \cdot c_u = \gamma \cdot h_r$$

Par hypothèse et en l'absence d'essai permettant d'évaluer la cohésion non drainée, nous retiendrons en approche sécuritaire et d'après notre expérience une valeur c = 20 kPa pour les argiles limoneuses.

Il convient d'intégrer un coefficient de sécurité F de 1,5 de sorte que l'expression devienne :

$$h_r = \frac{(\Pi + 2).c_u}{F.\gamma} = \frac{(\Pi + 2).20}{1.5.20} = 3.4\ m$$

Par conséquent, le remblai de pré-chargement ne devra pas excéder 3,4 m de hauteur afin d'éviter le poinçonnement des argiles limoneuses.

En considérant une surélévation supplémentaire de 1.2 m à 1.5 m des remblais de pré-chargement (soit une hauteur totale comprise entre 2.9 et 3.7 m), soit une surcharge supplémentaire de 58 à 74 kPa, on arrive aux résultats suivants :

Sondage B :

Sondage B - Temps de pré-chargement : 1 an (365 jours)						
Contrainte projet (kPa)	Hauteur et Contrainte remblais de surélévation	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv à 1 an (%)	Tassement obtenu après 1 an (cm)	Tassement restant à acquérir (cm)
45	**H total = 3.4 m** 68 kPa	8 m (Substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	$8,49 \times 10^{-8}$	58	21.1	6.1 – non conforme
45	(*) **H total = 3.7 m** 74 kPa				22.6	4.6 – non conforme
35	**H total = 2.9 m** 58 kPa				18.7	3.4 – non conforme

(*) En limitant la hauteur des remblais de pré-chargement à 3.4 m (surcharge appliquée de 68 kPa), le tassement restant à acquérir au bout de 1 an sera encore trop important (> 1.5 cm).

Après un pré-chargement de 1 an, la consolidation des argiles latéritiques sera seulement de 58%, avec des tassements restant à acquérir compris entre 3.4 et 4.6 cm pour une hauteur de pré-chargement comprise entre 2.9 et 3.7 m.

Sur la base des résultats de l'essai oedométrique du sondage B, plusieurs options seront disponibles :

- **OPTION 1 : Augmentation importante du temps de pré-chargement** : pour une hauteur de pré-chargement maintenu entre 2.9 et 3.7 m de hauteur, un temps de pré-chargement de 520 à 600 jours sera nécessaire pour obtenir des tassements résiduels inférieur à 1.5 et 1.0 cm, et une consolidation de 75 %.

Sondage B – Augmentation du temps de pré-chargement							
Temps de pré-chargement	Contrainte projet (kPa)	Hauteur et Contrainte remblais de surélévation	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv (%)	Tassement obtenu à la fin du pré-chargement (cm)	Tassement restant à acquérir (cm)
600 jours	45	**H total = 3.4 m** 68 kPa	8 m (Substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	8,49 $x10^{-8}$	70	26.0	1.2 – conforme
520 jours	35	**H total = 2.9 m** 58 kPa			66	21.6	0.5 - conforme

- **OPTION 2 : Augmentation de la hauteur des remblais de pré-chargement.**

  Il conviendra donc de monter le remblai de pré-chargement en 2 phases pour ne pas risquer le fluage du sol malgré la mise en place d'une couche de forme de 2 m d'épaisseur au préalable (diffusion des charges et donc abaissement de la contrainte en base du remblai).

  A titre indicatif, on pourra prévoir un premier chargement de 2.9 m de hauteur de partout, puis prévoir le complément 1 mois après.

Sondage B – Augmentation de la hauteur des remblais de pré-chargement							
Temps de pré-chargement	Contrainte projet (kPa)	Hauteur et Contrainte remblais de surélévation	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv (%)	Tassement obtenu à la fin du pré-chargement (cm)	Tassement restant à acquérir (cm)
365 jours	45	**H total = 4.5 m** 90 kPa	8 m (Substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	8,49 $x10^{-8}$	58	26.5	0.7 – conforme
365 jours	35	**H total = 3.4 m** 68 kPa			58	21.2	0.9 - conforme

<u>NOTA</u> : l'application des scénarios de pré-chargement selon le sondage B nous parait assez défavorable (comparé au sondage A et à l'approche élastique).

Il conviendra donc de ré-ajuster l'analyse des tassements à l'issu d'une phase de pré-chargement de 1 mois pour une hauteur de remblais limité à 2.9 m. Durant cette phase, le remblai devra être instrumenté afin de suivre de façon bi-hebdomadaire a minima l'évolution des tassements acquis.

Sondage A :

Sondage A - Temps de pré-chargement : 250 jours							
Temps de pré-chargement	Contrainte projet (kPa)	Hauteur et Contrainte remblais de surélévation	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv (%)	Tassement obtenu à la fin du pré-chargement (cm)	Tassement restant à acquérir (cm)
250 jours	45	**H total = 3.4 m** 68 kPa	8 m (Substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	1.76 $x10^{-7}$	66	7.8	1.5- conforme
250 jours	35	**H total = 2.5 m** 50 kPa			66	5.2	1.3 - conforme

4.3.7 CONCLUSIONS ET ANALYSES

Ainsi, le tassement résiduel absolu restant à acquérir par les sols compressibles après le pré-chargement sera de l'ordre de 0.5 à 1.5 cm.

Les temps de pré-chargement pourront être compris entre 250 jours et **365 jours** selon un **comportement œdométrique des argiles latéritiques** considérées entre -2 m et -10 m de profondeur/TA, et pour des hauteurs de remblai de pré-chargement comprises entre 2.5 et 4.5 m (pour le scenario du sondage B, les hauteurs de remblais de pré-chargement pourront être diminuées mais pour des temps de pré-chargement de plus de 520 à 600 jours).

Pour rappel, il conviendra de réaliser des phases de remblaiement pour des hauteurs de remblai supérieure à 3.4 m afin de ne pas risquer de poinçonner le sol support malgré la mise en place de la couche de forme.

Le suivi et l'instrumentation des remblais de pré-chargement sur les premiers jours jouera un rôle déterminant dans l'analyse du comportement oedométrique ou élastique des argiles latéritiques, et donc de la temporalité du temps de pré-chargement et de l'ordre de grandeur des tassements à attendre. **Des ajustements du temps des pré-chargements et de la hauteur des remblais devra être réalisé après 1 mois de pré-chargement après re-calage des courbes de consolidation en fonction des tassements réellement mesurés.**

Pour rappel, pour un comportement de sol élastique (méthode pressiométrique), les tassements estimés sont compris entre 4.4 et 5.6 cm (§4.3.4).

On prévoira un suivi précis et régulier des tassements.

Pour rappel, cette étude de tassement a considéré une couche compressible de 8 m d'épaisseur sur la base des résultats des investigations de sol. La couche compressible pourrait être supérieure à 8 m d'épaisseur, et des tassements plus importants pourront être mesurés lors de la phase de suivi.

4.3.8 SUIVI ET CONTROLE DU PRECHARGEMENT

Le remblai de préchargement devra être laissé pendant une durée suffisante. Le suivi des tassements en fonction du temps permettra de juger de la stabilisation des tassements et de décider de la fin du traitement. **Le tassement du sol devra donc être suivi tout au long de l'opération de préchargement**, l'origine des mesures étant prise avant mise en place de la précharge.

A cet effet, on mettra en place une instrumentation par tassomètres disposés au centre et aux bords du remblai. Ils seront constitués par une plaque posée sur le sol avant le remblaiement et solidaire d'une tige métallique graduée protégée par un fourreau (buse en béton par exemple, selon la figure ci-après). Il sera prévu au moins 3 lignes de tassomètres par plateforme.

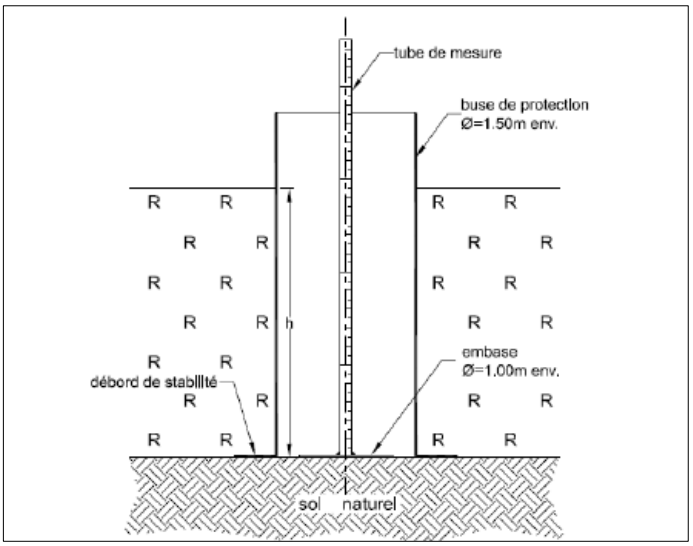


Figure 4 : Exemple d'une coupe de principe d'un tassomètre

Les déplacements seront mesurés par visées optiques par un géomètre-expert à partir d'un point fixe hors de la zone d'influence du préchargement. Il sera considéré comme origine et lui-même contrôlé à chaque mesure. Le suivi de la tige centrale donnera ainsi le tassement global du sol.

La mesure initiale (mesure 0) aura lieu avant la mise en œuvre du remblai de mise à niveau et du préchargement.

Les mesures seront effectuées de façon bi-hebdomadaire le premier mois, puis diminution progressive le 2nd mois en fonction de l'ordre de grandeur des tassements mesurés (par exemple tous les 15 jours jusqu'à la stabilisation des tassements).

4.3.9 CRITERE D'ARRET DU PRECHARGEMENT

On considèrera que les tassements seront stabilisés lorsque les variations de 3 mesures successives espacées de 15 jours chacune seront inférieures à 0.5 cm (pour le dernier mois et demi). Les résultats seront présentés en fonction du temps (échelle semi-logarithmique) et transmis au fur et à mesure ; ils pourront être interprétés selon la méthode d'*ASAOKA*.

Le suivi continu des tassements est une condition indispensable à l'obtention d'un résultat satisfaisant. Les essais et contrôles seront supervisés par un géotechnicien qualifié dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, rattachée à la maîtrise d'œuvre ; l'instrumentation et les mesures proprement dites seront réalisées par l'entreprise au titre de sa mission G3.

Des mesures et une instrumentation complémentaire pourront éventuellement être réalisées par un contrôle extérieur au titre de la mission G4, à charge du maître d'ouvrage.

4.4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES COMPLEMENTAIRES

Compte tenu de la réalisation d'un remblai technique de 2 m d'épaisseur et de la mise en place de nappe de géotextile à l'interface sol / remblai, avec débord périphérique, les effets des variations volumétriques des sols lors des déséquilibres hydriques seront limités.

A titre indicatif, les dispositions complémentaires usuellement recommandées sont les suivantes :

- réalisation de trottoirs étanches périphériques de 2,00 m de largeur minimale *(ou géomembranes étanches)* reliés de façon souple à la construction permettant de limiter les variations hydriques,
- éloignement de toute plantation d'arbre d'au minimum 1,5 fois la hauteur de l'arbre adulte par rapport au bâtiment (ce qui implique l'abattage éventuel d'arbres existants),
- réseaux d'eau (*AEP, EP, EU*) totalement désolidarisés de la structure et proscrits sous le bâtiment, sauf s'ils sont parfaitement étanches, avec exutoire éloigné de la construction. Les autres réseaux sensibles seront équipés de raccords souples.

4.5 TERRASSEMENTS

4.5.1 TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER

Compte tenu de la nature argileuse des terrains superficiels, un traitement du fond de forme pourra s'avérer nécessaire pour assurer la traficabilité sur le site et ce plus particulièrement en période pluvieuse (cloutage du fond de forme et mise en place d'une couche de forme épaisse à l'avancement, drainage, etc.). Cela pourra engendrer un surcoût non négligeable.

L'état du fond de forme est fortement lié aux conditions météorologiques durant les travaux.

4.5.2 EXTRACTION

Dans les sols meubles (couvert végétal, argile, …), les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'extraction. Les déblais pourront être réalisés par des engins de terrassement classique à lame ou à godet.

4.5.3 STABILITE DES TALUS ET AVOISINANT

Le mode d'exécution des terrassements dépend étroitement du niveau d'assise des avoisinants : ouvrages mitoyens, voiries, réseaux, ...

Compte tenu des géologies rencontrées et de leurs caractéristiques mécaniques, des talus en déblai provisoires secs et non surchargés en tête, d'une hauteur maximale de 3.0 m, pourront être terrassés selon une pente de 3H/2V (3 Horizontalement pour 2 Verticalement) dans les argiles limoneuses.

On respectera une pente de 3H/2V dans les talus réalisés en remblais. Les remblais devront être mis en œuvre après purge de la terre végétale et nécessiteront la réalisation d'une bêche d'ancrage dans les terrains en pente.

Le suivi géotechnique d'exécution (mission G4) permettra de vérifier précisément la nature des terrains constituant les talus. Cela permettra également de proposer tout aménagement pour éviter les risques d'instabilités de versant sur la hauteur des terrains décaissés.

Si l'environnement du site ne permet pas ce talutage au large, ou si des ouvrages se situent dans la zone d'influence du talus, on prévoira un ouvrage de soutènement ou un confortement du pied du talus.

4.5.4 SUJETIONS D'EXECUTION

Les règles de l'art seront respectées et notamment :

- Drainage permanent de la plate-forme (gravitaire, tranchées, pompage, etc.),
- Si malgré ces précautions, le drainage n'est pas suffisant, on devra prendre les dispositions suivantes : cloutage, géotextile, traitement au liant hydraulique, etc.
- Protection des talus en phase provisoire et définitive (fossés de tête et de pied, polyane, tranchées drainantes,).

4.6 MISE HORS D'EAU

Lors des investigations géotechniques, aucun niveau d'eau n'a été reconnu au droit des sondages.

En fonction de la date de réalisation des terrassements, des arrivées à moindre profondeur sont toujours possibles. Un pompage provisoire ou simple drainage sera alors nécessaire afin d'épuiser ces venues d'eau et d'assécher le fond de forme. Le matériel nécessaire sera présent sur site.

Dans tous les cas, aucun niveau d'eau ne sera toléré en fond de forme.

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations sera proscrite. Pour ce faire, les eaux de ruissellement et de toiture seront soigneusement collectées (gouttières, contre-pente, …) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour les existants et avoisinants.

5 RECOMMANDATIONS POUR LES MISSIONS SUIVANTES

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la mission d'étude géotechnique de conception phase projet (G2-PRO) confiée à A2EP GEOTEC.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et le projet, c'est-à-dire notamment :

- Les caractéristiques des ouvrages projetés (implantation, descentes de charges, niveau fini, …),
- Le comportement élastique ou œdométrique du sol ;
- L'épaisseur de la couche compressible ayant un impact sur le calcul des tassements ;
- La temporalité des tassements ;
- Les caractéristiques pressiométriques de l'horizon H1 ;
- Les variations d'épaisseur des formations argilo-limoneuses molles ;
- Le caractère potentiellement gonflant des formations latéritiques en place ;
- La traficabilité du site en phase chantier :
- Le niveau du PHE ;
- Les circulations d'eau.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques. Il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques pourra suivre la présente étude (mission G2-PRO) pour limiter les risques d'aléas..

La société A2EP GEOTEC reste à votre disposition pour tous renseignements concernant cette étude.

ANNEXES

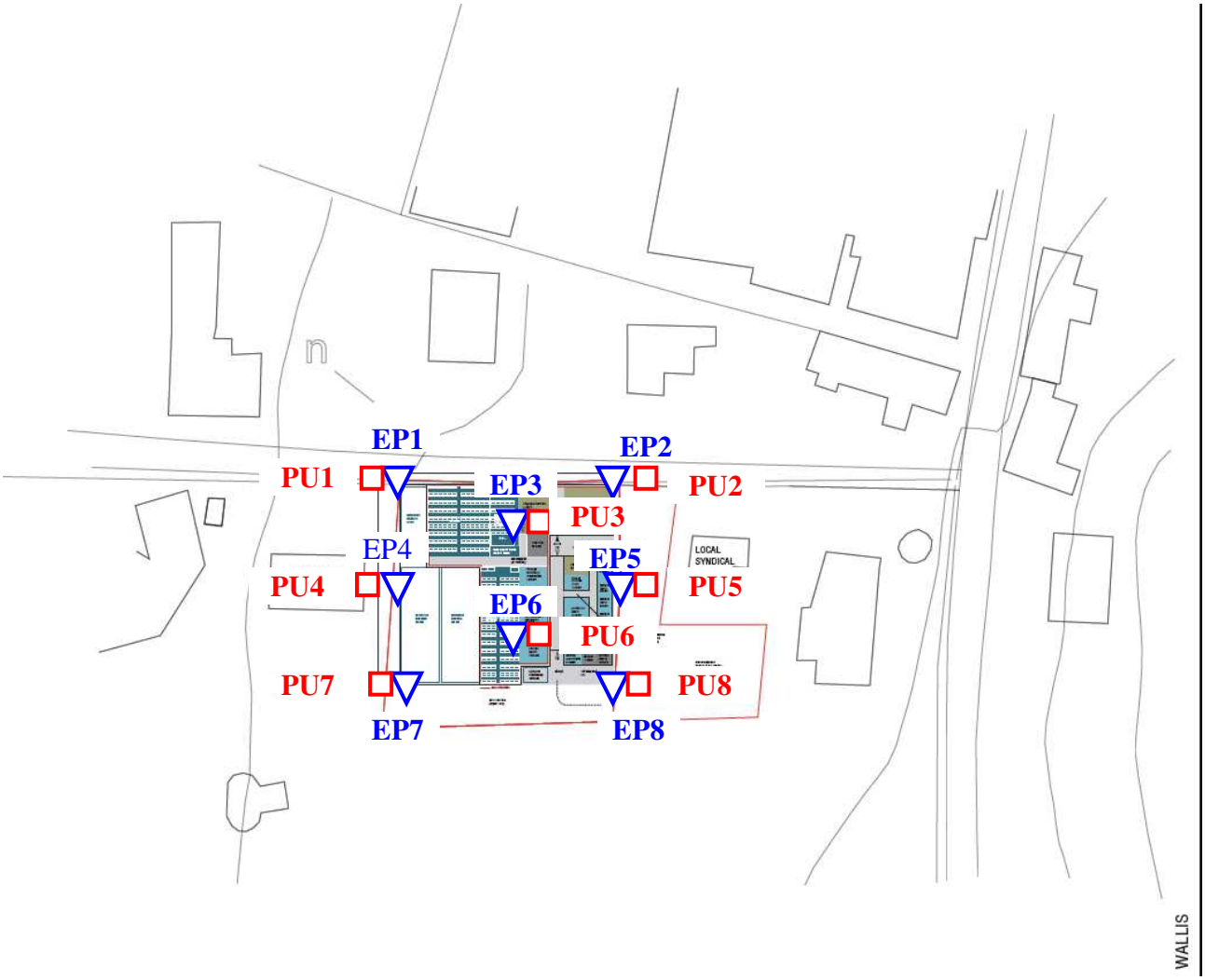
Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages

Annexe 2 : Coupes des sondages

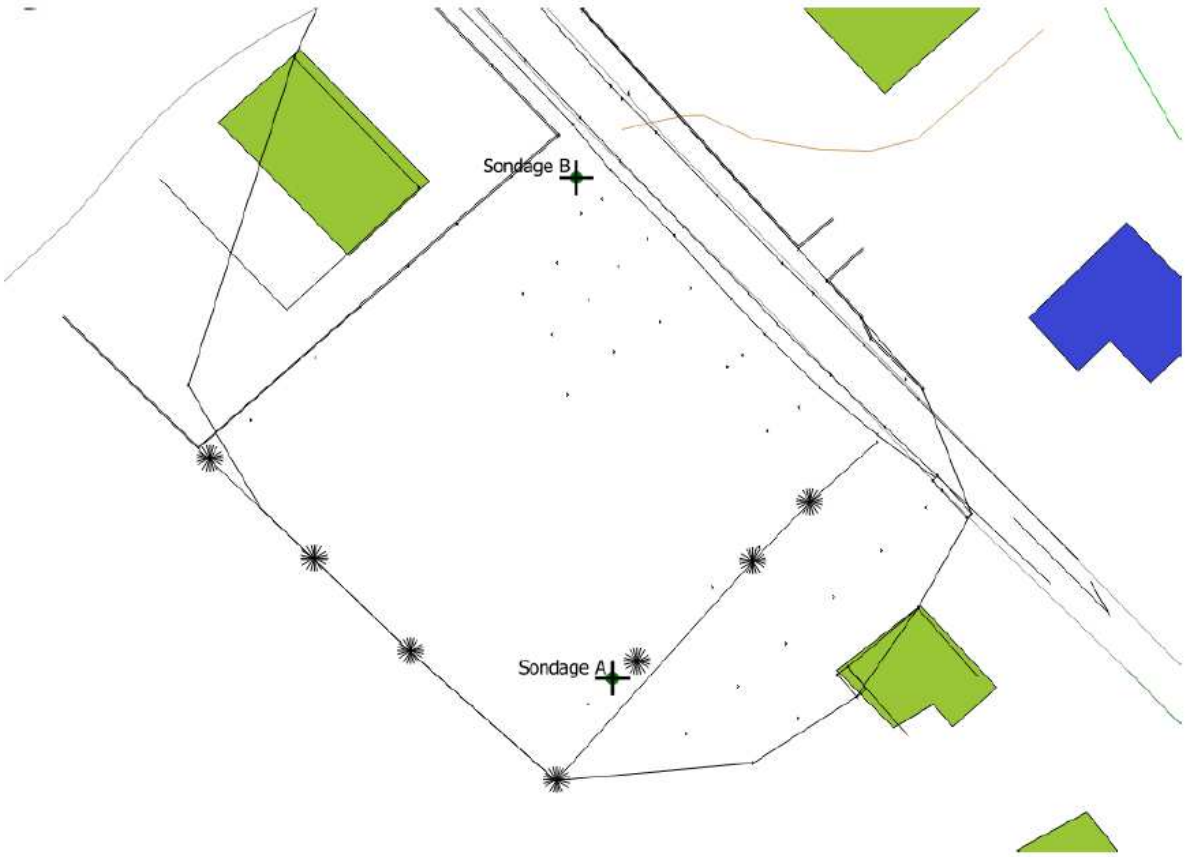
Annexe 3 : Essais en laboratoire

Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages

Annexe 02 – PLAN DE D'IMPLANTATION DES SONDAGES DE LA MISSION G1



Annexe 03 – PLAN DE D'IMPLANTATION DES SONDAGES



Annexe 2 : Coupes des sondages

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU1

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

Remarque : Tracto-pelle

Y:

Fin : 3,10 m

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25

Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	OBSERVATIONS
0.0	Terre végétale	
	Argiles latéritiques rouge foncée à cailloux (10 à 50 mm)	
3.0		Arrêt à 3.10 m
4.0		

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU2

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

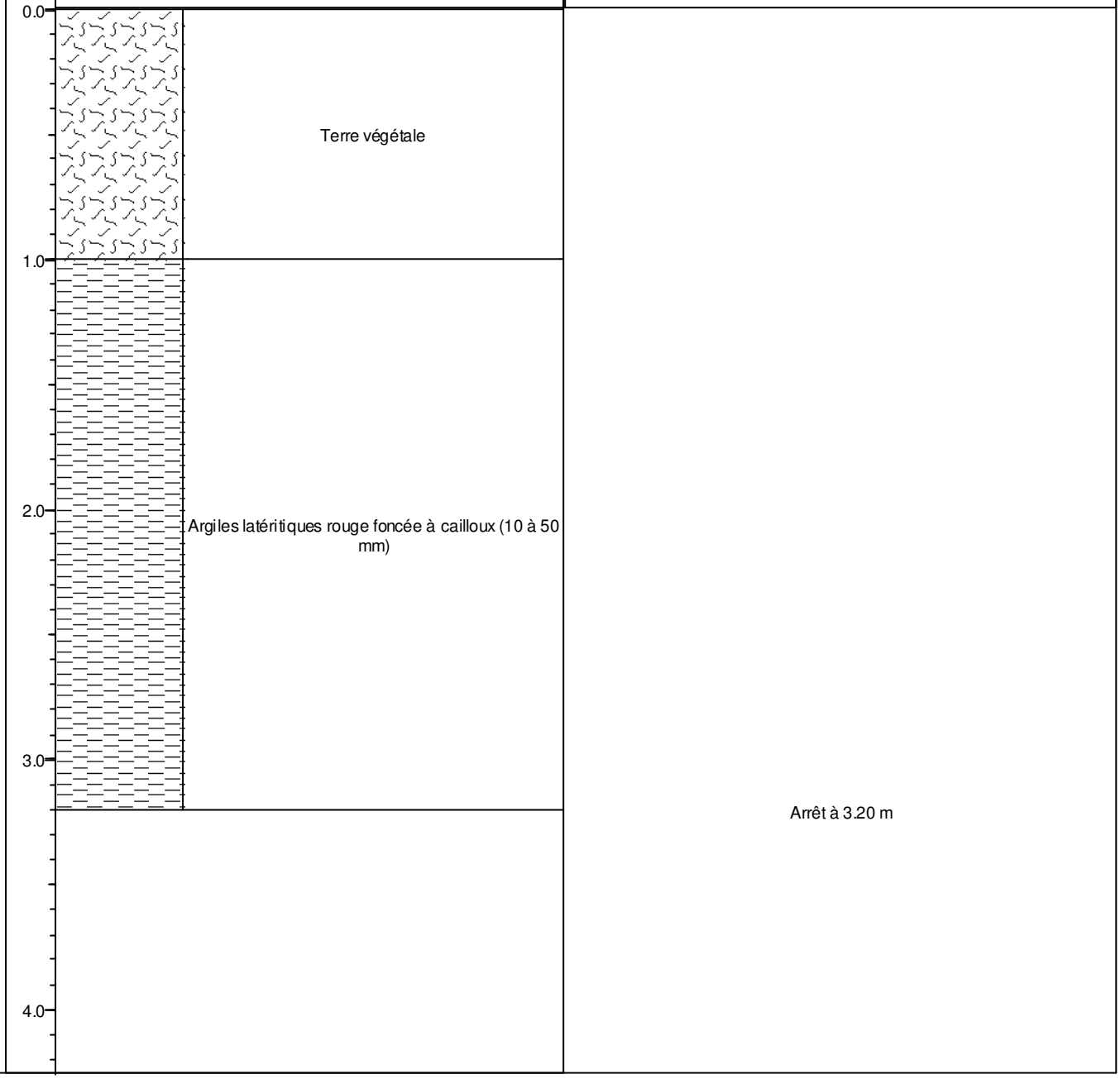
Y:

Fin : 3,20 m

Remarque : Tracto-pelle

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25



FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU3

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

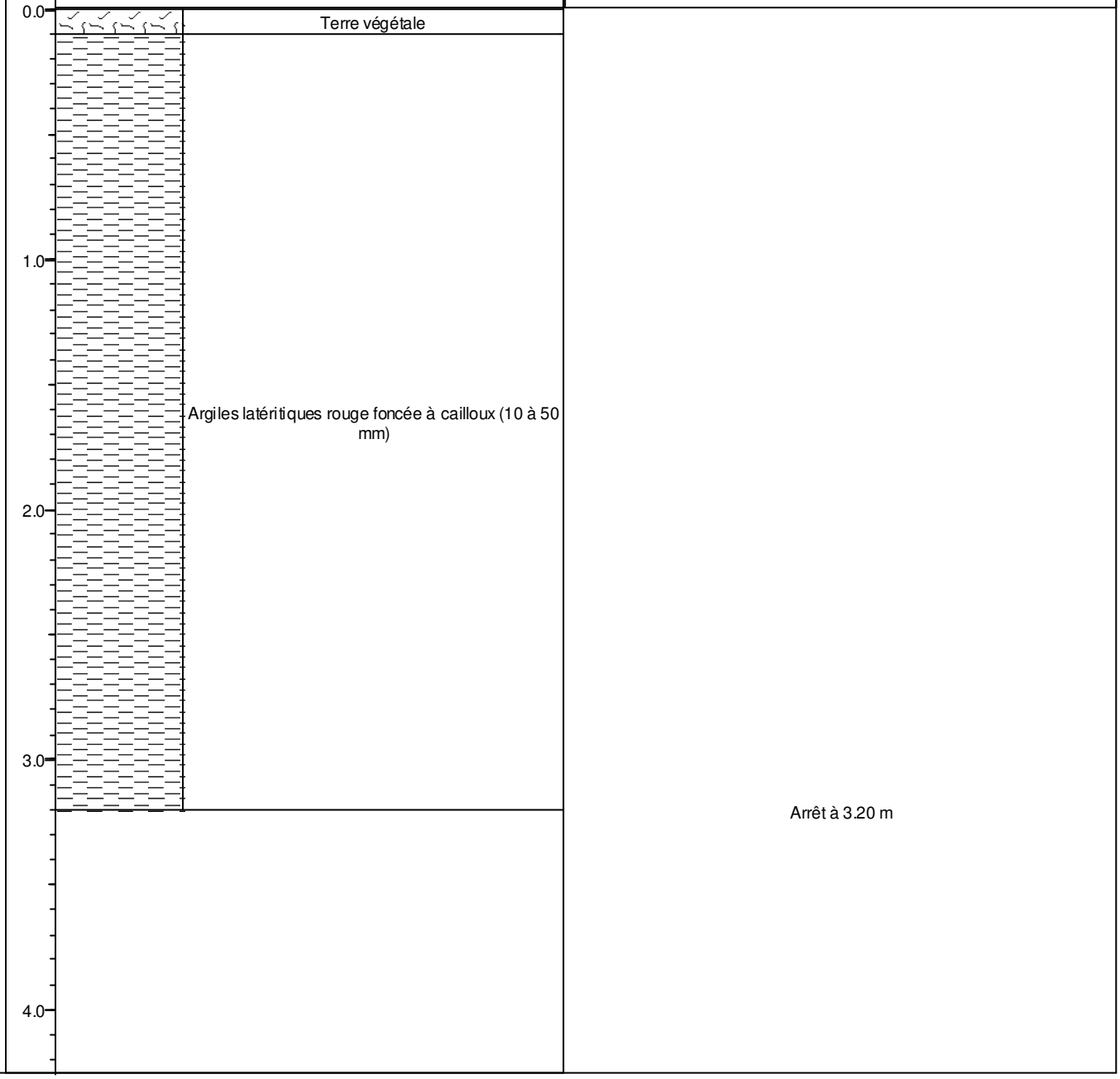
Y:

Fin : 3,20 m

Remarque : Tracto-pelle

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25



FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU4

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

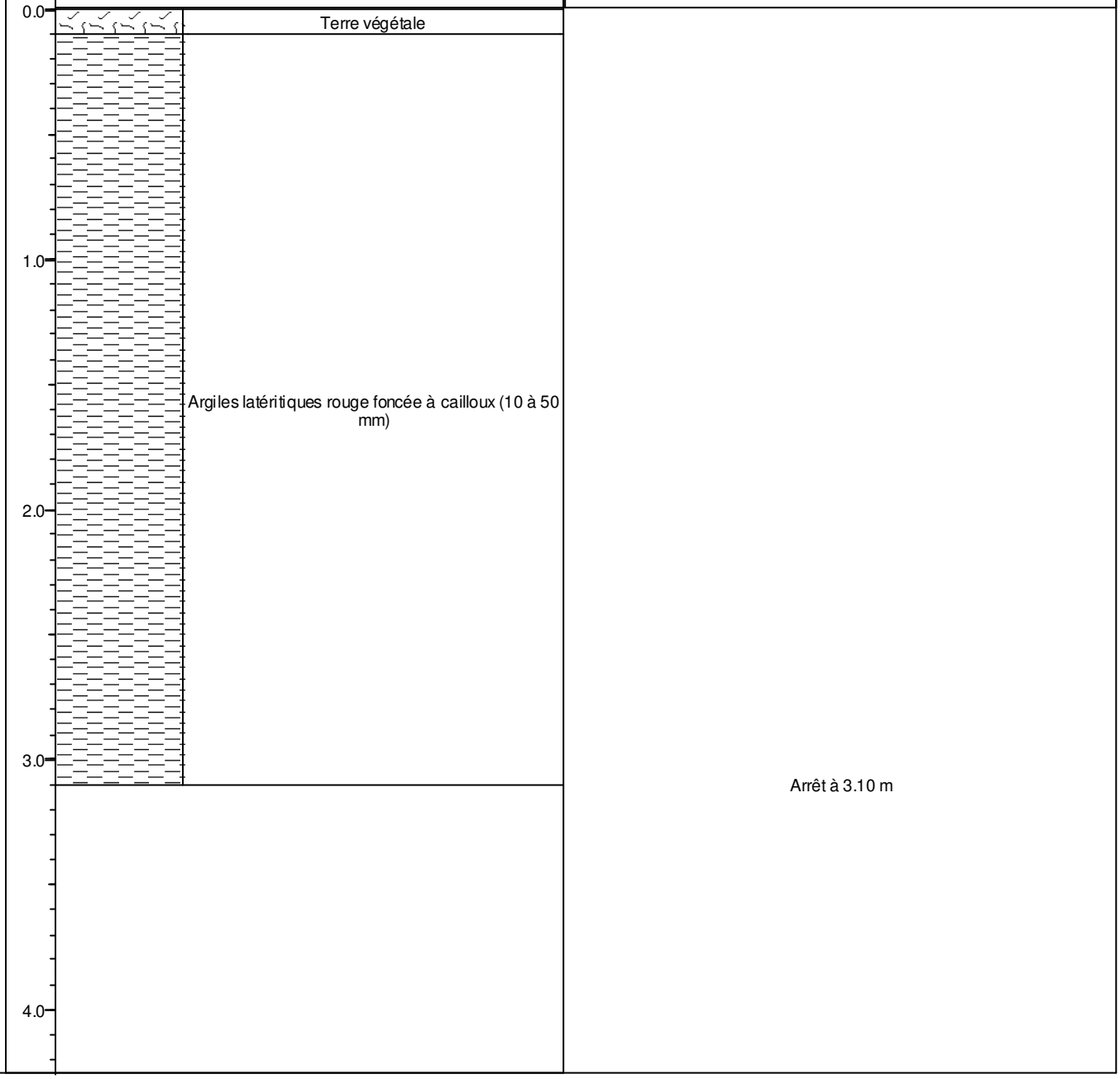
Y:

Fin : 3,10 m

Remarque : Tracto-pelle

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25



FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU5

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

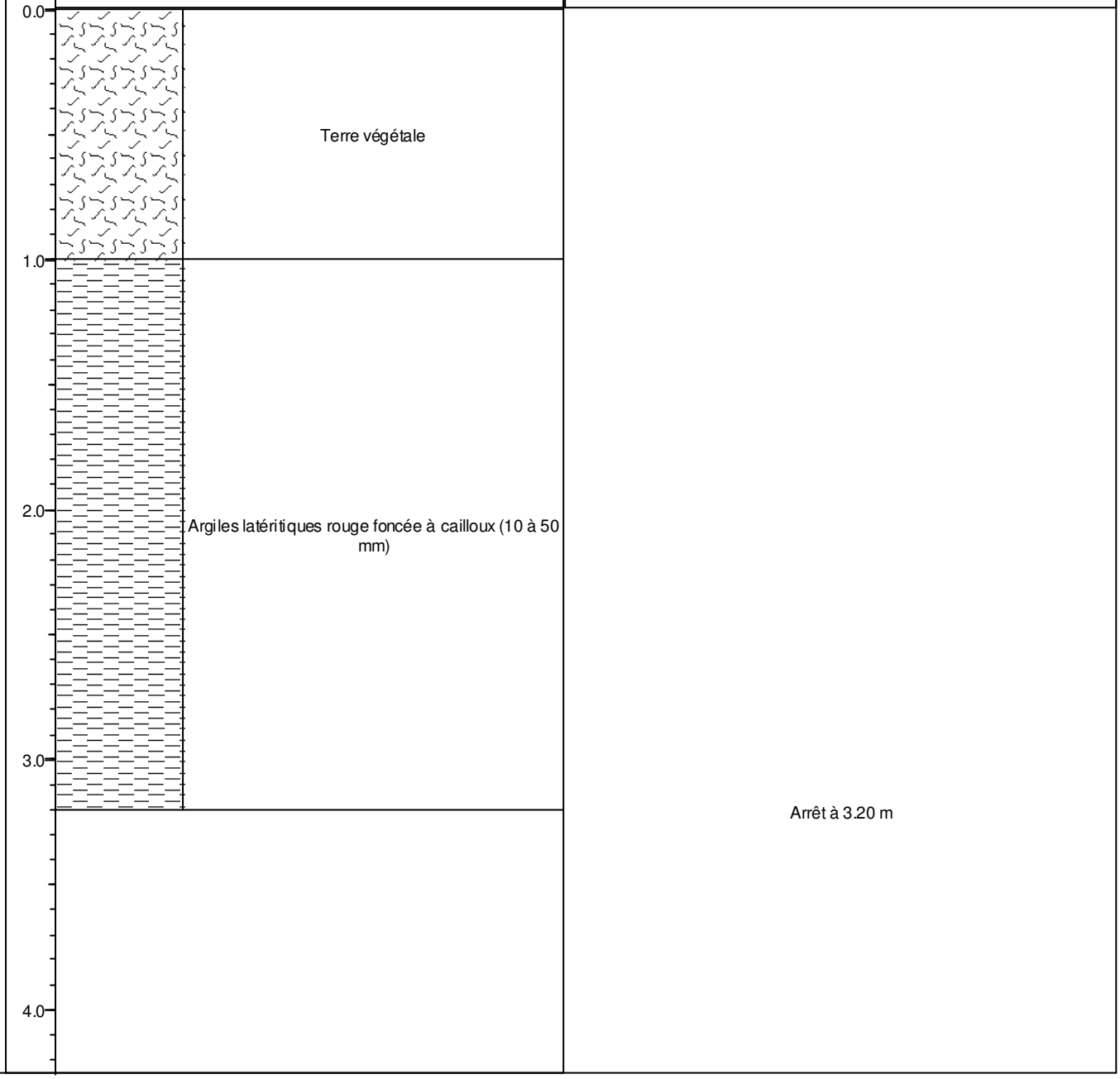
Y:

Fin : 3,20 m

Remarque : Tracto-pelle

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25



FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU6

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

Remarque : Tracto-pelle

Y:

Fin : 3,20 m

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25

Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	OBSERVATIONS
0.0	Terre végétale	
1.0	Argiles latéritiques rouge foncée à cailloux (10 à 50 mm)	
2.0	Argiles latéritiques rouge / orangée à cailloux (10 à 50 mm)	
3.0		Arrêt à 3.20 m
4.0		

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU7

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

Remarque : Tracto-pelle

Y:

Fin : 3,20 m

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25

Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	OBSERVATIONS
0.0	Terre végétale	
	Argiles latéritiques rouge foncée à cailloux (10 à 50 mm)	
3.0		Arrêt à 3.20 m
4.0		

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Puits : PU8

Client : République Française

Type : Puits de sondage

Etude : G222-18

Z:

Date : 29/11/2018

X:

Début : 0,00 m

Remarque : Tracto-pelle

Y:

Fin : 3,20 m

Niveau d'eau:

Echelle : 1 / 25

Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	OBSERVATIONS
0.0	Terre végétale	
1.0	Argiles latéritiques rouge foncée à cailloux (10 à 50 mm)	
2.0		
3.0		Arrêt à 3.20 m
4.0		

Annexe n°05

RÉSULTATS DES ESSAIS PÉNÉTROMÉTRIQUES

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

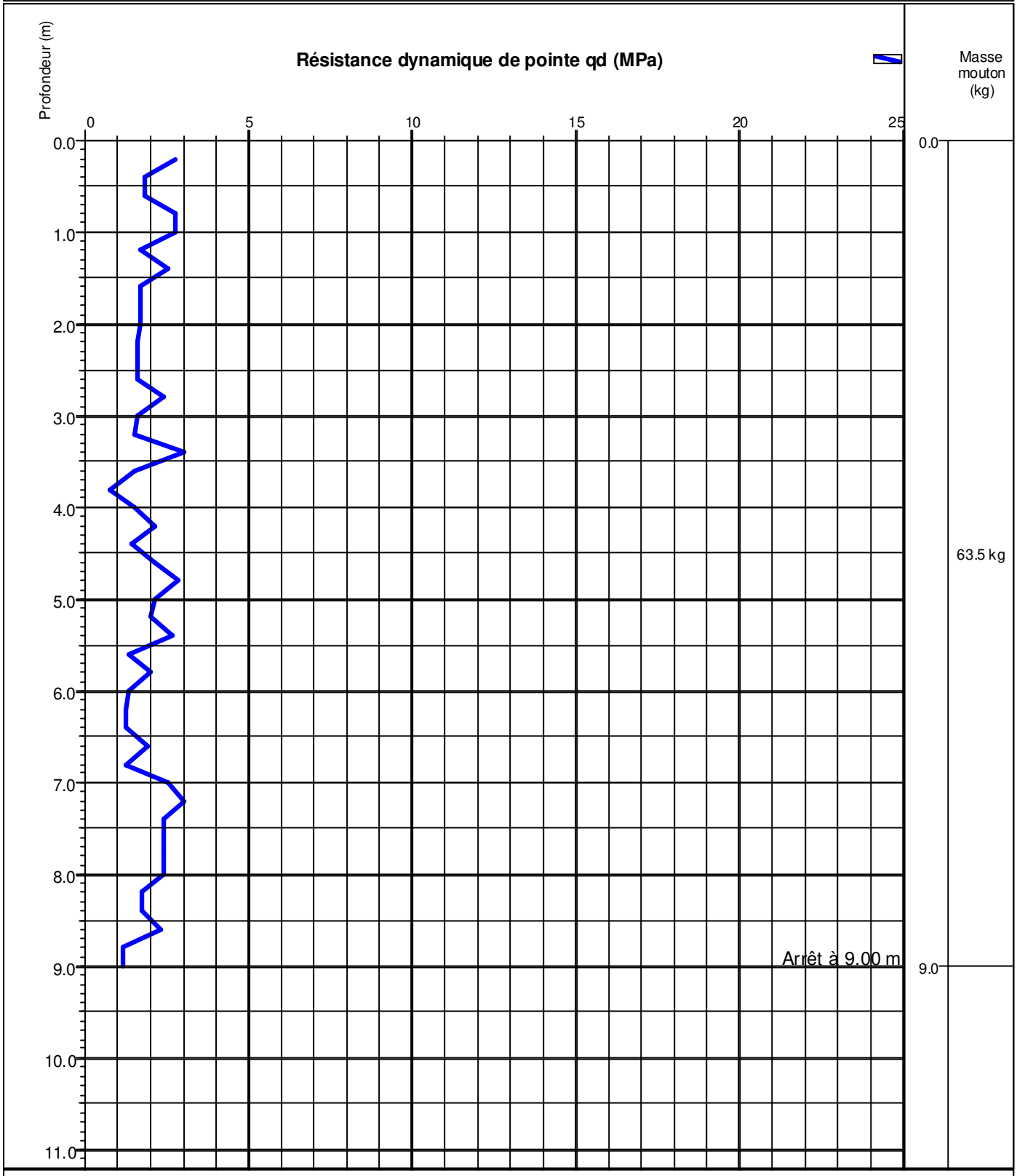
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP1

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 9 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

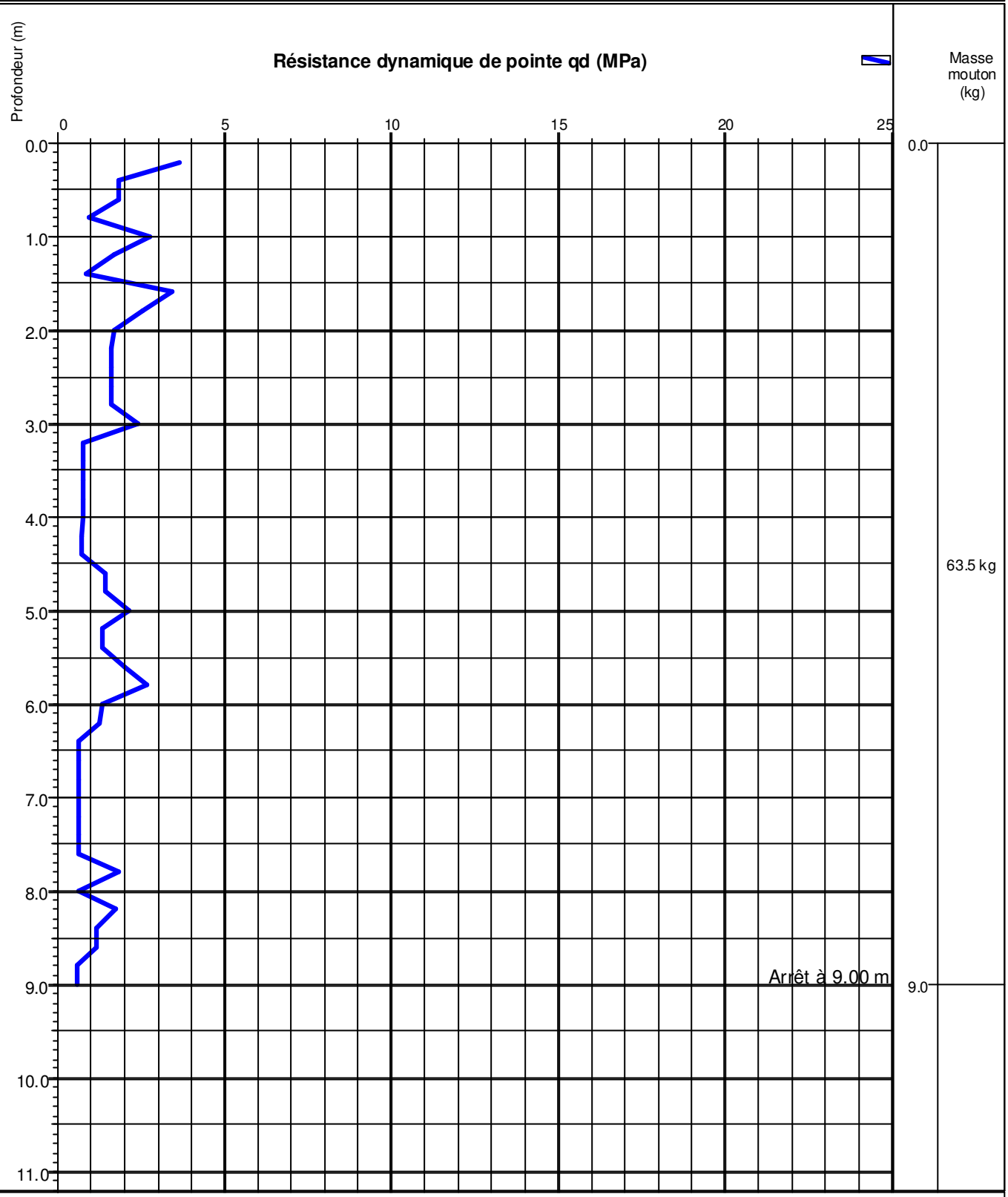
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP2

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 9 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

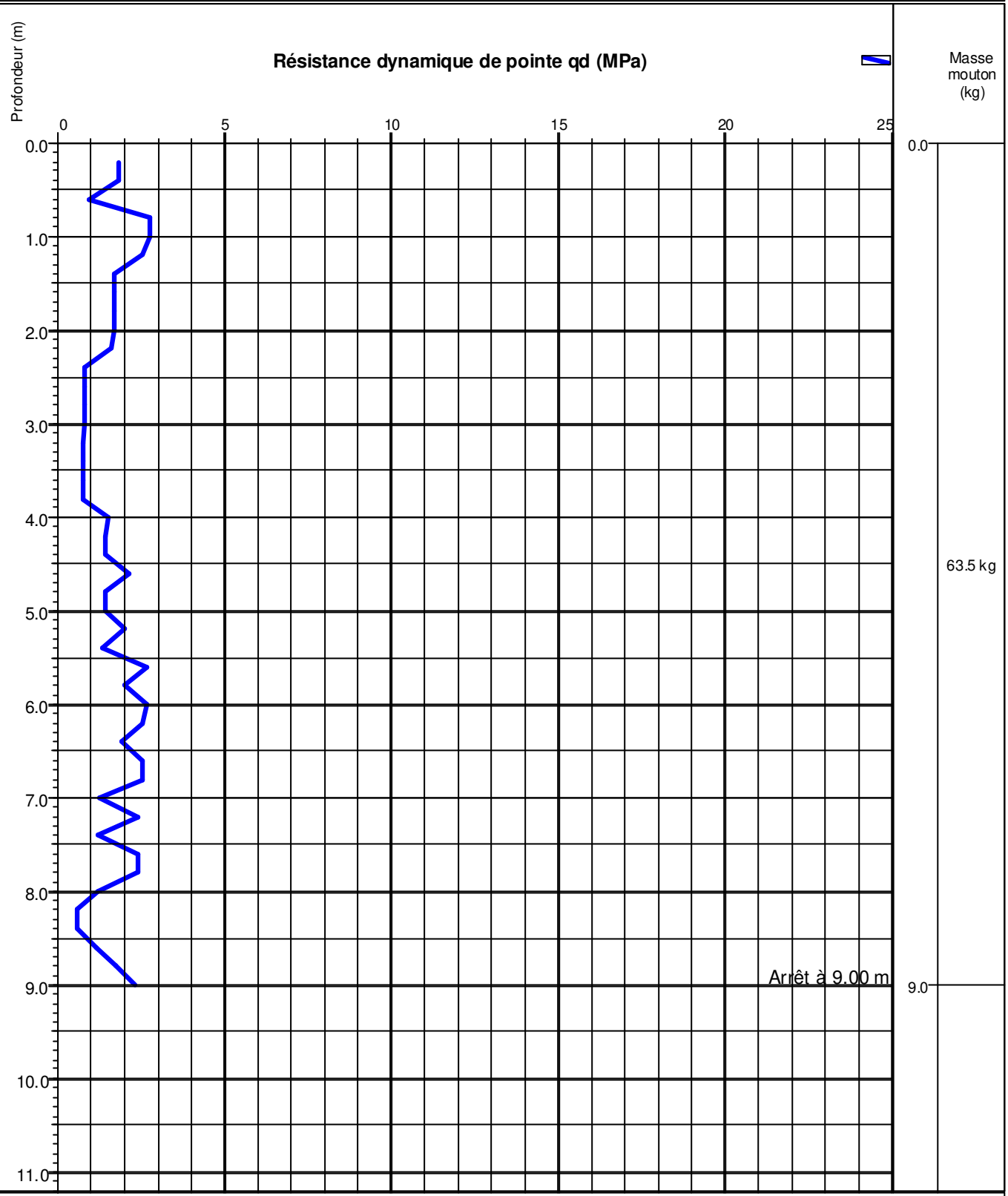
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP3

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 9 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

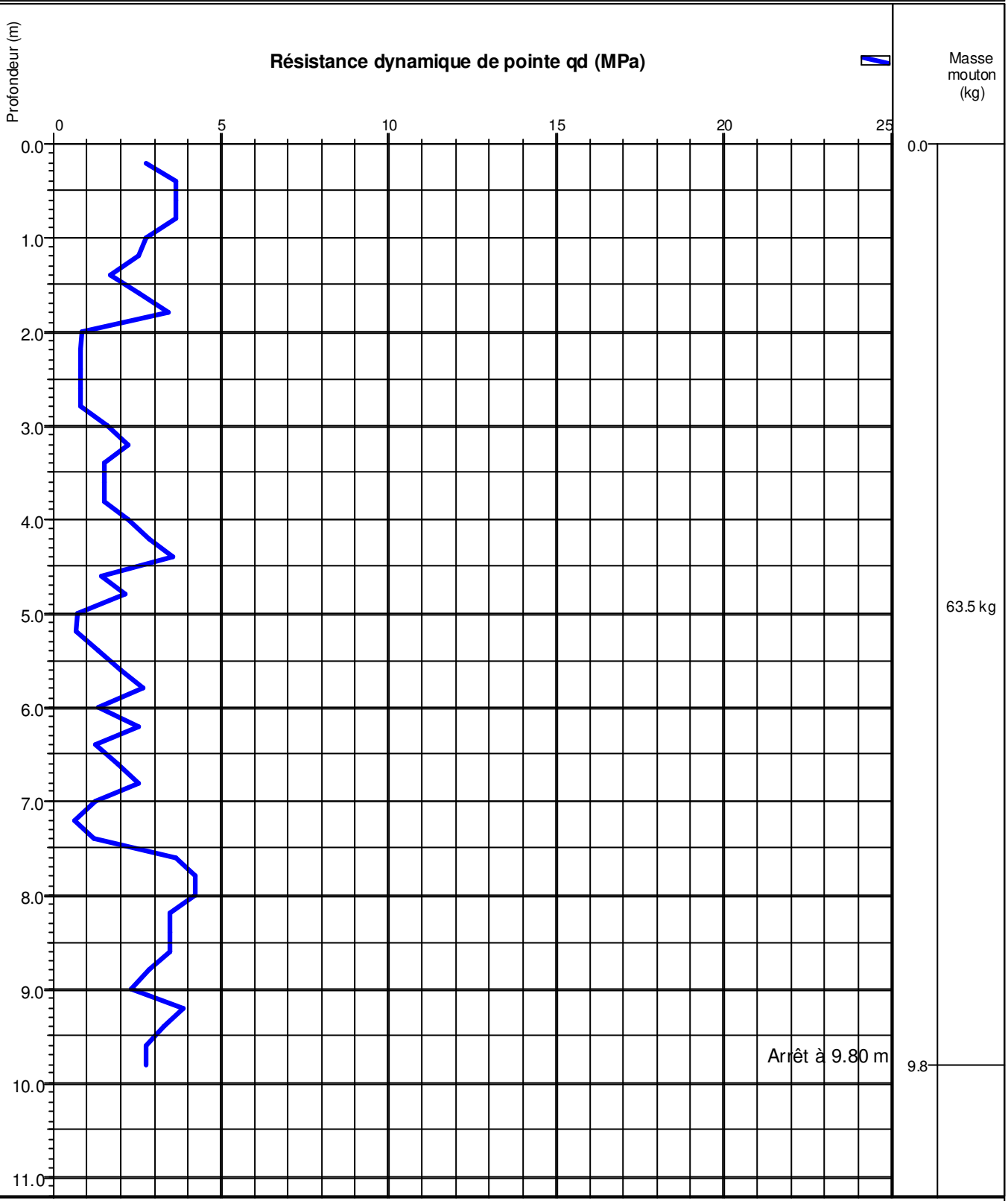
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP4

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 9,8 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

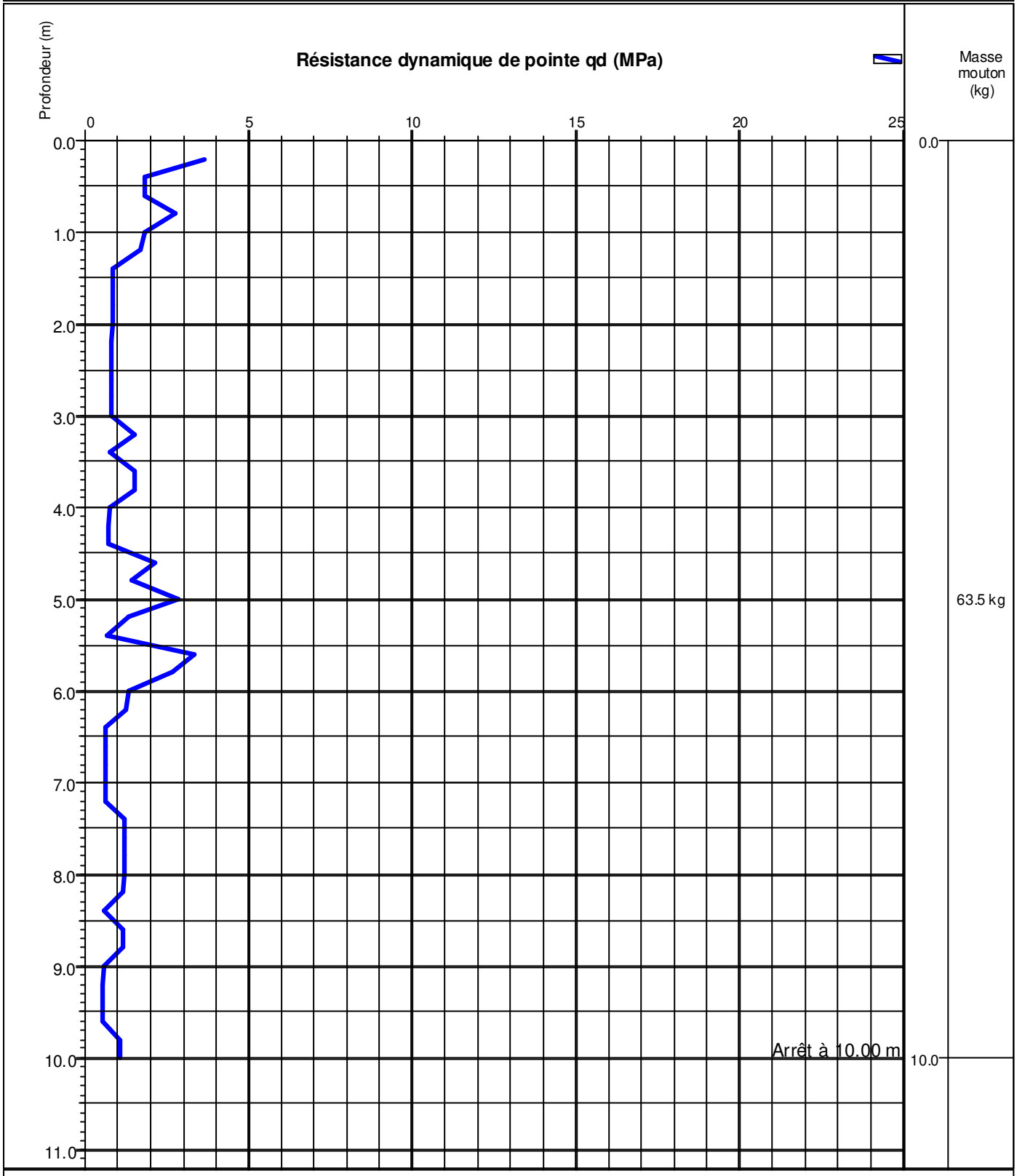
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP5

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 10 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

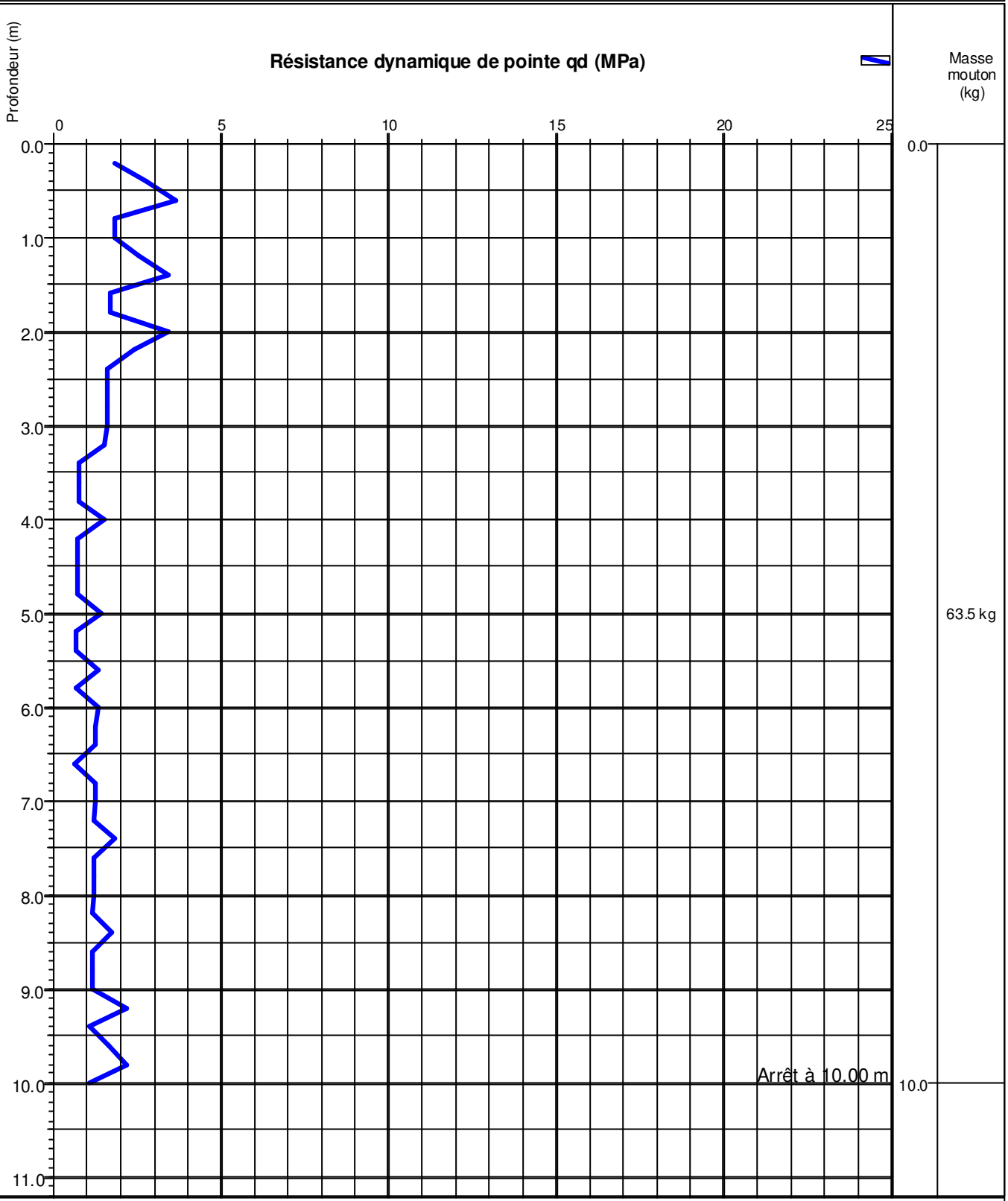
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP6

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 10 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

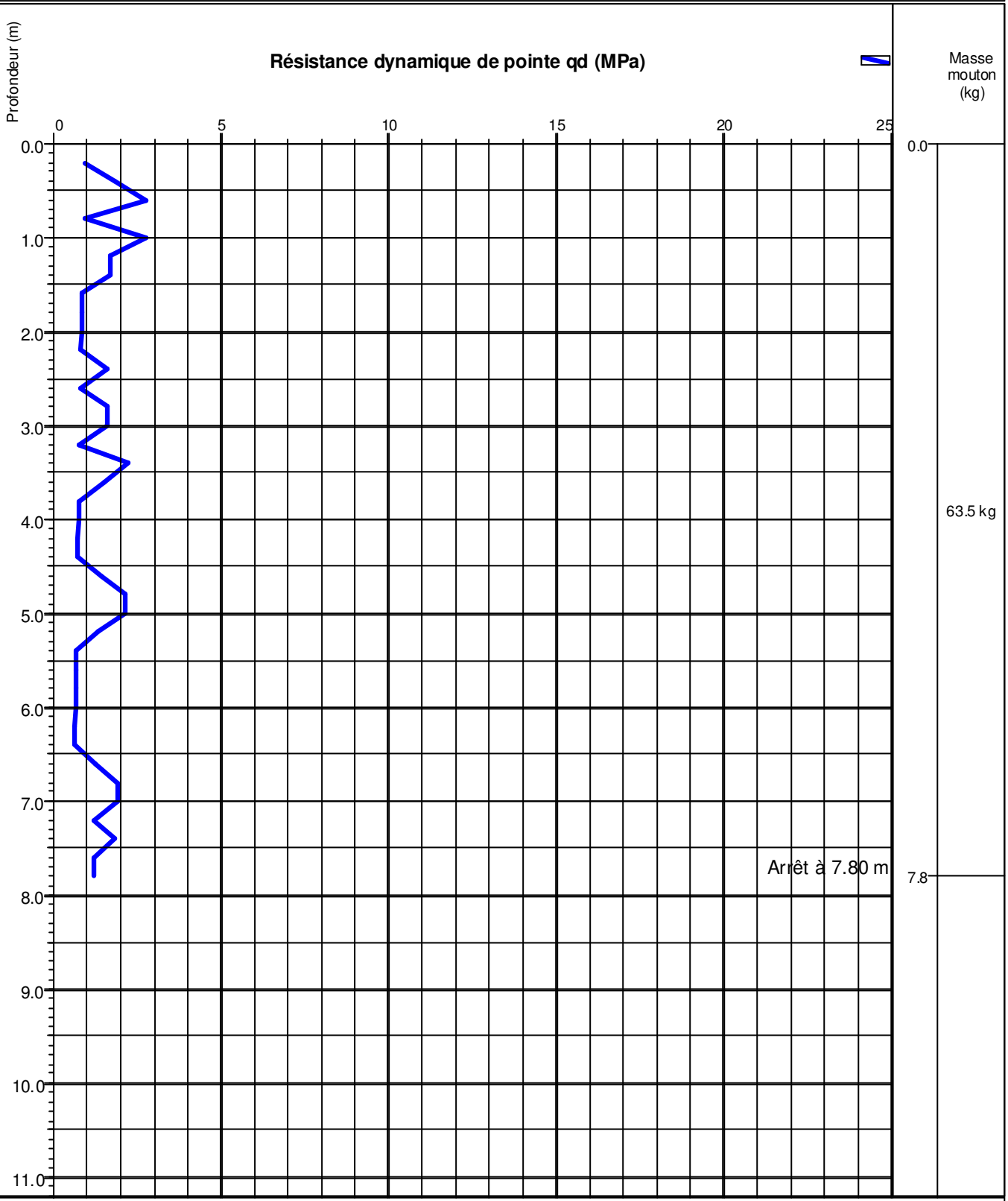
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP7

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 7,8 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

FONDATER NC
Bureau d'études géotechniques

Essai de pénétration dynamique

Effectué conformément à la norme NF EN ISO 22476-2

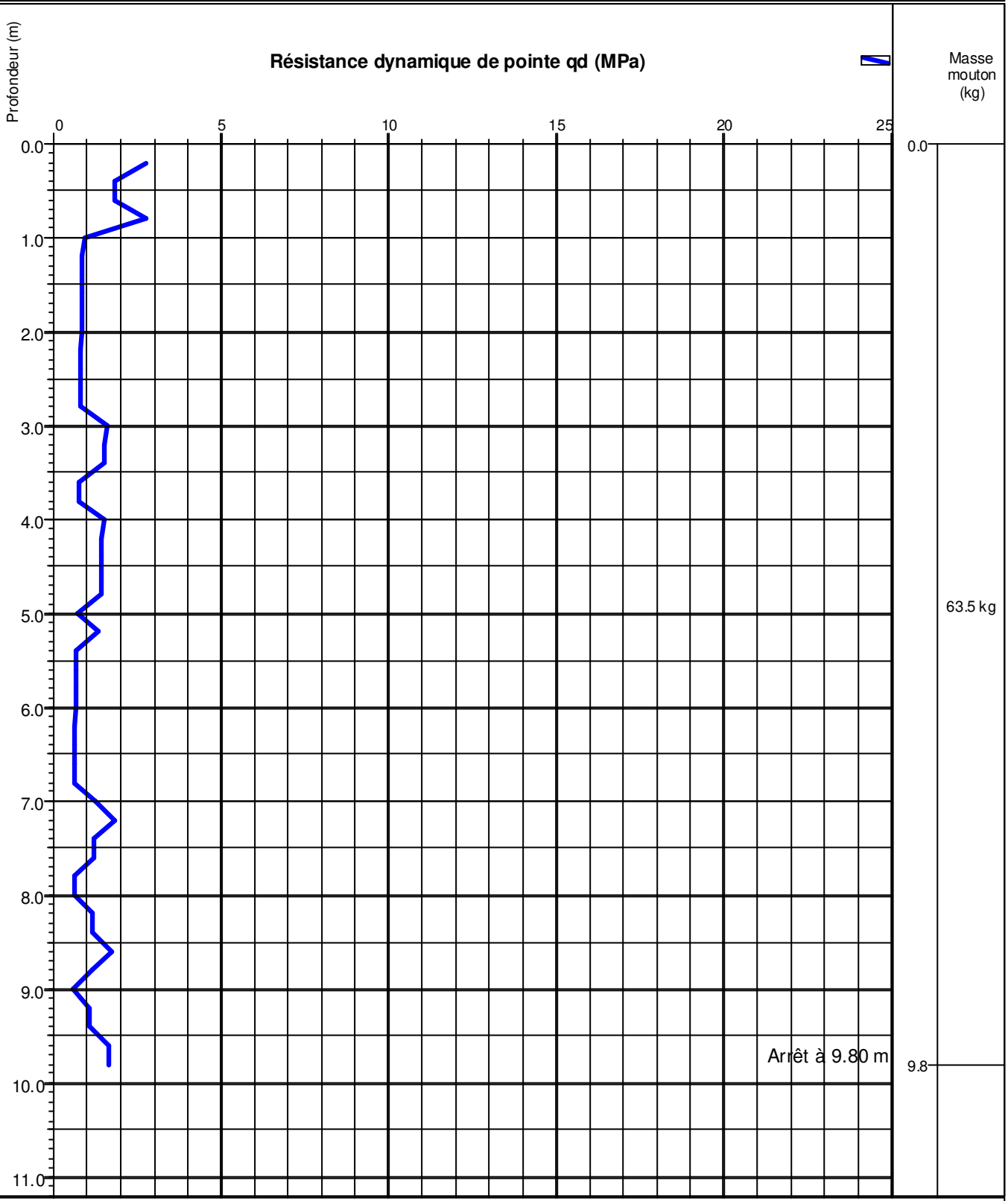
Affaire n° G222-18 **Sondage** EP8

X

Etude Archives de Wallis et de Futuna **Y** **Profondeur** 9,8 m

Z **Date** 28/11/2018

Remarque



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Aire de la section droite de la pointe	0,002 m2	Masse d'une tige	6 kg
Hauteur de chute du mouton	0,75 m	Masse de la pointe	0,63 kg
Masse enclume	10,7 kg	Remarque	Longueur d'une tige : 1 m

Annexe 3 : Essais en laboratoire

CONTEXTE

FONDATER a missionné GINGER LBTP NC pour réaliser un essai de compressibilité sur deux échantillons de limon provenant du Bâtiment des archives de WALLIS.
Les échantillons ont été réceptionnés sous gaine PVC. Quelques fissurations sont notées à l'ouverture des gaines.

Pour l'évaluation de la contrainte verticale il a été pris en compte les données suivantes :

- Profondeur de la nappe : /
- Profondeur de prélèvement SA: 2.73m
- Profondeur de prélèvement SB: 2.60m

RESULTATS

Teneur en eau

La teneur en eau du matériau a été mesurée suivant la norme NF P94-050.

SA W = 43.7%
SB W = 47.9%

Masse volumique apparente d'un sol

La masse volumique apparente d'un sol a été réalisée suivant la norme NF P94-053.

SA ρ= 1.761 Mg/m^3
SB ρ= 1.590 Mg/m^3

Masse volumique des particules solides

Les masses volumiques des particules solides ont été réalisées suivant la norme NF P94-054.

SA ρs= 2.697 Mg/m^3
SB ρs= 2.687 Mg/m^3

Essai de compressibilité à la boite œdométrique avec mesure de Cv

L'essai de compressibilité à la boite œdométrique avec mesure de Cv a été réalisé selon la norme NP P94-090-1. Les résultats sont indiqués dans les tableaux ci-dessous. Les courbes de compressibilité et de consolidation sont jointes en annexes.

Ech.	Indice de compression Cc	Indice de recompression Cs	Contrainte de préconsolidation σ'p (kPa)	Contrainte verticale effective V0 estimée (kPa)	Cv 45kPa (cm^2/sec)	Cv 70kPa (cm^2/sec)
SA	0.249	0.009	56	48	1.62^{E-03}	1.90^{E-03}
SB	0.515	0.012	35	41	8.49^{E-04}	8.35^{E-04}

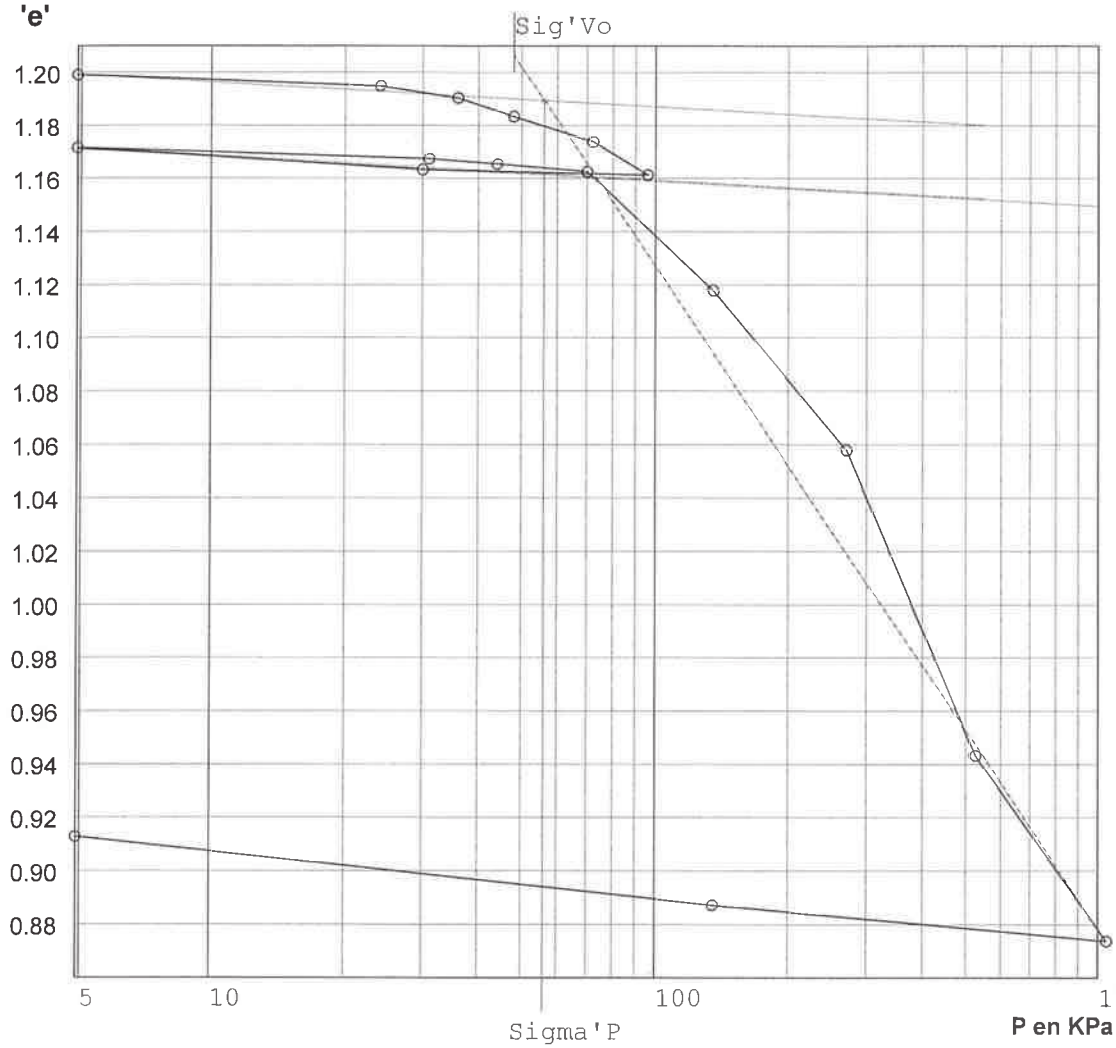
GINGER CEBTP

Annexe:

ESSAI de COMPRESSIBILITE à L'OEDOMETRE

Chantier : Bâtiment ARCHIVES WALLIS
Client : FONDATER
Dossier : LJ092
dates d'essai : 10/07/2019 au 07/08/2019

Sondage : A
Echant. n°/réf: A / 2.50 - 3.00
Profondeur : 2.73 m.
Sol: Limon lgt argileuse



pression (KPa)	indice de vides
000.0	1.1998
005.0	1.1991
024.0	1.1948
036.0	1.1903
048.0	1.1833
072.0	1.1738
096.0	1.1613
030.0	1.1633
005.0	1.1715
031.0	1.1673
044.0	1.1654
070.0	1.1625
135.0	1.1179
270.0	1.0581
525.0	0.9434
1045.0	0.8737
135.0	0.8873
005.0	0.9128

Eprouvette:
Do: 70 mm
So:38.485 cm²
Ho: 21.96 mm

Hp: 09.98 mm
Hw: 11.99 mm

RESULTATS

Calculs faits avec une masse volumique des grains solides calculé de 2697 kg/m3

		avant essai	-->	après essai
Masses volumiques sèches	:	1226		1225 kg/m3
Teneurs en eau Wi - Wf	:	43.7%		44.5%
Degré de saturation Sri-Srf	:	98.2%		100.0%
Indices des vides ei - ef	:	1.199		0.913

Indice vides sol en place eo: 1.19 valeur approchée
Indice de compression Cc: 0.249
Indice de recompression Cs: 0.009
Pression de préconsolidation σ'p : 56 KPa (notation Sigma'P sur le graphe)

Logiciel Oedo32 Version 4.0 - Norme P94-090-1 -- [DQ.E135 - V.2 du 28/03/2016]
Edité le 11/09/2019

GINGER LBTP NC

Essai réalisé suivant la norme NF P 94-090-1

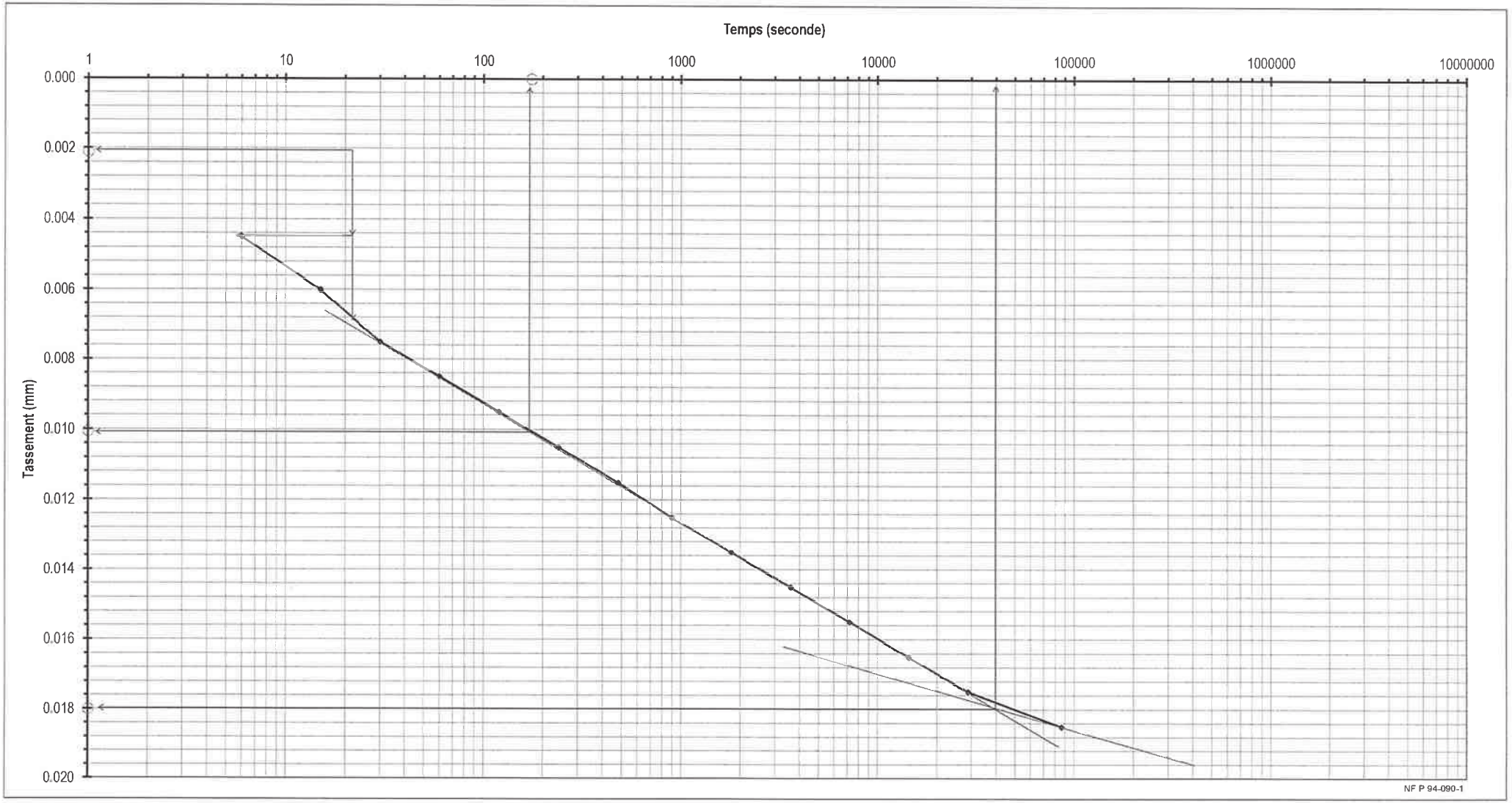
Courbe de CONSOLIDATION
Charge : 45 kPa

Dossier n° : LJ092
Client : FONDATER
Chantier : Bat ARCHIVES WALLIS
Sondage : A
Réf. Échantillon : /
Nature du sol : Limon lgt argileux
Profondeur : 2.73m

Coefficient de consolidation Cv :

t50 : 175 secondes
h : 2.396 cm

$$Cv = \frac{0.197x\left(\frac{h}{2}\right)^2}{t50}$$ = **1.62E-03 cm²/sec.**



GINGER
LBTP NC

Essai réalisé suivant la norme NF P 94-090-1

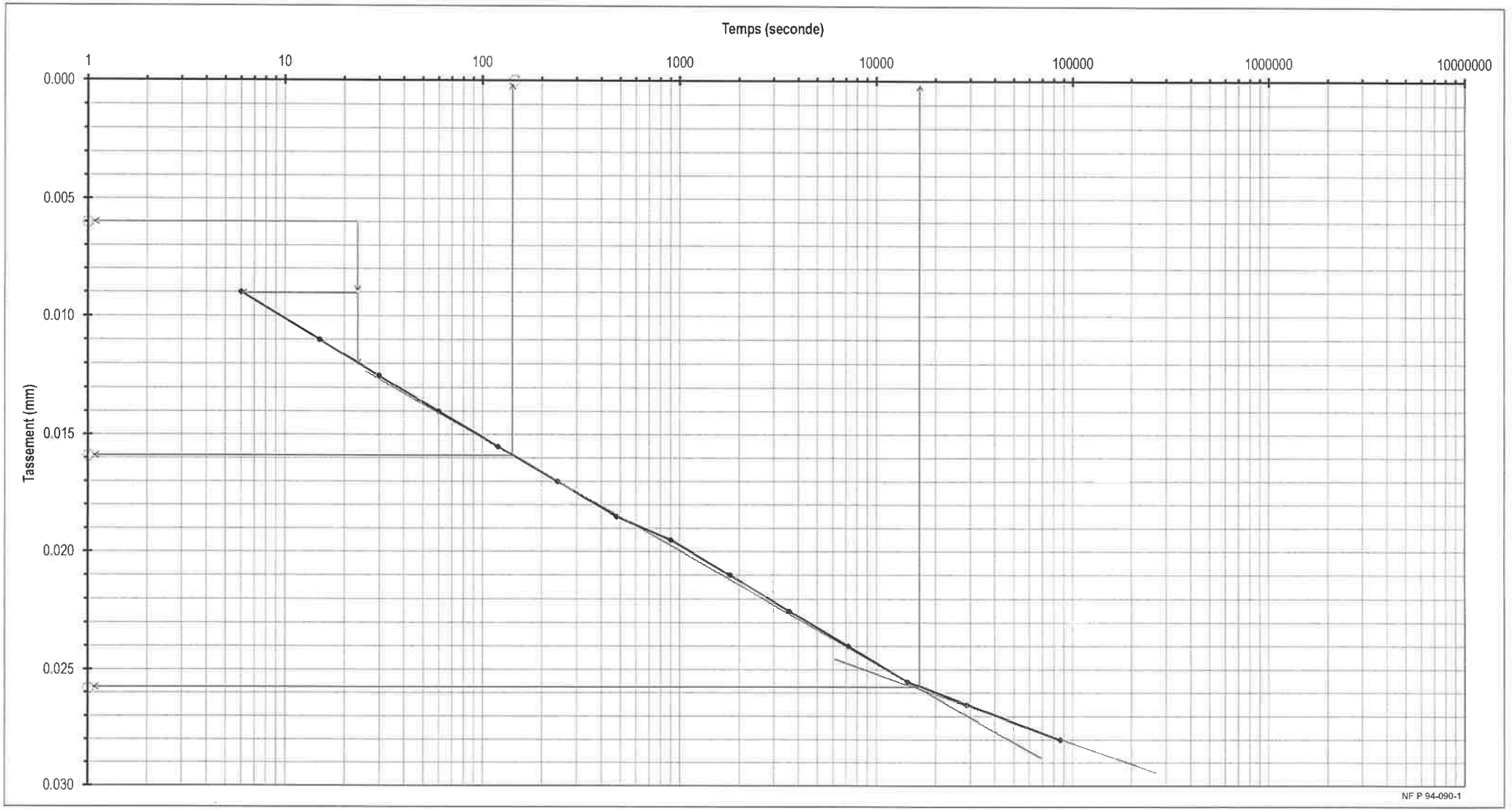
Courbe de CONSOLIDATION
Charge : 70 kPa

Dossier n° : LJ092
Client : FONDATER
Chantier : Bat ARCHIVES WALLIS
Sondage : A
Réf. Échantillon : /
Nature du sol : Limon lgt argileux
Profondeur : 2.73m

Coefficient de consolidation Cv :

t50 : 145 secondes
h : 2.365 cm

$$Cv = \frac{0.197 x \left(\frac{h}{2}\right)^2}{t50} = 1.90E\text{-}03 \text{ cm}^2/\text{sec.}$$



GINGER CEBTP

Annexe:

ESSAI de COMPRESSIBILITE à L'OEDOMETRE

Chantier : Bâtiment ARCHIVES WALLIS
Client : FONDATER
Dossier : LJ092
dates d'essai : 06/08/2019 au 06/09/2019

Sondage : B
Echant. n°/réf: B / 2.50 - 3.00
Profondeur : 2.6 m.
Sol: Limon lgt argileuse



pression (KPa)	indice de vides
000.0	1.4995
005.0	1.4945
021.0	1.4624
031.0	1.4392
041.0	1.4131
062.0	1.3871
083.0	1.3217
026.0	1.3277
005.0	1.3369
031.0	1.3312
044.0	1.328
070.0	1.3221
135.0	1.2061
270.0	1.0797
525.0	0.9202
1045.0	0.7259
135.0	0.7506
005.0	0.7989

Eprouvette:
Do: 70 mm
So:38.485 cm²
Ho: 19.68 mm

Hp: 07.87 mm
Hw: 11.17 mm

RESULTATS

Calculs faits avec une masse volumique des grains solides calculé de 2687 kg/m3

		avant essai	-->	après essai
Masses volumiques sèches	:	1075		1111 kg/m3
Teneurs en eau Wi - Wf	:	47.9%		52.8%
Degré de saturation Sri-Srf	:	85.8%		100.0%
Indices des vides ei - ef	:	1.494		0.799

Indice vides sol en place eo: 1.483 valeur approchée
Indice de compression Cc: 0.515
Indice de recompression Cs: 0.012
Pression de préconsolidation σ'p : 35 KPa (notation Sigma'P sur le graphe)

Logiciel Oedo32 Version 4.0 - Norme P94-090-1 -- [DQ.E135 - V.2 du 28/03/2016]
Edité le 11/09/2019

GINGER
LBTP NC

Essai réalisé suivant la norme NF P 94-090-1

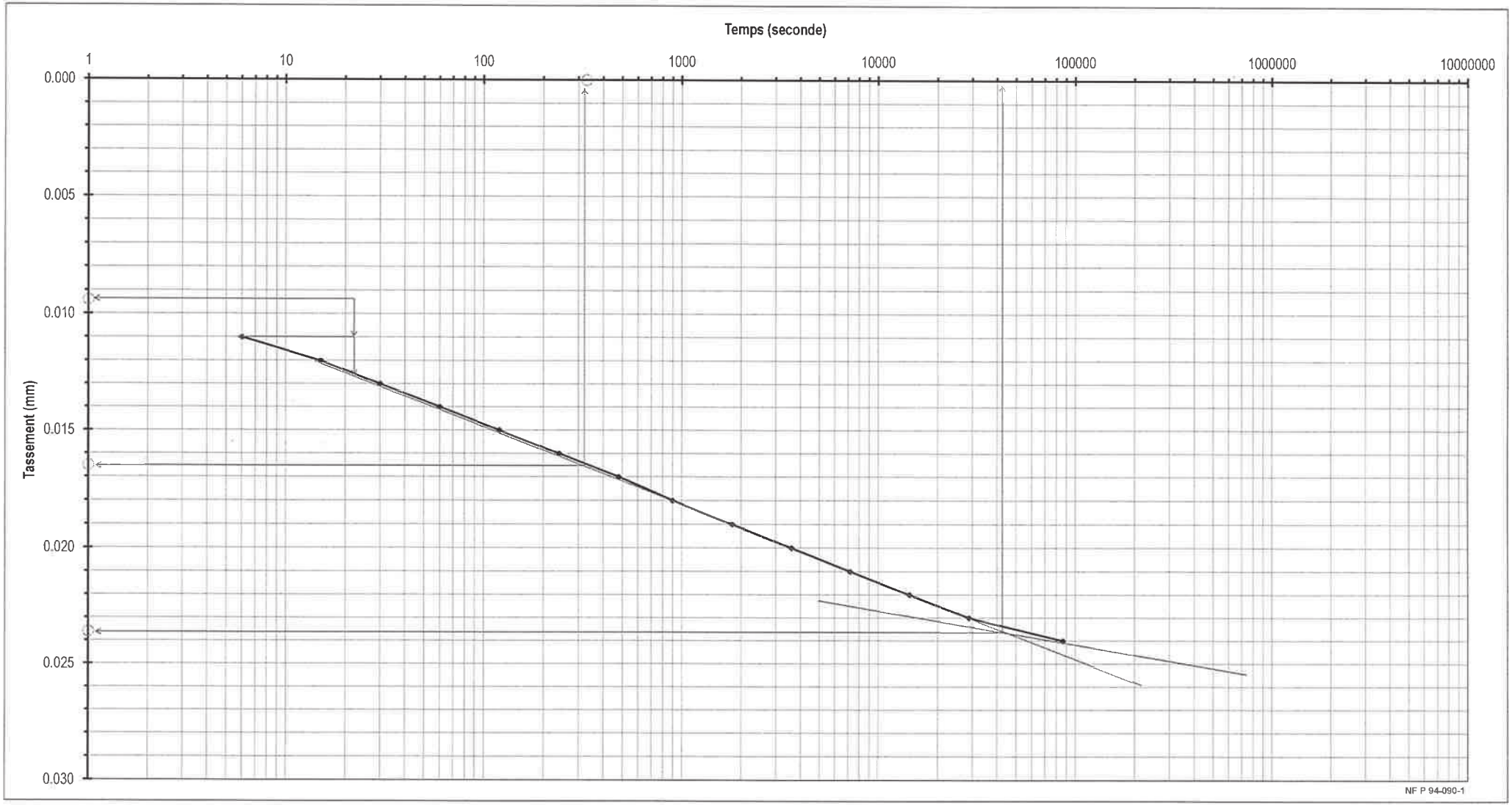
Courbe de CONSOLIDATION
Charge : 45 kPa

Dossier n° : LJ092
Client : FONDATER
Chantier : Bat ARCHIVES WALLIS
Sondage : B
Réf. Échantillon : /
Nature du sol : Limon lgt argileux
Profondeur : 2.60m

Coefficient de consolidation Cv :

t50 : 330 secondes
h : 2.385 cm

$$Cv = \frac{0.197x\left(\frac{h}{2}\right)^2}{t50} = 8.49E\text{-}04 \text{ cm}^2/\text{sec.}$$



GINGER LBTP NC

Essai réalisé suivant la norme NF P 94-090-1

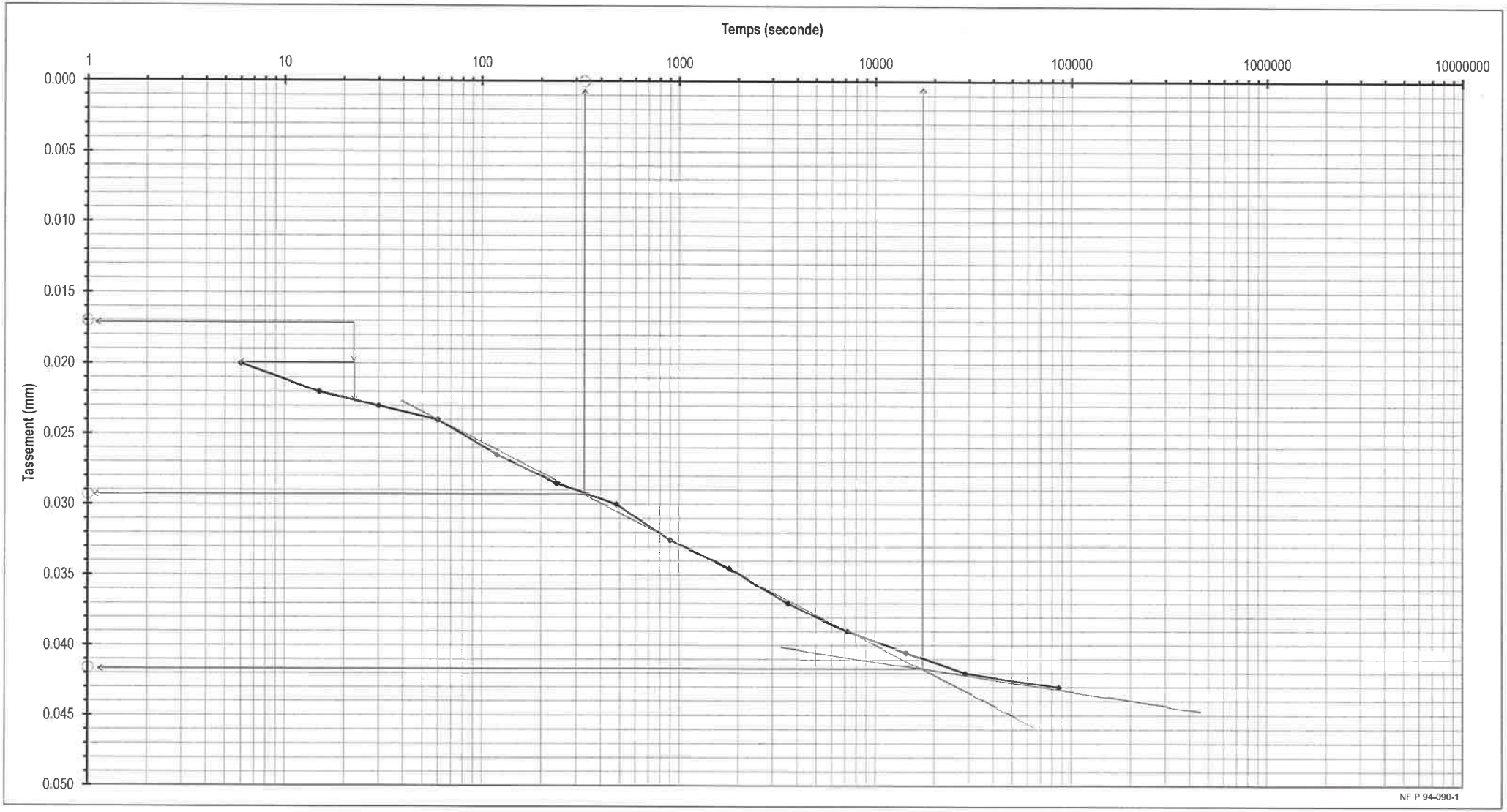
Courbe de CONSOLIDATION
Charge : 70 kPa

Dossier n° : LJ092
Client : FONDATER
Chantier : Bat ARCHIVES WALLIS
Sondage : B
Réf. Échantillon : /
Nature du sol : Limon lgt argileux
Profondeur : 2.60m

Coefficient de consolidation Cv :

t50 : 330 secondes
h : 2.365 cm

$$Cv = \frac{0.197x\left(\frac{h}{2}\right)^2}{t50} = \text{8.35E-04 cm²/sec.}$$



OBSERVATIONS SUR L'UTILISATION DU RAPPORT

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de la société A2EP ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Les conclusions du présent rapport sont valables pour une durée maximum de deux ans, sous réserve de l'absence de modifications ou travaux concernant la zone du projet ou ses avoisinants. Au-delà ou en cas de modifications ou travaux concernant la zone du projet ou ses avoisinants, nous vous recommandons de faire réaliser par un bureau d'étude spécialisé une mission visant à évaluer les éventuelles évolutions des conditions géologiques et environnementales et leurs conséquences sur le projet.

CONDITIONS GENERALES

1. **Avertissement, préambule**
Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.
Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. **Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)**
Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.
Le client ou son représentant mettra à la disposition de la Société A2EP GEOTEC, toutes les informations relatives au projet définitif qu'il détient et qui sont de nature à faciliter l'exécution de la prestation. Il est également tenu d'assurer l'accès à la zone intéressant l'étude et les autorisations nécessaires. En cas d'impossibilité d'accès, des coûts de déplacement et d'amenée/repli du matériel seront facturés.
Si des travaux tels que sondages, forages ou toute autre prospection de sols devaient être effectués pour l'étude, la présence et la localisation de réseaux enterrés (eau potable, gaz, électricité, eaux usées…) situés sur la zone d'étude, devra impérativement être signalé par écrit par le client. Dans le cas contraire, la Société A2EP GEOTEC ne prendra pas la responsabilité des éventuels dommages qui pourraient être causés lors de ces investigations.
Il appartient aussi au client d'informer par écrit la Société A2EP GEOTEC des éventuels dangers dont il aurait connaissance et qui seraient susceptibles d'entraîner des mesures de précaution spécifiques pour les intervenants.
Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

3. **Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission**
Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.
La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.
Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant que si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.
Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.
Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. **Plans et documents contractuels**
Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. **Limites d'engagement sur les délais**
Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.
Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. **Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures**
Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.
Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.
Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnisations correspondantes sont à la charge du Client.

7. **Implantation, nivellement des sondages**
Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGNC) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre/topographe avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. **Hydrogéologie**
Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. **Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux**
Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.
L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.
L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. **Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client**
A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. **Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes**
Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégrale des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. **Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation**
La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses

de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission. Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la TGC au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés ponctuellement suivant les conditions alors applicables.
Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.
Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la délibération N°424 du 20/03/2019.
Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard de 1.5% par mois de retard (mais n'excédant pas le taux maximum légal). Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.
En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés.
Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

La société A2EP GEOTEC est responsable de ses études et interventions selon les dispositions suivantes :
La société A2EP GEOTEC agit exclusivement en qualité d'entreprise indépendante et sa responsabilité ne peut être recherchée pour tout fait antérieur ou postérieur à son intervention, en dehors du cadre de son assurance « responsabilité civile professionnelle ».
En procédant à sa mission, A2EP GEOTEC ne se substitue en aucune façon aux obligations légales et/ou contractuelles souscrites par le client ou ses fournisseurs et prestataires sur le site, A2EP GEOTEC a une mission de prestataire de services intellectuels assujettis à une obligation de moyens. Toute interprétation, exploitation partielle ou extrapolation des travaux et résultats par le client ou par un tiers ne saurait engager la responsabilité de la société A2EP GEOTEC. Le cas échéant, le client renonce à tout recours et garantit la société A2EP GEOTEC contre tout recours exercé à ce titre.
Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple,, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelles que raisons que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

<u>Assurance Responsabilité Civile Professionnelle obligatoire</u>

La responsabilité civile professionnelle de la Société A2EP GEOTEC pour dégâts ou pertes provenant, d'erreurs professionnelles ou d'omissions ou bien de risques généraux, ne pourra dépasser les montants suivants : Dommages Matériels et Immatériels 8 000 000 € (par année d'assurance)
Dont dommages matériels et immatériels consécutifs 4 000 000 € (par année d'assurance)
Une augmentation de ces montants peut être étudiée sur demande écrite du client avant le commencement de la mission.
Le prix convenu de la prestation ne comprend pas l'assurance de la Responsabilité Décennale. Le client (le maître d'ouvrage ou son représentant) s'engage à assurer ou à faire assurer les dommages matériels (et immatériels) consécutifs subis par les ouvrages à l'exécution desquelles nous avons participé, lorsque la Responsabilité tombe sous le coup des Articles 1792 et 2270 du Code Civil confirmés par les délibérations n°591 et 667 de l'Assemblée Territoriale de Nouvelle-Calédonie.
Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Satisfaction du Client

La satisfaction de ses clients est une condition indispensable pour la pérennité et le développement de la société A2EP GEOTEC. Depuis sa création, la Société A2EP GEOTEC a donc pour objectif la recherche permanente de la prestation optimale, au bénéfice des intérêts de ses clients et en intégrant l'état de l'art et de la législation en vigueur dans ses domaines d'intervention.
De part son expertise reconnue, il appartient à la Société A2EP GEOTEC de juger et de définir l'étendue et les limites des études à réaliser et des moyens à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif et préserver sa réputation professionnelle.

19. Confidentialité

La Société A2EP GEOTEC s'engage à garder la plus stricte confidentialité sur toutes les informations qui seront portées à sa connaissance lors de l'exécution de sa mission.
Elle s'engage également à faire observer à son personnel cette obligation de discrétion et de confidentialité.
Toutefois, ne sont pas soumises à cet engagement :
Les informations déjà connues par la Société A2EP GEOTEC,
Les informations que A2EP GEOTEC viendrait à acquérir d'un tiers,
Les informations relevant du domaine public ou qui seraient publiées durant la période de validité de cet engagement.
Cet engagement est valable pour une durée de 3 ans.

20. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Extrait de la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013 (2 pages)

Enchaînement des missions G1 à G5	**Phases de la maîtrise d'œuvre**	**Mission d'ingénierie géotechnique et phase de la mission**		**Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques**	**Niveau de management des risques géotechniques attendu**	**Prestations d'investigations géotechniques à réaliser**
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		*Étude géotechnique préalable (G1)* *Phase Étude de Site (ES)*		*Spécificités géotechniques du site*	*Première identification des risques présentés par le site*	*Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique*
	Étude préliminaire, esquisse, APS	*Étude géotechnique préalable (G1)* *Phase Principes Généraux de Construction (PGC)*		*Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site*	*Première identification des risques pour les futurs ouvrages*	*Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique*
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	*APD / AVP*	*Étude géotechnique de conception (G2)* *Phase Avant-projet (AVP)*		*Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet*	*Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance*	*Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)*
	PRO	*Étude géotechnique de conception (G2)* *Phase Projet (PRO)*		*Conception et justifications du projet*		*Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)*
	DCE / ACT	*Étude géotechnique de conception (G2)* *Phase DCE / ACT*		*Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux*		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3 / G4)		*À la charge de l'entreprise*	*À la charge du maître d'ouvrage*			
	EXE / VISA	*Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)* *Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)*	*Supervision géotechnique d'exécution (G4)* *Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)*	*Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût*	*Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)*	*Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent*
	DET / AOR	*Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)* *Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)*	*Supervision géotechnique d'exécution (G4)* *Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)*	*Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage*		*Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux*
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	*Diagnostic*	*Diagnostic géotechnique (G5)*		*Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant*	*Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés*	*Fonction de l'élément géotechnique étudié*

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)
Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elles sont à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elles comprennent deux phases :

Phase ETUDE DE SITE (G1 ES)
Réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS, elle permet 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 un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
•Fournir un rapport donnant un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC)
Réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS elle permet de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :
•Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
•Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à ce stade de l'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels) ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, amélioration de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE CONCEPTION (G2)
Elles permettent l'élaboration des projets des ouvrages géotechniques et réduisent les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elles sont à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et sont réalisées en étroite collaboration avec la maîtrise d'œuvre. Elles comprennent trois phases :

Phase Avant Projet (G2 AVP)
Elle est réalisée au stade de l'avant projet de la maitrise d'œuvre et s'appuie sur des données géotechniques adaptées :
•Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, 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 (G2 PRO)
Elle est réalisée au stade du projet de la maitrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT (G2 DCE/ACT)
Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques :
•Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel)
•Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)
ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)
Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :
Phase Étude
•Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
•Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
•Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.
Phase Suivi
•Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
•Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
•Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)
Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

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

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant :
•Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
•Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
•Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Agence de PAITA
Lot 31 Les Cassis – ZA de Pont Blanc
98860 KONE
Tél. : (687) 26 30 00

Supervision géotechnique d'exécution (G4)
Avis n°1

Projet : Bâtiment Archives - WALLIS

Mission : **G4 - phase étude suivant la norme NFP 94-500**

Affaire : AF21/0944/G/G

Courrier : CD23-0873

Etabli par : L. GRANGER

Vérifié par : Clio DESORMEAUX
A Paita, le 31/07/2023

Diffusion :

- **MOA** Service Territorial
- **MOE** SIGMA
- **Entreprise** CETB
- **G3** ANTEA GROUP

Avis sur la note G3 – Remblai de pré-chargement

AVIS

Cet avis fait suite à la transmission de la note G3 d'ANTEA GROUP du 13/07/2023 concernant la note calcul de tassement et du remblai de pré-chargement.

Les documents analysés sont les suivants :

- Note d'hypothèses géotechniques – G3 – ANTEA GROUP – Rapport n°A124302 – INTP230043/A du 05/07/2023 ;
- Note de calcul des tassements et du pré-chargement – G3 – ANTEA GROUP – Rapport n°A124644-INTP230043/A du 13/07/2023 ;
- Plan entreprise :
  - Plan terrassement – ARCH-01-PLT-23-A du 24/07/2023 ;
  - Plan du pré-chargement – ARCH-03-PRE-23-A du 24/07/2023
  - Plan du remblai de substitution – ARCH-02-SUB-23-A du 24/07/2023

Pour rappel, une mission G2 PRO a été réalisée par A2EP GEOTEC le 31/05/2023 pour ce projet (Réf. AF21/0944/ G G – CD23-0601).

Note d'hypothèses géotechniques – G3 – ANTEA GROUP – Rapport n°A124302 – INTP230043/A du 05/07/2023

Caractéristiques du matériau de substitution

Rappel des caractéristiques demandés en G2 PRO.

En attente des analyses de la dégradabilité avant le démarrage des travaux.

➔ **En attente des résultats : avis suspendu**

Modèle géotechnique

Le modèle géotechnique retenu dans le cadre de la mission G3 est le suivant :

Formation	Prof. base (m/TA)	γ_h (kN/m³)	R_d (MPa)	Pl* (MPa)	E_M (MPa)	α	E_{oed} (MPa)	Cc/(1+e0)	Cv à 45kPa (m²/s)	Cv à 70kPa (m²/s)
Remblai d'apport	2	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Argile limoneuse latéritique rouge à cailloux	> 10	17	1,5	0,3	2,5	1/2	5	0,11 à 0,21	1E-07	1E-07

Le modèle géotechnique est sensiblement identique à celui retenu en G2 PRO.

➔ **Avis favorable**

Note de calcul des tassements et du pré-chargement – G3 – ANTEA GROUP – Rapport n°A124644-INTP230043/A du 13/07/2023

Rappel des données d'entrée du projet (surcharge liée au remblai de mise à niveau et aux descentes de charge projet) :

Tableau 1 : Charge totale appliquée en zone de surélévation par remblai

	Hauteur du remblai de substitution	Surcharge supplémentaire	Descentes de charge du projet	Charge totale
Zone des bureaux en remblais	2,0 m (+ 1,0 m/TA)	20 kPa	25 kPa	45 kPa
Zone des bureaux en déblais	2,0 m (-0,9 m/TA)	0 kPa	25 kPa	25 kPa
Zone de stockage en déblais	2,0 m (-0,9 m/TA)	0 kPa	35 kPa	35 kPa

Localisation des 3 zones :

La Figure 4 identifie la localisation des différents cas de charges en fonction des terrassements prévus par le projet.



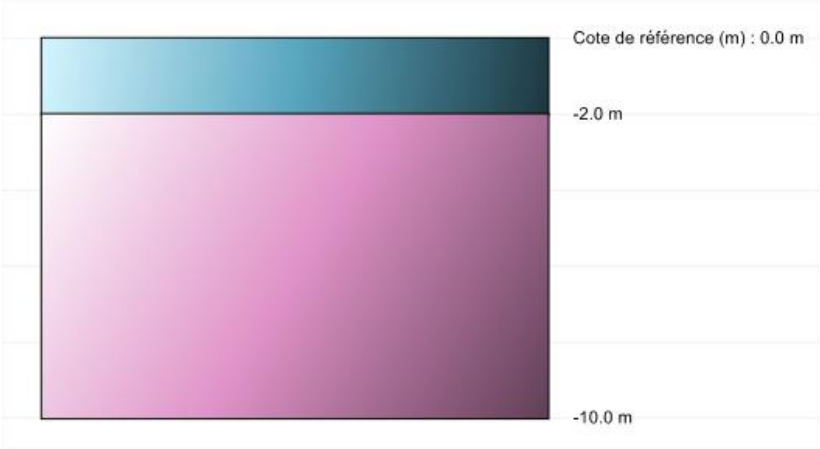
Figure 4 : Localisation des différents cas de charges

Modèle géotechnique de calcul

Pour un horizon de sol compressible de 10 m d'épaisseur (hors épaisseur de couche de forme en tête), selon le modèle géotechnique présenté ci-avant et selon un comportement oedométrique, il est donné les tassements suivants :

- 54 cm en zone de stockage et 52 cm en zone de bureaux avec l'hypothèse d'un ratio $Cc/(1+e_0)$ de 0,15 ;
- 72 cm en zone de stockage et 69 cm en zone de bureaux avec l'hypothèse d'un ratio $Cc/(1+e_0)$ de 0,20.

➔ **Ces tassements sont nettement supérieurs à ceux estimés en G2 PRO : tassements estimés entre 6 et 27 cm mais en considérant l'application de la charge entre 25 et 45 kPa sur la couche de forme de 2 m d'épaisseur, sollicitant des latérites molles sur 8 m d'épaisseur.**



N°	Nom	Loi de comportement	γ [kN/m³]	E_{sol} [kPa]	ν	E_0 [kPa]	k_0	ε_0	Cs/(1+e0)	tc	Cc/(1+e0)
1	Couche de forme	Élastique linéaire	20,0	4,00E04	0,30	-	-	-	-	-	-
2	Argile latéritique com...	Oedométrique	17,6	-	0,30	-	-	-	0,005	1,000	0,207

N°	Nom	Loi de comportement	γ [kN/m³]	E_{sol} [kPa]	ν	E_0 [kPa]	k_0	ε_0	Cs/(1+e0)	tc	Cc/(1+e0)
1	Couche de forme	Élastique linéaire	20,0	4,00E04	0,30	-	-	-	-	-	-
2	Argile latéritique com...	Oedométrique	17,6	-	0,30	-	-	-	0,004	1,160	0,113

Vérification du non-poinçonnement du sol sous le poids des remblais

La hauteur maximale du remblaiement / portance ultime du sol a été déterminé selon la même formule considérée en G2 PRO mais selon une différente approche (par la détermination de la contrainte ultime).

➔ **Nous recommandons cependant d'intégrer un coefficient de sécurité ou de maintenir les données de la G2 PRO pour assurer le non-poinçonnement du sol support des remblais de pré-chargement.**

Calcul des tassements issus du pré-chargement

Les résultats de la note de calcul G3 présente le calcul pour la zone concernée par les remblais de surélévation de +1 m/TN avec la mise en place d'un remblai de pré-chargement de 3.5 m de hauteur sur une période de 1 an pour assurer un tassement résiduel inférieur à 1 cm.

La surcharge équivalente comprend la hauteur du remblai de substitution de 2 m (soit une surcharge supplémentaire de 40 kPa).

Tableau 3 : Hauteur totale de remblai de chargement

	Hauteur totale de remblai de chargement
Remblais de substitution *Remblai de sur-élévation*	~~2,00 m~~ *1.00 m*
Complément en tout venant	~~3,50 m~~ *4.0 m*
Total	5,00 m
Surcharge équivalente	103 kPa

➔ **Nous considérons que ce calcul n'est pas strictement représentatif de l'ensemble des zones du projet, mais présente un cas défavorable.**

➔ **Pour permettre de respecter la surcharge équivalente de calcul de 103 kPa donné dans la note de calcul, il sera donc nécessaire de prévoir un complément en tout-venant de 4.0 m de hauteur (au lieu de 3.50 m) au plus défavorable.**

Pour rappel de la G2 PRO :

Il conviendra donc de monter le remblai de pré-chargement en 2 phases pour ne pas risquer le fluage du sol malgré la mise en place d'une couche de forme de 2 m d'épaisseur au préalable (diffusion des charges et donc abaissement de la contrainte en base du remblai).

A titre indicatif, on pourra prévoir un premier chargement de 2.9 m de hauteur de partout, puis prévoir le complément 1 mois après.

Sondage B – Augmentation de la hauteur des remblais de pré-chargement							
Temps de pré-chargement	Contrainte projet (kPa)	Hauteur et Contrainte remblais de surélévation	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv (%)	Tassement obtenu à la fin du pré-chargement (cm)	Tassement restant à acquérir (cm)
365 jours	45	**H total = 4.5 m** 90 kPa	8 m (Substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	$8,49 \times 10^{-8}$	58	26.5	0.7 – conforme
365 jours	35	**H total = 3.4 m** 68 kPa			58	21.2	0.9 - conforme

NOTA : l'application des scénarios de pré-chargement selon le sondage B nous parait assez défavorable (comparé au sondage A et à l'approche élastique).

Il conviendra donc de ré-ajuster l'analyse des tassements à l'issu d'une phase de pré-chargement de 1 mois pour une hauteur de remblais limité à 2.9 m. Durant cette phase, le remblai devra être instrumenté afin de suivre de façon bi-hebdomadaire a minima l'évolution des tassements acquis.

+-

Sondage A - Temps de pré-chargement : 250 jours							
Temps de pré-chargement	Contrainte projet (kPa)	Hauteur et Contrainte remblais de surélévation	Hauteur de sol compressible (m)	Cv (m^2/s)	Uv (%)	Tassement obtenu à la fin du pré-chargement (cm)	Tassement restant à acquérir (cm)
250 jours	45	**H total = 3.4 m** 68 kPa	8 m (Substitution avec couche de forme sur 2 m en tête)	1.76×10^{-7}	66	7.8	1.5- conforme
250 jours	35	**H total = 2.5 m** 50 kPa			66	5.2	1.3 - conforme

➔ **Soit une hauteur de remblai de pré-chargement (hors épaisseur de substitution) comprise entre 2.5 et 4.5 m en fonction du modèle considéré sur une période de 250 à 365 jours et selon plusieurs phases de pré-chargement pour éviter le fluage du sol.**

Phasage du pré-chargement

➔ **Il est demandé de considérer un coefficient de sécurité à la formule de calcul de contrainte de la rupture ; conformément à la G2 PRO. Il conviendra donc de revoir le phasage de terrassement pour le préchargement en 2 phases à minima pour éviter le fluage du sol.**

Suivi des tassements

6. FIN DES TRAVAUX DE PRE-CHARGEMENT.

Une mesure topographique sera réalisée à la fin de chaque passe de remblaiement. Après finalisation du remblai, le tassement des piges fera l'objet d'un levé bi-hebdomadaire pendant 1 mois, puis d'un levé bi-mensuelle (tous les 15 jours) durant un mois puis passage à des mesures mensuelles.

Après une durée de **12 à 15 mois,** l'évacuation des remblais de pré-chargement aura lieu pour laisser place à la mise en œuvre du remblai technique jusqu'au niveau de la cote projet.

Il sera considéré une stabilisation des tassements au bout de 3 mesures successives identiques (ou avec variation inférieure à 0,5 cm) espacées de 15 jours.

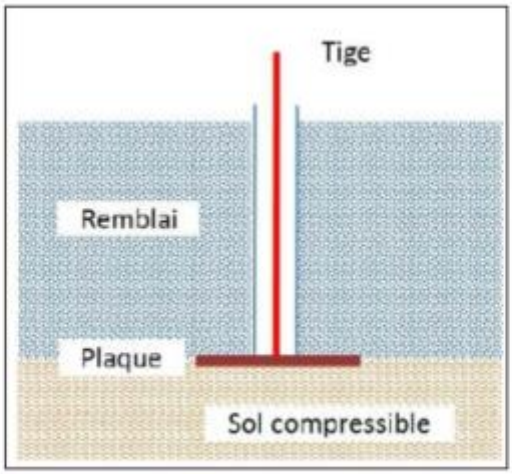
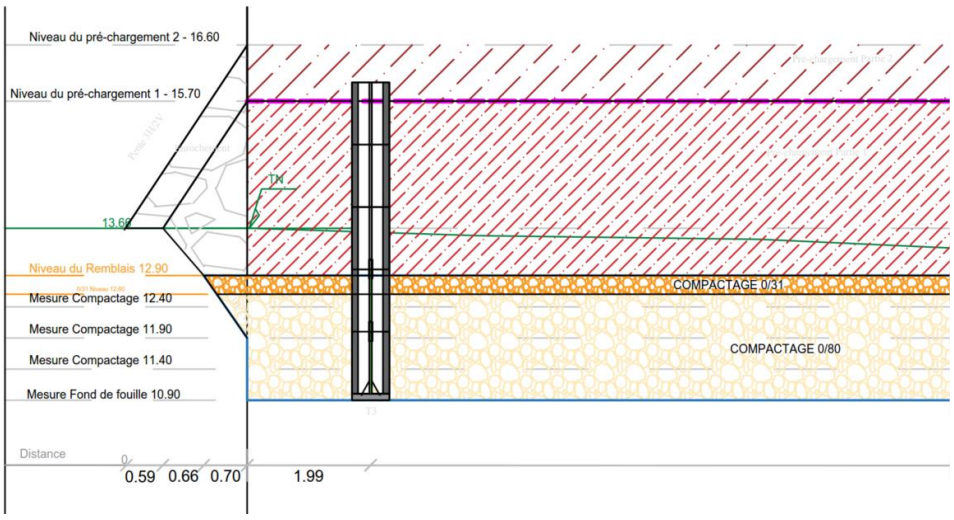


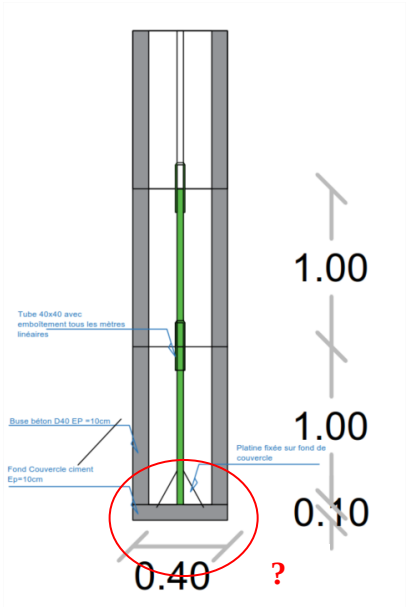
Figure 10 : Tassomètre à tiges équipé sous un remblai sur sol compressible (DELAUNAY et al.)

➔ **Avis favorable avec remarque :** la pose de la plaque de référence en acier pourra également être mise en place sur la plateforme du remblai de substitution :

- Permet d'éviter de démobiliser la couche de forme de fondation du radier ;
- La couche de substitution correctement compacté est considérée comme incompressible et permettra de tasser de façon équivalente à la couche des latérites molles sous-jacente ;
- Au droit de la zone concernée par le remblai de surélévation de 1.0 m, cette disposition se heurtera cependant probablement à une perte de donnée sur les tassements primaires le temps de la mise en place de la couche de forme.

Plan du pré-chargement – ARCH-03-PRE-23-A du 24/07/2023





➔ **Avis favorable avec remarque :**

- La pose de la plaque de référence en acier pourra également être mise en place sur la plateforme du remblai de substitution.
- Il conviendra de préciser l'interaction « plaque de référence acier » et « buse béton » pour s'assurer de la prise de mesure du tassement de la plaque acier au droit du sol.

Nos recommandations générales vis-à-vis de la pose des tassomètres sont les suivantes :

- **La pige tassométrique devra être mis en place au sein d'une enceinte protectrice (de type buse, tube ou autres), de façon à s'affranchir de tout frottement du sol ou de l'enceinte protectrice avec la pige du tassomètre ;**
- **La base du tassomètre sera concernée par la plaque métallique de référence reliée à la tige de mesure et de diamètre inférieure à l'enceinte protectrice :**
  - **Le débord de l'enceinte protectrice ne devra pas solliciter la plaque métallique. ;**
  - **L'enceinte protectrice ne devra pas être cloisonnée à sa base : il doit y avoir un contact direct entre la plaque de référence et le sol (couche de forme ou latérite) ;**
- **Aucune surcharge de type circulation routière en phase chantier ne devra être appliquée au droit des tassomètres ;**

La société A2EP GEOTEC reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Chargée d'affaire géotechnique
Lucie GRANGER

A2EP GEOTEC
ZIZA PAITA – Lot n° 25
Route de la Quarantaine
98890 PAITA
Tél : 26.3000
RIDET 724 336
KONE
BP n° 727
98860 KONE
Tél : 427.427

Avis géotechnique : Favorable (F) ; Défavorable (D) ; Suspendu (S) ; Hors mission (H) ; Pour mémoire (p.m)

Agence de PAITA
Lot 31 Les Cassis – ZA de Pont Blanc
98860 KONE
Tél. : (687) 26 30 00

Supervision géotechnique d'exécution (G4)
Avis n°3

Projet : Bâtiment Archives - WALLIS

Mission : **G4 - phase étude suivant la norme NFP 94-500**

Affaire : AF21/0944/G/G

Courrier : CD23-0898

Etabli par : L. GRANGER

Vérifié par : Clio DESORMEAUX
A Paita, le 10/08/2023

Diffusion :

- **MOA** Service Territorial
- **MOE** SIGMA
- **Entreprise** ELF / Bird-e
- **G3** ANTEA GROUP

PHASE SUIVI – Avis sur essais de plaque / Remblai de pré-chargement – indice 01

AVIS

Documents transmis :

- ANTEA GROUP – G3 - Note de calcul des tassements et du préchargement indice A– n°A124644-INTP230043/A du 13 Juillet 2023 ;
- ANTEA GROUP – G3 - Note de calcul des tassements et du préchargement indice B– n°A124644-INTP230043/B du 4 aout 2023 ;
- ANTEA GROUP – G3 – Réponse au Bordereau de VISA de l'avis N°1 G4 – date du 04/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR01 – Compte rendu de suivi de chantier du 02/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR02 – Compte rendu de suivi de chantier du 03/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR02 ind B – Compte rendu de suivi de chantier du 03/08/2023 – Transmis le 04/08/2023 ;
- Plan de préchargement – Indice B du 04/08/2023 ;
- Plan du remblai de substitution – Indice B du 04/08/2023.

Cet avis fait suite à la transmission des documents mis à jour du 04/08/2023 et du VISA de réponse de la G3 concernant le remblai de pré-chargement, le remblai de substitution et les essais de plaque réalisés en arase de la substitution.

Pour rappel, une mission G2 PRO a été réalisée par A2EP GEOTEC le 31/05/2023 pour ce projet (Réf. AF21/0944/ G G – CD23-0601).

<u>ANTEA GROUP – G3 – Réponse au Bordereau de VISA de l'avis N°1 G4 – date du 04/08/2023 + ANTEA GROUP – G3 - Note de calcul des tassements et du préchargement indice B– n°A124644-INTP230043/B du 4 aout 2023</u>

→ Ces tassements sont nettement supérieurs à ceux estimés en G2 PRO : tassements estimés entre 6 et 27 cm mais en considérant l'application de la charge entre 25 et 45 kPa sur la couche de forme de 2 m d'épaisseur, sollicitant des latérites molles sur 8 m d'épaisseur.

<u>Réponse Antea Group</u> : En effet, nous avons considéré dans notre modèle de calcul une surcharge égale au poids du remblai de substitution sur une épaisseur de 2 m ajoutée à la surcharge d'exploitation. En l'absence des annexes de calcul dans le rapport G2 PRO, une approche différente a été menée.

Pour rappel du modèle de la G2 PRO :

4.3.3 CALCUL DES TASSEMENTS SOUS LA CHARGE PROJET – COMPORTEMENT OEDOMETRIQUE DES SOLS

D'après les informations transmises, la charge de l'ouvrage est limitée à :

- Zone 35 kPa : soit -1.1 m en dessous du TN → pas de surcharge supplémentaire, **avec q = 35 kPa**
- Zone 25 kPa : soit +1.0 m au dessus du TN → surcharge supplémentaire de **20 kPa, avec q = 45 kPa**

→ **Il convient de considérer uniquement la surcharge projet + la surcharge remblai de sur-élévation (mise à niveau de la plateforme). La couche de forme de substitution de 2 m d'épaisseur ne doit pas être considérée comme une surcharge étant donné qu'elle vient en substitution d'un sol déjà en place (le delta du poids volumique des terres retirées par le sol de substitution étant négligeable).**

La surcharge étant appliquée sur la couche de forme, et non pas sur la couche des argiles compressibles directement.

S

****

Vérification du non-poinçonnement du sol sous le poids des remblais
La hauteur maximale du remblaiement / portance ultime du sol a été déterminé selon la même formule considérée en G2 PRO mais selon une différente approche (par la détermination de la contrainte ultime).

→ Nous recommandons cependant d'intégrer un coefficient de sécurité ou de maintenir les données de la G2 PRO pour assurer le non-poinçonnement du sol support des remblais de pré-chargement.

Réponse Antea Group : La justification du non-poinçonnement du sol en G2 PRO utilise une valeur de cohésion sous-estimée par rapport aux résultats des essais pénétrométriques, ce qui explique en grande partie cette différence de valeur vis-à-vis de la justification faite en G3. Mais par mesure de sécurité, le remblai de préchargement sera monté en deux phases, à minima, si sa hauteur dépasse 3,4 m. Cette précision a été ajoutée à la note indice B.

Ind B — **Par mesure de sécurité et conformément à l'étude G2 PRO, le remblai de préchargement sera monté en deux phases, à minima, si sa hauteur dépasse 3,4 m.**

Ind B
- Chargement avec matériaux tout venant sur une épaisseur de 3m, par couches successives compactées grossièrement par le poids des engins de chantier, puis chargement du complément de tout-venant nécessaire un mois après.

→ **Avis favorable**

F

****

→ Nous considérons que ce calcul n'est pas strictement représentatif de l'ensemble des zones du projet, mais présente un cas défavorable.

→ Pour permettre de respecter la surcharge équivalente de calcul de 103 kPa donné dans la note de calcul, il sera donc nécessaire de prévoir un complément en tout-venant de 4.0 m de hauteur (au lieu de 3.50 m) au plus défavorable.

Réponse Antea Group : La surcharge équivalente de 103 kPa est calculée sur la base d'un poids volumique des remblais de substitution égale à 20 kN/m^3 et d'un poids volumique du tout-venant égal à 20 kN/m^3. La hauteur du complément de tout-venant correspond bien à 3,50m.

Tableau 3 : Hauteur totale de remblai de chargement

	Hauteur totale de remblai de chargement
Remblais de substitution	2,00 m
Complément en tout venant	3,50 m
Total	5,50 m
Surcharge équivalente	103 kPa

➔ **Le modèle de la G3 considère dans la surcharge appliquée la hauteur des remblais de substitution (2 m de remblai de substitution soit 40 kPa en surcharge). Or, la substitution n'apporte pas de surcharge étant donné qu'elle vient en substitution d'un sol déjà en place (delta du poids volumique des terres excavés / remplacés négligeable).** S

Pour un surcharge équivalente nécessaire de 103 kPa dans le modèle de la G3, il convient donc de considérer le remblai de surélévation de 1 m (20 kPa) additionné à 4 m de remblai de préchargement en tout venant et non pas 3.50 m (4 m x 20 kPa = 80 kPa) pour atteindre la surcharge nécessaire de 100 kPa (et non pas 103 kPa ?).

	Hauteur totale de remblai de chargement
Remblais de substitution *Remblai de sur-élévation*	~~2,00 m~~ *1.00 m*
Complément en tout venant	~~3,50 m~~ *4.0 m*
Total	5,00 m
Surcharge équivalente	103 kPa

****

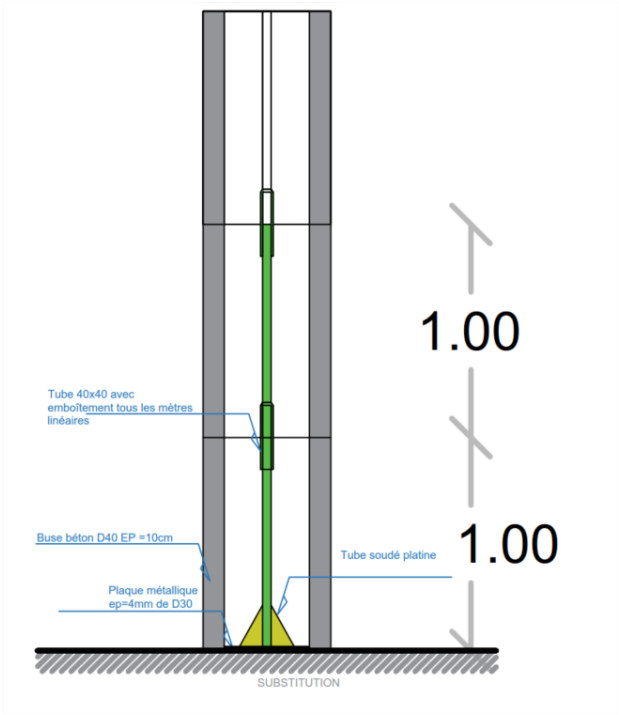
Tableau 6 : Synthèse des tassements et durée de préchargement

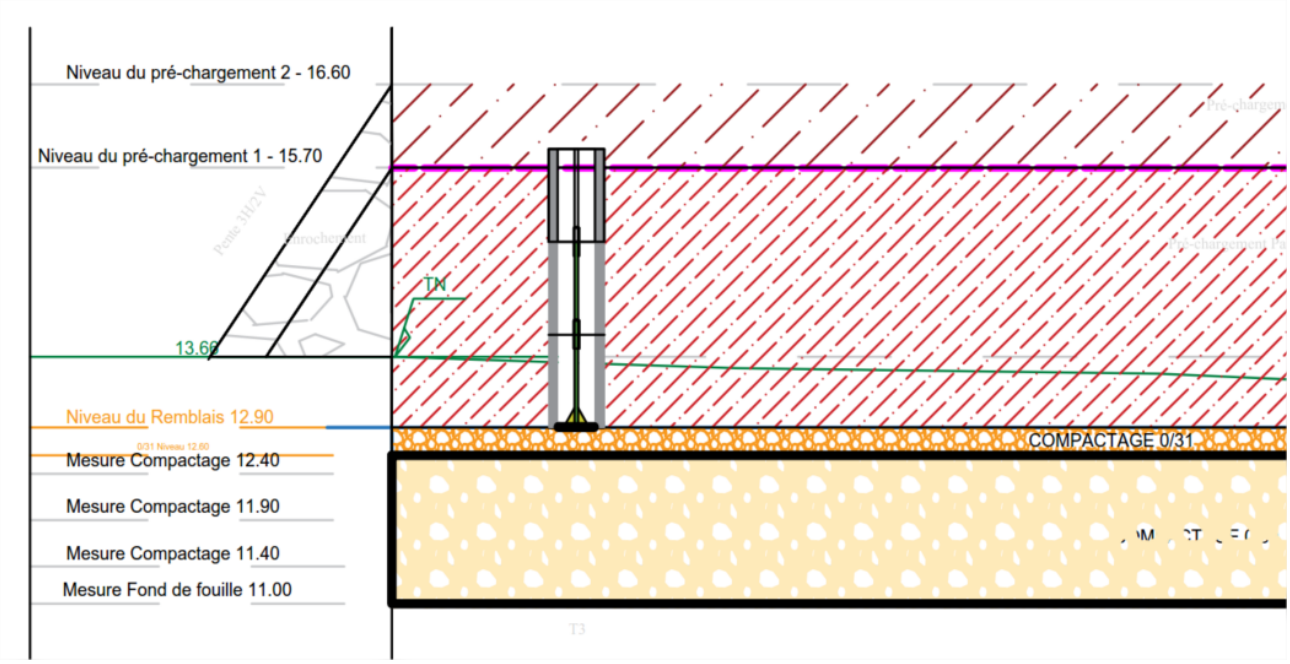
	Zone de stockage et zone de bureaux en déblais	Zone de bureaux en remblais
Surcharge maximale (Épaisseur remblai + surcharge d'exploitation)	35 kPa	45 kPa
Tassement maximal	54 à 72 cm	52 à 69 cm
Seuil de tassement admissible par l'ouvrage	<1,5 cm	<1 ,5cm
Durée de préchargement proposée (notée t_{Cons})	11 mois	14 mois
Tassement calculé à l'instant t_{Cons}	54 à 72 cm	51 à 68 cm
Tassement résiduel à l'instant t_{cons}	< 1 cm	< 1 cm
Epaisseur maximale de remblai de préchargement (remblai d'apport + tout venant)	5,50 m	5,50 m

➔ **Avis suspendu :** S

- Il conviendra de reprendre le calcul de tassement sous les cas de charge de 35 kPa et 45 kPa en considérant l'application de la charge au droit de la couche de forme (diffusion des charges et diminution des tassements à atteindre) pour permettre de reconsidérer les objectifs de tassement à atteindre et d'optimiser la hauteur du remblai de pré-chargement.
- Au droit de la zone de stockage et zone de bureau en déblais (zone non concernée par des remblais de sur-élévation), il conviendra de préciser si l'épaisseur de remblai de pré-chargement de 5.5 m considère les 2 m de couche de forme ? Soit un remblai de pré-chargement de +3.5 m à partir de la cote 12.90 m NGWF ? (base du préchargement à la cote 12.90 m NGWF / tête du remblai de pré-chargement à la cote 16.4 m NGWF) ?

Plan de préchargement / Plan du remblai de substitution – Indice B du 04/08/2023





➔ **Avis favorable** : Tassomètre / configuration et mise en place sur couche de forme

➔ **Avis suspendu :** Nous ne comprenons pas les cotes indiquées sur la coupe de principe. Elles ne correspondent pas aux données de la note de calcul G3 transmise :

- Base de la couche de forme à 11.0 m NGWF / niveau fini à la cote 12.90 m NGWF → soit une épaisseur de couche de forme de 1.90 m au lieu de 2.00 m
- Niveau de pré-chargement 1 à la cote 15.70 m NGWF, soit +2.8 m au-dessus du niveau fini
- Niveau de pré-chargement 2 à la cote 16.60 m NGWF, soit +3.7 m au-dessus du niveau fini

Ces cotes et hauteurs ne correspondent pas à celles énoncées en G3 : préciser.

F

S

ELF Terrassement / Birde-E – CR02 ind B – Compte rendu de suivi de chantier du 03/08/2023 – Transmis le 04/08/2023

Des essais à la plaque (chargement statique à la plaque selon la NF P 94-117-1) ont été réalisés en fond de fouille.

➔ **Préciser la cote du fond de forme.**

Après mesure sur site et suite au compactage la côte du fond de forme est à 11.01 NGWF.

Il a été réalisé une substitution jusqu'à la cote 11.01 m NGWF au lieu de 10.90 m NGWF pour permettre la mise en place de la couche de forme de 2 m d'épaisseur comme préconisé en G2 PRO et G3.

Justifier pourquoi la cote du fond de forme de 10.90 m NGWF n'a pas pu être respectée ?

NOTA : Mission G4 – CR2 – permettant de donner un avis favorable avec EV2 ≥ 20 MPa en arase.

La société A2EP GEOTEC reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Chargée d'affaire géotechnique
Lucie GRANGER

Avis géotechnique : Favorable (F) ; Défavorable (D) ; Suspendu (S) ; Hors mission (H) ; Pour mémoire (p.m)

Agence de PAITA
Lot 31 Les Cassis – ZA de Pont Blanc
98860 KONE
Tél. : (687) 26 30 00

Supervision géotechnique d'exécution (G4)
Avis n°4

Projet : Bâtiment Archives - WALLIS

Mission : **G4 - phase étude suivant la norme NFP 94-500**

Affaire : AF21/0944/G/G

Courrier :

Etabli par : L. GRANGER

Vérifié par : Clio DESORMEAUX
A Paita, le 10/08/2023

Diffusion :

- **MOA** Service Territorial
- **MOE** SIGMA
- **Entreprise** ELF / Bird-e
- **G3** ANTEA GROUP

PHASE SUIVI – Avis sur essais de plaque du 15/09/2023

AVIS

Documents transmis :

- ELF Terrassement / Birde-E – CR06 – Compte rendu de suivi de chantier du 19/09/2023 ;

Cet avis fait suite à la transmission des essais de plaque réalisés le 19/09/2023 sur la 1ère couche de forme (0/80 mm) selon une épaisseur de 50 cm.

Effectués à la demande de: **Entreprise ELF** Valeur exigée: **Ev2 >** - Mpa

Désignation du chantier: **Bâtiment des archives de Wallis** Conditions météo: **ensoleillée**

Couche intéressée: **1er couche (0/80) épaisseur 50 cm**

Date des essais: **15/09/2023** Heure du début des essais: --h-- Heure de la fin des es --h--

N° Points	Enfoncement en mm							Modules en Mpa		K	Kw(Ev1/550)
	Charge à 0,7 bar	Charge1(2,5bar)	Décharge	Charge2 (2bar)	(Décharge)-(ch2)	W1(ch1x2)	W2(ch2x2)	Ev1(112,5:W1)	Ev2(90:W2)	(Ev2/Ev1)	Mpa/mm
1		0,95	-	0,46	-	1,9	0,92	59,2	97,8	1,65	0,108
2		1,54	-	0,61	-	3,08	1,22	36,5	73,8	2,02	0,066
3		1,32	-	0,57	-	2,64	1,14	42,6	78,9	1,85	0,077
4		0,97	-	0,54	-	1,94	1,08	58,0	83,3	1,44	0,105
5		1,55		0,6		3,1	1,2	36,3	75,0	2,07	0,066
6		1,21		0,77		2,42	1,54	46,5	58,4	1,26	0,085
7		0,87		0,49		1,74	0,98	64,7	91,8	1,42	0,118
8		0,99		0,43		1,98	0,86	56,8	104,7	1,84	0,103
9		1,29		0,82		2,58	1,64	43,6	54,9	1,26	0,079
10		0,92		0,45		1,84	0,9	61,1	100,0	1,64	0,111
11		1,08		0,46		2,16	0,92	52,1	97,8	1,88	0,095
12		0,95		0,6		1,9	1,2	59,2	75,0	1,27	0,108

Les résultats permettent de confirmer :

EV2 ≥ 50 MPa

K ≤ 2.0

➔ **Conforme aux critères de réception en couche intermédiaire (note G3 et recommandations G2 PRO)**

On notera que les points 6 et 9 présentent un EV2 de l'ordre de 50 MPa, et que l'ensemble des autres points présente un EV2 moyen de l'ordre de 88 MPa.

La société A2EP GEOTEC reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Chargée d'affaire géotechnique
Lucie GRANGER

Avis géotechnique : Favorable (F) ; Défavorable (D) ; Suspendu (S) ; Hors mission (H) ; Pour mémoire (p.m)

Agence de PAITA
Lot 31 Les Cassis – ZA de Pont Blanc
98860 KONE
Tél. : (687) 26 30 00

Supervision géotechnique d'exécution (G4)
Avis n°5

Projet : Bâtiment Archives - WALLIS

Mission : **G4 - phase étude suivant la norme NFP 94-500**

Affaire : AF21/0944/G/G

Courrier : CD24-0287

Etabli par : C. DESORMEAUX

Vérifié par : Clio DESORMEAUX
A Paita, le 02/04/2024

Diffusion :

- **MOA** Service Territorial
- **MOE** SIGMA
- **Entreprise** ELF / Bird-e
- **G3** ANTEA GROUP

PHASE SUIVI – Avis sur note technique planche d'essai pour préchargement

	AVIS

Documents transmis (**en gras, le document objet du présent visa**) :

- ANTEA GROUP – G3 - Note de calcul des tassements et du préchargement indice A– n°A124644-INTP230043/A du 13 Juillet 2023 ;
- ANTEA GROUP – G3 - Note de calcul des tassements et du préchargement indice B– n°A124644-INTP230043/B du 4 aout 2023 ;
- ANTEA GROUP – G3 – Réponse au Bordereau de VISA de l'avis N°1 G4 – date du 04/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR01 – Compte rendu de suivi de chantier du 02/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR02 – Compte rendu de suivi de chantier du 03/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR02 ind B – Compte rendu de suivi de chantier du 03/08/2023 – Transmis le 04/08/2023 ;
- Plan de préchargement – Indice B du 04/08/2023 ;
- Plan du remblai de substitution – Indice B du 04/08/2023 ;
- **Note technique ANTEA du 29/03/2024 relative à la description du plot d'essai envisagé.**

Cet avis fait suite à la transmission de la note technique d'ANTEA du 29/03/2024 relative à la réalisation d'un plot d'essai du préchargement.

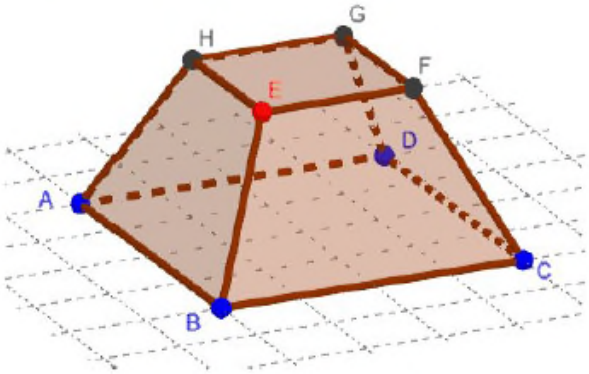
Pour rappel, une mission G2 PRO a été réalisée par A2EP GEOTEC le 31/05/2023 pour ce projet (Réf. AF21/0944/ G G – CD23-0601).

ANTEA GROUP – G3 – Note technique du 29/03/2024

Contexte de la note : D'importantes difficultés d'approvisionnement des matériaux paralysent le chantier depuis plusieurs mois. Le MOA a donc sollicité les intervenants du projet pour trouver des solutions d'optimisation des durées de préchargement évoquées dans le rapport G2 PRO.
L'idée retenue est la réalisation d'un plot d'essai des préchargements avec une quantité moindre de matériau, afin de recalculer les temps de consolidation et les tassements résiduels sur la base de données in situ (tassomètres).

§2 : Ajouter un récapitulatif des cotes projets : base substitution, niveau fini, cote remblai de préchargement prévu, etc. **S**
Il est prévu de mettre en place un remblai de préchargement test en zone Ouest du site, composé de terre végétale. La géométrie proposée est rappelée ci-après :

- La géométrie de la planche d'essai sera la suivante :
    - Base de 10,3 m x 10,3 m ;
    - Pente de 3H/2V (34°) ;
    - Hauteur 2,8 m ;
    - Carré plat de 2,0 m x 2,0 m en tête ;
    - Volume de terre végétale à prévoir ≈ 115 m^3



Comme il s'agit de terre végétale (possible coefficient de foisonnement important), il serait plus prudent de parler en tonnes plutôt qu'en m3 : le plot d'essai nécessite 115 m3 de terre végétale à 16 kN/m3 soit un tonnage de matériau nécessaire de : 115 x 16 = 184 tonnes environ.

Obs

Les étapes à retenir pour le relevé du tassomètre seront les suivantes :

- Relevé de la cote topographique Z du tassomètre **AVANT LE MONTAGE DU REMBLAI DE PRE-CHARGEMENT** ;
- Relevé du tassomètre **immédiatement après avoir réalisé le remblai de pré-chargement** ;
- Mesure **2 x par semaine** (même jour) pendant 1 mois ;
- Mesure **1 x par semaine** au-delà jusqu'à stabilisation du tassement.

Avis favorable sous réserve de préciser :

- L'incertitude des mesures réalisées
- La prise des mesures à intervalles réguliers,
- Les mesures devront être poursuivies jusqu'à l'obtention d'un minimum de 3 mesures consécutives stabilisées.

F + obs

La société A2EP GEOTEC reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Chargée d'affaire géotechnique
Clio DESORMEAUX

Avis géotechnique : Favorable (F) ; Défavorable (D) ; Suspendu (S) ; Hors mission (H) ; Pour mémoire (p.m)

Agence de PAITA
Lot 31 Les Cassis – ZA de Pont Blanc
98860 KONE
Tél. : (687) 26 30 00

Supervision géotechnique d'exécution (G4)
Avis n°6-A

Projet : Bâtiment Archives - WALLIS

Mission : **G4 - phase étude suivant la norme NFP 94-500**

Affaire : AF21/0944/G/G

Courrier : CD24-0490

Etabli par : C. DESORMEAUX

Vérifié par : Clio DESORMEAUX
A Paita, le 23/07/2024

Diffusion :

- **MOA** Service Territorial
- **MOE** SIGMA
- **Entreprise** ELF / Bird-e
- **G3** ANTEA GROUP

PHASE SUIVI – Avis sur note technique d'analyse de la planche d'essai du préchargement

AVIS

Documents transmis (**en gras, le document objet du présent visa**) :

- ANTEA GROUP – G3 - Note de calcul des tassements et du préchargement indice A– n°A124644-INTP230043/A du 13 Juillet 2023 ;
- ANTEA GROUP – G3 - Note de calcul des tassements et du préchargement indice B– n°A124644-INTP230043/B du 4 aout 2023 ;
- ANTEA GROUP – G3 – Réponse au Bordereau de VISA de l'avis N°1 G4 – date du 04/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR01 – Compte rendu de suivi de chantier du 02/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR02 – Compte rendu de suivi de chantier du 03/08/2023 ;
- ELF Terrassement / Birde-E – CR02 ind B – Compte rendu de suivi de chantier du 03/08/2023 – Transmis le 04/08/2023 ;
- Plan de préchargement – Indice B du 04/08/2023 ;
- Plan du remblai de substitution – Indice B du 04/08/2023 ;
- Note technique ANTEA du 29/03/2024 relative à la description du plot d'essai envisagé ;
- **Note d'analyse des tassements liés au plot d'essai du préchargement.**

Cet avis fait suite à la transmission de la note technique d'ANTEA du 04/07/2024 relative à l'interprétation du plot d'essai du préchargement.

Pour rappel, une mission G2 PRO a été réalisée par A2EP GEOTEC le 31/05/2023 pour ce projet (Réf. AF21/0944/ G G – CD23-0601).

ANTEA GROUP – G3 – Note technique du 04/07/2024

Contexte de la note : D'importantes difficultés d'approvisionnement des matériaux paralysent le chantier depuis plusieurs mois. Le MOA a donc sollicité les intervenants du projet pour trouver des solutions d'optimisation des durées de préchargement évoquées dans le rapport G2 PRO.
L'idée retenue est la réalisation d'un plot d'essai des préchargements avec une quantité moindre de matériau, afin de recalculer les temps de consolidation et les tassements résiduels sur la base de données in situ (tassomètres).

Ce plot d'essai a été mis en œuvre selon les principes suivants :

- Remblai de terre végétale de hauteur 2,8 m et d'emprise 10,3 m x 10,3 m au sol,
- Tassomètre placé en partie centrale avant mise en œuvre du remblai de sorte à suivre avec précision les tassements générés par le préchargement.

Des tassements se sont produits dès la mise en œuvre des remblais et se sont stabilisés très vite autour du cm.

Aucun mouvement n'a été enregistré depuis plus d'1 mois. ANTEA considère donc que les sols ont pu être consolidés par le passage des engins et la mise en œuvre du remblai de substitution.
Avis favorable.

F

En résumé et selon la note transmise par ANTEA, si des tassements de l'ordre de 1 cm sont acceptables pour la structure, il est possible de s'affranchir de préchargement au droit du reste de la plateforme projet.

La société A2EP GEOTEC reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Chargée d'affaire géotechnique
Clio DESORMEAUX

Avis géotechnique : Favorable (F) ; Défavorable (D) ; Suspendu (S) ; Hors mission (H) ; Pour mémoire (p.m)