

SEGC

MAYOTTE

LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE CONTRÔLE
Géologie - Géotechnique - Hydrogéologie - Assainissement - Environnement - Matériaux

DEPARTEMENT DE MAYOTTE

COMMUNE DE MAMOUDZOU

POLE D'ECHANGES MULTIMODAL

Construction de bâtiments

Village de Mamoudzou

CONSEIL DEPARTEMENTAL DE MAYOTTE

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION Phase Avant Projet (missions G1+G2AVP)

VERSION	DATE	REDACTEUR	VERIFICATEUR ET APPROBATEUR	OBSERVATIONS	DIFFUSION
a	31/07/2019	AA	IT		CDM

JUILLET 2019

DOSSIER N° 3124

Affaire suivie par A. ALI

SOMMAIRE

I. CADRE DE L'ÉTUDE	1
I.1. Contexte et objectif	1
I.2. Références réglementaires	1
I.3. Documents de référence	1
I.4. Le projet	2
II. CONTEXTE NATUREL	2
II.1. Contexte pédologique et géologique	2
II.2. Contexte morphologique et état des lieux	3
II.3. Risques naturels	4
II.4. Zone d'investigation géotechnique (ZIG)	5
III. SYNTHÈSE DE LA RECONNAISSANCE DU SITE	5
III.1. Contenu de la reconnaissance	5
III.2. Nature du sol et du sous-sol	6
III.3. Essais pressiométriques	7
III.4. Essais de perméabilité	8
III.5. Classification des matériaux meubles	9
III.6. Mesures de déflexion	9
IV. HYDROGÉOLOGIE	9
IV.1. Eaux de surface	9
IV.2. Eaux souterraines	9
V. SYNTHÈSE LITHOLOGIQUE	10
VI. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE	11
VI.1. Synthèse vis-à-vis des risques naturels	11
VI.2. Terrassements	12
VI.2.1. Remblais	12
VI.2.2. Rippabilité	12
VI.3. Mode de fondations envisageables	12
VI.4. Dallage bâtiment	16
VII. PRESCRIPTIONS ET RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES	16
VIII. CONCLUSIONS	17

ANNEXES

**ANNEXE I : CLASSIFICATION DES MISSIONS ET CONDITIONS GÉNÉRALES
D'UTILISATION DES RAPPORTS GÉOTECHNIQUES**

ANNEXE II : LOCALISATION DU PROJET

ANNEXE III : LOCALISATION DES SONDAGES

ANNEXE IV : RÉSULTATS DES ESSAIS

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION

I. CADRE DE L'ÉTUDE

I.1. Contexte et objectif

Dans le cadre du projet de construction des bâtiments du Pôle d'Échanges Multimodal, situé au Nord de l'actuel marché couvert de Mamoudzou, Chef lieu de la Commune, le Conseil Départemental de Mayotte (C.D.M.) a confié au bureau d'études SEGC MAYOTTE la réalisation d'une campagne de reconnaissance en vue d'une étude géotechnique de conception en phase d'avant projet.

Cette mission nous a été confiée dans le cadre du marché d'Accord Cadre (Etudes géotechniques en vue des constructions de bâtiments et/ou d'infrastructures) passé avec et pour le compte du Conseil Départemental de Mayotte.

Les objectifs de la présente étude sont de déterminer et de donner :
(Missions normalisées type G1+G2AVP - NF P 94 500 - 30 Novembre 2013 - cf. annexe I)

- La nature et l'épaisseur des matériaux présents sur le site ;
- Leurs caractéristiques géotechniques ;
- Les préconisations techniques en termes de terrassement et de fondations.

I.2. Références réglementaires

Les normes, textes et documents techniques réglementaires pouvant être nécessaires à la réalisation de la présente étude géotechnique sont :

Réalisation des essais et des sondages :

- le DTU 11.1 portant sur les sondages et la reconnaissance des sols ;
- l'EUROCODE 7 portant sur les calculs géotechniques - partie 2 - Reconnaissance des terrains et essais ;
- la Norme NF P 94-110 portant sur la procédure de réalisation des sondages destructifs de type tarières mécanique ;
- les Normes EN ISO 22476-4 et NF P 94-110 portant sur la procédure de réalisation des essais pressiométriques avec l'armoire pressiométrique de type Ménard ;

Réalisation du dossier :

- l'EUROCODE 0 portant sur les bases de calcul des structures ;
- l'EUROCODE 1 portant sur les actions sur les structures ;
- l'EUROCODE 2 portant sur les calculs des structures en béton ;
- l'EUROCODE 7 portant sur les calculs géotechniques (parties 1 et 2) ainsi que l'annexe nationale ;
- la Norme NF P 94-261 d'application nationale de l'EUROCODE 7 portant sur la justification des fondations superficielles ;
- l'EUROCODE 8 portant sur le calcul des structures pour leur résistance aux séismes ainsi que les annexes nationales ;

I.3. Documents de référence

Documents remis par le client :

Les documents suivants nous ont été transmis par SAFEGE SAS (Maitrise d'œuvre) :

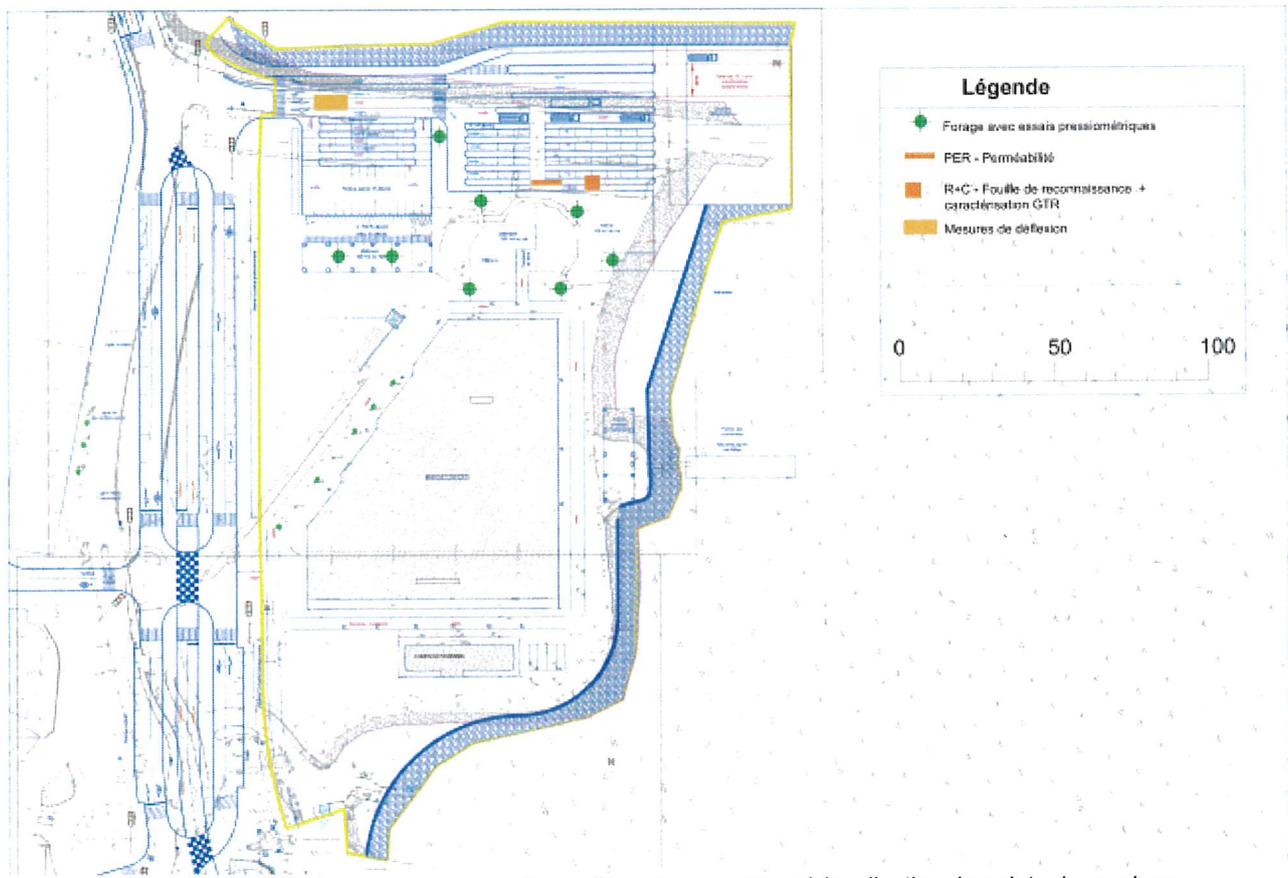
- ❖ Plan de masse de l'aménagement de l'actuelle gare avec une pré-localisation de points de sondage ;
- ❖ Plan topographique - LT1164

1.4. Le projet

Il est projeté la construction et l'aménagement d'un pôle d'échanges multimodal, au Nord de l'actuel Marché couvert, situé sur le fond de mer de Mamoudzou, Chef lieu de la Commune.

D'après le plan de masse d'aménagement transmis, il est projeté la construction de bâtiments, l'aménagement de place de parking (VL, PL, 2 roues, ...).

La présente étude de sol va porter sur les bâtiments à construire au Nord de l'actuel marché couvert.



Plan de masse de l'aménagement de l'actuelle gare avec une pré-localisation de points de sondage

Dans le cadre de ce projet, il est notamment prévu d'agrandir le quai actuel avec une extension sur la zone de mangrove au Nord et la mer à l'Est. Il est également projeté d'aménager et de redéfinir l'ensemble du tracé de la chaussée entre le rond point de la place du CDT Passot et la voie d'accès à l'amphidrome en direction de Kawéni.

II. CONTEXTE NATUREL

II.1. Contexte pédologique et géologique

D'après la carte morpho-pédologique (LATRILLE, 1981) de l'île de Mayotte au 1/50 000ème, la zone d'étude s'insère dans une unité morpho-pédologique de type mangrove correspondant au prolongement de la plaine littorale.

Les matériaux rencontrés définissent des alluvions fluvio-marines.

Selon la carte géologique (B.R.G.M., 2013 – au 1/30 000°) de l'île de Mayotte, le site d'étude est situé dans des formations de dépôts superficiels anthropiques de type remblais.

Effectivement, la zone de quai de Mamoudzou avec les embarcadères, les quais des barges, l'office du tourisme, le marché couvert et le port de plaisance, correspond à une zone d'avancée et d'extension entièrement remblayée sur la mangrove et la mer.

Sous ces remblais, se trouvent les alluvions (indifférenciées, fines et/ou fluviomarines) surmontant probablement des matériaux rocheux altérés (altérites) originaires de laves basiques et intermédiaires.

II.2. Contexte morphologique et état des lieux

D'un point de vue morphologique, la zone est plate (< 2 %); En effet, le site d'étude est entièrement aménagé et semble avoir fait l'objet de travaux de terrassement et de constructions antérieurs.



Photo aérienne - source : Géo-portail

Au moment de la réalisation de la présente étude de sol, le site est complètement aménagé et exploité.

Au droit des zones destinées à l'implantation des futurs bâtiments (cf. plan d'aménagement ci-avant), il a été fait les observations suivantes :

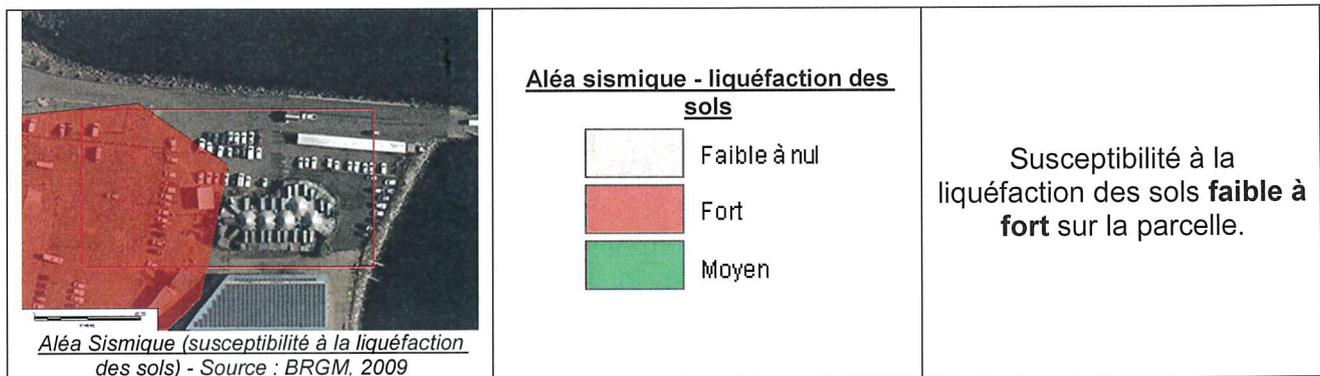
- une zone de stationnement et d'arrêt a été créée récemment pour l'arrêt des taxis (« Nord ») et des usagers.
- une zone de « brochetti » en exploitation avec des locaux de type R0 en structure légère (bois/aciers),
- une zone de parking (agents STM) revêtue à l'Est de la zone de « brochetti »,
- des enrochements en limite Est du quai existant,

Sur les photos suivantes, on peut avoir un aperçu de l'occupation actuelle au droit des zones destinées aux bâtiments.



II.3. Risques naturels

Extrait des cartes d'aléa du BRGM	Niveau d'aléa
 <p><i>Aléa Inondation et surcote cyclonique - Source : BRGM, 2015</i></p>	<p>Aléa submersion marine d'origine cyclonique (cycloref 2015)</p> <ul style="list-style-type: none"> FAIBLE MODERE FORT <p style="text-align: center;">Aléa fort de submersion marine d'origine cyclonique.</p>
 <p><i>Aléa Sismique (effets de site lithologique) Source : BRGM, 2009</i></p>	<p>Aléa sismique - effets de site lithologique</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible Fort Moyen <p style="text-align: center;">Effets de site lithologique nul, moyen à fort.</p>



Les autres aléas sont inexistant à faibles (mouvement de terrain, érosion et inondation par débordement de cours d'eau).

II.4. Zone d'investigation géotechnique (ZIG)

Au vu de nos observations et du contexte géologique et géotechnique ainsi que des risques naturels, les éléments suivants situés dans la ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) du site d'étude peuvent être en interaction avec le projet et devront donc être pris en compte dans la conception du projet :

- l'ensemble des existants au droit et à proximité des futures constructions ;
- l'aléa fort d'inondation par submersion marines d'origines cycloniques ;
- la proximité du littoral et la vulnérabilité du milieu.

III. SYNTHÈSE DE LA RECONNAISSANCE DU SITE

III.1. Contenu de la reconnaissance

Outre les visites de terrain et l'observation des existants, la reconnaissance a comporté :

- Huit (8) sondages à la tarière pour des essais pressiométriques (SPs) (Tarière mécanique à sec – diamètre 63 mm – Pressiomètre Ménard) ;
- Un (1) test d'infiltration pour les mesures de perméabilités (STk) (Tarière manuelle – diamètre 150 mm - Cellule VIGUIE).

Dates d'intervention : du 06 au 11 juin et le 24 juillet 2019

L'implantation des sondages et des essais ainsi que leurs résultats sont présentés en annexes III et IV.

Remarque : Il était également prévu de réaliser des sondages (fouille) à la pelle mécanique ainsi que des mesures de déflexion. La sur-fréquentation de part son occupation et la Au vu que le site est exploité avec énormément de circulations et passages, à ce stade d'étude (G2AVP), il a été choisi de ne pas réaliser ces sondages et essais, d'autant plus qu'il n'est pas prévu de reprise et de remise en état.

Ils pourront être effectués ultérieurement, notamment durant la phase projet (mission géotechnique G2PRO) afin de confirmer les hypothèses qui seront donnés).

III.2. Nature du sol et du sous-sol

Les **sondages tarières** mécaniques (SPs1 à SPs8 et STk1) effectués au droit de la zone d'étude montrent la coupe de terrain suivante :

Sous des « remblais de chaussée » d'au moins 0,5 mètre d'épaisseur, composé d'un revêtement de bitume et d'une couche de GNT et/ou des remblais limono-graveleux superficielles ($\leq 0,40$ m), on observe majoritairement des matériaux limoneux à sablo-limoneux localement graveleux à sablo-graveleux (SPs7), brun beige à brun grisâtre, fortement à faiblement (en profondeur) compacts, à éléments d'origines basaltiques et volcaniques sains et altérés, de taille millimétrique à pluri-millimétrique.

L'épaisseur de ces matériaux est de 2,9 mètres à au moins 4,9 mètres.

Ces matériaux caractérisent les **remblais** (limoneux à sablo-limoneux).

Sous ces matériaux, il est observé des alluvions et/ou soit des altérites.

En effet, sous les remblais, au droit des sondages SPs1 et SPs5, on observe des matériaux limoneux à sablo-argileux, grisâtre foncé à ocre, faiblement à moyennement compacts, à éléments polygéniques d'origine basaltique altérés avec des débris détritiques et coquillées.

Les épaisseurs de ces matériaux sont variables et sont d'au moins 3,4 mètres mètres.

Ces matériaux caractérisent les **alluvions** (marines à fluviomarines).

Sous ces matériaux (remblais et/ou alluvions), il est observé un matériau rocheux altéré, gris, brun rougeâtre à violacé, à éléments basaltiques altérés et sains à structure minéralogique visible.

L'épaisseur de ces matériaux est d'au moins 3,0 mètres.

Ces matériaux caractérisent des **altérites** (coulé basaltique altérée).

Remarques :

Le sondage SPs2 a subi un refus très prématuré à moins de 40 cm sur blocs à la suite de 2 tentatives de mise en station. Étant à proximité de l'enrochement, cela peut expliquer ces refus.

Le sondage SPs8 a également subi un refus sur blocs au sein des remblais à partir de 4,5 mètres profondeur/TN. Les autres sondages (SPs1, SPs3 à SPs7) ont été descendus à la profondeur visée de 7,5 mètres/TN.

Les sondages ont permis de confirmer que l'ensemble du site a été remblayé avec des épaisseurs des matériaux polygéniques limoneux à sablo-limoneux. Ces matériaux semblent être originaires des cendres volcaniques (tufs ou pouzzolanes) de la ZAC Hamaha.

On notera qu'au droit du sondage SPs7, il a été observé un matériau plutôt graveleux à sablo-graveleux sur une épaisseur d'au moins 2,0 mètres avant de retomber sur les remblais limoneux à sablo-limoneux.

Aux jours de notre reconnaissance, des venues d'eau ont été mise en évidence au droit des différentes sondages entre 1,8 mètres et 3,3 mètres de profondeur/TN.

III.3. Essais pressiométriques

Huit (8) sondages à la tarière mécanique ont été réalisés au droit de la zone d'étude, pour des essais pressiométriques (Pressiomètre Ménard).

Les sondages à la tarière SPs1 et SPs3 à SPs7, ont été descendus jusqu'à 7,5 mètres de profondeur/TN (profondeur visée), alors que les sondages SPs2 et SPs8 ont subi des refus sur blocs basaltiques sains respectivement à 0,4 mètre et 4,5 mètres de profondeur/TN.

On notera qu'au droit du sondage SPs2, étant donné le refus prématuré à moins de 40 cm malgré les quatre (4) mises en stations, aucun essai n'a pu être effectué.

Au droit des autres sondages (SPs1 et SPs3, à SPs7), une partie (12/46) des essais pressiométriques, n'a pas pu être effectuée, étant donné que les parois des sondages se sont effondrées et la sonde n'a donc pas pu être introduite compte tenu la constitution des remblais (matériaux sablo-graveleux) et de la présence de la nappe d'eau.

De plus, sur les 34 essais réalisés deux (2) essais ne sont pas exploitables (fluage rapide de l'essai).

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux ci-après :

Légende :

Remblais gravo-sableux à gravo-limoneux
Remblais limoneux à sablo-limoneux
Alluvions (marines à fluviomarines)
Altérites (coulé basaltique altérée)

Prof. (m/TN)	SPs1			SPs2			SPs3			SPs4		
	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*
-1,0	32.7	1.92	17.0	refus à 0,4 m/TN			21.6	1.29	16.7	26.2	1.65	15.8
-2,0	35.2	1.91	18.3				15.2	1.66	9.1	11.4	0.88	12.7
-3,0	2.8	0.32	8.0	3.4	0.62	5.3	6.8	0.76	8.7			
-4,0	3.5	0.12	22.0	20.6	0.85	22.7	3.8	0.40	8.6			
-5,0	2.6	0.47	5.1	3.9	0.64	5.8	32.2	1.69	18.4			
-6,0	sondage obstrué à 5,4 m			29.5	1.09	25.6	82.6	1.93	41.4			
-7,0	arrêt à 7,5 m/TN			sondage obstrué à 6,7 m			sondage obstrué à 6,6 m			arrêt à 7,5 m/TN		

Prof. (m/TN)	SPs5			SPs6			SPs7			SPs8		
	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*	Em (MPa)	pl* (MPa)	Em/pl*
-1,0	10.1	1.12	8.9	20.3	1.04	19.3	21.4	2.08	10.3	40.2	1.91	21.0
-2,0	2.7	0.34	7.6	1.7	0.13	11.4	essai inexploitable			9.5	0.66	14.0
-3,0	0.2	0.01	3.7	0.8	0.12	4.7	1.2	0.12	7.3	2.7	0.14	16.5
-4,0	18.6	1.16	15.3	5.2	0.97	5.1	sondage obstrué à 3,2 m			essai inexploitable		
-5,0	26.6	1.03	24.3	sondage obstrué à 4,8 m			refus sur blocs à 4,5					
-6,0	22.6	1.04	20.2	sondage obstrué à 6,8 m								
-7,0	sondage obstrué à 6,8 m			arrêt à 7,5 m/TN			arrêt à 7,5 m/TN			arrêt à 7,5 m/TN		

Observations et remarques :

Les valeurs des caractéristiques géotechniques au sein des remblais et alluvions rencontrées sont hétérogènes.

Au sein des remblais, il est relevé de bonnes caractéristiques géotechniques sur le premier (SPs4, SPs5, SPs6, SPs7 et SPs8) et voir les deux premiers mètres (SPs1, SPs3), ensuite les valeurs chutes significativement avec des pressions limites (pl^*) faibles à très faibles et des modules Em majoritairement médiocres (matériaux lâches à compressibles). Cela peut s'expliquer sans doute par la présence ou la proximité de la nappe d'eau.

Les alluvions observées au droit des sondages SPs1 montrent de résistances mécaniques complètement différentes de ceux observées au droit du SPs5. Ces dernières s'apparentent aux caractéristiques relevées au sein des altérites.

En effet, les quelques résultats obtenus au sein des altérites montrent des caractéristiques géotechnique homogènes et fortes.

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des résultats obtenus :

Formations rencontrées	Épaisseur (m)	Module Em (MPa)	Pression limite pl^* (MPa)	Rapport Em/pl
Remblais de chaussées	$\leq 0,5$	/	/	/
Remblais	de 2,9 à 4,9	$0,8 \leq Em \leq 40,2$ $Em_{moyen} = 4,1$	$0,12 \leq pl^* \leq 2,08$ $pl^*_{moyen} = 0,67$	$4,7 \leq Em/pl \leq 22,7$ $Em/pl_{moyen} = 11,9$
Alluvions	de 3,4 à $>3,9$	$2,6 \leq Em \leq 26,6$ $Em_{moyen} = 6,2$	$0,12 \leq pl^* \leq 1,16$ $pl^*_{moyen} = 0,59$	$5,1 \leq Em/pl \leq 24,3$ $Em/pl_{moyen} = 17,4$
Altérites	$> 3,0$	$29,5 \leq Em \leq 82,6$ $Em_{moyen} = 38,9$	$1,09 \leq pl^* \leq 1,93$ $pl^*_{moyen} = 1,53$	$18,4 \leq Em/pl \leq 47,4$ $Em/pl_{moyen} = 28,5$

(Em : moyenne harmonique – Pl : moyenne géométrique – Ems/pl : moyenne)

- Les remblais :
 - Les matériaux montrent des portances très faibles à fortes ($0,12 \leq pl^* \leq 2,08$ MPa) avec une valeur moyenne de 0,67 MPa (moyen) ;
 - Les modules préssiométriques indiquent que ces matériaux sont majoritairement lâches à peu compressibles ($0,8 \leq Em \leq 40,2$ MPa) ;
 - Les rapports Em/pl montrent des matériaux sous consolidés à sur consolidés.
- Les alluvions :
 - Les matériaux montrent des portances très faibles à fortes ($0,12 \leq pl^* \leq 1,16$ MPa) avec une valeur moyenne de 0,59 MPa (moyen) ;
 - Les modules préssiométriques indiquent que ces matériaux sont majoritairement lâches à peu compressibles ($2,6 \leq Em \leq 26,6$ MPa) ;
 - Les rapports Em/pl montrent des matériaux sous consolidés à sur consolidés.
- Les altérites :
 - La formation montre des portances fortes ($pl^* \geq 1,09$ MPa) ;
 - Les modules préssiométriques indiquent que ces matériaux sont peu à pas compressibles ($29,5 \leq Em \leq 82,6$ MPa) ;
 - Les rapports Em/pl montrent des matériaux sur consolidés.

III.4. Essais de perméabilité

Afin d'évaluer la perméabilité des matériaux rencontrés en surface sur la zone, un test d'infiltration a été réalisé au droit du site :

Sondage	N° Test	Profondeur (m/TN)	Matériaux	Perméabilité (mm/h)	Perméabilité (m/s)
STk1	K ₁	0,55	Remblais	17,0	$4,7 \cdot 10^{-6}$

La perméabilité obtenue dans les remblais et classent ces matériaux dans la catégories III, définie par les services de l' A.R.S., correspondant à des matériaux **peu perméables**, selon le DTU 64-1.

III.5. Classification des matériaux meubles

Aucune analyse ou essai d'identification n'a été effectué dans le cadre de la présente mission.

De part notre expérience, les remblais limoneux à sablo-limoneux observés en surface sous la couche de remblais de chaussée, sont similaires voir originaires des cendres volcaniques (tufs et/ou pouzzolanes) d'Hamaha.

Nos analyses effectuées dans ces matériaux les classent généralement en B₃ (graves silteuses) et B₄ (graves argileuses à peu argileuses).

Remarque : Les matériaux du site ont été remaniés et remis en œuvre. Toutefois, leur classement en B (sols sableux et graveleux avec fines) ne devrait pas avoir été modifié pour autant.

III.6. Mesures de déflexion

Les mesures de déflexion n'ont pas pu être effectuées dans le cadre de la présente étude.

Ces derniers seront effectués ultérieurement notamment dans le cadre de la mission G2PRO.

La déflexion à la poutre Benkelman est effectuée selon les prescriptions de la norme NF P 98 200-2 donne une indication sur la portance et la rigidité d'une chaussée. Elle intervient comme critère de décision pour le choix de l'épaisseur de renforcement des chaussées et dans l'évaluation de la qualité des chaussées

IV. HYDROGÉOLOGIE

IV.1. Eaux de surface

D'après les cartes d'aléas du BRGM (2015), la zone d'étude n'est pas concernée par l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau.

Toutefois, l'ensemble du site est classé en aléa fort de submersion marine d'origine cyclonique.

Hormis les rejets « sauvage » et les points de stagnations (temporaires) des eaux usagères des exploitants des « brochettis », aucun indice marquant de circulation d'eau superficielle n'a été observé au droit de la parcelle.

IV.2. Eaux souterraines

Le tableau ci-dessous synthétise les niveaux d'eau observés (ou estimés) dans les sondages après leur réalisation, lors de la reconnaissance du site.

Sondage	SPs1	SPs2	SPs3	SPs4	SPs5	SPs6	SPs7	SPs8
Prof. (m/TN)	3,3	/	3,0	2,9	1,8	2,5	2,5*	2,7

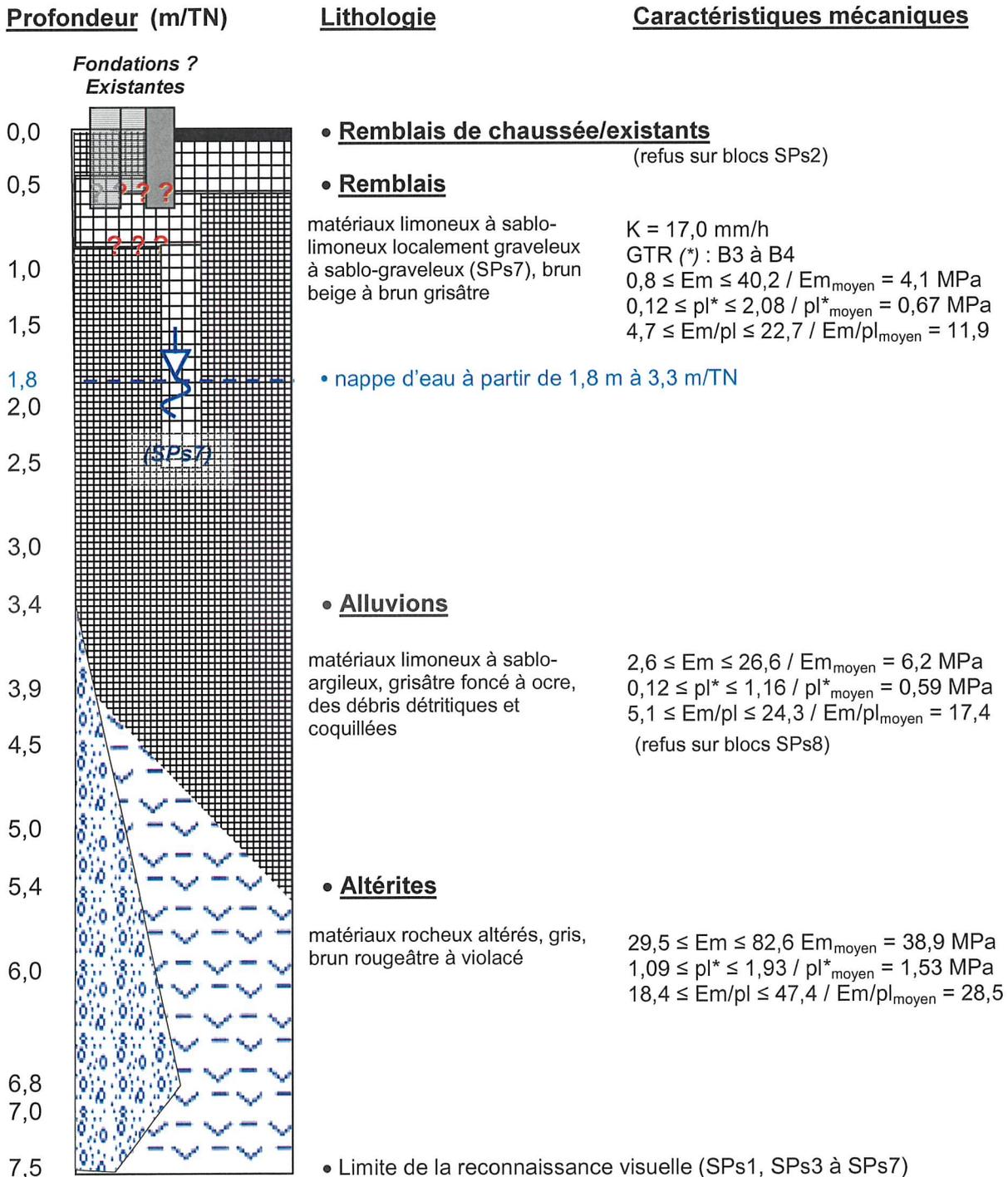
* profondeur estimée en fonction de l'humidité et les traces d'eau sur la tarière du forage obstruée ne permettant pas de relever avec la sonde à eau.

Les niveaux des venues d'eau restent globalement homogènes, avec une variation de 1,8 mètres en amont (coté terre) à 3,3 mètres de profondeur/TN (coté mer).

Le site étant en bord de mer, les niveaux d'eau souterraine observés en sondage peut fluctuer en fonction de la saison et principalement en fonction du marnage (Océan Indien).

V. SYNTHÈSE LITHOLOGIQUE

Les différents sondages et essais réalisés permettent de tracer la coupe terrain moyenne ci-après :



(*) résultats issus des analyses réalisées par SEGC Mayotte dans les cendres volcaniques de Hamaha

Remarque : Lors de la reconnaissance du site, des venues ou nappe d'eau ont été observées entre 1,8 mètres et 3,3 mètres de profondeur/TN.

VI. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

VI.1. Synthèse vis-à-vis des risques naturels

D'après les cartes d'aléas du BRGM, la zone est concernée par :

- un aléa **fort** de submersion marine d'origine cyclonique
- un aléa **moyen à fort** d'effets de site lithologique.
- un aléa **fort** de susceptibilité à la liquéfaction des sols

Les zones d'aléas fort (mouvement de terrain, inondation par débordement de cours d'eau et/ou par submersion marine d'origine cyclonique) sont réputées inconstructibles (bâtiments à usage d'habitation, de commercial, artisanal, industriel ou agricole,...).

De ce fait, l'aléa fort de submersion marine est de nature et d'intensité à remettre en cause la faisabilité du projet.

Néanmoins, le règlement du Plan de Prévention des Risques de la Commune est en cours d'élaboration, il faudra se rapprocher des services de la DEAL afin de définir les mesures réglementaires à considérer pour les projets futurs ainsi que les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Dans tout les cas, pour ce qui est des aménagements, il faudra respecter les règles de l'art afin de ne pas créer ou aggraver les risques.

Il sera nécessaire de réaliser des études hydrauliques spécifiques afin de prendre en compte cet aléa dans la conception des ouvrages et aménagements pour de ne pas augmenter ou créer de risques supplémentaires.

Il conviendra de prendre en compte les prescriptions suivantes :

- assurer la transparence hydraulique, si possible ;
- placer les équipements sensibles hors d'eau ou les protéger en assurant leur étanchéité,
- placer le plancher du RDC hors d'eau à au moins +1,0 m par rapport au TN.
- les fondations devront résister aux effets de ruissellements (affouillement,...)
- prévoir la mise en œuvre de matériaux insensibles à l'eau,
- les réseaux d'évacuations EU devront être étanches et être équipés de clapets anti-retour,

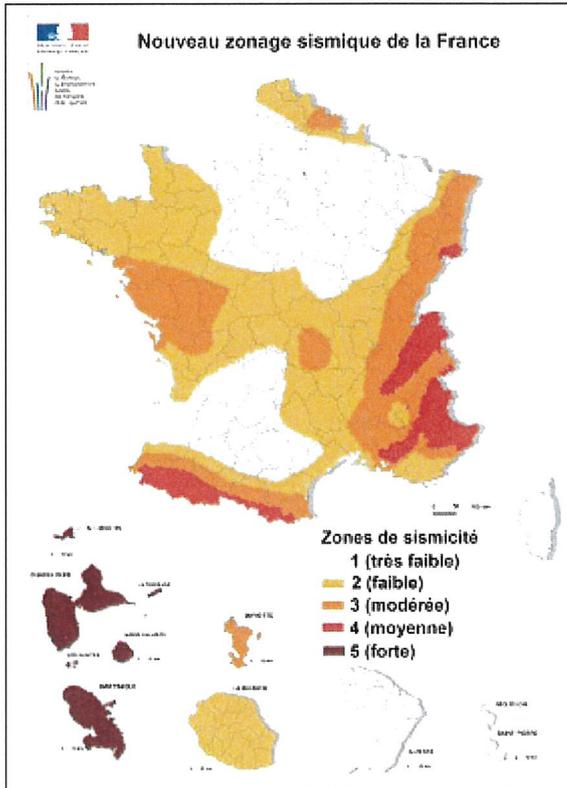
Selon la réglementation en vigueur Mayotte se trouve en zone de sismicité 3 (modérée).

Par conséquent, il conviendra de prendre en compte les dispositions constructives relatives à cette zone de sismicité notamment celle de l'Eurocode 8.

Pour ce qui est de l'aléa d'effets de site lithologique, afin de prendre en compte ces phénomènes, la Norme NF EN 1998-1 septembre 2005 distingue sept classes de sol différentes (A, B, C, D, E, S1 et S2) dépendant du profil stratigraphique et de paramètres géotechniques.

Compte tenu des résultats des essais in situ et de la corrélation entre le tableau du PS92 et celui de l'Eurocode 8, les formations en place (remblais/alluvions/altérites) pourront être classées en catégorie E, dans la limite de nos connaissances dans la zone.

Pour ce qui est de la liquéfaction des sols, au vu de résultats de la reconnaissance et compte tenu des aménagements créés (remblaiement du site), les risques de liquéfaction au droit du projet n'est théoriquement pas à craindre.



Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	—	—
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s			
S ₁	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ($PI > 40$) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	—	10 – 20
S ₂	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁ .			

VI.2. Terrassements

VI.2.1. Remblais

Lors de notre investigation, il a été observé des remblais polygéniques composés de matériaux graveleux à sablo-graveleux, limoneux à limono-sableux.

L'épaisseur de ces remblais est d'au moins 2,9 mètres à au moins 4,9 mètres.

VI.2.2. Rippabilité

Seuls les sondages SPs2 et SPs8 ont subi des refus sur blocs basaltiques sains au sein des remblais.

Toutefois, les terrassements pourront donc être effectués à l'aide d'engins classiques au niveau de la formation des remblais. Il en ressort que des déblais rocheux sont à attendre notamment dans la formation de coulée basaltique.

Il est possible que localement dans les remblais le B.R.H. (brise roche hydraulique) soit nécessaire pour la destruction la dalle béton.

VI.3. Mode de fondations envisageables

Seules la formation d'altérite est susceptible en l'état de servir d'assise aux fondations du projet.

Toutefois cette formation a été observée à partir de 4,5 mètres à au moins 6,8 mètres.

Les alluvions ne sont pas présents sur l'ensemble du site, et de plus, elles sont relativement profondes (à partir de 3,4 m à 3,6 m/TN). Aussi, compte tenu de leurs caractéristiques géotechniques hétérogènes, elles ne pourront pas servir d'assise à aucun ouvrage géotechnique dans l'état.

Pour ce qui est des remblais du site présent en surface, elles ne pourront pas servir d'assise aux fondations des futurs bâtiments en l'état sans un traitement préalable.

A ce stade de l'étude, au vu du contexte naturel du site et des résultats de la campagne de reconnaissance, en considérant une typologie de bâtiment de type R0 voir R+1, il est donc proposé d'étudier la possibilité de mettre en œuvre un mode de fondations « classiques » superficielles.

Ce mode de fondation sera à adapter en fonction de la typologie (>R+1) et les descentes de charge à reprendre par le sol.

VI.3.1. Fondations « classiques »

VI.3.1.1.Principe et niveau d'ancrage

Suivant la typologie ($\leq R+1$) et les charges à reprendre, il peut être envisagé des solutions fondations de type superficielles ou profondes.

Dans le cas de fondations profondes, il s'agira de reporter les charges des ouvrages dans le bon sol (altérites). Mais, pour y répondre, il sera nécessaire de réaliser des sondages et des essais profonds afin de quantifier et de qualifier le nombre de pieux ou micro pieux qui s'avèreraient nécessaires. Ce type de fondation est très couteux et la technicité est peu présente sur l'île.

Dans un premier temps, nous nous proposons une première réflexion sur la possibilité d'une solution fondation superficielle.

Dans ce cas, compte tenu du contexte (plateforme remblayée sur la mer), il s'agira de reconstituer le sol d'assise du projet afin d'obtenir un matelas de matériaux ayant une transparence hydraulique, ayant de bonnes caractéristiques géotechniques et inertes au changement d'état hydrique. Pour ce faire, au droit du projet, il s'agirait d'effectuer une substitution d'une partie des remblais existants et de procéder à la mise en œuvre d'un remblai technique de type grave 0/80 GNT.

Dans ce cas, les ouvrages pourront être fondés sur des semelles filantes et/ou isolées ou radier ancrés dans un remblai technique, encastré à partir d'au moins 0,2 cm dans les remblais du site.

Nous privilégions le radier général et nous présentons ci-après sa faisabilité.

Remarques et suggestion d'exécution :

Compte tenu de la présence de remblais et de la configuration du site, lors des terrassements, les fonds de fouilles et de forme devront être réceptionnés par un géotechnicien.

Les hors profils des fonds de forme, résultants des purges (poches de sols médiocres, anciens réseaux, anciennes fondations, ...) et/ou des terrassements supplémentaires, seront comblés par un apport de GNT 0/80, soigneusement compactées lors de leur mise en œuvre ou devront être comblés par un rattrapage gros béton.

VI.3.1.2.Calcul de la contrainte limite du sol

Selon la Norme NF P 94-261, la contrainte limite du sol est déterminée à partir de la pression limite pressiométrique et peut s'exprimer de la façon suivante :

$$q_{net} = k_p Pl_e * i_\sigma i_\beta$$

Avec : k_p : facteur de portance = 0,8 (à ce stade d'étude) ;

- $P_{l_0}^*$: pression limite nette équivalente calculée sur une profondeur h_r égale à au moins $1,5B$ (*) sous les semelles ;
 i_δ : coefficient de réduction de la portance lié à l'inclinaison de la charge (vaut 1 pour une charge verticale) ;
 i_β : coefficient de réduction de la portance lié à la proximité d'un talus de pente β (vaut 1 si la fondation est éloignée d'un talus de $d > 8B$) ;

Les matériaux rencontrés sont sensibles à l'eau, et ils peuvent être sujets à des brusques changements de consistance en fonction de leur état hydrique.

Afin de pallier à ces variations de comportement de matériaux, on retiendra dans les remblais, une contrainte du sol de 100 kPa aux E.L.S. quasi-permanent et caractéristique et une contrainte de calcul de 164 kPa aux E.L.U en situation fondamentale (durable et transitoire).

Toutefois, dans le cas du radier, on se limitera une contrainte admissible du sol de 70 kPa aux E.L.S. quasi-permanent et caractéristique et une contrainte de calcul de 115 kPa aux E.L.U en situation fondamentale (durable et transitoire).

VI.3.1.3. Justifications des fondations superficielles

La vérification de la portance et le calcul des tassements sous les fondations sont calculés à partir de la Norme d'application NF P 94-261 (Règles pour le calcul des fondations superficielles, méthode pressiométrique).

Portance :

Le calcul de la capacité portante est donné par la relation suivante :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

- Avec : V_d : valeur de calcul de la charge verticale ;
 $R_0 = Aq_0$: valeur du poids des terres au niveau de la fondation avant mise en œuvre. Elle sera négligée (sécuritaire) ;
 A' : valeur de la surface effective de la semelle,
 $R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance nette du sol.

Tassement :

La procédure d'estimation des tassements aux états limites de services (ELS) selon la méthode pressiométrique est présentée dans l'annexe H et elle est fournie selon la formule suivante:

$$s_f = s_c + s_d \text{ (cas d'un sol hétérogène)}$$

- Avec : s_f : Tassement final ;
 s_c : Tassement de consolidation - $s_c = \alpha / (9xE_c) \times (q' - \sigma'_{v0}) \times \lambda_c \times B$;
 s_d : Tassement déviatorique $s_d = 2 / (9xE_d) \times (q' - \sigma'_{v0}) \times B_0 \times (\lambda_d \times B/B_0)^\alpha$;

- et - E_c : module pressiométrique Ménard équivalent dans la zone où les déformations volumiques sont les plus importantes (de 0 à $B/2$);
- E_d : module pressiométrique Ménard équivalent dans la zone où les déformations de cisaillement sont les plus importantes (de 0 à $8B$);

Resultats :

A partir des résultats des essais pré-siométriques, il a été retenu les paramètres donnés dans le tableau ci-après :

Couche n°	épaisseur (m)	p_l^* moyen (MPa)	$E_{m, \text{moyen}}$ (MPa)	α
1 - Remblais technique	≥ 0,6	0,80	20,0	0,67
2 - Remblais du site	2,9 à 4,9	0,40	4,0	0,5
3 - Alluvions	3,4 à 3,9	0,30	6,0	0,5
4 - Altérites	> 3	1,50	38,0	0,67

Les descentes de charges n'étant pas définies dans l'état actuel du projet, on retiendra pour un bâtiment de type R0 et un bâtiment de type R+1 les valeurs hypothétiques de descentes de charge (DDC) aux ELS suivantes dans le cas de radier :

Type de semelle	Radier (t/m ²)
R0	1,5
R+1	3,0

Sur la base de ces descentes de charges, les résultats du tableau suivant, indiquent que la portance est vérifiée et les tassements à attendre seront de l'ordre de 10 mm (acceptables).

Typologie		R0	R+1
Type de fondation		Radier	Radier
Portance	Dimensions	10 x 38	10 x 38
	V _d (kN)	5700	11400
	R _{v;d} (kN)	26600	26600
	V_d ≤ R_{v;d} (*)	OK	OK
Tassement – ELS (mm)		4,4	8,7

*R0 négligé

Remarque : Les vérifications ci-dessus ont été calculées sur la base d'hypothèses de descentes de charges. Elles devront être vérifiées une fois les descentes de charges réelles seront connues.

VI.3.1.4. Mode de fondation envisageable

Compte tenu du contexte hydrogéologique, des caractéristiques géotechniques faibles et hétérogènes de la zone d'étude, le mode de fondation superficiel par radier général, ancré dans un remblai technique, est envisageable.

Le radier sera dimensionné sur la base d'une contrainte de calcul de **115 kPa aux ELU**, soit une contrainte au sol de **70 kPa aux ELS**.

Pour le mode de fondation par radier/remblai technique :

- le radier devra être ancré d'au moins 20 cm dans le remblai technique. La mise en œuvre de bèches pourra être envisagée.
- l'épaisseur du remblai technique devra être homogène et sera d'au moins 60 cm sous le radier et devra répondre à la mise hors du projet (Prévoir coupure de capillarité cuvelage éventuel).
- les plateformes en remblai technique devront avoir un débord d'au moins 50 cm par rapport à la fondation.
- les plateformes en remblai technique seront constitués d'une grave insensible à l'eau, de type GNT 0/31,5, 0/80 ou 0/1000 et seront mises en place par couches successives biens

compactées de 20 ou 30 cm d'épaisseur (maximum). Si besoin, la grave GNT 0/80 et 0/100 pourra être fermée par une couche de grave GNT 0/31,5.

- les fonds de forme devront être soigneusement compactés et devront être réceptionnés avec des essais à la plaque de type LCPC, avant la mise en œuvre du remblai technique

- un géotextile anti-contaminant devra être prévu à l'interface remblais tu sit/remblai technique.

- en cas de présence de débris (végétaux, ferrailles, ordures ménagères, ...), poche médiocre, en fond de fouille, ces derniers devront être purgés et le comblement sera réalisé en GNT0/80.

Dans tout les cas, on procédera à une réception les fonds de forme et de fouille par un géotechnicien (G3 et/ou G4).

Le fond de forme devra être soigneusement compacté et devra être réception avec des essais à la plaque de type LCPC.

Les essais à la plaque en fond de forme devront montrer un module $EV1 \geq 30$ MPa en tout points, afin de pouvoir atteindre les critères de réception minimum de la plateforme au niveau de l'arase supérieure du remblai technique.

Dans le cas contraire, des adaptations (cloutage du fond de forme, géotextile de renforcement, épaissement du remblai technique, ...) seront à prévoir.

La couche finale du remblai technique sera également réceptionnée par une campagne d'essais à la plaque de type LCPC (au moins 2 points d'essais par plateforme) avec les critères suivants, $EV1 \geq 50$ MPa, $EV2/EV1 \leq 1,6$ avec un module de Westergaard $K_w \geq 50$ Mpa/m en tous points.

VI.4. Dallage bâtiment

Compte tenu des remblais et étant donné la nécessité de mettre hors d'eau le 1er plancher, dans le cas de la mise en œuvre de fondation filante et/ou isolée; il faudra prévoir que les dalles soient portées et leurs surcharges engendrées puissent être reprises par les fondations du bâtiment.

VII. PRESCRIPTIONS ET RECOMMANDATIONS GENERALES

Tout appui mixte, terre végétale/remblais/sols ferrallitiques/altérites, est à proscrire.

Compte tenu de la grande sensibilité à l'eau de ces matériaux, les fonds de forme (déblai/remblai) peuvent être déstructurés et remaniés par les engins de chantier en cas de venues d'eau avec des chutes de portance rapides pouvant entraîner des orniérages et des difficultés de traficabilité des engins de chantier.

Les terrassements en période de pluie sont donc à proscrire.

Dans le cas contraire, il faudra prévoir une protection des plateformes, des interruptions de chantier afin d'attendre l'évacuation de l'eau et le séchage des plateformes créant ainsi si besoin des arrêts de chantier.

Des approfondissements ou des techniques de renforcement (géotextile, cloutage, traitement aux liants hydrauliques,...) pourront être nécessaire afin de pouvoir retrouver la qualité initiale des plateformes.

La durée d'ouverture des fouilles et talus devra être aussi courte que possible.

Ces recommandations s'appliquent à la totalité des travaux de terrassements (créations des plateformes en déblais et en remblais, fonds de forme, fonds de fouille, couche de forme,...).

Afin de limiter les infiltrations d'eau au niveau des fondations, l'ensemble des eaux de ruissellement devra être récupéré et évacué par un ensemble de drains et/ou de cunettes vers les réseaux collectifs.

Les éventuels hors profils de fond de forme issus des purges (terre végétale, systèmes racinaires, blocs) des terrassements devront être comblés soit par un apport de grave type GNT 0/80 ou 0/100 correctement compacté soit par un rattrapage gros béton.

Cette étude concerne uniquement la parcelle du projet et ses abords (ZIG). Dans le cas de modification du projet (agrandissement, niveau supplémentaire, extension et/ou création d'aménagements, terrassement supplémentaire non prévu au Permis de Construire,...), une étude complémentaire devra être effectuée.

Conformément à la Norme NF P 94-500, afin de respecter l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, la présente mission devra être complétée par des études géotechniques de conception (G2) durant les différentes phases de la maîtrise d'œuvre (avant projet, projet et DCE/ACT) afin de définir les solutions d'adaptations envisageables pour le projet et les justifications du projet ainsi que de préciser les modalités de mises en œuvre pour réduire les risques résiduels.

À terme une mission de supervision géotechnique (mission G4) devra être prévue afin de vérifier la profondeur du bon sol compte tenu de la présence des remblais d'épaisseur hétérogènes.

Cette mission de supervision géotechnique permettra de vérifier la conformité de l'étude d'exécution et de valider le contexte géotechnique durant les travaux. Elle permettra aussi de juger de la pertinence des adaptations et/ou des optimisations éventuels des modes de fondation lors de l'exécution.

VIII. CONCLUSIONS

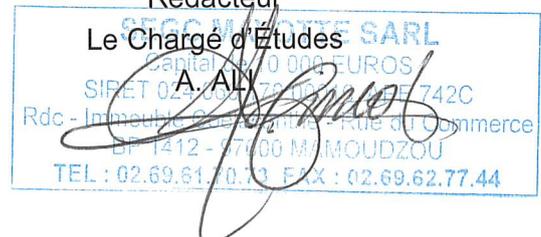
Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve des « conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques » fournies en annexe I.

Fait à Mamoudzou, le 31 juillet 2019

Vérificateur et approbateur



Rédacteur



ANNEXE I

CLASSIFICATION DES MISSIONS ET CONDITIONS GÉNÉRALES D'UTILISATION DES RAPPORTS GÉOTECHNIQUES

Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013

Tout site peut générer des incertitudes et risques géotechniques pouvant compromettre la réalisation d'un projet d'aménagement de site ou de construction d'ouvrage.

Les études géotechniques répondent à la nécessité d'identifier les incertitudes et risques induits et en réduire ainsi les impacts sur le projet ou les avoisinants par application, en phase conception, de mesures préventives et en phase réalisation, de dispositions correctives prédéfinies. Au fil des années, plusieurs facteurs ont évolué défavorablement :

- les terrains encore disponibles sont souvent de qualité géotechnique médiocre ;
- la complexité des projets augmente. Les nouvelles méthodes d'exécution sont souvent sophistiquées et s'adaptent mal aux incertitudes et risques géotechniques ;
- l'environnement et/ou le voisinage est de plus en plus sensible à toute perturbation.

Ce constat justifie l'intervention de nombreux spécialistes, d'où des problèmes d'interfaces plus nombreux et une coordination difficile.

Devant cette complexité croissante des projets et des risques associés, une connaissance approfondie du sous-sol est requise. Or, le sous-sol est par nature le domaine privilégié des incertitudes parce qu'il n'est pas visible, parce qu'il est hétérogène et que les risques géotechniques associés sont parfois difficiles à identifier avant leur survenance.

La connaissance du contexte géologique et géotechnique du site et la prévision du comportement de l'ouvrage projeté (interaction sol-structure), tant en phase de réalisation que pendant sa durée de vie, sont donc primordiaux pour assurer une bonne maîtrise des risques géotechniques inhérents à tout projet.

La gestion des risques géotechniques est indispensable pour fiabiliser le délai de réalisation, le coût final et la qualité de l'ouvrage, en toute sécurité et à la satisfaction du voisinage : elle doit être permanente (mise à jour au fur et à mesure du déroulement des phases de conception et de réalisation du projet) et comporter les trois volets habituels pour toute gestion efficace des risques : identification, évaluation, traitement.

L'enchaînement des missions contribue à la maîtrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques.

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. Le maître d'ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la maîtrise d'œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception puis de réalisation de l'ouvrage.

Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives de la maîtrise d'œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2 (ci-après).

Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3 ; la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Toute mission d'ingénierie géotechnique doit s'appuyer sur des données géotechniques pertinentes issues de la réalisation de prestations d'investigations géotechniques spécifiées à l'Article 6.

L'ingénierie géotechnique réalisée pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire, doit suivre l'enchaînement des missions décrites ci-après. Ces missions s'appuient sur des données géotechniques pertinentes (voir le Tableau 1 et l'Article 6). Il est recommandé de confier l'ensemble de ces missions à une même entité afin de lui donner une vue globale sur le projet et son évolution, dans la recherche des optimisations tout en assurant une bonne maîtrise des risques géotechniques.

Le maître d'ouvrage ou son mandataire organise la diffusion aux divers intervenants (contrôle technique, ingénierie géotechnique, entreprise...) des documents et informations émis par chacun d'entre eux au fur et à mesure de l'enchaînement qu'il coordonne.

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 1 à 3) doit suivre les étapes de conception de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ETAPE 1 : ETUDES GEOTECHNIQUES PREALABLES (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u> Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours. • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u> Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
<p>ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u> Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u> Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u> Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). • Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

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).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC 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'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXE II

LOCALISATION DU PROJET **(Extrait de la carte IGN 4410 MT, 2005)**



ANNEXE III

LOCALISATION DES SONDAGES



(Photo aérienne du site - extrait Géo portail)

Légende :

- ⊕ SPs – sondage tarière mécanique et essais pressiométriques
- STK – sondage tarière manuelle et test de perméabilité

ANNEXE IV

RÉSULTATS DES ESSAIS

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou



Date début : 06/06/2019

Cote NGM :

Profondeur : 0,00 - 7,50 m

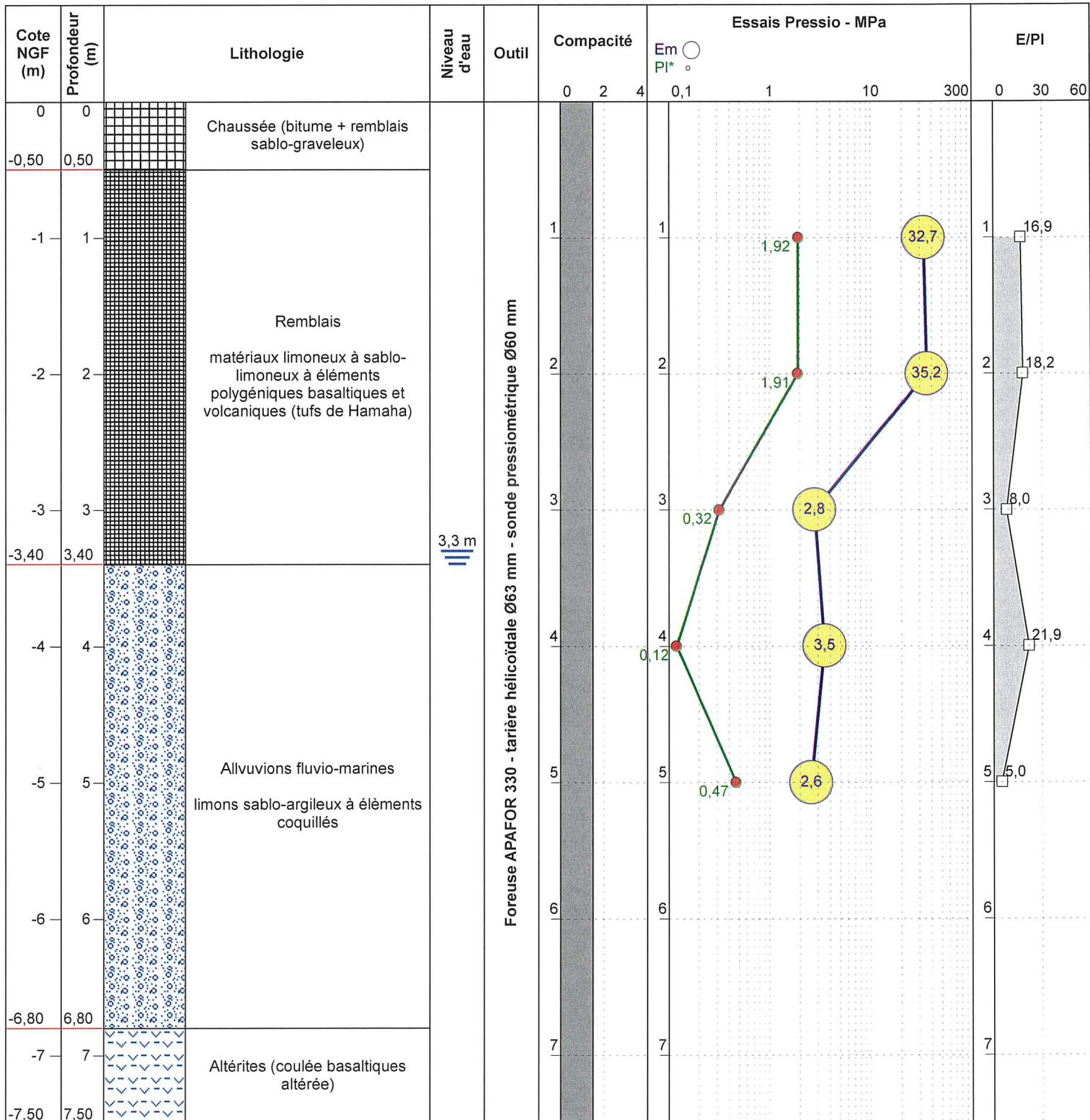
Client : C.D.M.

X :

Opérateur : J. PITTET

Y :

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs1



Observation : Arrêt du sondage à 7,5m/TN. Sonde pressiométrique bloquée à 5,4 m. Nappe d'eau observée en sondage à partir de 3,3 mètres de profondeur/TN.

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou

Date début : 06/06/2019 Cote NGM : Profondeur : 0,00 - 7,50 m
 Client : C.D.M. X :
 Opérateur : J. PITTET Y :



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs2

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Compacité	Essais Pressio - MPa				E/PI				
						Em	PI*	0,1	1	10	300	0	30	60
0	0	Chaussée (bitume + remblais sablo-graveleux)		Foreuse APAF	0									
-0,40	0,40													
-1	1				1									
-2	2				2									
-3	3				3									
-4	4				4									
-5	5				5									
-6	6				6									
-7	7				7									

Observation : Refus sur blocs à 0,4m/TN.

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou

Date début : 07/06/2019

Cote NGM :

Profondeur : 0,00 - 7,50 m

Client : C.D.M.

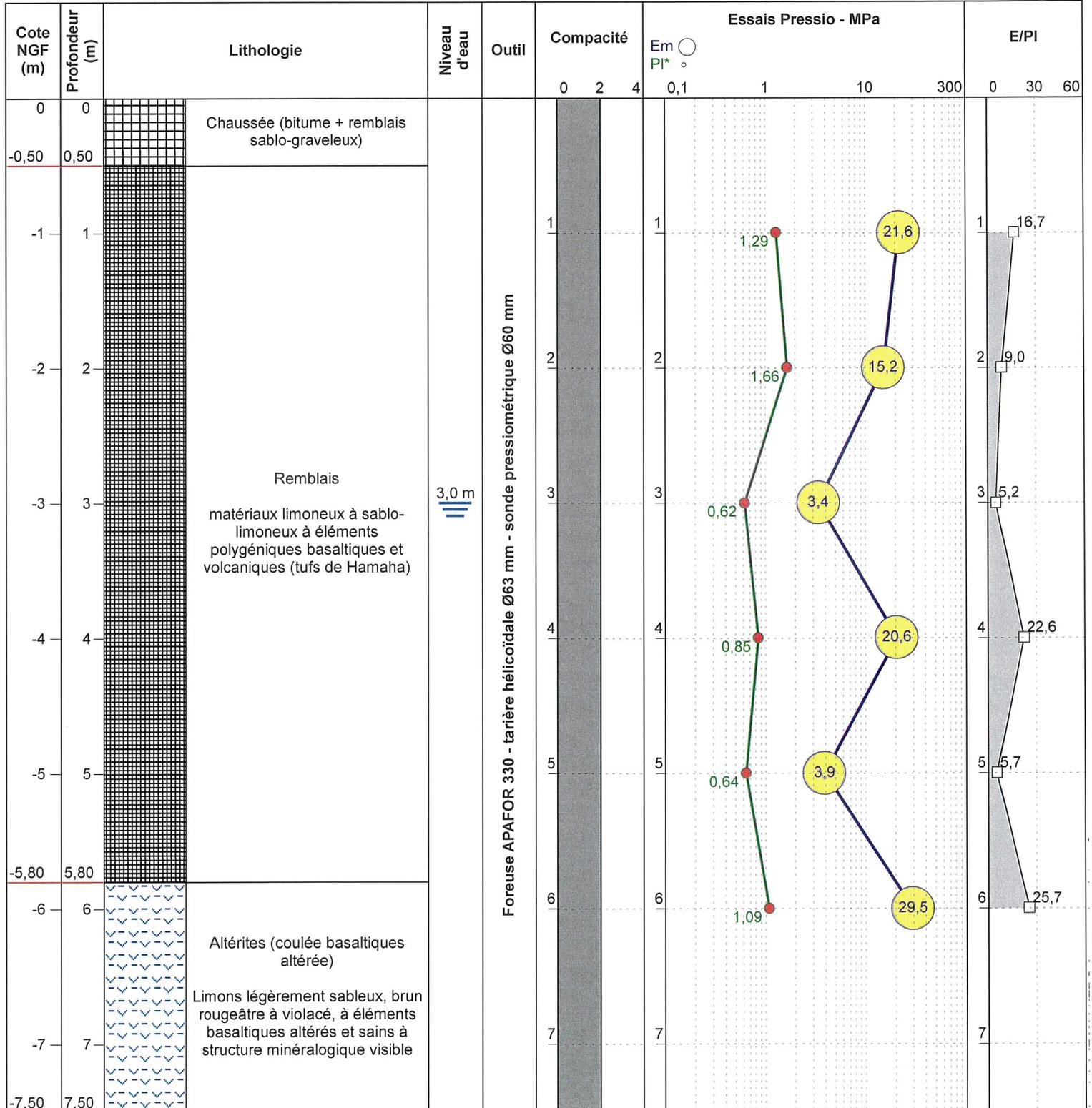
X :

Opérateur : J. PITTET

Y :



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs3



Observation : Arrêt du sondage à 7,5m/TN. Sonde pressiométrique bloquée à 6,7 m. Nappe d'eau observée en sondage à partir de 3,0 mètres de profondeur/TN.

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou

Date début : 07/06/2019

Cote NGM :

Profondeur : 0,00 - 7,50 m

Client : C.D.M.

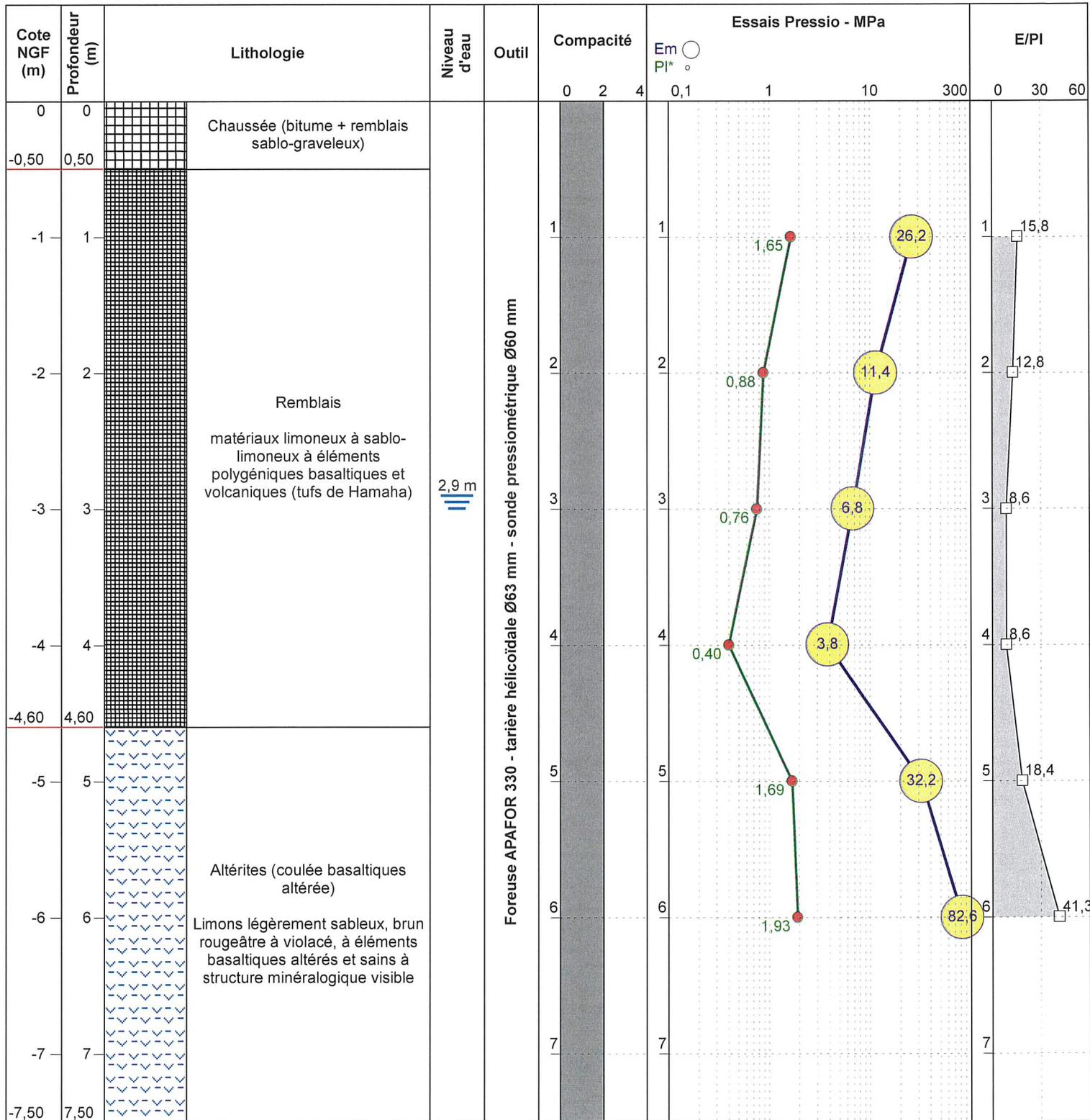
X :

Opérateur : J. PITTET

Y :



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs4



Observation : Arrêt du sondage à 7,5m/TN. Sonde pressiométrique bloquée à 6,6 m. Nappe d'eau observée en sondage à partir de 2,9 mètres de profondeur/TN.

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou

Date début : 10/06/2019

Cote NGM :

Profondeur : 0,00 - 7,50 m

Client : C.D.M.

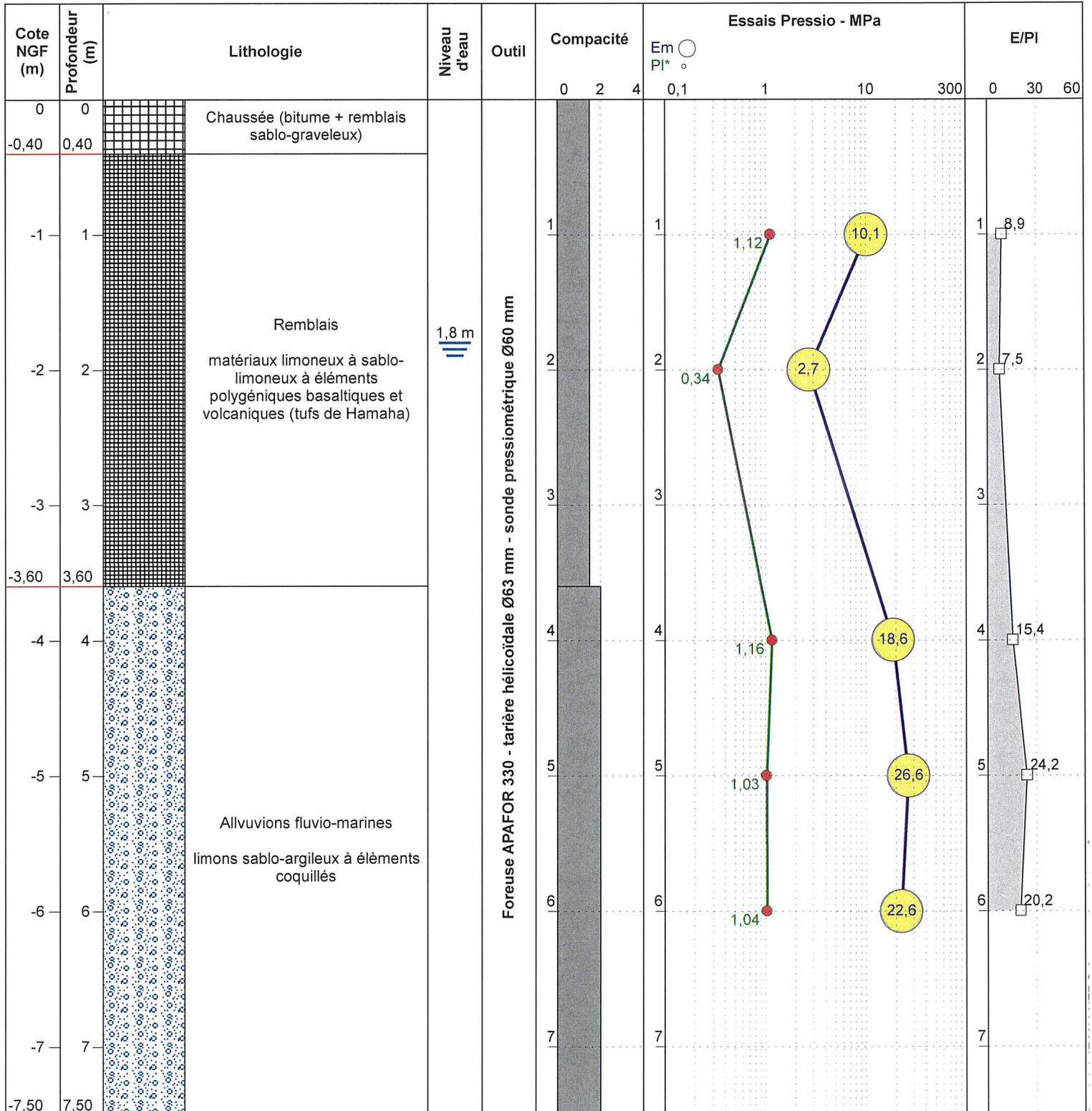
X :

Opérateur : J. PITTET

Y :



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs5



Observation : Arrêt du sondage à 7,5m/TN. Sonde préssiométrique bloquée à 6,8 m. Essai à 3,0m/TN, inexploitable => fluage rapide. Nappe d'eau observée en sondage à partir de 1,8 mètres de profondeur/TN.

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou



Date début : 10/06/2019

Cote NGM :

Profondeur : 0,00 - 7,50 m

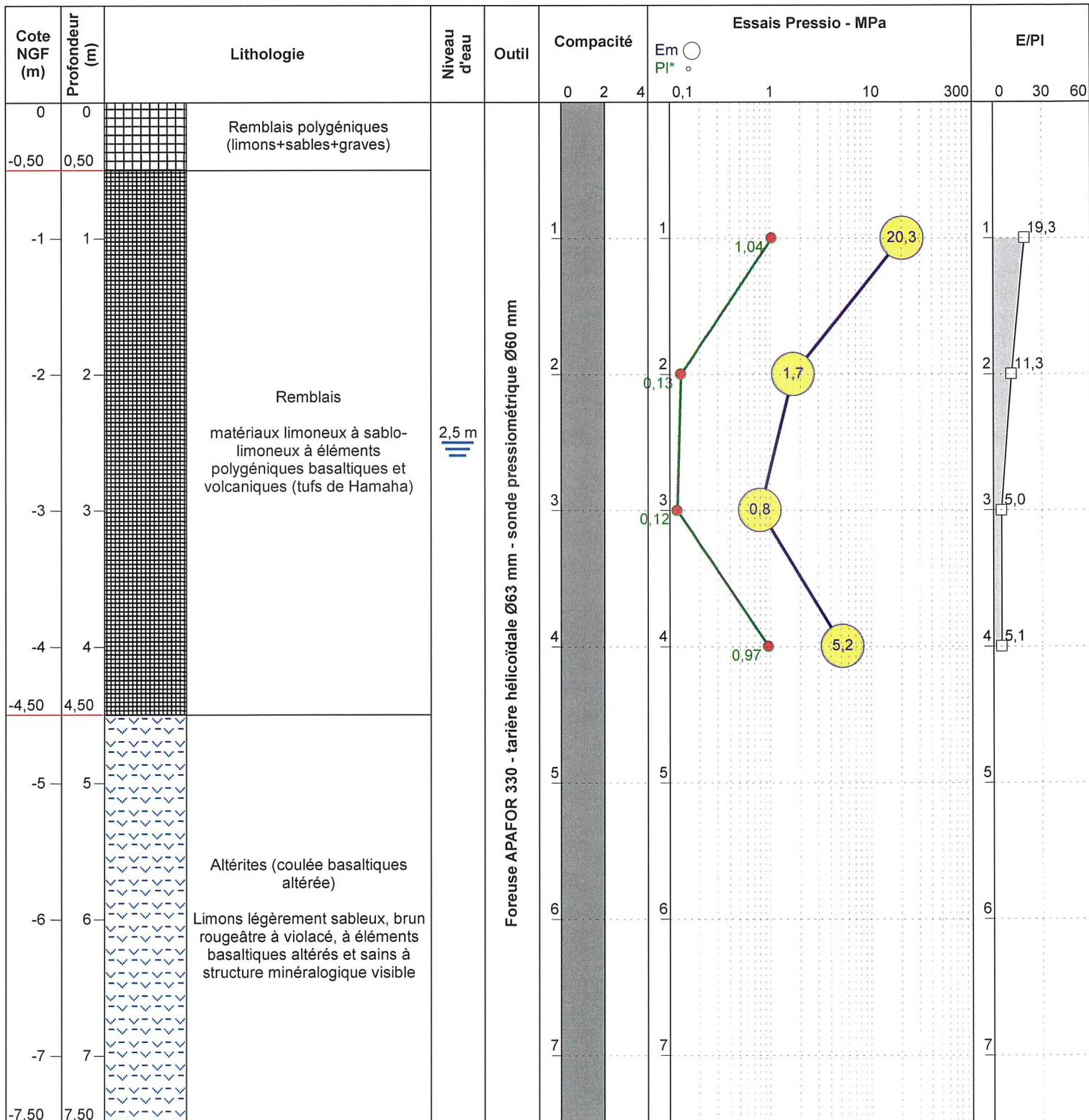
Client : C.D.M.

X :

Opérateur : J. PITTET

Y :

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs6



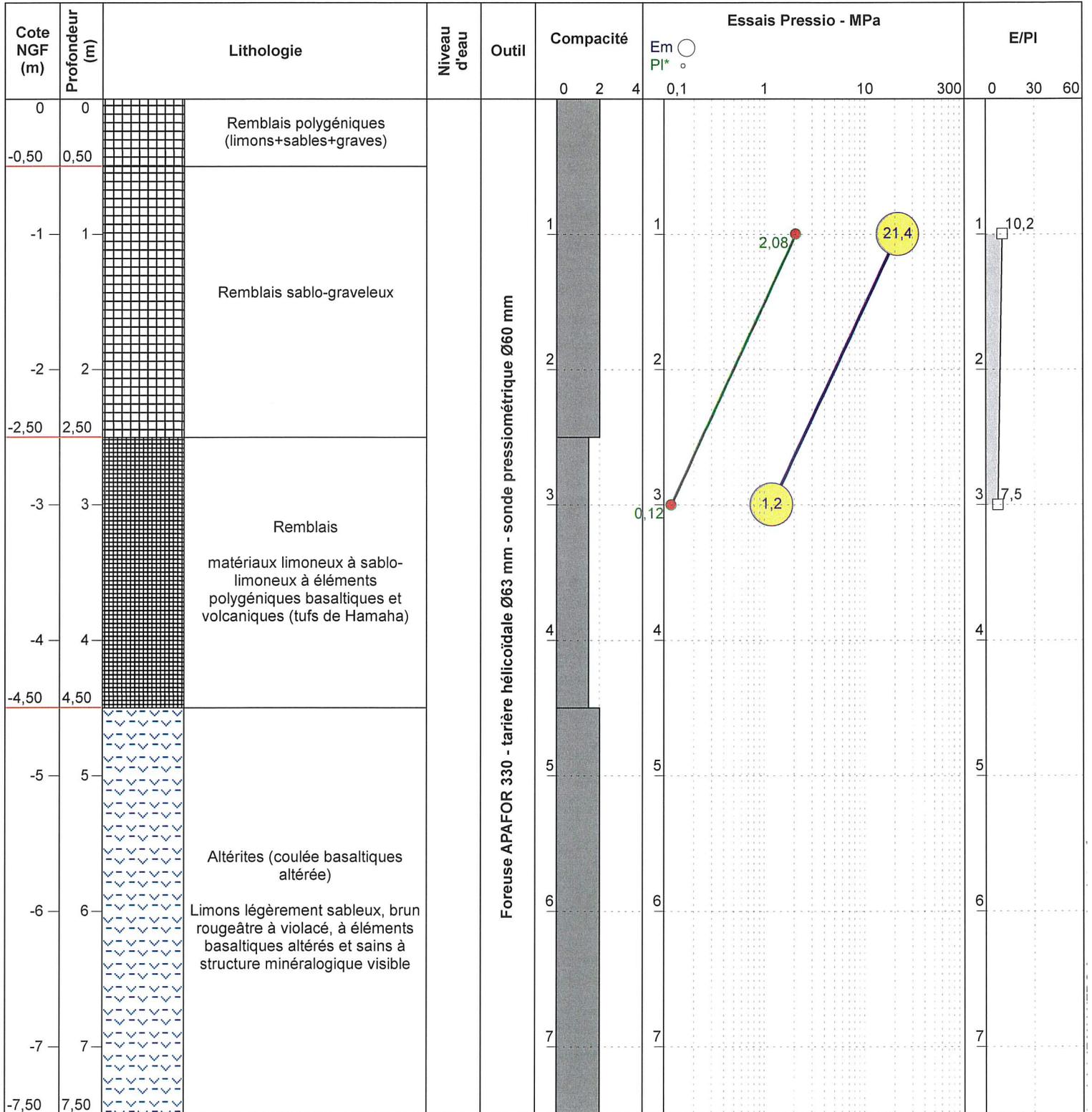
Observation : Arrêt du sondage à 7,5m/TN. Sonde préssiométrique bloquée à 4,8 m. Nappe d'eau observée en sondage à partir de 2,5 mètres de profondeur/TN.

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou

Date début : 11/06/2019 Cote NGM : Profondeur : 0,00 - 7,50 m
 Client : C.D.M. X :
 Opérateur : J. PITTET Y :



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs7



Observation : Arrêt du sondage à 7,5m/TN. Sonde préssiométrique bloquée à 3,2 m. Nappe d'eau non mesurée suite à l'effondrement du forage mais estimée à partir de 2,5 mètres de profondeur/TN. Essai à 2,0 m/TN non exploitable (fluage rapide).

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou



Date début : 11/06/2019

Cote NGM :

Profondeur : 0,00 - 4,50 m

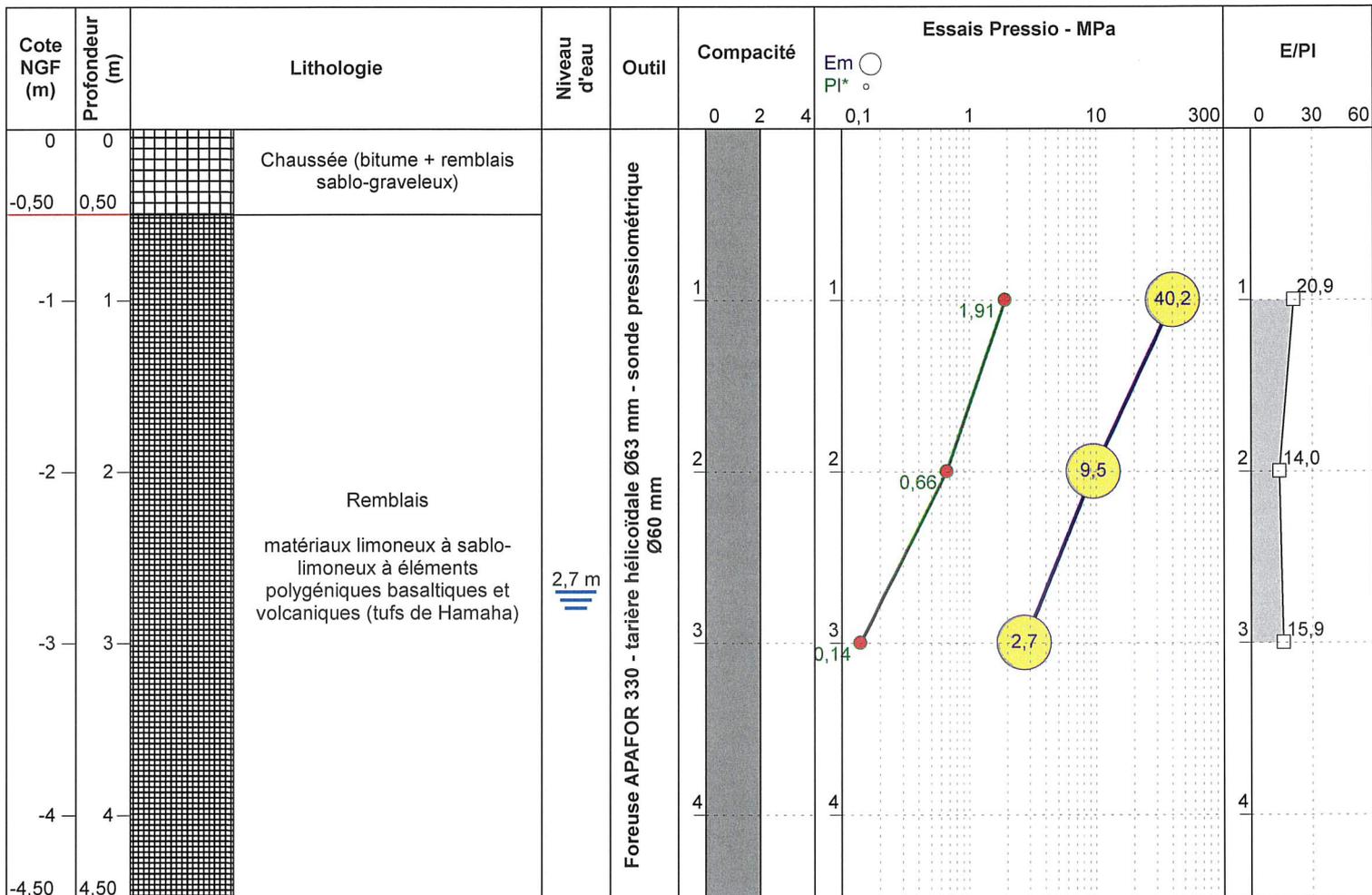
Client : C.D.M.

X :

Opérateur : J. PITTET

Y :

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE : SPs8



Observation : Arrêt du sondage sur refus sur blocs à 4,5m/TN. Nappe d'eau observée à partir de 2,7 mètres de profondeur/TN. Essai à 4,0 m/TN non exploitable (fluage rapide).

Pôle d'Echanges Multimodal - Mamoudzou



Date début : 27/07/2019 Cote NGM : Profondeur : 0,00 - 0,55 m
 Nom du client : CDM X : _
 Opérateur : Y. MAOULIDA Y : _

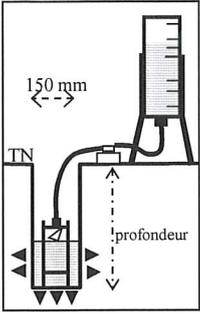
1/10

TARIERE MANUELLE : STk1

EXGTE 3.16/GTE

Cote NGM (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Couleur	Outil	Niveau d'eau	Compacité				
						0	1	2	3	4
0,00	0	Remblais polygéniques (limoneux, graveleux à blocailles, sableux avec quelques débris poubéliens (plastiques,...))	Gris à ocres foncés	Tarière manuelle Ø150 mm						
-0,55	0,55									

Observations : Arrêt du sondage sur compacité - Aucune nappe d'eau observée - Test k1 réalisé en fond de fouille



CHANTIER : Batiments du Pôle d'Echanges Multiodal de Mamoudzou

CLIENT : Conseil Départemental de Mayotte

OPERATEUR : M. YSSOUF

DOSSIER : 3124 **DATE :** 27 juillet 2019

CONDITIONS METEOROLOGIQUES : Ensoleillé

K1 Localisation : STk1 **K1 = 17,0 mm/h**

NIVEAU CONSTANT Profondeur : 0,55 m/TN **K1 = 4,7E-06 m/s**

Temps de saturation : 4h00 Matériaux : remblais

Classification **Peu perméable**