

98701 BP140681

ARUE TAHITI

Tel : 87 78 73 71

Fax : 40 45 09 63

Email : [tpconseils.christophe.arue@gmail.com](mailto:tpconseils.christophe.arue@gmail.com)

[www.tpconseils-tahiti.com](http://www.tpconseils-tahiti.com)

**RAPPORT 2503062**  
**Etude géotechnique de type :**  
**G2pro selon arrêté 1506CM**  
**Norme NFP94-500 (Novembre 2013)**  
**Zone tour de contrôle Aéroport de Tahiti**  
**Selon Devis N°2505098B**

***Demandeur : Service d'Etat de l'aviation civile en  
Polynésie Française***  
**RESUME**

Semelles filantes à -0.80m/TN Qels = 0.1Mpa  
Semelles isolées à -1.80m/TN Qels = 0.12Mpa

**Date de visite : 17/05/2025**  
**Date de rapport : 24/05/2025**

Avec la collaboration de :



SORBONNE  
UNIVERSITÉ  
UMR 7619 METIS

Mesures : Remu TEAI Technicien  
Vérification : Christophe BOULAY – (Ingénieur ENSG, Docteur INPL/CNRS MPME, Ingénieur IPF en Géologie)  
Directeur

## CONDITIONS GENERALES D'UTILISATION

- *Ce rapport demeure la propriété du BET jusqu'à l'intégralité du paiement de la note d'honoraire correspondante, et ce, en application des lois régissant la propriété intellectuelle. Tout usage et/ou utilisation, divulgation de ce rapport est donc interdit tant que la créance lui étant associée n'a pas été intégralement réglée. Le BET se réserve tout recours en cas de non-respect de ces principes.*
- *En aucun cas l'Université de Rouen Normandie ne pourra être impliquée dans l'interprétation et l'utilisation qui sera faite des résultats qui demeurent sous la responsabilité de l'entreprise et dans le cadre des dispositions ci-dessous*
- *Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne sauraient engager la Société TPCconseils. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.*
- *TPCconseils ne peut en aucun cas être tenu par une obligation de moyen et de résultats car les prestations d'études et de conseils sont réputées par nature incertaines.*
- *Toute modification du projet après la présente est de nature à rendre caduques partie ou totalité des conclusions.*
- *L'absence de plans précis ne peut être reprochée au BET. Il appartient au maître d'Ouvrage de communiquer les plans.*
- *Ce rapport exclu toute activité d'étude ou de conseil ainsi que toute forme d'interprétation.*
- *Compte tenu du caractère évolutif des faciès sous conditions tropicales humides, les observations ne peuvent être considérées que ponctuelles à la date de visite.*
- *Les conditions climatiques particulières de la Polynésie française engendrent une érosion importante. A termes la stabilité des talus naturels et artificiels peut s'en trouver altérée. Les constatations liées aux observations effectuées en date de visite ne peuvent en aucun cas être considérées comme pérennes, et il est nécessaire d'effectuer un entretien régulier des ouvrages d'assainissement et de terrassement et un diagnostic régulier de l'état des talus ; il est nécessaire de déclencher ce diagnostic dès observation d'un élément pouvant porter atteinte à la pérennité de l'ouvrage (fortes pluies, chutes de matériaux de blocs...). Tout arrivée d'eau, mouvement de terrain, érosion, chutes de blocs devra être immédiatement signalée au BET. Les conclusions pourront être alors reconsidérées et adaptées.*
- *Toute modification de l'état des lieux (en particulier les terrassements et l'écoulement des eaux de ruissellement) après date de la visite pouvant être de nature à modifier les présentes conclusions devra être signalée au BET et rendrait les présentes conclusions caduques.*
- *L'absence de niveau cohésif devra être signalée au BET.*
- *Il est important de signaler que les essais de sol sont ponctuels et ne représentent que la nature des sols au droit de l'essai. Toute discontinuité, hétérogénéité apparaissant lors de la réalisation de l'ouvrage devra être immédiatement signalée.*
- *Cette mission ne peut aucunement être considérée comme une mission de conception ou de maîtrise d'œuvre partielle ou totale.*
- *La présente mission pourra être complétée par l'une des missions prévues dans le cadre de la norme NFP 94500 et devra faire l'objet d'une demande spécifique de la part du maître d'ouvrage. Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des observations importantes ci-dessus et conditions générales d'utilisation du rapport géotechnique qui font partie intégrante du présent rapport avec enchaînement effectif des missions géotechniques prévues par la norme NF P 94-500.*
- *L'ensemble des travaux doit être réalisé selon les règles de l'art, avec dimensionnement par un BET, respect de la qualité des matériaux et réalisation de tous les systèmes de drainage nécessaires à éviter toute arrivée d'eau. Il est nécessaire d'assurer en cours de travaux une mission de suivi desdits travaux.*
- *La cote TN indiquée dans le rapport correspond à la cote du terrain naturel ou de l'arase lors de la réalisation de l'essai. Les niveaux donnés sont par rapport à cette cote. Toute modification du terrain conditionne une modification de la profondeur d'assise.*
- *Les responsabilités de TPCconseils ne peuvent être engagées en dehors du cadre strict de la mission objet du présent rapport et seront limitées au montant de sa prestation.*
- *Il est nécessaire d'assurer en cours de travaux une mission de suivi géotechnique tel que prévu dans la norme susmentionnée. La responsabilité de TPCconseils ne saurait être engagée sans le respect de ces dispositions.*
- *Il est rappelé que le présent rapport reste valable pour une durée de douze mois à compter de sa date d'établissement.*
- *Les données de géophysique restent la propriété intellectuelle EXCLUSIVE de TPCONSEILS et Normandie Université. Tout droit leur est exclusivement réservé. Aucune utilisation de quelque nature que ce soit, sauf dans le cadre du présent rapport, ne pourra en être faite par tiers, collectivité ou Services Administratif Territoriaux.*
- *Il est rappelé les documents à fournir par le demandeur dans le présent rapport. L'absence de document ne peut être de la responsabilité du BET.*

## Sommaire

1. INTRODUCTION – OBJECTIF DE L'ETUDE (N° 7.2.1.1 – 7.2.1.2 – 7.2.1.3 – 7.2.2.1 - 7.2.2.2 de la norme NFP 94-500 nov.2013 ) .....	5
1.1 Préambule - Liste des documents fournis .....	5
1.2 Généralités .....	5
1.3 Projet du demandeur .....	5
1.4 Stratégie de reconnaissances – définition de la phase et ses limites .....	7
1.4.1 Stratégie de reconnaissance .....	7
1.4.2 Définition de la phase et de ses limites .....	8
2. ETUDES DE SITE (N° 7.2.2.3 - 7.2.2.4 de la norme NFP 94-500 nov.2013) .....	9
2.1 Contexte du site d'études .....	9
2.1.1 Localisation du site .....	9
2.1.2 Présentation du site .....	10
2.2 Modèle Géologique .....	11
2.2.1 Géologie observée sur le site.....	11
2.2.2 Modèle géologique retenu .....	12
2.3 Identification et impact potentiel des risques naturels et anthropiques.....	12
2.3.1 Aléa : Chutes de bloc .....	12
2.3.2 Aléa : Glissements de terrain .....	12
2.3.3 Aléa : Inondations .....	12
2.3.4 Aléa : Submersion marine .....	12
2.3.5 Plan de Prévention des risques (PPR) .....	12
2.4 Contexte hydrogéologique .....	13
2.4.1 Etude hydrogéologique .....	13
2.4.2 Impact sur le projet.....	14
2.5 Conclusion préliminaire de l'étude géologique du site.....	14
3. RECONNAISSANCE DES SOLS (N° 7.3.2.3 – 7.3.2.4 de la norme NFP 94-500 nov.2013).....	15
3.1 Descriptions des procédés de mesures pouvant être réalisés.....	15
3.1.1 Essais pénétrométriques .....	15
3.1.2 Essais de perméabilité .....	15
3.1.3 Mesure de résistivité électrique (ERT) avec un dispositif Wenner-Schlumberger.....	16
3.1.4 Mesures d'ondes sismiques par réfraction .....	17
3.2 Mesures réalisées sur le site d'étude .....	19
3.2.1 Mesures effectuées .....	19
3.2.2 Localisation des sondages .....	19
4. RESULTATS DE L'ETUDE DE SOL (N° 7.3.2.5 – 7.3.2.6 de la norme NFP 94-500 nov.2013) .....	21
4.1 Synthèse géophysique .....	21
4.1.1 Résultats de mesures de résistivités.....	21
4.1.2 Résultats de mesures sismiques.....	21
4.2 Synthèse géomécanique .....	21
4.2.1 Résultats des essais pénétrométriques.....	21
4.2.1 Résultats des essais au perméamètre .....	21
5 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (art 7.3.2.7 et 7.3.2.8 de la norme NFP 94-500 nov.2013. ) .....	23
5.1 Synthèse géotechnique.....	23
5.1.1 Propriétés géotechniques des formations .....	23
5.2 Proposition d'ouvrage et de fondations .....	23
5.2.1 Adaptation au site de l'ouvrage.....	23
5.2.2 Principes de fondations envisageables et de l'assainissement des EP.....	25
5.3 Incertitudes et risques présents .....	25
5.3.1 Incertitudes et risques géologiques, géomorphologiques, tectoniques .....	25
5.3.2 Incertitudes et risques hydrogéologiques .....	25
5.3.3 Incertitudes et risques géotechniques .....	26
5.3.4 Missions complémentaires à réaliser.....	26
6. CONCLUSIONS.....	27
6.1 Faciès mobilisables .....	27
6.2 Conditions générales de terrassement .....	27
6.3 Proposition de principes de fondation.....	27
6.3.1 Fondations de l'habitation.....	27
6.3.2 Fondations de soutènements.....	28
6.3.3 Fondations de la piscine .....	28
6.3.3 assainissements des EU.....	28
ANNEXE 1 – Extrait de la norme NFP 94-500 nov. 2013 .....	29
ANNEXE 2 - Classification des MAMU et différents faciès.....	30
ANNEXE 3 – Classification selon le rapport du BRGM : RP54835-Fr .....	31

Figure 1 : Localisation de la parcelle sur Tefenua ( <a href="https://www.tefenua.gov.pf/">https://www.tefenua.gov.pf/</a> ) .....	9
Figure 2 : Carte géologique de la zone d'étude.....	11
Figure 3 : PPR selon DCA – Zone avec risques moyens à fort.....	13
Figure 4 : Photographie du résistivimètre LIPPMAN utilisé pour les mesures .....	16
Figure 5 : Schématisation du principe de mesures de résistivité .....	16
Figure 6 : Valeurs de résistivité de quelques roches .....	17
Figure 7 : Variations de vitesses selon le milieu traversé.....	18
<b>Figure 8</b> : Présentation du matériel DOLANG .....	19
Figure 9 : Implantation des essais .....	20
Figure 10 : Profil ERT X -149.8458_ Y -17.5839 Orientation : N170.....	21

# 1. INTRODUCTION – OBJECTIF DE L'ETUDE (N° 7.2.1.1 – 7.2.1.2 – 7.2.1.3 – 7.2.2.1 - 7.2.2.2 de la norme *NFP 94-500* nov.2013)

## 1.1 Préambule - Liste des documents fournis

Demandeur : **Service d'Etat de l'aviation civile en Polynésie Française**

Informations sur le projet	
Numéro de rapport	2503062
Date d'acceptation	02/04/2025
Date d'intervention	08/05/2025
Référence de la norme	Norme NFP94-500 Nov. 2013

La liste des documents à fournir et fournis par le demandeur dans le cadre de la présente mission sont :

MISSION G1 (à charge du client)	
Liste	Fourni F – Non Fourni NF
Plan de situation	F
Plans projet	F
Plan topographique	F
Rapports existant	F
Descriptif sommaire des ouvrages envisagés	F
Conditions d'accès	F

Les documents remis ont été remis par : Le Demandeur

## 1.2 Généralités

Règlements utilisés dans l'établissement du présent rapport :

La reconnaissance des sols et les différents essais techniques pratiqués sont conformes aux normes **AFNOR** et **NFP94-500 nov.2013** en vigueur et font l'objet de recommandations techniques spécifiques. Les méthodes de travail, de calculs et de recommandations utilisées ont été effectuées conformément aux textes réglementaires suivants :

- **Normes AFNOR** concernant les travaux de sondages et d'essais des sols
- **DTU 13.11** concernant les fondations superficielles
- **DTU 13.12** concernant les règles de calculs des fondations superficielles
- **DTU 13.13** concernant la conception, les calculs et l'exécution pour les dallages
- **Code de l'Aménagement de la Polynésie française**
- **Texte N°2006-10 LP/APF du 13/10/2006**, lois de Pays concernant l'environnement
- **Norme NFP 94-500 nov.2013** concernant les missions définies du secteur Géotechnique (voir en *Annexe*)
- **Classement des matériaux** de type « mamu » en Polynésie française avec correspondance PPR selon SAU (voir en *Annexe*)

## 1.3 Projet du demandeur

Le projet vise à la réalisation d'un bâtiment Energie à la tour de contrôle de l'aérodrome.







A la demande du maître d'ouvrage désigné ci-dessus (**Demandeur**), il a été confié une mission de type G2PRO.

La mission G2PRO proposée suit le programme d'investigations géotechniques suivants selon l'article 7.3.1.2 de la norme **NFP 94-500 nov. 2013** :

- 1. Etudes de site :**
  - Campagne de reconnaissance des sols
- 2. Mesures :**
  - Mesure de  $R_d$  en plusieurs points
  - Mesure de la perméabilité
  - Mesure de la résistivité du sol
  - Mesure de  $V_p$  et  $V_s$
- 3. Analyse des résultats :**
  - Proposition de fondations selon les résultats
- 4. Proposition d'investigations complémentaires**
- 5. Rendu du présent rapport**

#### **1.4.2 Définition de la phase et de ses limites**

La phase G2PRO permet une étude avant travaux, et permet de définir :

- les spécificités géotechniques
- les premières adaptations des futurs ouvrages aux spécificités du site

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 de son mandataire.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter l'intégralité des « Conditions générales d'utilisation » du présent document données en début de rapport. Il est précisé, comme indiqué en préambule, que les essais réalisés sont ponctuels.

En aucun cas, le BET géotechnique ne peut se substituer au Maître d'œuvre à qui incombe le dimensionnement des ouvrages.

Il est rappelé que la Polynésie française présente des faciès d'altérites dont l'évolution peut être rapide en cas de terrassement ou de modification de l'état des lieux. Les conditions météorologiques nécessitent également la mise en place d'un système d'assainissement performant.



## 2. ETUDES DE SITE (N° 7.2.2.3 - 7.2.2.4 de la norme *NFP 94-500* nov.2013)

### 2.1 Contexte du site d'études

#### 2.1.1 Localisation du site

Selon les plans de *Tefenua*, la parcelle se situe :



Figure 1 : Localisation de la parcelle sur Tefenua (<https://www.tefenua.gov.pf/>)

### 2.1.2 Présentation du site

Le terrain est horizontal, et non naturel. Des dalles de bétons et canalisations sont présentes.



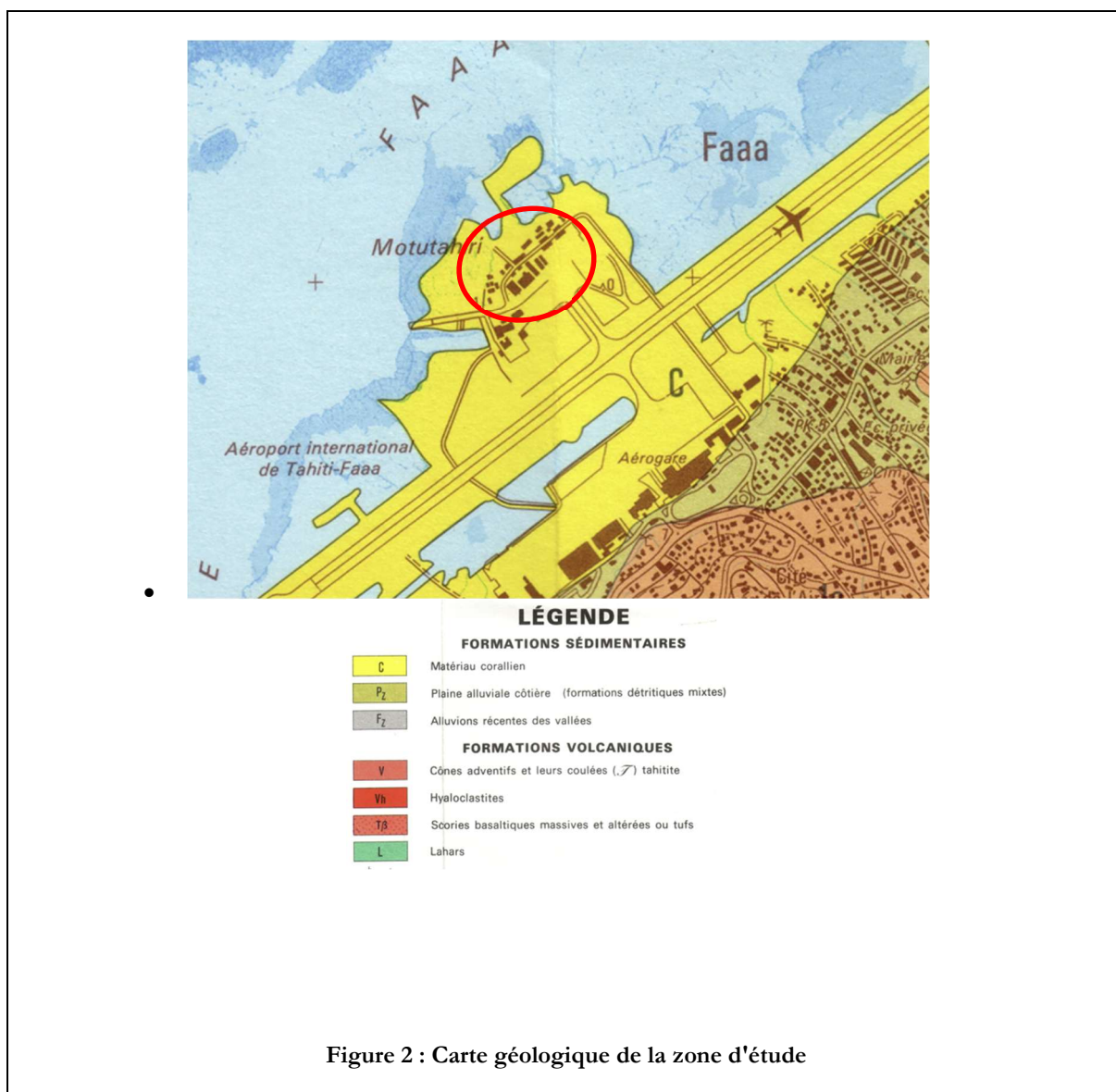
**Vue du terrain**

## 2.2 Modèle Géologique

### 2.2.1 Géologie observée sur le site

Bilan géologique de terrain		
Paramètres	Observations	Remarques
Couleur	Gris	
Formation (carte Géologique)	Matériau corallien	
Type de coulée	Néant	
Diaclase fracturation	Pas de fracturation visible, ni de diaclase	
Altération	Faible à modérée	
Epaisseur	>4 m	

A partir de la carte géologique et des observations de terrain :



Le site étudié se situe dans des terrains géologiques suivants :

- Terrain 1 : Matériau corallien (formations détritiques biogènes)

### 2.2.2 Modèle géologique retenu

A partir de l'expertise de terrain, ainsi que des différentes observations faites sur le terrain, il est possible de proposer un modèle théorique de l'organisation géologique du sous-sol.

**Ainsi le modèle géologique est le suivant :** E = épaisseur, les valeurs sont des ordres de grandeurs (en m).

Sur la parcelle :

- **Remblai anthropique**
- **Matériau corallien (formations détritiques biogènes)**

### 2.3 Identification et impact potentiel des risques naturels et anthropiques

Un **aléa naturel** est la possibilité qu'un événement naturel relativement brutal menace ou affecte une zone donnée. L'aléa représente donc l'estimation de la réalisation de cet événement.

Description des différents aléas observés dans la zone d'études :

#### 2.3.1 Aléa : Chutes de bloc

- Présence de barre rocheuse – altimétrie – géométrie : **Non**
- Présence de parois – altimétrie – géométrie : **Non**
- Présence de blocs dégagés : **Non**
- Présence de blocs instables : **Non**
- Niveau d'altération des faciès reconnus : **Sans**
- Facteurs aggravants :
  - Venues d'eau : **Non**
  - Système racinaire : **Non**

#### 2.3.2 Aléa : Glissements de terrain

- Présence de formations sensibles : **Non**
- Présence de surcharge amont : **Non**
- Présence d'arrivées d'eau : **Non reconnue**
- Présence de terrassements amont : **Non**
- Erosion : **Non**
- Orientation du versant : **ND**
- Dégradation
  - Ravinement : **Non**
  - Départ de matériaux : **Non**

#### 2.3.3 Aléa : Inondations

- Présence de cours d'eau à proximité : **non**
- Présence d'évacuation d'EP à proximité : **Non**
- Présence d'arrivées d'eau : **Non**

#### 2.3.4 Aléa : Submersion marine

- Localisation en bord de mer (niveau 0) : **Oui**

#### 2.3.5 Plan de Prévention des risques (PPR)

Ci-dessous le plan de prévention des risques correspondant à la parcelle désignée dans le présent rapport :



**Figure 3 : PPR selon DCA – Zone avec risques faible**

Face aux différents aléas, les risques pour la zone étudiée sont les suivants :

Aléas	Risques	Remarques
Chute de blocs	<b>Non repérés</b>	
Glissement de terrain	<b>Non repéré</b>	
Inondation	<b>Non repéré</b>	
houle	<b>Non repéré</b>	

Le terrain ne présente à première vue aucune contre-indication à la construction prévue à condition que les préconisations du présent rapport soient appliquées. (*\*en raison des dispositions relatives de l'assurance professionnelle du BET et au regard de la législation, le BET ne peut en aucun cas se prononcer sur une modification d'aléa, cette mesure étant à la charge et sous la responsabilité exclusive du Territoire*).

## 2.4 Contexte hydrogéologique

### 2.4.1 Etude hydrogéologique



Aucune trace d'hydrogéologie sur la parcelle étudiée. Il n'y a pas de présence visible de traces d'écoulements, ni d'eau souterraine, d'après l'ensemble des cartes étudiées

#### 2.4.2 Impact sur le projet

Compte tenu de l'observation hydrogéologique sur la parcelle étudiée, il est possible de considérer l'impact de stabilité générale du site comme : **Faible**.

De la même façon, il est possible de caractériser le risque de liquéfaction comme : **Faible**.

### 2.5 Conclusion préliminaire de l'étude géologique du site

**Le modèle géologique d'après les observations est le suivant :**

Selon la DCA, le site se situe dans une zone de PPR, où les risques sont qualifiés dans cette zone comme : faible.

Le terrain pourrait ne présenter à première vue aucune contre-indication à la construction prévue à condition que les préconisations du présent rapport soient appliquées.

***L'utilisation d'imagerie géophysique permettra de définir aux points essentiels les épaisseurs des matériaux superficiels.***

### 3.1 Descriptions des procédés de mesures pouvant être réalisés

#### 3.1.1 Essais pénétrométriques

Le matériel utilisé est un Pénétrromètre Automatique Numérique Dynamique Assisté par ordinateur (PANDA).

Cet appareil fournit la résistance dynamique en pointe  $Q_d$  repérée sur l'axe horizontal (abscisse) et exprimée en MPa ; elle est calculée par la formule des Hollandais directement par le logiciel de l'appareil.

De cette valeur, il est possible d'en déduire la contrainte ultime notée  $Q_u$ , la contrainte de calcul maximale aux ELU notée  $Q_{ELU}$  et la contrainte admissible maximale aux ELS notée  $Q_{ELS}$  et se calculant de la manière suivante :  $Q_u = Q_d / 10$ ,  $Q_{ELU} = Q_u / 2$ ,  $Q_{ELS} = Q_u / 3$ .

Selon l'axe vertical (ordonnée) la profondeur de l'essai est donnée. Le refus (l'arrêt de l'essai) est donné automatiquement par l'appareil. Les résultats des sondages sont donnés en annexes et leurs analyses dans la partie suivante.

#### 3.1.2 Essais de perméabilité

Les essais de percolation ont été réalisés conformément à l'arrêté n° 1506CM du 29-12-97 fixant les normes de construction, d'installation et d'entretien des dispositifs individuels en matière d'assainissement autonome des constructions. Ils sont disposés à une profondeur de 1.20 m.

Ces essais caractérisent donc la nature des terrains naturels dans lesquels les essais ont été réalisés et doivent être pris en considération et utilisés pour le dimensionnement des systèmes d'épuration dans l'unique cas où l'infiltration des eaux ne se fait que dans l'horizon considéré.

Le matériel utilisé, pour les essais, est un Infiltrromètre SDEC dont les caractéristiques sont :

Des trous de faibles profondeurs sont réalisés puis remplis d'eau claire jusqu'à saturation du sol environnant afin de mesurer la vitesse à laquelle le terrain absorbe l'eau.

La mesure consiste à calculer le volume d'eau nécessaire pour maintenir un niveau d'eau constant pendant un temps impartit. La conductivité hydraulique à saturation, notée  $K$  est ainsi déterminée :

D'après Darcy,  $Q = K.S.(H/L)$

Où  $Q$  est la quantité d'eau percolée,  $H$  la charge d'eau,  $L$  la longueur de la colonne de terre,  $S$  la surface de la section de la colonne et enfin  $K$  la conductivité hydraulique.  $H/L$  correspond également à la pente hydraulique.

Avec les hypothèses d'opération dans une colonne de sol saturé, homogène et isotrope, où l'écoulement  $y$  est unidimensionnel.





$$K \text{ (mm/h)} = \frac{\text{Volume d'eau introduit (en mm}^3\text{)}}{\text{Surface d'infiltration (en mm}^2\text{) x durée du test (en heure)}}$$

### 3.1.3 Mesure de résistivité électrique (ERT) avec un dispositif Wenner-Schlumberger

Ce dispositif permet d'obtenir un bon compromis entre profondeur d'investigation et sensibilité horizontale. Pour ce faire, le matériel utilisé est un résistivimètre LIPPMAN (figure 4).



**Figure 4 : Photographie du résistivimètre LIPPMAN utilisé pour les mesures**

La méthode électrique est une technique généralement utilisée pour définir des structures et organisations d'un milieu souterrain. Le principe de ce mode de prospection repose sur une injection dans le sol d'un courant électrique avec une intensité connue  $I$  entre deux électrodes A et B. Par le passage de ce courant une différence de potentiel  $\Delta V$  est mesurable entre une autre paire d'électrodes M et N (figure 5).

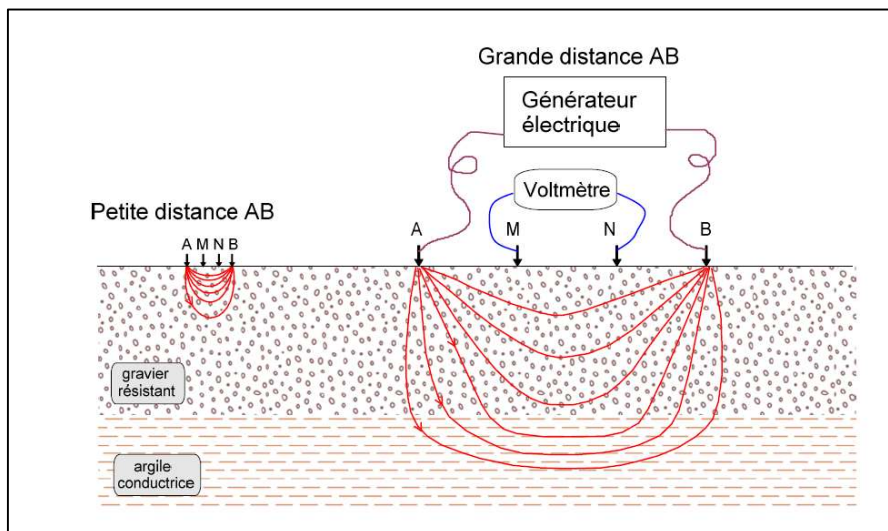


Figure 5 : Schématisation du principe de mesures de résistivité

La conductivité traduit la capacité d'un matériau à être traversé par le courant électrique. Cette donnée physique est influencée par la température, la composition physique et chimique de l'élément traversé, et la présence de fluides ou non comme le montre la figure 6. La mesure de la résistivité noté  $\rho$  en ohm.m est permise car la résistivité est l'inverse de la conductivité électrique  $\sigma$ .

L'ERT est un système de mesure électrique multi-électrodes placé sur une droite pour un profil 2D qui permet d'obtenir une coupe de résistivité.

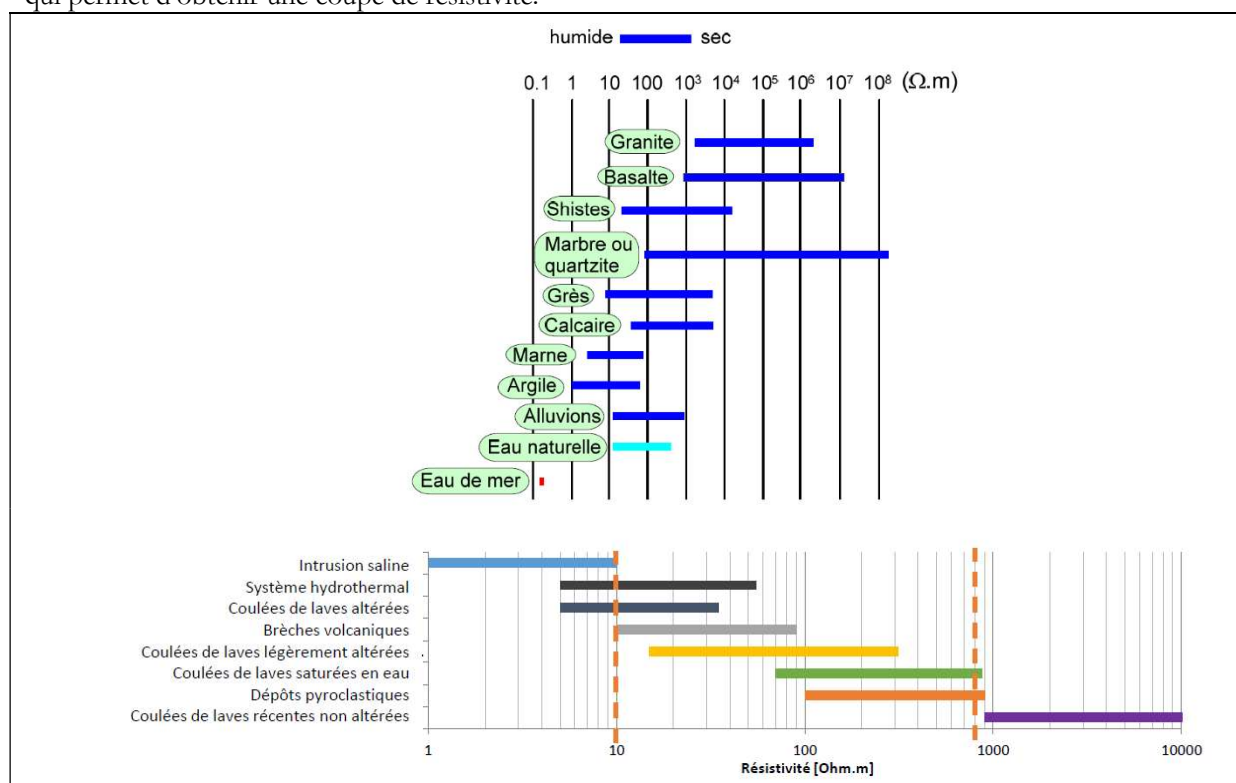


Figure 6 : Valeurs de résistivité de quelques roches

### 3.1.4 Mesures d'ondes sismiques par réfraction

Lorsqu'un milieu élastique subit une contrainte par impact ou vibration, la déformation est microscopique ou macroscopique dans les solides homogènes et isotropes. Cette déformation est permise par la propagation de différents types d'ondes. Ces ondes sont des ondes de volume et des ondes de surface.

Les ondes de volume sont des ondes qui se propagent dans toutes les directions, les ondes de volume sont de deux types : les ondes de compression générées appelées les ondes P et les ondes de cisaillement appelées les ondes S.

Les ondes de cisaillement génèrent une déformation du milieu perpendiculaire à leur direction de propagation, alors que les ondes de compression génèrent une déformation du milieu parallèle à leur direction de propagation avec l'alternance de compression et de dilatation.

Selon les matériaux, les vitesses peuvent varier (figure 7).

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

Nature de la formation	Vitesse des ondes de compression m/s		Masse spécifique en T/m <sup>3</sup>	
	Hors nappe	Sous nappe	Hors nappe	Sous nappe
Terre végétale	250-350			
Éboulis	300-700	1500-2500	1,5-2	2-2,3
Sable fin	300-700	1450-1700	1,4-1,6	1,9-2
Graves	500-900	1700-2300	1,6-2,1	2-2,3
Argile	500-1400	1400-1700	1,3-1,7	1,8-2,1
Marnes	1800-2100	2100-3000	1,5-2,1	1,9-2,3
Grès	800-3000	2000-4000	1,6-1,9	2-2,2
Craie fracturée	800-1500	1700-2300	1,7-1,9	2,1-2,2
Craie saine	1800-2500	2300-3200	1,9-2,1	2,2-2,3
Calcaire fracturé	900-2000	1700-3000	2-2,2	2,2-2,5
Calcaire compact	3000-5000	3500-5000	2,3-2,4	2,4-2,5
Granite fracturé	1000-2500	2500-4500	1,8-2,1	2,1-2,3
Granite sain	4500-5500	4500-5500	2,3-2,5	2,4-2,6
Gneiss fracturé	1000-2500	2500-4500	1,9-2,2	2,2-2,5
Gneiss sain	5000-6000	5000-6000	2,3-2,6	2,5-2,7
Basalte fracturé	800-2500	2300-4500	1,7-2,1	2,1-2,3
Basalte sain	5500-6000	5500-6000	2,5-2,8	2,6-3
Quartzite fracturé	700-2500	1800-3500	1,6-2,1	2-2,3
Quartzite sain	3000-4500	3500-5000	2,3-2,4	2,4-2,5
Schiste altéré	500-2000	1700-2500	1,3-2,2	1,8-2,4
Schiste sain	2500-4500	3000-4500	2,1-2,5	2,3-2,6
Gypse	1000-3500		1,8-2,4	
Glace	3500-4000	3500-4000	0,95	
Nappe d'eau libre	1450-1500	1450-1500	1	

Figure 7 : Variations de vitesses selon le milieu traversé

Les ondes de volume partent de la surface vers le sous-sol en se propageant à une vitesse  $V_1$ .



Lorsqu'une onde de volume rencontre une seconde couche, il va y avoir une modification de vitesse ( $V_2$ ) due au changement de couche. Une partie de l'onde va être réfléchiée à l'interface, tandis qu'une autre partie va être transmise par le nouveau milieu.

Dans le cadre de cette campagne de prospection, le matériel utilisé pour permettre de faire l'étude sismique, à la fois la tomographie sismique avec l'étude des ondes  $V_p$  et également l'étude des ondes VS est le suivant : *Un sismographe WIFI W2Z Dolang 12 à 24 canaux* (figure 8).



**Figure 8 : Présentation du matériel DOLANG**

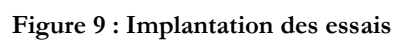
### 3.2 Mesures réalisées sur le site d'étude

#### 3.2.1 Mesures effectuées

Mesure	Réalisé (Oui ou Non)	Nombre de mesures/profils	Remarques
Essais pressiométriques	Oui	2	

#### 3.2.2 Localisation des sondages

Les sondages sont réalisés aux positions suivantes :



## 4. RESULTATS DE L'ETUDE DE SOL (N° 7.3.2.5 – 7.3.2.6 de la norme *NFP 94-500* nov.2013)

### 4.1 Synthèse géophysique

#### 4.1.1 Résultats de mesures de résistivités

Non réalisé lors de cette mission.

#### 4.1.2 Résultats de mesures sismiques

Non réalisé lors de cette mission.

### 4.2 Synthèse géomécanique

#### 4.2.1 Résultats des essais pénétrométriques

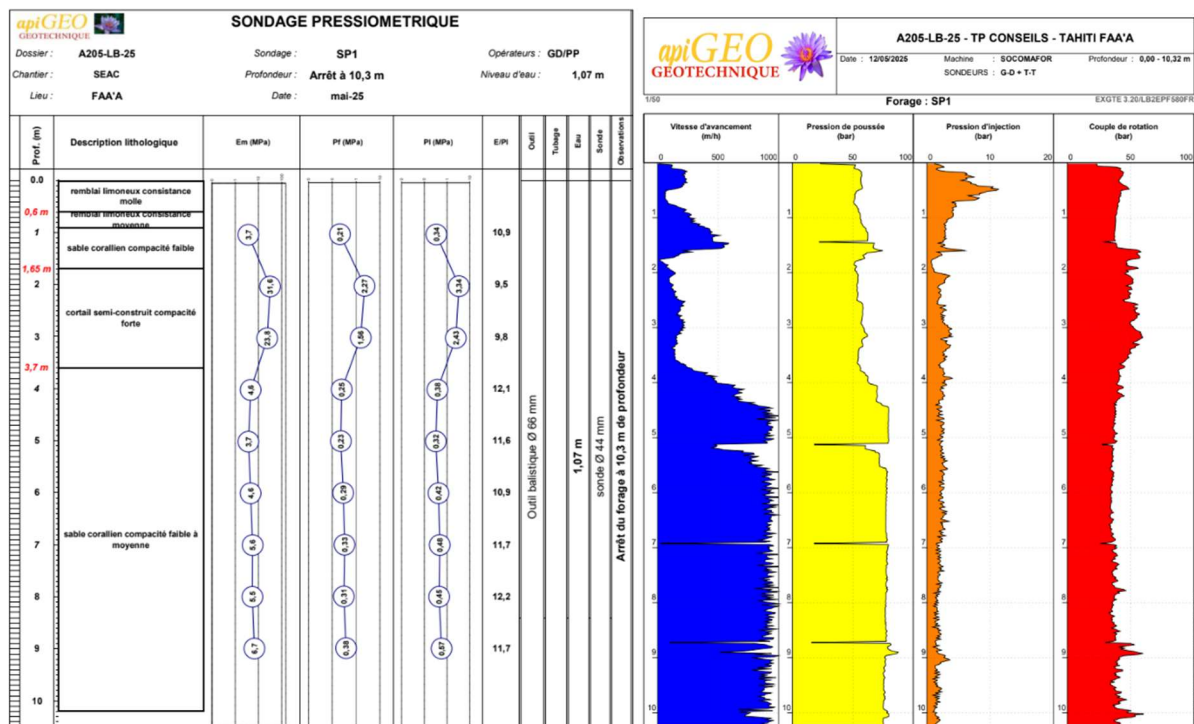
Non réalisé lors de cette mission.

#### 4.2.2 Résultats des essais au perméamètre

Non réalisé lors de cette mission.

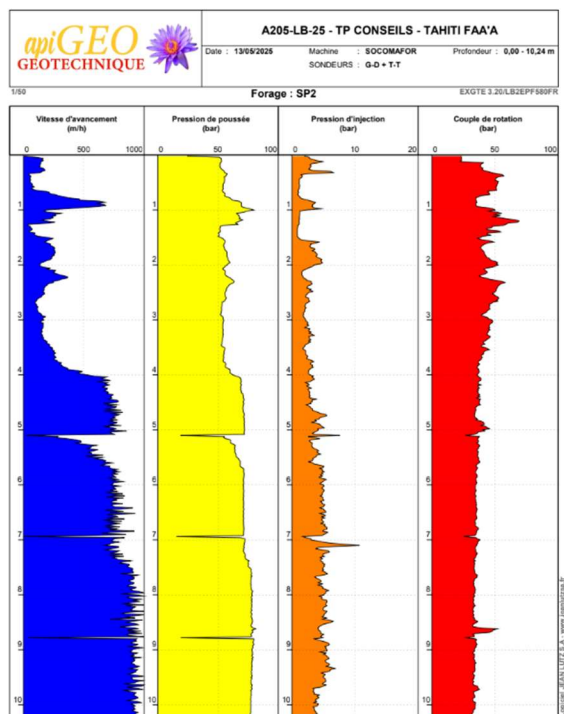
#### 4.2.3 Résultats des essais au pressiomètre

Pressiomètre SP1



## Pressiomètre SP2

<div> <div>apiGEO GEOTECHNIQUE</div> <div>SONDAGE PRESSIOMETRIQUE</div> </div>									
Dossier : <b>A205-LB-25</b>		Sondage : <b>SP2</b>		Opérateurs : <b>GD/PP</b>					
Charlier : <b>SEAC</b>		Profondeur : <b>Arrêt à 10,3 m</b>		Niveau d'eau : <b>1,08 m</b>					
Lieu : <b>FAA'A</b>		Date : <b>mai-25</b>							
Prof. (m)	Description lithologique	Em (MPa)	P1 (MPa)	P2 (MPa)	E/P	Outil	Tubage	Eau	Remarque
0.0	remblai limoneux consistance molle								
0.6 m	remblai limoneux consistance moyenne								
1	sable corallien compacté faible	9.2	10.2	10.8	9.2				
1.75 m									
2		10.7	11.7	12.3	10.7				
3	cortail semi-construit compacté forte	10.3	11.3	11.9	10.3				
3.8 m									
4		10.3	11.3	11.9	10.3				
5		9.6	10.6	11.2	9.6				
6		9.8	10.8	11.4	9.8				
7	sable corallien compacté faible à moyenne	9.2	10.2	10.8	9.2				
8		9.5	10.5	11.1	9.5				
9		9.0	10.0	10.6	9.0				
10									
<div> <div>10.8 m</div> <div>sonde Ø 44 mm</div> <div>Arrêt du forage à 10.3 m de profondeur</div> </div>									





## 5 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (art 7.3.2.7 et 7.3.2.8 de la norme NFP 94-500 nov.2013.)

### 5.1 Synthèse géotechnique

D'après les résultats géophysiques et géologiques, il est possible de caractériser le sous-sol étudié de la façon suivante :

- Remblais
- Matériau corallien en profondeur (>3m prof)

De plus, à l'aide de la classification du **BRGM : RP54835-Fr** et la classification **ARAI**, il est possible de classer le sol comme étant :

Horizons	Classification Mamu	Remarques
Remblai en surface	/	

#### 5.1.1 Propriétés géotechniques des formations

Compte tenu des similitudes des faciès rencontrés et de l'homogénéité géologique de la zone, les données sont transposables. Rappel des données du rapport BRGM : N°BRGM – RP54835-Fr, en **Annexe 4, amendé par données TPCconseils (1999-2022)**

Horizons	Coulée fortement altérée	Coulée altérée
$\Gamma$ (kN.m <sup>3</sup> )		
Teneur en fines		
Teneur en argiles		
IP (%)		
WL (%)		
c'(kPa)		
$\Phi'$ (°)		
C <sub>u</sub> (kPa)		
$\Phi_u$ (°)		

### 5.2 Proposition d'ouvrage et de fondations

#### 5.2.1 Adaptation au site de l'ouvrage

	Ouvrage en terre - Terrassement	Soutènement	Fondations superficielles	Piscine	Assises dallage et Chaussée	Assainissement
<i>Terrassabilité des matériaux extraire</i>	Terrassements non prévus dans le projet présenté	Conditions générales	Conditions générales	Sans objet	Sans objet	Il conviendra de réaliser en entrée en terre un ouvrage de collecte étanche des eaux de ruissellement en provenance de l'amont Assainissement des redans
<i>Identification du risque de stabilité interne et mixte</i>	Dito	Sans objet	Sans objet	Sans objet		Contribue à la stabilité générale du terrain si évacuation dans exutoire dédié
	Ouvrage en terre - Terrassement	Soutènement	Fondations superficielles	Piscine	Assises dallage et Chaussée	Assainissement

Identification et évaluation du risque concernant la portance de l'assise	Dito	Risque de modification des paramètres mécaniques si inondation du fond de forme				Risque non reconnu
Impact sur l'hydrogéologie du site	Il n'a pas été reconnu sur site de complexe hydrographique ou de réseau hydrologique susceptible d'être affecté par les terrassements s'ils sont réalisés sur moins de 5 m de profondeur					
Identification et évaluation du risque concernant les déplacements	Dito	Dito	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Risque non reconnu
Identification et évaluation du risque sous sollicitations sismiques	Les risques sismiques sont considérés comme faibles à nuls du fait de la position de Tahiti et Moorea sur les plaques tectoniques ; en effet l'activité sismique inter plaques est très rare.					
Identification des risques liés à l'influence de l'ouvrage sur le voisinage	Risques limités si respect des conditions de terrassement	Risques limités si respect des conditions de réalisation				Permet de limiter les risques sur les avoisinants
Identification des risques liés à la stabilité du fond de fouille au soulèvement	Non reconnus si absence d'arrivée d'eau et drainage de la zone de travaux					
Identification des risques liés au rabattement de nappe	Pas de nappe reconnue					
Formation géologique mobilisable - Profondeur des formations géologiques mobilisables	Formations mobilisables indiquées en conclusions	Les formations géologiques et géotechniques mobilisables ne seront en aucun cas les faciès de remblais ou de limons superficiels remarqués sur place. Les fondations, compte-tenu de l'hétérogénéité des faciès, seront isolées sur puits de substitution à des profondeurs variables selon le projet. Les caractéristiques du faciès mobilisable sont indiquées en conclusions			La réalisation du dallage	Selon projet, pas de contrainte particulière
Remarque générale	Tous éléments rencontrés à fond de fouilles, tels que roches, anciennes fondations et d'une manière générale toutes lentilles de terrains résistants, susceptibles de former des points durs locaux, sont enlevés sur une certaine profondeur lorsque ces points se situent sous les radiers ou dans les zones d'appui des semelles de fondations. S'il s'agit des éléments de grosseur suffisante pour provoquer des désordres dans les fondations, toutes autres solutions appropriées peuvent être envisagées. Dans les mêmes conditions, toutes poches ou lentilles beaucoup plus compressibles que le terrain d'ensemble sont purgées ou traitées pour que le sol d'assise présente une homogénéité satisfaisante. Le compactage d'un sol de remplacement est effectué, dès lors qu'une simple mise en place ne peut assurer la satisfaction des critères de portance. Une autre solution consiste à la mise en place d'un béton maigre de substitution.					
Amélioration du sol	Sans objet					
Retrait gonflement	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu
	Ouvrage en terre - Terrassement	Soutènement	Fondations superficielles	Piscine	Assises dallage et Chaussée	Assainissement

<i>Evaluation des déformations et identification des zones compressibles</i>	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu	Non reconnu
<i>Principe général de l'amélioration de sol</i>	Non envisagé	Non envisagé	Non envisagé	Non envisagé	Non envisagé	Non envisagé

### 5.2.2 Principes de fondations envisageables et de l'assainissement des EP

Le projet prévoit une collecte des eaux de ruissellement. Lors des travaux, il sera nécessaire de canaliser les eaux vers ce collecteur immédiatement après mise hors d'eau afin de limiter les ruissellements sur l'ouvrage. Il est nécessaire de mettre en place un caniveau ou un raccordement à celui existant, afin de palier au phénomène de ruissellement. Le réseau d'assainissement EP de la plateforme devra être réalisé avant les travaux de fondations. Dès la mise hors d'eau, cheneaux et gouttières devront être immédiatement mis en place et raccordés sur le réseau.

Le système de collecte des EP peut être amélioré par la mise en place d'un bassin de régulation des EP en sortie de gouttière

Il pourra être réalisé, soit un réseau étanche avec en aval un bassin de rétention substitution, soit un réseau par noues avec mise en place en aval d'un système de dissipation de flux hydrauliques.

Il est recommandé de faire établir les plans d'exécution des fondations par un BET spécialisé. De plus, **les DTU 13-11 et 13-12 doivent être scrupuleusement appliqués.** Compte tenu de la nature des matériaux, **le niveau raide mobilisable devra être impérativement atteint en tout point des fondations.**

Les remblais et limons superficiels peu cohésifs, niveaux scoriacés ou ocre seront systématiquement purgés sous semelle avec débord de 0.50 m par rapport au type de fondations proposé. **Une substitution par gros béton ou béton cyclopéen pourra être envisagée pour rattraper le niveau d'assise prévue par le BET structure.**

Les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art. **Une distance de 4 m devra être respectée entre le projet et ses fondations et la tête de l'enrochement existant, si présence de celui-ci, ou à moins de 2 m en respectant stricto sensu les DTU 13-11 et 13-12**

Il est impératif de s'assurer que **le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble de l'ouvrage. Il conviendra de couler le béton de propreté ou des semelles dès l'ouverture des fouilles.**

**Concernant les ouvrages annexes, les dispositions minimales à mettre en œuvre en plus des règles de l'Art sont :**

- **Soutènement** : sans objet
- **Piscine** : sans objet.

## 5.3 Incertitudes et risques présents

### 5.3.1 Incertitudes et risques géologiques, géomorphologiques, tectoniques

Les essais étant ponctuels, les résultats ne sont donc pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site et avoisinants. Ceci peut entraîner des adaptations de conception et de réalisation qui ne sauraient être à la charge du BET.

### 5.3.2 Incertitudes et risques hydrogéologiques

La zone étudiée n'est pas située dans une zone ayant des risques d'inondation. De plus, d'après l'observation de terrain, aucune trace identifiable de sortie d'eau, d'écoulement ou de suintement n'est visible. A partir des mesures réalisées sur le terrain et de l'étude des cartes hydrogéologiques et géologiques, aucune nappe n'a été mise en évidence. La pente du terrain étant faible mais non nulle, il est nécessaire de mettre en place un caniveau.

### 5.3.3 Incertitudes et risques géotechniques

Les essais étant ponctuels, les résultats ne sont donc pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site et avoisinants. Ceci peut entraîner des adaptations de conception et de réalisation qui ne sauraient être à la charge du BET.

### 5.3.4 Calcul des tassements

Les tassements sont évalués à partir des essais préssiométriques et sur la base des hypothèses suivantes

- Semelles filantes croisées et rigidifiées de 1.00m de large ancrées à -0.80m/TN
- Semelle isolées de 1.40x1.40 sur puit de substitution en gros béton ancré à -1.80m/TN

Les tassements sont évalués comme ci après

Le tassement total est défini par :  $S = S_c + S_d$

- tassement de consolidation  $s_c$  dans la zone située directement sous la semelle où les contraintes normales sont élevées, zone dénommée *domain*

sphérique : 
$$s_c = \frac{\alpha}{9E_c} \cdot (q' - \sigma'_{v0}) \cdot \lambda_c \cdot B$$

- tassement  $s_d$  dû à des déformations de cisaillement. Ces déformations sont à volume constant, appelé *domaine déviatorique*.

$$s_d = \frac{2}{9 \cdot E_d} \cdot (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B_0 \cdot \left( \lambda_d \cdot \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

-  $\alpha$  : coefficient rhéologique

-  $q'$  : contrainte effective appliquée à la semelle

-  $B$  : largeur de la semelle avec  $B \geq 0.6$  m, sinon

$$s_d = \frac{2}{9 \cdot E_d} \cdot (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B \cdot \lambda_d^\alpha$$

-  $B_0$  : largeur de référence = 0,60 m

-  $E_c$  et  $E_d$  : modules pressiométriques moyens pondérés dans les domaines sphériques et déviatoriques

-  $\sigma'_{v0}$  : contrainte verticale effective au niveau (z) de la fondation

$$\sigma'_{v0} = \gamma \cdot h_w + \gamma' \cdot (z - h_w) = q'_0$$

-  $\lambda_c$  et  $\lambda_d$  : coefficients de forme en fonction du rapport L/B de la semelle.

L/B	cercle	carré	2	3	5	20
$\lambda_c$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\lambda_d$	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65

Il en résulte après calcul des tassements de moins de 1cm pour chacune des solutions (respectivement 0.7mm et 0.6mm)

## 6. CONCLUSIONS

*Les présentes conclusions sont valables pour une durée de 12 mois à compter de la date d'établissement du présent rapport sous réserve de l'absence de modification du projet et des lieux (zone de projet et avoisinants).*

*Les essais étant ponctuels, les résultats ne sont donc pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site et avoisinants. Ceci peut entraîner des adaptations de conception et de réalisation qui ne sauraient être à la charge du BET.*

*Pour ce faire, l'enchaînement des missions prévues par la norme NFP 94-500 nov. 2013 est recommandé (G2 AVP, G2 Pro.)*

### 6.1 Faciès mobilisables

Les différentes analyses géomorphologiques et les données géophysiques et géotechniques nous permettent de synthétiser comme suit :

Parcelle cadastrée	Zone tour de contrôle, ADT
Formation géologique	Matériaux corallien
Série/coulée	Matériaux corallien

<i>Couche</i>	<i>Rd (Mpa)/ép( m)</i>	<i>Mamu (couleur / altération) f : faible M : Moyenne F : Forte</i>	<i>Faciès V : vacuolaire S : scoriacé D : desquamé</i>	<i><math>\rho</math> (<math>\Omega m</math>)</i>	<i>Vp(m/s)</i>	<i>Vs(m/s)</i>	<i>Class. Eurocode 8</i>	<i>Class. ARAI</i>
Remblais	>5			30	1200	220	C	2-3 Ferme



Faciès mobilisables

### 6.2 Conditions générales de terrassement

### 6.3 Proposition de principes de fondation

#### 6.3.1 Fondations de l'habitation

Type de fondations	Profondeur	Qels en Mpa	Essais complémentaires recommandés
Filantes sur plateforme	0.80m/arase (modulable selon terrain)	0.10	Visite du fond de fouille nécessaire
Isolés sur puit de substitution en gros béton	1.80m/arase (modulable selon terrain)	0.12	Visite du fond de fouille nécessaire

### 6.3.2 Fondations de soutènements

Sans objet

### 6.3.3 Fondations de la piscine

Sans Objet

### 6.3.4 Assainissements des EU

Sans objet

Le positionnement des différents puisards ne conditionnera pas de risques de suintement sur les talus dès lors que leur arase inférieure se situe à 4m du nu des talus amont

#### **En conclusions générales :**

Il est recommandé de faire établir les plans d'exécution de tous les ouvrages par un BET spécialisé et de faire suivre les travaux par un maître d'œuvre.

Il est important que l'ensemble des eaux de ruissellement (toiture, terrasse, parking, deck...) soient intégralement collectées par le collecteur existant. Cette disposition s'applique également pendant la phase travaux.

La mise en place et le maintien d'un assainissement des eaux de ruissellement sont nécessaires pendant la phase chantier.

Il conviendra de s'assurer à fonder les fondations dans le sol cohésif et dans le respect stricto sensu des DTU.

La filière 2 proposée dans le projet peut être maintenue

Les dispositions ci-dessus devront être scrupuleusement suivies.



**BOULAY Christophe**

**Tel : 87 78 73 71**

*Docteur Matières Premières Minérales et Energétiques*

*Ingénieur Géologue diplômé ENSG Nancy*

*Membre de la Société Géologique de France*

*Membre du Comité Français de Géologie de l'Ingénieur*

*Expert près les tribunaux*

*Directeur*

# ANNEXE 1 – Extrait de la norme NFP 94-500 nov. 2013

## ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

### Phase Étude de Site (ES)

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

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

### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

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)	EXE/VISA	À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage	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 de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	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



## ANNEXE 2 - Classification des MAMU et différents faciès

Classe de mamu	Description lithologique
Mamu stade IV	De couleur le plus souvent ocre ou rouge, la structure ayant disparue. On peut y trouver parfois quelques boules moins altérées.
Mamu stade III	Souvent bariolé, sa structure et sa texture sont encore visibles. Il contient déjà une proportion notable de «pâte» emballant les blocs, et les boules en voie d'altération. Il se désagrège à la main.
Mamu stade II	De couleur gris ou ocre, plus rarement rouge, la structure et la texture y sont bien visibles. Assez cohérent, il a la consistance de la craie. Il contient toujours des panneaux beaucoup moins altérés.
Mamu stade I	Le plus souvent de couleur grise lorsqu'il provient de lave compacte ou vacuolaire, sa roche mère est bien discernable. Il ne se désagrège pratiquement plus sous la main. Il contient des boules peu ou pas altérées.
Mamu stade 0 ou lave altérée	Lave apparemment saine contenant des phéno-cristaux en cours de transformation. L'altération s'installe.
Lave saine	Lave saine.

C1 : Dans la lave saine rocheuse ou bréchique, la pente peut être supérieure à 50°(2,5f3), sous réserve que la hauteur du talus soit inférieure ou égale à 6 m. En cas de risque de chute de blocs généré par l'ouverture du talus, les mesures appropriées doivent être prises : purge, bridage, gunitage, clouage, pose de grillages, de filets, ...  
Les distances de retrait à respecter pour les constructions sont de 2 m en tête et 2 m en pied de talus.

C2 : Dans le « mamu résistant », les talus peuvent atteindre une pente maximale de 50° (2,5f3) sous réserve que leur hauteur soit inférieure ou égale à 6 mètres. En cas de risque de chute de blocs ou d'éboulement généré par l'ouverture du talus, les mesures appropriées doivent être prises : purge, bridage, gunitage, clouage, pose de grillages, de filets, ...  
Si le talus est stable, Les distances de retrait à respecter pour les constructions sont de 1 x H en tête et en pied de talus.

C3 : Dans le « mamu meuble » doté d'une cohésion, sans influence d'une nappe d'eau, la pente des talus peut atteindre 45°(1f1) sous réserve que les talus ne fassent pas plus de 6 m de haut. Les distances de retrait à respecter pour les constructions sont de 1,5 x H en tête et en pied de talus.

C4 : Dans les formations remaniées, les terrassements ne doivent pas excéder 3 m de hauteur avec une pente maximale de 25°. Les distances de retrait à respecter pour les constructions sont de 1,5 x H en tête et en pied de talus.

### Classement des matériaux

## ANNEXE 3 – Classification selon le rapport du BRGM : RP54835-Fr

	Mamu III-IV		Mamu I-II	
	médiocre	ferme	Mamu II	Mamu I
Essais mécaniques in situ	$q_d = 0,5 \text{ à } 5 \text{ MPa}$ $E_M = 2 \text{ à } 10 \text{ MPa}$ $p_l = 0,3 \text{ à } 2 \text{ MPa}$	$q_d > 10 \text{ MPa}$ jusqu'au refus $E_M = 20 \text{ à } 50 \text{ MPa}$ $p_l > 2 \text{ MPa}$	$q_d > 25 \text{ MPa}$ (refus) $E_M = 30 \text{ à } 120 \text{ MPa}$ $p_l > 2 \text{ MPa}$	
Géophysique	$V_p = 90 \text{ à } 700 \text{ m/s}$ $R = 50 \text{ à } > 1000 \Omega.m$ (très variable)	$V_p = 600 \text{ à } 1500 \text{ m/s}$ $R < 300 \Omega.m$	$V_p = 900 \text{ à } 2000 \text{ m/s}$ $R < 300 \Omega.m$	

	Mamu III-IV		Mamu I-II	
	médiocre	ferme	Mamu II	Mamu I
Classification AFTES (Association Française des Travaux En Souterrain)	Mamu IV : associé à la catégorie AM5 - roche complètement altérée Mamu III : associé à la catégorie AM4 - roche très altérée		Le mamu I-II se situe entre les niveaux d'altération AM2 (roche légèrement altérée) et AM3 (roche moyennement altérée)	
Identification	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ Teneur en fines = 50 à 65 % (~ 90 % à Raiatea) Teneur en argile = 10 à 15 % (~ 40 % à Raiatea) $IP \approx 15 \%$ $WL \approx 65 \%$ Valeurs au bleu < 1,5 Pas de susceptibilité au retrait-gonflement		$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$	
Résistance au cisaillement ou à la compression	<u>Tahiti :</u> $c' = 20 \text{ kPa}$ $\phi' = 35^\circ$ $c_u = 40 \text{ kPa}$ $\phi_u = 25^\circ$  <u>Raiatea, Huahine en plaine très humide :</u> $c' = 0 \text{ kPa}$ $\phi' = 23^\circ$ $c_u = 20 \text{ kPa}$ $\phi_u = 10^\circ$	$c' = 35 \text{ kPa}$ $\phi' = 35^\circ$ $c_u = 60 \text{ kPa}$ $\phi_u = 25^\circ$	$c = 100 \text{ kPa}$ $\phi = 35^\circ$ $R_c = 2 \text{ MPa}$ $E = 100 \text{ MPa}$ $\nu = 0,2$	