



Pacific
Community
Communauté
du Pacifique

RESCCUE

Réaménagement du trait de côte au niveau du site communal de Pahani à Moorea, Polynésie française

Phase 1 : Diagnostic du site

Phase 2 : Faisabilité technique et environnementale des travaux d'aménagement



L'opérateur en charge de la mise en œuvre du projet RESCCUE en Polynésie française, sous le double contrôle de la CPS et du gouvernement de la Polynésie française, représentée par sa Direction de l'Environnement, est :

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

L'Agence française pour la biodiversité (anciennement Agence des aires marines protégées) avec principalement l'IRCP-EPHE, l'Université de la Polynésie française, Créocéan, le GIE Océanide, PTPU, Vertigo Lab, l'association SOP Manu et plusieurs consultants individuels.

Agence française pour la biodiversité (AFB)

Mahé CHARLES

mahe.charles@aires-marines.fr

Créocéan

Julien GUILLET

guillet@creocean.fr

SOP Manu

Thomas GHESTEMME

tghestemme@manu.pf

PTPU

Charles EGRETAUD

charles.egretau@ptpu.pf

Vertigo Lab

Thomas BINET

thomasbinet@vertigolab.eu

Commune des Gambier

Teicho PAEMARA

teicho.paeamara@gmail.com

Jean-François BUTAUD, consultant

jfbutaud@hotmail.com

Océanide

Jean-Brice HERRENSCHMIDT

ddatpacific@gmail.com

IRCP-EPHE

Serge PLANES

planes@univ-perp.fr

Université de Polynésie française (UPF)

Nabila GAERTNER-MAZOUNI

nabila.gaertner-mazouni@upf.pf

ADEPRINA

Harold LEVREL

harold.levrel@agroparistech.fr

Hervé LALLEMANT, juriste

lallemant.herve@gmail.com

Annie AUBANEL, consultante

annie.aubanel.3@gmail.com

| Rédacteur Principal/Contributeur (s) | Date de publication |
|---|---------------------|
| Julien GUILLET, Fany SEGUIN, Anthony MOUCHEL (Créocéan) | Février 2018 |

Photographies de couverture : littoral du terrain communal de Pahani et récif frangeant au droit du site, Moorea (Créocéan, 2017)

Le projet RESCCUE (Restauration des services écosystémiques et adaptation au changement climatique) vise à contribuer à accroître la résilience des pays et territoires insulaires du Pacifique face aux changements globaux par la mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Il prévoit notamment de développer des mécanismes de financement innovants pour assurer la pérennité économique et financière des activités entreprises. Ce projet régional opère sur un à deux sites pilotes dans chacun des pays et territoires suivants : Fidji, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française et Vanuatu.

RESCCUE est financé principalement par l'Agence française de développement (AFD) et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), pour une durée de cinq ans (01/01/2014 - 31/12/2018). La CPS bénéficie d'un financement total de 8,5 millions d'euros : une subvention de l'AFD octroyée en deux tranches (2013 et 2017 à hauteur de 2 et 4,5 millions d'Euros respectivement), et une subvention du FFEM de 2 millions d'Euros. Le projet RESCCUE fait en complément l'objet de cofinancements. Sa maîtrise d'ouvrage est assurée par la Communauté du Pacifique (CPS), assisté par les gouvernements et administrations des pays et territoires concernés. La Polynésie française assure donc le rôle d'assistant à maîtrise d'ouvrage aux côtés de la Communauté du Pacifique (CPS).

RESCCUE est structuré en cinq composantes :

Composante 1 - Gestion intégrée des zones côtières : Il s'agit de soutenir la mise en œuvre de la GIZC « de la crête au tombant » à travers l'élaboration de plans de GIZC, la mise en place de comités ad hoc, le déploiement d'activités concrètes de terrain tant dans les domaines terrestres que marins, le renforcement des capacités et le développement d'activités alternatives génératrices de revenus.

Composante 2 - Analyses économiques : Cette composante soutient l'utilisation d'une large variété d'analyses économiques visant d'une part à quantifier les coûts et bénéfices économiques liés aux activités de GIZC, d'autre part à appuyer diverses mesures de gestion, politiques publiques et mises en place de mécanismes économiques et financiers.

Composante 3 - Mécanismes économiques et financiers : Il s'agit de soutenir la mise en place de mécanismes économiques et financiers pérennes et additionnels pour la mise en œuvre de la GIZC : identification des options possibles (paiements pour services écosystémiques, redevances, taxes, fonds fiduciaires, marchés de quotas, compensation, certification...) ; études de faisabilité ; mise en place ; suivi.

Composante 4 - Communication, capitalisation et dissémination des résultats du projet dans le Pacifique : Cette composante permet de dépasser le cadre des sites pilotes pour avoir des impacts aux niveaux national et régional, en favorisant les échanges d'expérience entre sites du projet, les expertises transversales, la dissémination des résultats en particulier au cours d'événements à destination des décideurs régionaux, etc.

Composante 5 - Gestion du projet : Cette composante fournit les moyens d'assurer la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre du projet, l'organisation des réunions des comités de pilotage, des évaluations et audits, etc.

SOMMAIRE

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1. | Résumé du rapport | 1 |
| 2. | Préambule | 5 |
| | Phase 1 : Diagnostic du site | 7 |
| 3. | Cadre général du site | 8 |
| 3.1 | Situation géographique de la zone d'étude | 8 |
| 3.2 | PPR et PGEM | 9 |
| 3.2.1 | Plan de prévention des risques | 9 |
| 3.2.2 | Plan de gestion de l'espace maritime de Moorea | 9 |
| 3.3 | Topographie et bathymétrie | 10 |
| 4. | Diagnostic littoral..... | 12 |
| 5. | Diagnostic maritime | 14 |
| 5.1 | Description générale | 14 |
| 5.2 | État de santé | 17 |
| 5.3 | nature des sédiments..... | 18 |
| | Phase 2 : Étude de faisabilité..... | 21 |
| 6. | Conditions météo-océaniques | 22 |
| 6.1 | Niveau d'eau | 22 |
| 6.1.1 | La marée océanique..... | 22 |
| 6.1.2 | Surcote marine..... | 22 |
| 6.1.3 | Effets du changement climatique sur l'élévation de la mer | 23 |
| 6.2 | Le vent | 24 |
| 6.3 | L'agitation | 25 |
| 6.3.1 | Agitation générée par le vent | 25 |
| 6.3.2 | Agitation liée aux houles du large..... | 26 |
| 6.3.3 | Agitation cyclonique..... | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 6.3.4 Les tsunamis..... | 28 |
| 6.4 Les courants | 29 |
| 6.5 Application au site de Pahani | 30 |
| 7. Proposition de scénarios d'aménagements..... | 31 |
| 7.1 Objectifs et principe retenus | 31 |
| 7.2 Solutions techniques envisageables..... | 32 |
| 7.2.1 Scénario 1 : Renaturalisation du site | 32 |
| 7.2.2 Scénario 2 : Ouvrage de protection en haut de plage | 39 |
| 7.2.3 Rechargement de plage et substitution des remblais | 44 |
| 7.2.4 Analyse multicritère..... | 48 |
| 7.2.5 Aspect réglementaire..... | 49 |
| 7.2.6 Aspect environnemental..... | 49 |

TABLE DES FIGURES

| | |
|--|-----------|
| <i>Figure 1 : Localisation de la zone d'étude</i> | <i>8</i> |
| <i>Figure 2 : Extrait du projet de PPR de Moorea sur le site de Pahani</i> | <i>9</i> |
| <i>Figure 3 : Carte de l'AMP de Ahi, PGEM de Moorea</i> | <i>10</i> |
| <i>Figure 4 : Levé topographique et bathymétrique de la zone.....</i> | <i>11</i> |
| <i>Figure 5 : État de l'enrochement côtier</i> | <i>13</i> |
| <i>Figure 6 : Illustrations du diagnostic maritime.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Figure 7 : Carte de sensibilité écologique</i> | <i>17</i> |
| <i>Figure 8 : Localisation des prélèvements de sable pour analyse granulométrique.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Figure 9 : Projection de l'élévation du niveau marin pour différents modèles Source : GIEC 2013.....</i> | <i>24</i> |
| <i>Figure 10 : Provenance et intensité des vents à Tahiti Faa'a (source : Météo-France).....</i> | <i>25</i> |
| <i>Figure 11 : Localisation du point IOWAGA</i> | <i>26</i> |
| <i>Figure 12 : Rose représentant les hauteurs significatives des houles (Hs) en fonction de la direction au point de coordonnées 18°S – 149.5°W au Sud-Est de Tahiti</i> | <i>27</i> |
| <i>Figure 13 : Carte des trajectoires des cyclones enregistrés entre 1985 et 2005 (NASA 2006).....</i> | <i>28</i> |
| <i>Figure 14 : Trajectoires cycloniques ayant affecté les eaux territoriales de Polynésie française entre 1970 et 2009 (Larrue et Chiron 2010)</i> | <i>28</i> |
| <i>Figure 15 : fonctionnement hydrologique schématisé de la zone d'étude</i> | <i>30</i> |
| <i>Figure 16 : Plan d'implantation : SC1</i> | <i>37</i> |
| <i>Figure 17 : Coupe type : SC1</i> | <i>38</i> |
| <i>Figure 18 : Plan d'implantation : SC2</i> | <i>42</i> |
| <i>Figure 19 : Coupe type : SC2</i> | <i>43</i> |
| <i>Figure 20 : Résultats et interprétation des analyses granulométriques.....</i> | <i>45</i> |

1. RESUME DU RAPPORT

Le site de Pahani, dont la commune de Moorea-Maiao est affectataire, présente actuellement un enrochement en bord de mer, très dégradé. Dans le cadre de la réhabilitation et de l'aménagement du site, la commune souhaiterait supprimer cet enrochement et retrouver une plage. Le projet RESCCUE soutient cette action concrète en mandatant Créocéan pour réaliser une étude de faisabilité pour la réhabilitation du site. Un diagnostic littoral et marin a donc été réalisé, suivi de l'étude des solutions techniques disponibles les plus adaptées pour le réaménagement du trait de côte.

Dans le cadre de **l'expertise du site**, un levé topographique et bathymétrique¹ a été réalisé, ainsi que la cartographie environnementale² du récif frangeant au droit du site. D'autre part, des prélèvements de sédiments ont permis l'analyse de la granulométrie des matériaux dans la zone, dans le but d'affiner le diagnostic sédimentaire³ et de prévoir les zones les plus adaptées à un éventuel prélèvement de sable.

Ces études ont mis en évidence la présence d'un platier récifal de sensibilité environnementale faible à moyenne près du littoral à forte au niveau du front récifal, avec l'observation de coraux en très bon état de santé. Les genres dominants correspondent à des formes encroûtantes et massives aux couleurs vives. À noter la présence de nombreux piliers en béton couchés sur le fond dans la partie sud du site, présentant un danger pour la sécurité des futurs usagers en raison des ferrailles sortant du béton. Ces piliers proviennent d'un ancien ponton détruit par une très forte houle il y a une vingtaine d'années. Ils sont recouverts de coraux, parfois de taille importante, notamment en bordure du chenal.

L'analyse des conditions météo-océanographiques indique que le site est abrité des houles du large mais peut toutefois subir les surcotes associées à des épisodes de forte houle. Le site est d'autre part soumis à l'agitation générée par les vents de Sud et de Nord-Est dans le lagon.

L'étude de faisabilité des travaux de réaménagement du site s'est concentrée sur différentes solutions répondant aux grands principes suivants :

- ▶ La suppression du cordon en enrochements ;
- ▶ La création d'un espace récréatif (plage de sable) ;
- ▶ La réduction de la longueur du muret (sud) séparant les deux parcelles afin de rétablir une continuité sur le littoral,
- ▶ Et éventuellement, la stabilisation du trait de côte en haut de plage, par la mise en œuvre d'un ouvrage de protection adapté.

Les deux solutions techniques présentées impliquent un retrait d'environ 5 à 6 m par rapport au cordon d'enrochements actuel, générant une perte d'environ 235m² sur la partie terrestre de la zone d'étude qui sera compensée par la création d'une plage en sable. Ce choix technique est nécessaire afin de rétablir une continuité littorale avec la partie sud de la zone d'étude, de limiter l'impact sur la

¹ Mesure des niveaux du terrain et de la plage et platier actuel devant le site

² Analyse de la sensibilité environnementale du site

³ Caractéristiques des fonds, mouvement éventuel des sables en bordure littorale du site

dynamique sédimentaire ainsi que les volumes de sable à mettre en œuvre et donc l'impact sur l'environnement.

Solution technique 1 : Renaturalisation du site

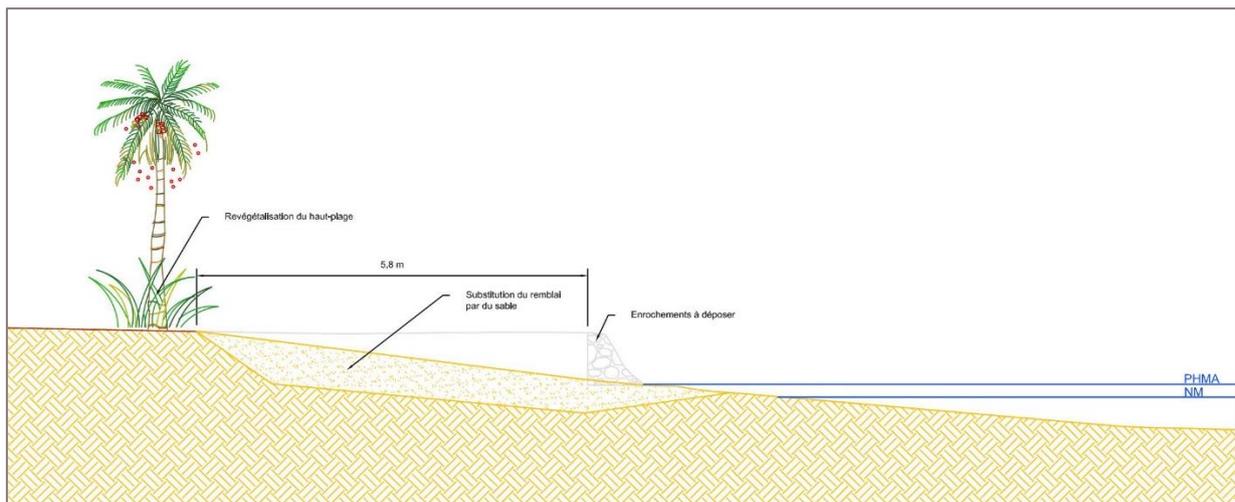
Il est proposé de supprimer le cordon en enrochements actuel et de substituer une partie des remblais par du sable, associé à un programme de revégétalisation du haut de plage améliorant la stabilisation du trait de côte.

Cette solution douce de protection a un impact limité sur l'environnement et la dynamique sédimentaire, elle permet de redonner au site son caractère naturel en rétablissant la continuité du littoral tout en dissipant l'énergie des vagues.

En revanche, le trait de côte pourra être potentiellement mobile au grès des conditions d'agitation, notamment en cas de forte tempête. Un suivi régulier de la topographie de la plage sera nécessaire, avec éventuellement, la nécessité d'opérations de rechargement ponctuelles pour conserver un profil stable.

Le sable pourrait être prélevé à proximité du site, en arrière de la barrière récifale, en bordure du chenal.

Cette solution est estimée à 10 730 000 XPF HT.



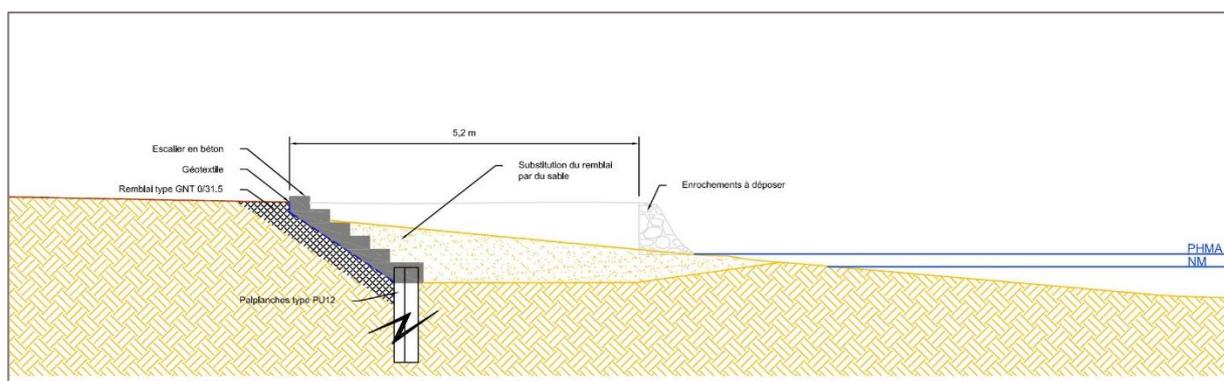
Solution technique 2 : ouvrage de protection en haut de plage

Il s'agit des mêmes travaux que ceux du scénario précédent, avec la réalisation d'un ouvrage en haut de plage permettant une stabilisation du trait de côte. Il est proposé la mise en œuvre d'un ouvrage en béton composé de gradins, permettant un accès facile et continu sur tout le linéaire de la plage et pouvant facilement être intégré dans l'aménagement paysager du site.

Cette solution comprend les mêmes travaux à réaliser que le scénario 1, avec des travaux de terrassement plus importants pour la création d'un talus d'assise de l'ouvrage, l'installation d'un géotextile, de ferrailage et de coffrages avant le coulage et vibrage du béton, préalable au rechargement en sable.

Cette solution assurerait le soutènement des terrains arrières en ayant une action efficace sur le recul du trait de côte en cas d'évènement climatique exceptionnel (qui générerait une érosion massive et rapide de la plage, type fort cyclone), tout en facilitant l'accès à la plage. La perte de terrain serait légèrement inférieure que dans le cas précédent. Cependant, l'impact paysager serait discutable avec une artificialisation du trait de côte. Les inconvénients liés au scénario précédent étant les mêmes pour cette option.

Le coût de cette solution est estimé à 20 223 000 XPF HT soit quasiment le double de celui estimé pour la solution précédente.



Comparaison des deux solutions proposées et aide à la décision

| | Solution 1 | Solution 2 |
|---------------|--|---|
| Avantages | Plage naturelle Aucun aménagement en dur Intégration paysagère Coût | Plage naturelle avec gradins servant de fusible en cas de perte massive de la plage |
| Inconvénients | Risque non quantifiable d'érosion en cas d'évènement météo exceptionnel | Aménagement en dur Intégration paysagère Effet potentiellement défavorable des gradins lors de forte houle (accélération érosion) Coût |

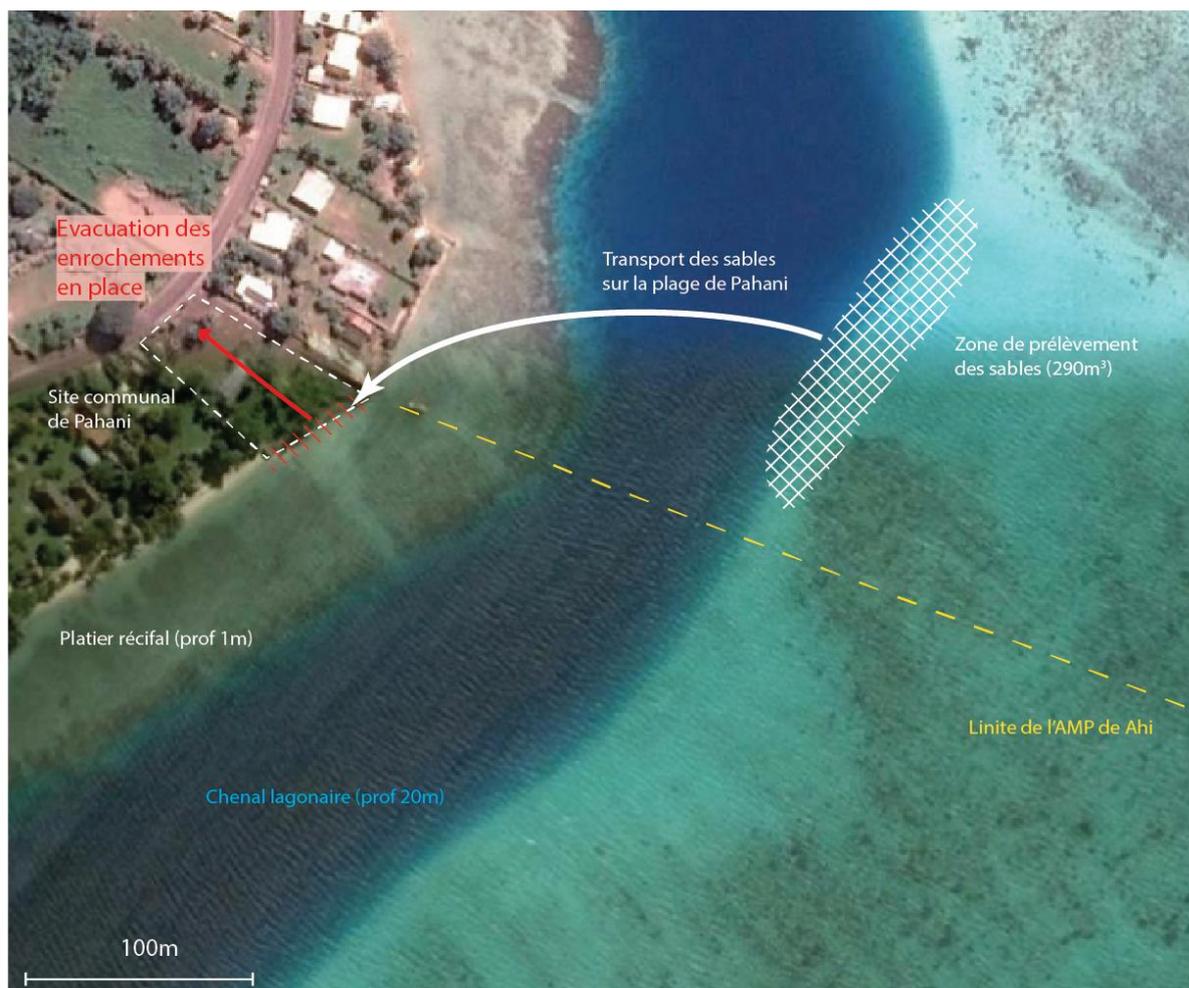
➔ La comparaison des deux solutions amène à préconiser de retenir la Solution 1, notamment au regard de l'utilisation du terrain, orienté vers un usage récréatif, sans nécessité de protection absolue de ses aménagements terrestres.

Note sur le rechargement de plage :

L'analyse granulométrique des sédiments prélevés dans la zone confirme la présence d'un gisement de matériaux convenant à cette opération. Ce gisement est localisé sur la pente interne du récif barrière situé face au site à aménager, par une profondeur facilement accessible, en dehors de l'aire marine protégée de Ahi. La prise en compte de la réglementation liée au Plan de gestion de l'espace

maritime de Moorea sera à réévaluer lorsque la modification de ce dernier sera effective. Dans l'état actuel, des opérations d'extraction de sable peuvent être réalisées dans le cadre d'une réhabilitation de site, en dehors des zones protégées.

L'impact environnemental de ce type d'opérations peut être très limité si des précautions élémentaires sont prises, notamment par la mise en place de géotextiles de protection formant des rideaux retenant les particules fines et évitant leur dépôt dans les zones récifales. Les courants sur le platier et dans le chenal favoriseront leur évacuation vers la baie et la passe. Les autres travaux à réaliser concernent le milieu terrestre.



Localisation des opérations

2. PREAMBULE

La commune de Moorea-Maiao est affectataire du site de Pahani sur lequel elle mène un projet d'aménagement.

Le site présente actuellement un enrochement en bord de mer, très dégradé, que la commune souhaiterait supprimer afin de retrouver un littoral accessible pour la population. De plus cela entre pleinement dans le cadre de la politique communale d'aménagement et de développement durable en matière de lutte contre l'érosion.

Dans le cadre du projet RESCCUE, Créocéan a été chargé de la réalisation d'une étude de faisabilité technique et environnementale afin de proposer des travaux d'aménagement visant à retirer la protection en enrochements et à la remplacer par une plage sableuse. Cette étude comporte plusieurs phases :

Phase 1 : Acquisition de données et expertise de site

- ▶ Levé topographique⁴ depuis le haut de l'enrochement jusqu'à -1 m de profondeur sur le récif frangeant
- ▶ Expertise des biocénoses marines⁵ sur le récif frangeant jusqu'au chenal lagonaire pour établir une carte de sensibilité sommaire, et identifier les zones potentiellement sensibles aux travaux qui seront envisagés.
- ▶ Investigations sous-marines dans le chenal pour identifier une zone de prélèvement de sable envisageable pour recharger la plage après le retrait des enrochements. Réalisation de lançages⁶ et de prélèvements de sable pour analyses granulométriques.
- ▶ Expertise hydro-sédimentaire⁷ du littoral (morphologie, transport sédimentaire, phénomènes d'érosion ou d'accrétion, etc...).

Phase 2 : Étude de faisabilité technique et environnementale des travaux de réaménagement

- ▶ Analyse des contraintes hydrodynamiques (agitation, courant), morphologiques, sédimentaires, environnementales, d'usages, etc...
- ▶ Formulation des attentes et besoins de la commune
- ▶ Définition des solutions techniques envisageables : retrait des enrochements, rechargement de la plage avec du sable, ouvrages de confortement du rechargement (pour maintenir si besoin le sable et limiter les pertes)
- ▶ Analyse des solutions (critères techniques, environnementaux, réglementaires) et proposition de choix d'une solution
- ▶ Validation de la solution en concertation avec la commune

⁴ Niveau du terrain et des ouvrages existants

⁵ Espèces marines présentes (coraux, animaux vivants sur le fond type oursins, coquillages, etc...)

⁶ Enfoncement d'une lance avec eau sous pression pour mesurer l'épaisseur de sable

⁷ Analyse de l'agitation, des courants et de leur impact sur le mouvement des sables

- ▶ Dimensionnement de la solution retenue, c'est-à-dire définir les principales caractéristiques de l'aménagement (volumes, surface, etc...), caractéristiques des travaux envisagés, délais de réalisation, etc...

PHASE 1 : DIAGNOSTIC DU SITE

3. CADRE GENERAL DU SITE

3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude se situe sur le domaine de Pahani, côte Est de Moorea, commune associée de Afareaitu, sur les parcelles AH47 et 76 du cadastre.

Le site est protégé par la barrière récifale située à 600m et par un large platier d'arrière récif de 450m de large. Sa localisation sur la façade Est de l'île en font un site la plupart du temps protégé, soumis toutefois aux risques d'ensachage lors de grandes houles de secteur sud.

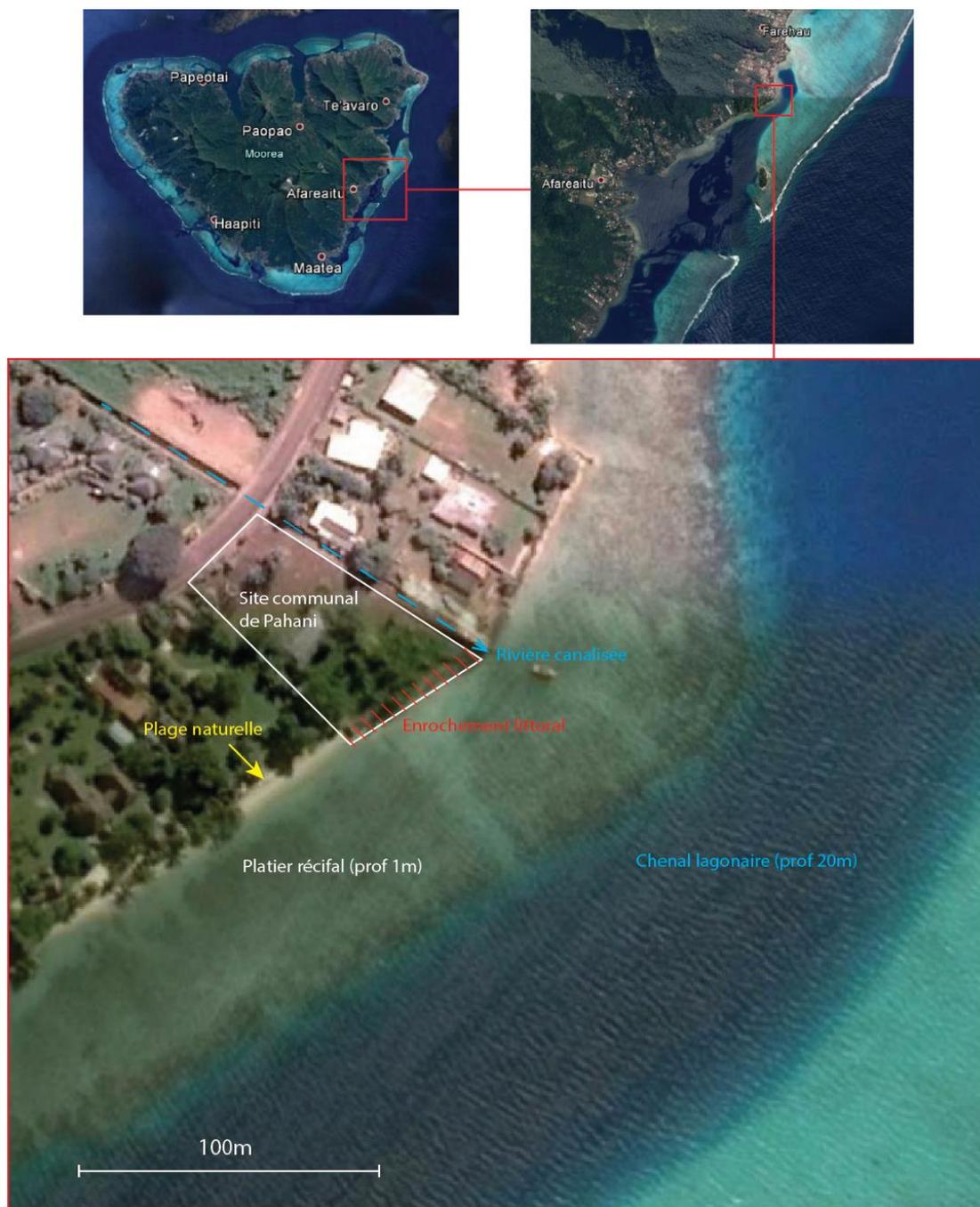


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

3.2 PPR ET PGEM

3.2.1 PLAN DE PREVENTION DES RISQUES

Le projet de Plan de prévention des risques indique que le site de Pahani est en zone à risque de submersion marine⁸ fort sur sa partie littorale, puis faible sur le reste du site. La surcote de référence est de 2m.

Le site n'est pas soumis aux autres aléas (inondation et mouvement de terrain).

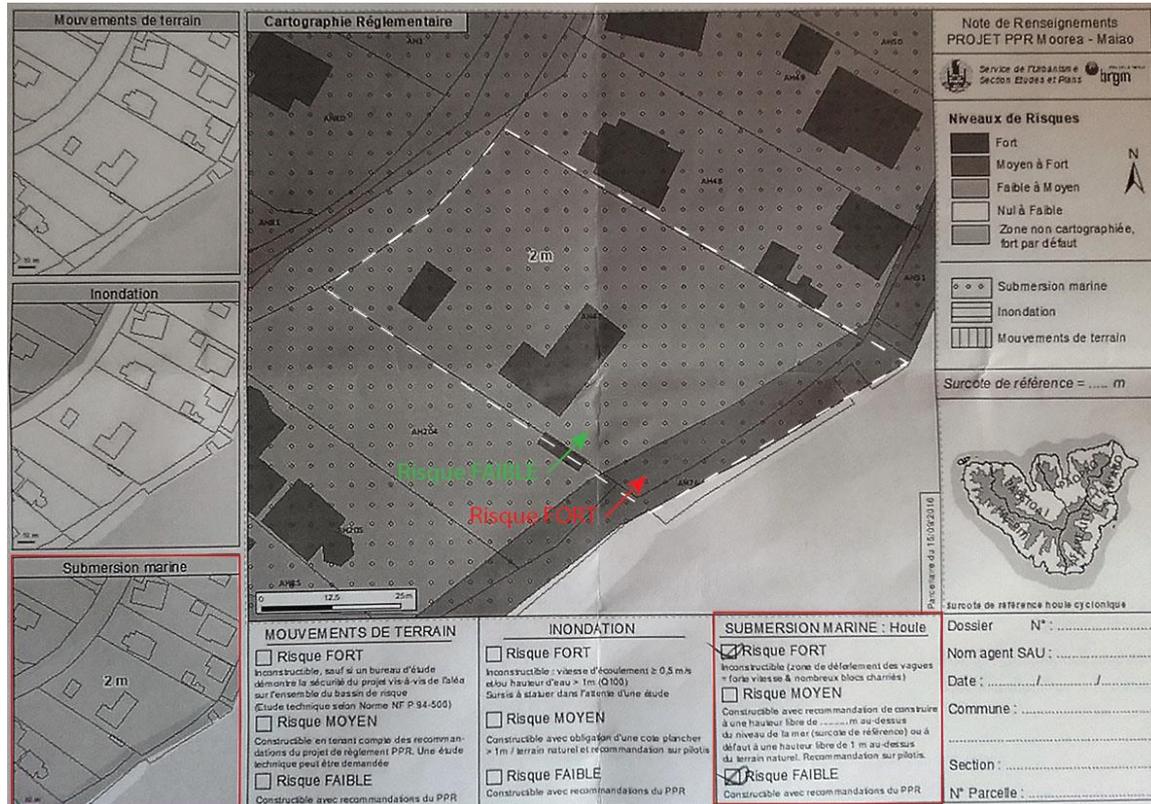


Figure 2 : Extrait du projet de PPR de Moorea sur le site de Pahani

3.2.2 PLAN DE GESTION DE L'ESPACE MARITIME DE MOOREA

Le site d'étude se situe dans l'aire marine protégée de Ahi, au niveau de son extrémité nord.

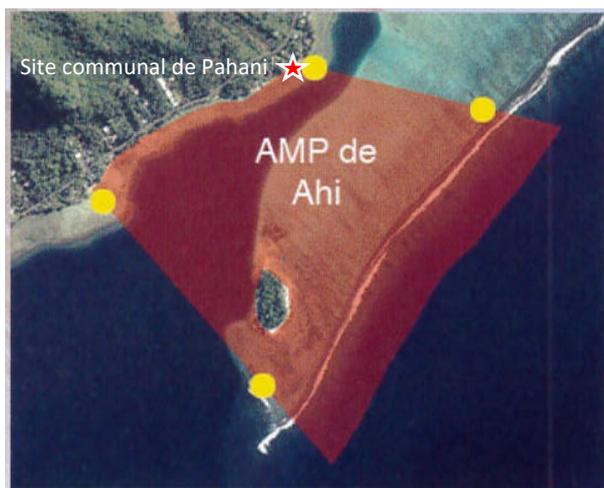
Le PGEM de Moorea définit les règles à respecter et les interdictions communes à toutes les aires marines protégées de Moorea. Ainsi, la vitesse y est limitée à 5 nœuds et le mouillage interdit sauf sur corps mort. Toutes les espèces vivantes y sont protégées, il est interdit d'y ramasser des coquillages ou de pêcher poissons et crustacés. D'autre part, il est interdit de détruire, transporter, piétiner le corail ou d'utiliser des outils qui pourraient l'abîmer. Enfin, il est interdit de remblayer, modifier la ligne de rivage ou rejeter les eaux usées ou des déchets dans le lagon.

⁸ Risque de montée de la mer sur le littoral lors d'une très forte houle ou événement cyclonique par exemple

Dans l'aire marine protégée de Ahi spécifiquement, toute pêche est interdite sauf la pêche à la ligne et la pêche à la traîne.

Il est important de noter que le PGEM de Moorea est actuellement en pleine révision et que les spécificités liées à cet AMP peuvent faire l'objet de modifications dans les prochains mois.

Figure 3 : Carte de l'AMP de Ahi, PGEM de Moorea



3.3 TOPOGRAPHIE ET BATHYMETRIE

La bathymétrie⁹ est caractérisée sur la zone d'étude par des petits fonds à pente douce. L'isobathe des -1m NGPF se trouve à une distance d'environ 60m.

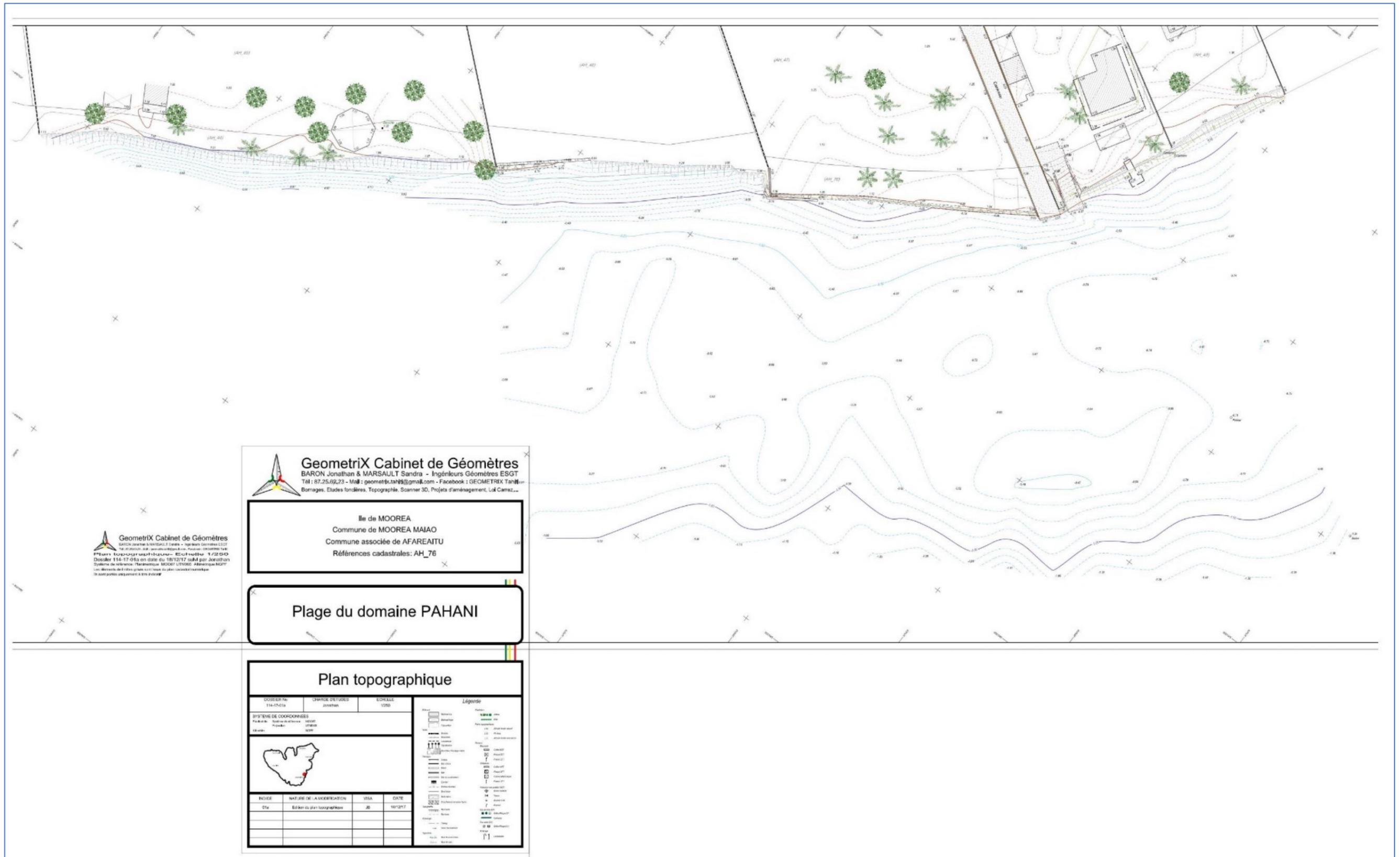
La partie terrestre de la zone d'étude (parcelle AH 47 et AH 76) présente une altimétrie relativement homogène variant entre 1 et 1.35 m NGPF.

En planimétrie, on notera l'existence d'un décrochement pluri-métrique (environ 5m) entre les parcelles AH46 et AH47, créant une discontinuité le long du littoral.

Les levés réalisés par le cabinet Géométrix sont présentés en page suivante.

⁹ Profondeur d'eau

Figure 4 : Levé topographique et bathymétrique de la zone



4. DIAGNOSTIC LITTORAL

Le site d'étude présente un enrochement quasiment vertical sur toute sa façade littorale, en mauvais état.

Cet enrochement était constitué de blocs de 90 à 120cm, disposés sur une semelle béton en pied d'ouvrage au sud du site sur 11 ml. Une seconde rangée de blocs plus petits de 30 à 40cm, a été bétonnée par-dessus les gros blocs. Un affouillement important est visible en arrière de l'ouvrage, les blocs sont désorganisés.

L'enrochement est posé sur le platier récifal sableux, on observe une zone d'accrétion au centre de l'ouvrage, formant une petite plage par l'accumulation de sable.

Une rivière canalisée dans un ouvrage béton longe le terrain sur son côté nord et se jette dans le lagon en bordure de l'enrochement.

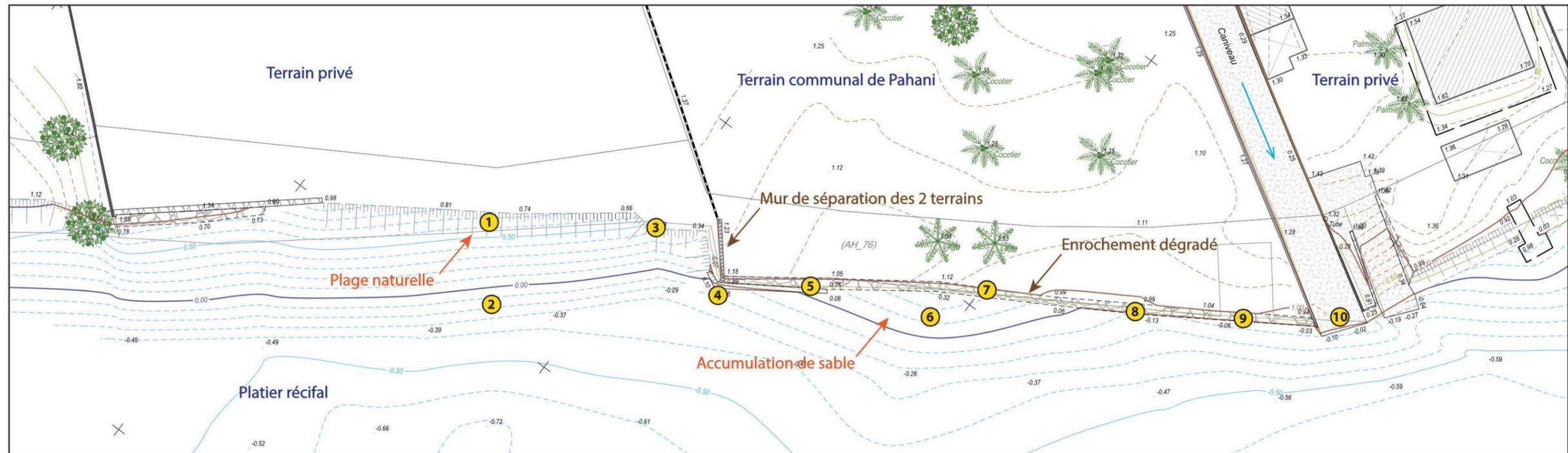
Du côté sud, l'enrochement laisse la place à une plage naturelle entretenue par les propriétaires du terrain attenant.

De petites rides de sable sont visibles parallèles à la côte devant cette plage témoignant de l'agitation de faible hauteur atteignant le site.

À noter la présence de coquillages, mollusques gastéropodes de la famille des Cypraeidae, les porcelaines, de l'espèce *Mauritia Mauritiana* (porcelaine bossue ou porcelaine chocolat) vivant au pied de l'enrochement. Elles ont été observées lors de chaque passage, parfois en grand nombre. Leur présence sera à prendre en compte lors de la réalisation de travaux. En effet, ces coquillages brouteurs se font de plus en plus rares car prisés des collectionneurs et non protégés par le code de l'environnement. Mais la zone de projet se situe à l'intérieur d'une aire marine protégée assurant leur protection dans laquelle leur habitat doit également être préservé.



Figure 5 : État de l'enrochement côtier



1 Plage naturelle en bordure du terrain privé



3 Ouvrage d'agrément sur terrain privé



5 Ancienne semelle (banquette) de fondation de l'enrochement



7 Affouillement en arrière de l'enrochement



9 Petits blocs supérieurs cimentés et affouillement



2 Rides formées par la houle sur le fond au droit de la plage naturelle



4 Mur de séparation entre les 2 terrains



6 Accumulation de sable au pied de l'enrochement



8 Gros blocs formant la base de l'enrochement



10 Caniveau (rivière canalisée) longeant la bordure nord du terrain

5. DIAGNOSTIC MARITIME

Une expertise biologique du platier récifal a été menée sur toute la zone d'étude, afin de définir les grandes unités morphologiques¹⁰ ainsi que les habitats et espèces qui y figurent. La sensibilité écologique du platier a été évaluée. Le diagnostic a été étendu jusqu'au chenal lagonaire et à la pente interne du récif barrière face au site.

Les figures pages suivantes présentent la carte synthétique des unités écologiques (types de milieux) du site et les illustrations des habitats et des espèces rencontrées.

5.1 DESCRIPTION GENERALE

Le site comporte différentes unités :

Un platier récifal frangeant, très peu pentu, borde le littoral sur une largeur de 70m. Le fond est constitué de sable compact sur lequel quelques colonies isolées de coraux du genre *Porites* sont observées près du bord. Au milieu du platier, les débris coralliens se font plus nombreux ainsi que les algues du genre *Padina*, typiques de ces environnements. À l'approche du front récifal, les substrats durs se multiplient et les colonies coralliennes présentes se diversifient. On observe des colonies buissonnantes de *Pocillopora* et de nombreuses colonies encrustantes de *Montipora* de différentes couleurs. Ces coraux sont mélangés à une quantité importante d'algues turbinaires.

Le platier est traversé par une zone de sable sans coraux formant un chenal sur lequel était construit un ponton aujourd'hui détruit. La plupart des piliers qui le soutenaient sont visibles sur le platier, dans le prolongement de la limite sud du terrain. Ce ponton ayant été détruit par la grande houle de 1996 qui a provoqué des dégâts importants sur les côtes de Moorea. Ces nombreux piliers (une vingtaine environ) sont aujourd'hui couchés sur le fond et fortement colonisés par les coraux qui atteignent parfois des tailles conséquentes, notamment en bordure du chenal. Certains des piliers y sont encore dressés, affleurant la surface, couvert de corail de feu *Millepora*.

Le front récifal est bien vivant, des structures récifales portant des coraux vivants sont visibles jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur dans la pente interne du récif. Le fond est alors constitué d'un amas de débris coralliens sur un sable à composante vaseuse. On observe de nombreuses espèces de poissons récifaux s'activant autour des coraux.

Le fond du chenal ne montre aucune colonie corallienne mais un amas de débris d'algues entraînés par les courants. Présence ponctuelle d'un herbier de phanérogames très clairsemé. Le fond est constitué de sable fin compact mélangé à de la vase.

La pente interne du récif barrière est constituée de sable grossier blanc homogène.

¹⁰ Types de fonds marins présents

Figure 6 : Illustrations du diagnostic maritime



1 Fond sableux du platier



2 Colonies dispersées de *Porites*



Terrain communal de Pahani

Platier récifal



3 Coraux et algues turbinaires



4 Densification des coraux près du front



5 Front récifal couvert de *Montipora*



6 *Montipora* et *Pocillopora*



7 Piliers de l'ancien ponton couchés sur le fond et colonisés par *Pocillopora* buissonnant et *Porites* massif



10 Pilier affleurant la surface au niveau du front



11 Piliers couverts de *Porites* et *Millepora*



12 Haut de pente interne



13 Substrat de pente interne, amas de débris coralliens



14 Structures récifale sur pente interne

5.2 ÉTAT DE SANTE

Dans l'ensemble, on observe une gradation de la sensibilité écologique du site croissante du bord vers le chenal et du nord au sud. Les coraux sont dans un très bon état de santé, les formes encroutantes dominent dans la partie nord tandis qu'on trouve de belles colonies massives dans la partie sud autour des piliers de l'ancien ponton. Au nord du chenal sableux qui traverse le site, on observe une grande quantité de macroalgues turbinaires, algues opportunistes qui ont tendance à envahir les récifs et prendre la place des coraux.

La zone du récif frangeant la plus proche de la zone de travaux est peu sensible en raison de l'absence de coraux notamment.

La zone présentant la plus forte sensibilité écologique est le front récifal et le haut de pente interne du récif frangeant.

Le chenal comme la pente interne du récif barrière faisant face au site d'étude, ne présentent qu'une sensibilité écologique faible. En effet, ces zones ne montrent pas de peuplements récifaux.

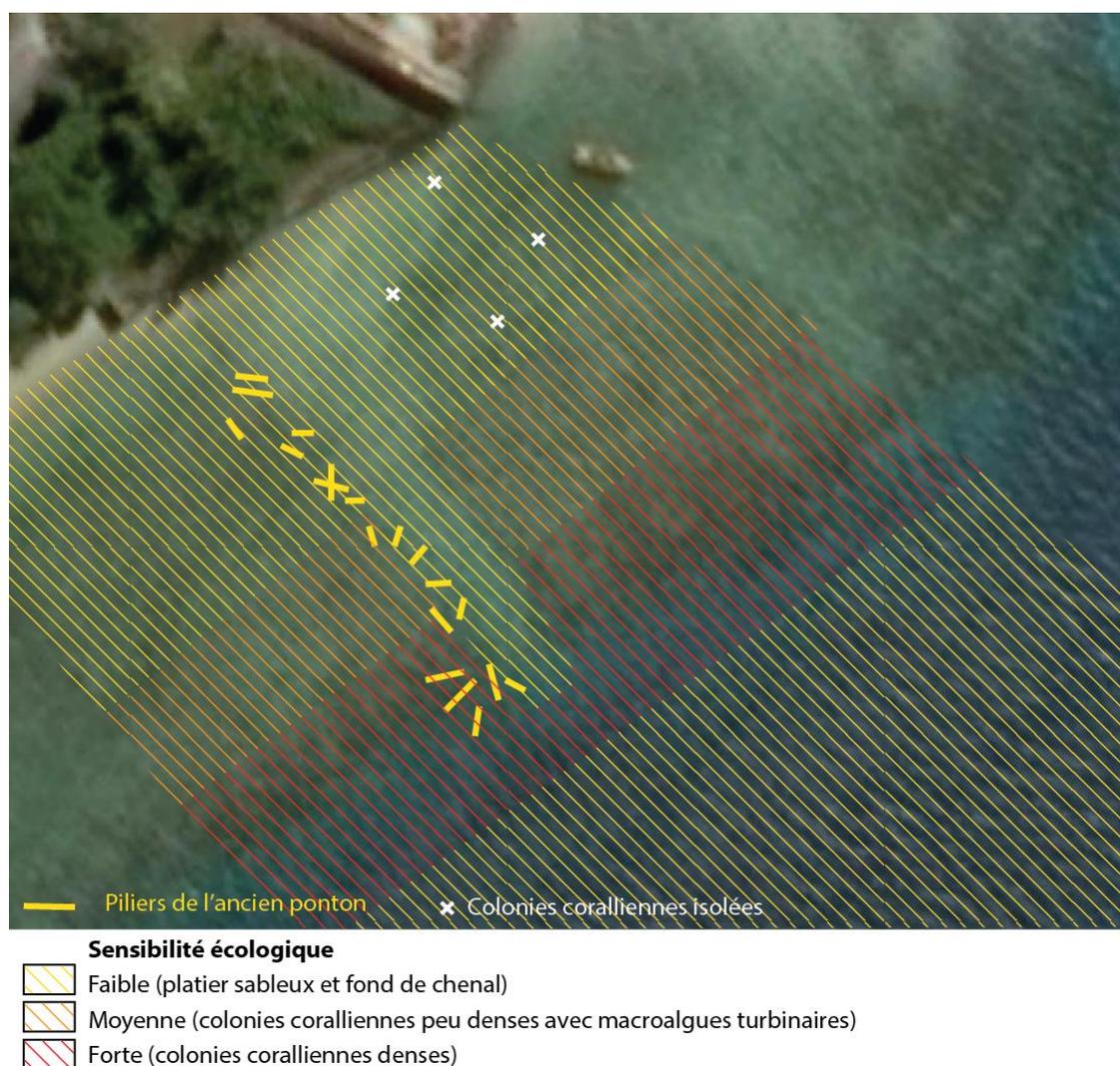


Figure 7 : Carte de sensibilité écologique

→ La sensibilité du milieu lagunaire à proximité immédiate du site est faible. Toutefois, durant les travaux, une attention particulière devrait être donnée à la zone du platier récifal proche du chenal car cette zone est beaucoup plus sensible en raison de la présence de colonies coralliennes bien développées. Cette présence n'est toutefois pas du tout incompatible avec la réalisation des travaux, qui n'auront pas d'effet particulier à ce niveau. Seules les opérations de transport et déchargement des sables implique un passage à proximité de cette zone du platier, par la mise en œuvre d'une conduite de refoulement ou le passage d'une barge de transport. Toutefois, dans tous les cas, il s'agira d'équipements flottant, ce qui réduira significativement tout impact sur les coraux.

5.3 NATURE DES SEDIMENTS

Des prélèvements de sable corallien ont été réalisés sur la zone d'étude afin de préciser le diagnostic sédimentologique (nature et caractéristiques des sables présents) et de connaître la nature et la localisation des sables disponibles pour le réensablement envisagé de la plage. Des analyses granulométriques ont été réalisées sur ces prélèvements.



Figure 8 : Localisation des prélèvements de sable pour analyse granulométrique

- ▶ **Point 1** : Dépôt de sable naturel au pied de l'enrochement. Ce sable est fin et blanc, de classe granulométrique (diamètre des grains) 0-8mm, il comprend 6% de matériaux fins.



- ▶ **Point 2 :** Haut de pente interne du récif frangeant, par 6m de profondeur. Le substrat comporte une grande quantité de débris coralliens, mélangés à des dépôts d'origine terrigène. Le prélèvement, hétérogène, comprend près de 5% de matériaux fins, avec une classe granulométrique de 0 à 63mm.



- ▶ **Point 3 :** Au fond du chenal par 20m de fond. Le prélèvement est constitué de sable comportant 5.5% de matériaux fins. La classe granulométrique est de 0 à 2mm. On observe des brins de phanérogames épars et des amas de macroalgues accumulés par le courant.



- ▶ **Point 4 :** en haut de pente interne du récif barrière, par une dizaine de mètres de profondeur. Le prélèvement, très homogène, est constitué de sable grossier blanc comportant 2.5% de matériaux fins, la classe granulométrique est de 0 à 3.2mm.



➔ **Les sables du Point 4 présentent les caractéristiques les plus adaptées au rechargement de la plage du site de Pahani.**

PHASE 2 : ÉTUDE DE FAISABILITE

6. CONDITIONS METEO-OCEANIQUES

6.1 NIVEAU D'EAU

6.1.1 LA MAREE OCEANIQUE

Le régime de marée à Moorea est semi diurne, il comporte deux pleines mers par 24 heures ayant toujours lieu, l'une de 00H00 à 02H00 et l'autre de 12H00 à 14H00. Le niveau moyen des marées se situe entre 0.4 et 0.47m. Les niveaux de marée caractéristiques, tels qu'indiqués dans les Références altimétriques maritimes du SHOM 2017, sont compilés dans le tableau suivant (niveaux d'eau indiqués en mètre Cote Marine¹¹) :

MOOREA

| | PHMA | PMVE | PMME | NM | BMME | BMVE | PBMA |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Haapiti | 00.61 | 00.55 | 00.50 | 00.40 | 00.35 | 00.30 | 00.23 |
| Papetoai | 00.66 | 00.60 | 00.45 | 00.47 | 00.40 | 00.40 | 00.33 |

A Papetoai, le 0m CM se situe à -0.328m NGPF.

6.1.2 SURCOTE MARINE

Une surcote¹² est, sur une région océanique, un soulèvement de la surface de la mer qui est généralement dû à l'effet d'une dépression météorologique, celle-ci venant élever le niveau de la mer par rapport au niveau que prévoyait le calcul de la marée astronomique seule.

► La pression atmosphérique

La surcote atmosphérique est principalement liée aux cyclones et aux dépressions tropicales. L'élévation du niveau d'eau est générée à la fois par les courants induits par les vents qui poussent vers la côte les masses d'eau qui s'accumulent dans les zones de hauts-fonds et par la chute de pression atmosphérique. Les variations de la pression atmosphérique entraînent des levées d'eau à grande échelle. Ainsi une dépression atmosphérique de 1hPa entraîne une surélévation de 1cm pour le niveau marin. La surcote atmosphérique résulte donc d'un effet combiné des faibles pressions au sein du système, du déplacement des masses d'air et de la morphologie côtière. En théorie, les valeurs attendues au rivage sont de l'ordre de +0.1 à +0.3m (pour Tahiti).

► Le vent de surface

La contrainte de cisaillement exercée par le vent sur la surface de l'eau induit une inclinaison de la surface de l'eau, ce qui entraîne l'apparition d'un abaissement et d'une surélévation, respectivement au début et à la fin de zone d'action du vent.

¹¹ Référentiel de mesure du niveau d'eau utilisé dans le domaine maritime

¹² Surélévation du niveau de la mer en raison d'un phénomène météorologique (forte houle, tempête...)

▶ La bathymétrie et la configuration de la côte

En pleine mer, les courants de surface ne provoquent pas de surcotes car ils peuvent s'écouler librement à toute profondeur. De même, près des côtes bordées par des eaux profondes, car le surplus d'eau peut être évacué en profondeur par un « contre-courant ». Par contre, les eaux accumulées par les vents contre un littoral bordé d'eaux peu profondes génèrent des surcotes importantes.

La forme de la côte intervient également dans l'ampleur de la surcote : une baie, un estuaire ou un golfe favorise le phénomène alors qu'un cap le réduit.

▶ L'ensachage

Cette surcote est générée par la houle après déferlement directement au rivage dans les zones non protégées par un récif ou par surverse au-dessus du récif en ce qui concerne les lagons. Le déferlement de la houle sur le récif corallien peut apporter un volume d'eau important dans le lagon. La montée des eaux dans le lagon est ainsi connue sous le terme « d'ensachage ». Ce phénomène d'ensachage du lagon, qui se produit lorsque la houle est forte, induit des forts courants de vidange sortant par les passes. D'après le PPR de Moorea sur la zone d'étude, la surcote engendrée par l'ensachage est évaluée à 2m.

L'excès d'eau apporté par le déferlement des vagues sur le récif provoque une augmentation du niveau dans le lagon. Cette surélévation est ensuite compensée par une vidange au niveau des passes. La surélévation du plan d'eau liée à l'ensachage peut atteindre localement plusieurs dizaines de centimètres.

▶ Le set-up lié aux vagues

Surélévation du plan d'eau générée par le déferlement de la houle à la côte. Il peut atteindre plusieurs centimètres localement.

6.1.3 EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ÉLEVATION DE LA MER

La planète Terre est dans une phase de réchauffement climatique fortement accentuée depuis le siècle dernier par l'activité humaine.

Ce réchauffement climatique a une incidence sur la montée du niveau des océans et des mers à travers le monde. Le dernier rapport AR5 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) présente les derniers résultats des différents modèles à l'horizon 2100.

Dans l'AR5, sur la base de quatre hypothèses différentes concernant la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise dans les années à venir (période 2000-2100), chaque scénario RCP (representative concentration pathways) donne une variante jugée probable du climat qui résultera du niveau d'émission choisi comme hypothèse de travail. Les quatre scénarios sont nommés d'après la gamme de forçage radiatif ainsi obtenue pour l'année 2100 : le scénario RCP2.6 correspond à un forçage de +2,6 W/m², le scénario RCP4.5 à +4,5 W/m², et de même pour les scénarios RCP6 et RCP8.5.

Les estimations varient de +0.45 à +0.74 m à l'horizon 2100 hors intervalle, et jusqu'à 1m en considérant l'intervalle de confiance du scénario le plus pessimiste.

Les résultats sont donnés dans les graphiques ci-dessous.

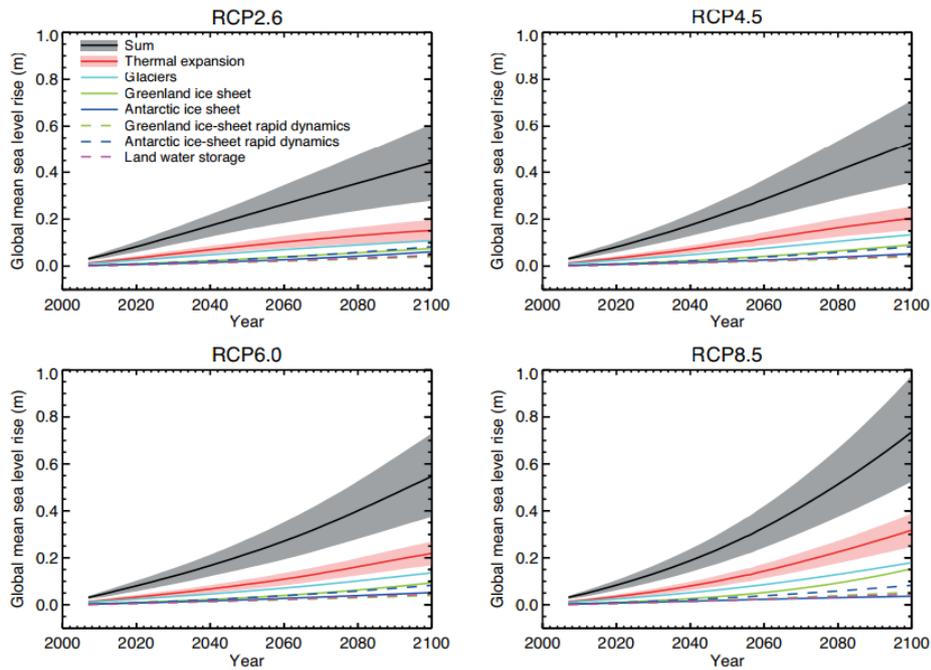


Figure 9 : Projection de l'élévation du niveau marin pour différents modèles Source : GIEC 2013

Le terrain de Pahani est relativement bas par rapport au niveau de la mer. Une telle augmentation du niveau de la mer, engendrerait une érosion du terrain et des submersions régulières lors d'évènements exceptionnelles type forte houle, tempête...

Le projet de réaménagement n'aura pas vocation à s'adapter à cette montée des eaux, qui nécessite des actions globales à l'échelle de l'île.

6.2 LE VENT

La provenance et l'intensité des vents rencontrés à la station de mesure de Tahiti-Faa'a sont représentées sur le graphique ci-dessous (Source : Météo-France).

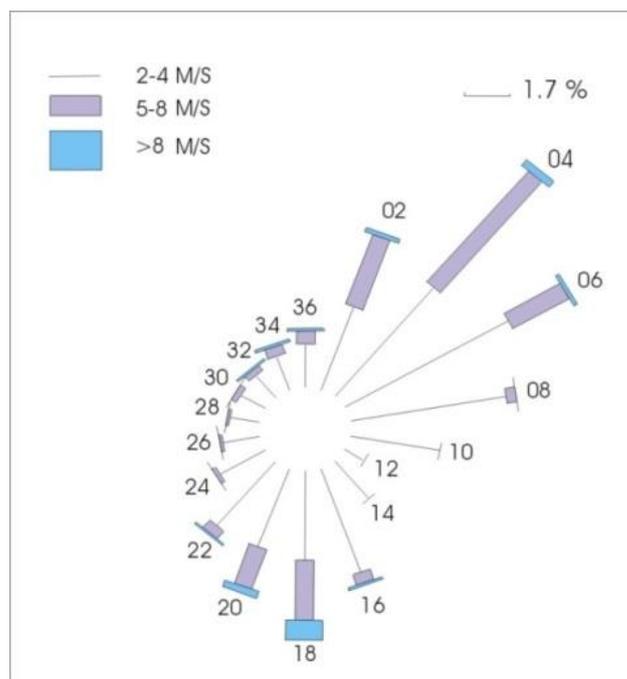


Figure 10 : Provenance et intensité des vents à Tahiti Faa'a (source : Météo-France)

La rose des vents met en évidence la très nette dominance des vents de secteur Nord-Est et, dans une moindre mesure, des vents de Sud.

Les alizés de direction Nord-Est qui prédominent sont habituellement modérés de l'ordre de 10 à 15 nœuds (5 à 8 m/s), mais leur vitesse atteint parfois 20 à 30 nœuds (10 à 15 m/s) en hiver austral. Les vents de Sud peuvent être plus violents et atteindre jusqu'à 21 m/s.

Toutefois, la station de Faa'a étant sur l'île de Tahiti, à l'opposé de la zone d'étude et située dans une zone de relief, toutes les directions de vent ne sont pas nécessairement prises en compte.

➔ Le site est exposé aux vents dominant de Nord-Est ainsi qu'aux vents de Sud à Sud-est.

6.3 L'AGITATION

L'agitation susceptible d'atteindre le littoral du site d'étude est de deux types :

- ▶ Agitation générée par le vent sur le plan d'eau (clapot) ;
- ▶ Agitation résultante du déferlement des houles du large sur le récif barrière.

6.3.1 AGITATION GENEREE PAR LE VENT

L'agitation générée par l'action du vent sur les lagons présente les caractéristiques suivantes :

- ▶ Faible période, inférieure à 7 s ;
- ▶ Hauteur limitée à quelques dizaines de centimètres à plus d'un mètre selon la largeur du lagon (fetch).

Ce type d'agitation est directement dépendant de l'intensité et la direction du vent soufflant sur le plan d'eau. Rappelons que le vent lève également une agitation au large du récif qui peut se superposer à l'agitation locale levée uniquement dans le lagon.

6.3.2 AGITATION LIEE AUX HOULES DU LARGE

Généralités

Quatre grands types de houles sont observés dans le Pacifique Sud selon la saison : les houles de Sud et de Sud-Ouest, les houles de Nord et de Nord-Ouest, les houles d'alizés et les houles cycloniques. Certaines d'entre elles peuvent concerner la zone d'étude :

- ▶ **Les houles de Sud et de Sud-Ouest** : elles se forment dans le sud de la Polynésie, en régions tempérées ou polaires australes et sont très fréquentes surtout entre avril et octobre. De période moyenne et de grande amplitude au large, elles parviennent sur l'archipel de la Société avec des périodes longues (14 à 18 secondes) et des hauteurs moindres, de l'ordre de 2 à 3 m (rarement au-delà). Ces houles sont susceptibles de créer un fort ensachage des lagons et de rendre les passes impraticables.
- ▶ **Les houles d'alizés de Sud-Est à Sud** sont souvent observées en hiver austral quand le Maraamu - engendré par de puissants anticyclones subtropicaux - souffle en hiver sur le Sud de la Polynésie. Leurs périodes sont inférieures à 14 secondes et leur hauteur varie de 2 à 4 mètres en moyenne. Ce type de houle est susceptible de provoquer un ensachage important du lagon, notamment pour les houles supérieures à 4 m.
- ▶ **Les houles cycloniques** sont engendrées par les dépressions et les cyclones tropicaux de l'hémisphère Sud. On les observe majoritairement durant l'été austral entre les mois de Décembre et Avril. Elles viennent généralement de l'Ouest ou de l'Ouest-Nord-Ouest et peuvent atteindre jusqu'à 6m pour une période comprise entre 8 et 14 secondes en moyenne.

Données IOWAGA



Figure 11 : Localisation du point IOWAGA

La rose des houles ci-dessous a été réalisée à partir des données (1990-2013) du modèle IOWAGA (modèle global développé par l'IFREMER) et confirme une nette prédominance des houles de Sud-Ouest, suivies des houles Sud-Est puis des houles de Nord-Ouest pour un point situé au Sud-Ouest de la zone d'étude (cf Image Google Earth ci-dessous). La zone d'étude est protégée des houles de Nord-Est. Ces roses rendent compte uniquement des houles les plus énergétiques. Or, dans la réalité, on observe souvent des houles d'orientation différentes qui se superposent (phénomène de houles croisées). Dans ce cas, les données IOWAGA ne fournissent que la direction la plus énergétique (direction de pic).

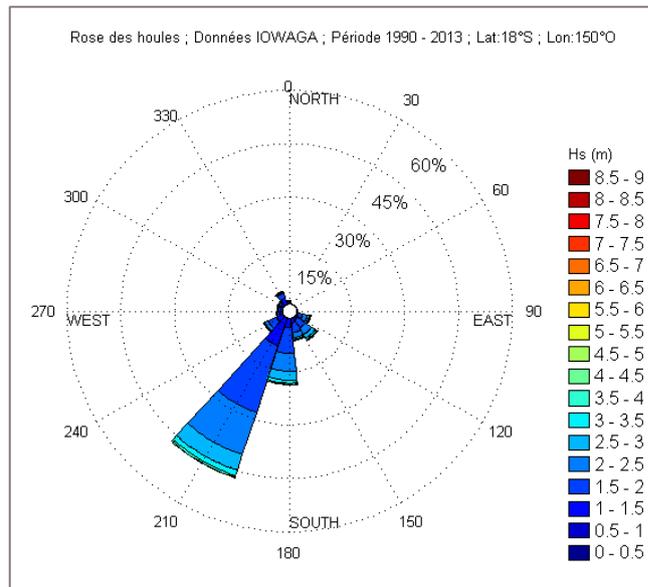


Figure 12 : Rose représentant les hauteurs significatives des houles (Hs) en fonction de la direction au point de coordonnées 18°S – 149.5°W au Sud-Est de Tahiti

6.3.3 AGITATION CYCLONIQUE

D'après le projet ARAI 3, les dépressions tropicales et les cyclones sont relativement peu fréquents en Polynésie française qui se situe à l'extrême Est de la zone cyclonique du Pacifique Sud (cf. figure ci-dessous) : seulement 45 cyclones majeurs ont été répertoriés sur tout le territoire depuis une quarantaine d'année (Lerrue et al. 2010).

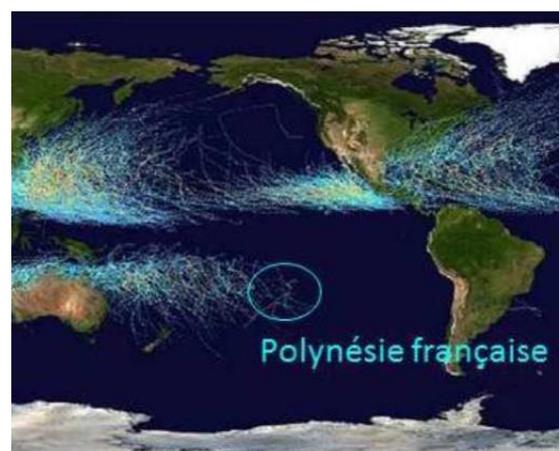
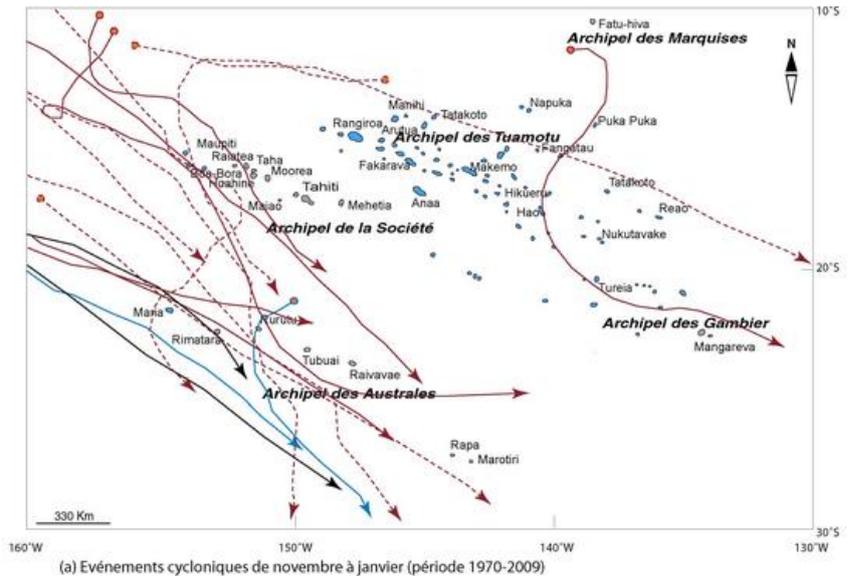
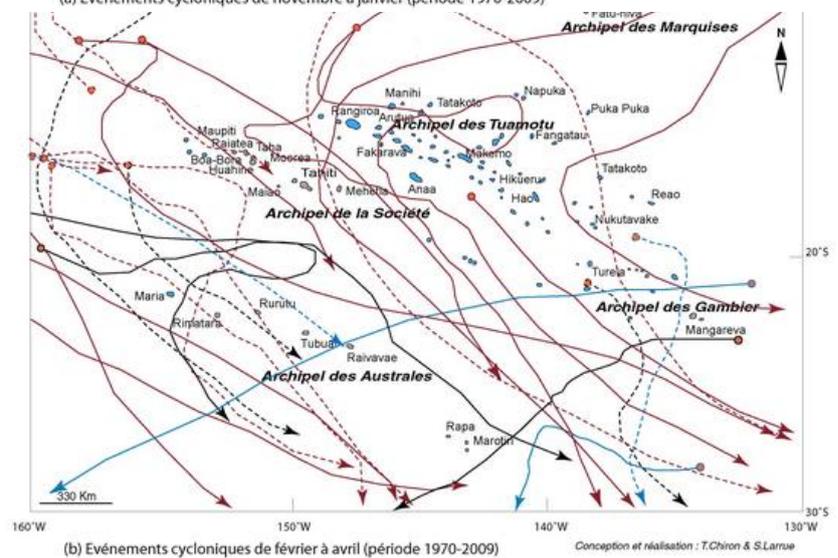


Figure 13 : Carte des trajectoires des cyclones enregistrés entre 1985 et 2005 (NASA 2006)



On observe clairement la prédominance de la direction Nord à Nord-ouest pour la provenance des cyclones à leur passage à proximité des Iles du vent.

Figure 14 : Trajectoires cycloniques ayant affecté les eaux territoriales de Polynésie française entre 1970 et 2009 (Larrue et Chiron 2010)



6.3.4 LES TSUNAMIS

Les tsunamis ou raz de marée pouvant affecter Moorea sont générés par un tremblement de terre sous-marin se sont produit dans l'Est ou l'Ouest de l'Océan Pacifique. L'onde de grande longueur (200km) mais de faible amplitude (excède rarement 2m) traverse le Pacifique à grande vitesse (500 à 800 km/h). A l'approche des côtes, lorsque la profondeur diminue, la colonne d'eau en mouvement dispose de moins d'espace, ainsi la vitesse des vagues diminue en meme temps que leur hauteur augmente démesurément avant de venir déferler sur le rivage.

Ces situations ne concernent que peu les îles comme Tahiti et Moorea, exemptes de plateau continental et dont les fonds remontent brutalement depuis les plaines abyssales jusqu'à la barrière récifale.

Les tsunamis susceptibles d'affecter Tahiti ou Moorea peuvent provenir des îles Tonga, d'Asie, des îles Aléoutiennes ou du continent américain.

Compte-tenu de la localisation du site d'étude à l'est de Moorea, celui-ci se retrouve dans une zone potentiellement plus abritée. Une étude précise sur le site resterait toutefois nécessaire pour quantifier les risques en prenant en considération la morphologie des fonds marins et du littoral.

- ➔ Le site de Pahani est relativement protégé de l'agitation du large par la barrière récifale et dans une moindre mesure par son récif frangeant. L'agitation due au vent est la plus susceptible d'atteindre le site, toutefois aucune donnée n'existe sur la taille de cette agitation à la côte. On peut légitimement supposer que cette agitation est réduite et qui plus est amortie par le récif frangeant. La stabilité de la plage au sud de Pahani en est un bon indice.

6.4 LES COURANTS

Le fonctionnement courantologique dans les zones internes aux barrières récifales de Polynésie repose sur :

- ▶ Les courants de marée : peu perceptibles du fait du faible marnage (inférieur à 30 cm)
- ▶ Les courants dus au vent : Il s'agit principalement des vents locaux qui sont susceptibles de générer des courants de surface perceptibles sur les masses d'eau (fetch et intensités les plus importants)
- ▶ La houle du large : qui crée le phénomène d'ensachage. L'eau qui pénètre par le récif barrière est évacuée au niveau des passes les plus proches. Selon la provenance de la houle, les courants générés varient dans le lagon, en fonction de l'orientation des différents sites.

Les observations réalisées sur le terrain semblent indiquer le fonctionnement suivant (houle de secteur sud) :

- ▶ Un ensachage du lagon lié à la pénétration des houles sur le récif barrière (Agitation du vent venant du Nord-Est et houle longue de Sud à Sud-est),
- ▶ Une évacuation des eaux privilégiée par la passe de Tupapaurau, canalisées par le chenal lagonaire,

→ Au niveau du site même, les courants sont a priori très faibles et dépendants de l'agitation réelle qui touche le site.

Ce fonctionnement général est schématisé sur la figure page suivante.

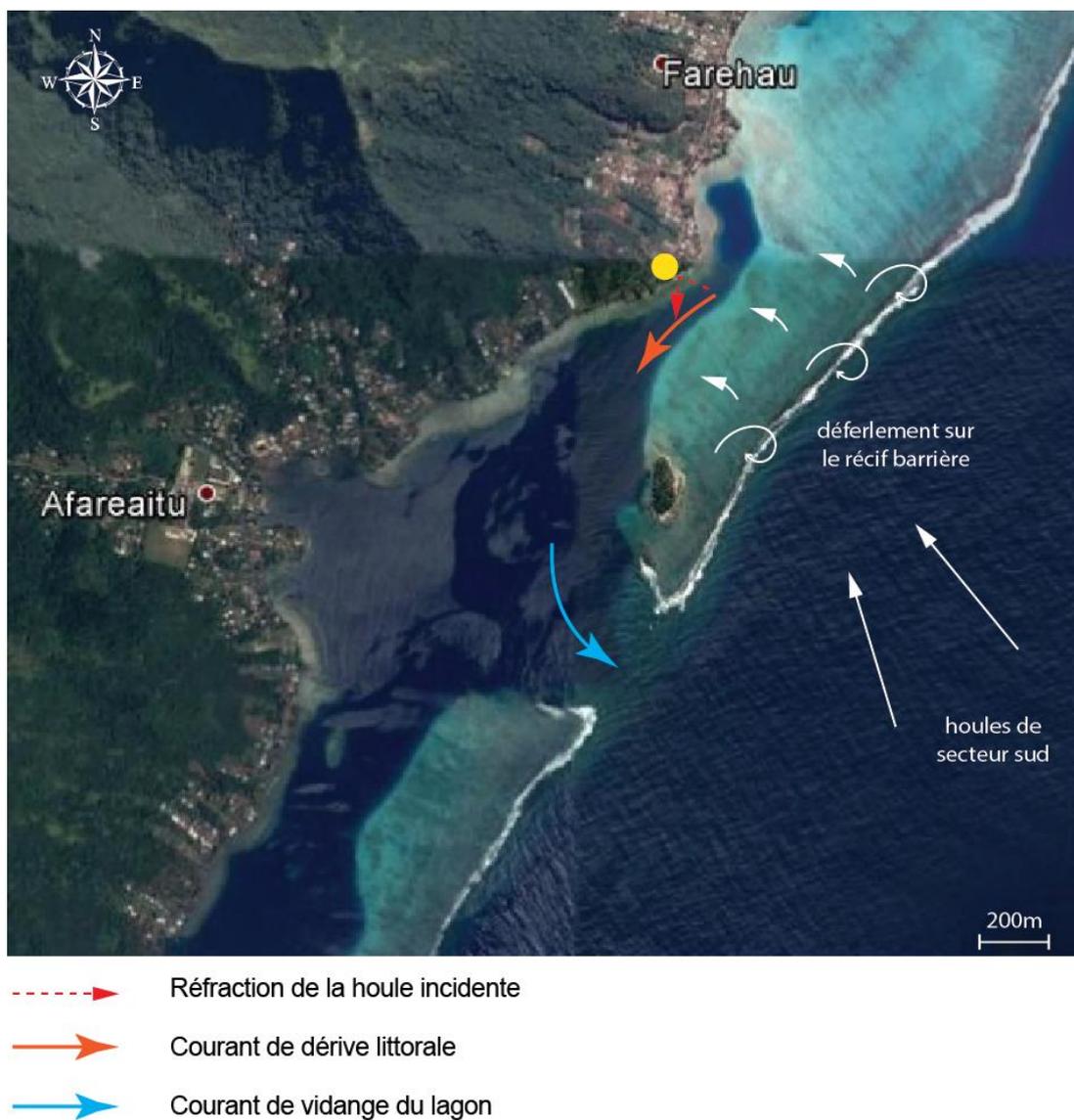


Figure 15 : fonctionnement hydrologique schématique de la zone d'étude

6.5 APPLICATION AU SITE DE PAHANI

L'analyse des conditions météo-océanographiques indique que le site est abrité des houles du large mais peut toutefois subir les surcotes associées à des épisodes de forte houle. Le site est d'autre part soumis à l'agitation générée par les vents de Sud et de Nord-Est dans le lagon.

Cette agitation, peu énergétique (mers de vent), peut aisément être atténuée par une plage sableuse ayant une pente adaptée (douce). D'autant plus que le platier frangeant atténue l'énergie de cette agitation.

7. PROPOSITION DE SCENARIOS D'AMENAGEMENTS

7.1 OBJECTIFS ET PRINCIPE RETENUS

L'étude s'inscrit dans le cadre du projet RESCCUE et dans la politique d'aménagement et de développement durable de la commune de Moorea-Maiao en faveur de moyens doux et durable de lutte contre l'érosion du trait de côte. Une grande attention est donc portée aux aménagements de façon à limiter autant que possible leurs éventuels impacts sur l'environnement biologique et physique.

Ainsi, les solutions techniques présentées ci-dessous devront permettre de répondre aux objectifs et contraintes suivants :

- ▶ Limiter l'impact des aménagements sur la dynamique sédimentaire ;
- ▶ Limiter l'impact des travaux sur l'environnement terrestre et maritime ;
- ▶ Rétablir une continuité sur le littoral ;
- ▶ Créer un espace récréatif par la création d'une plage au droit de la zone d'étude ;
- ▶ Garantir un accès simple et rapide à la mer depuis la terre ;
- ▶ Garantir la stabilité des terrains situés en arrière et figeant le trait de côte au droit de la zone d'étude.

Ainsi pour la recherche de scénarios, les grands principes retenus sont les suivants :

- ▶ La suppression du cordon en enrochements ;
- ▶ La création d'un espace récréatif (plage de sable) ;
- ▶ La réduction de la longueur du muret (sud) séparant les deux parcelles afin de rétablir une continuité sur le littoral,
- ▶ Et éventuellement, la stabilisation du trait de côte en haut de plage, par la mise en œuvre d'un ouvrage de protection adapté.

Les deux solutions techniques présentées impliquent un retrait du terrain d'environ 5 à 6 m par rapport au cordon d'enrochements actuel.

Ce recul génère une perte d'environ 235m² sur la partie terrestre de la zone d'étude (pour une surface totale du terrain d'environ 3400 m²), qui sera compensée par la création d'une plage en sable de surface équivalente.

Ce choix technique est motivé par :

- ▶ La nécessité de rétablir une continuité littorale avec la partie sud de la zone d'étude,
- ▶ De limiter l'impact sur la dynamique sédimentaire,
- ▶ De limiter les volumes de sable à mettre en œuvre et donc l'impact sur l'environnement.

7.2 SOLUTIONS TECHNIQUES ENVISAGEABLES

7.2.1 SCENARIO 1 : RENATURALISATION DU SITE

Ce premier scénario se veut le plus respectueux de l'environnement possible en limitant les aménagements et travaux à réaliser.

Ainsi, il est proposé de supprimer le cordon en enrochements actuel et de substituer une partie des remblais par du sable. Comme évoqué au chapitre 7.1, cela implique un recul du trait de côte (de l'ordre de 5 à 6m), dans l'alignement de la parcelle située au sud pour permettre d'une part la création de la plage et d'autre part rétablir la linéarité du profil.

Pour améliorer la stabilisation du trait de côte, un programme de revégétalisation pourra être mis en œuvre en haut de plage. Il sera recherché dans ce cadre, des essences locales d'arrière plage ayant un système racinaire développé, comme par exemple celles proposées dans le cadre de la lutte contre l'érosion de la plage de Tahiamanu :

- ▶ des arbustes naupata (*Scaevola taccada*), 'o'uru (*Suriana maritima*) sur le haut de plage (limiter l'érosion),
- ▶ des plantes indigènes largement répandues sur les littoraux des îles et atolls de Polynésie française, particulièrement adaptées aux conditions écologiques du site.

Suriana maritima ('o'uru)

Zone d'implantation : haut de plage et arrière plage

Caractéristiques principales :

Arbuste présent sur de nombreux rivages tropicaux, présents notamment aux Tuamotu et sur les plages de sables coralliens.

Il affectionne les sables coralliens et se régénère souvent abondamment sur les zones décapées par la houle. Il est également employé pour végétaliser les hôtels situés sur les motu dans l'archipel de la Société ou aux Tuamotu.

Ses nombreuses racines et sa densité en peuplement pur en font un arbuste à recommander afin de limiter l'érosion et de fixer les zones sableuses littorales en substrat calcaire.



Ipomoea pes-caprae (pohue)

Zone d'implantation : haut de plage et arrière plage

Caractéristiques principales :



Liane rampante de haut de plage. Forme de grands tapis denses permettant de stabiliser les sols et lutter contre l'érosion, notamment sur les hauts de plages de sable noir régulièrement léchés par les vagues.

En Polynésie française, cette liane est surtout présente sur les littoraux des îles hautes sur sable noir bien qu'elle soit aussi trouvée sur sable calcaire dans certains cas ou dans d'autres îles du Pacifique.

Scaevola taccada ('apata)

Zone d'implantation : haut de plage et arrière plage

Caractéristiques principales :



Arbuste buissonnant pouvant atteindre 2 m de haut. Espèce des milieux riches en sel, sur sable ou sur cailloutis.

Deux variétés botaniques indigènes sont connues en Polynésie française : var. *taccada* au port plus dressé et var. *tuamotuensis* au port plus prostré et lianescent.

Cette dernière est probablement à privilégier car la plus adaptée aux conditions difficiles et la plus rase (masquant moins le paysage).

Heliotropium foertherianum (tohonu)

Zone d'implantation : arrière plage

Caractéristiques principales :



Arbuste à petit arbre commun sur les sables littoraux et particulièrement adapté aux conditions desséchantes des littoraux polynésiens.

Cette espèce est généralement plus en retrait du littoral que les 3 espèces précédentes.

Travaux à réaliser et estimation sommaire des coûts

Dans le cadre de ce premier scénario, les travaux à réaliser sont les suivants :

- ▶ La dépose des enrochements existants ;
- ▶ La démolition et l'évacuation en décharge de la longrine (fondation) en béton ;
- ▶ Le raccourcissement du muret maçonné surmonté par une palissade en bois ;
- ▶ Les travaux de terrassement et l'évacuation des matériaux excédentaires ;
- ▶ Le rechargement en sable de la plage ;
- ▶ La revégétalisation du haut de plage.

Les figures en pages suivantes présentent l'implantation et la coupe des aménagements projetés.



Avantages

Les avantages de cette solution sont :

- ▶ L'absence d'ouvrage de protection qui permet ainsi de redonner au site son caractère naturel
→ plage uniquement avec une pente douce permettant d'atténuer naturellement l'agitation ;
- ▶ Peu de perturbation sur la dynamique hydrosédimentaire ;
- ▶ Solution douce de protection ayant un impact limité sur l'environnement ;
- ▶ Impact visuel nul (apport de sable valorisant l'espace) voir positif par rapport à l'aménagement actuel su site cordon d'enrochements);
- ▶ La création d'une plage en sable permettant :
 - ✓ De dissiper l'énergie des vagues ;
 - ✓ Limiter les phénomènes de réflexion de la houle sur le haut d'un rivage trop accore et de rétablir les possibilités de remontée des sédiments du large sous l'action des houles faibles à moyennes ;

- ✓ De recréer un espace récréatif plus large pour les activités (baignade, repos...);
- ✓ Le rétablissement de la continuité du littoral.

Inconvénients

Les inconvénients de cette solution sont :

- ▶ Un trait de côte potentiellement mobile au grès des conditions hydrodynamiques : la plage est susceptible d'évoluer en cas d'évènement météorologique exceptionnel avec risque d'érosion ponctuelle ;
- ▶ L'absence d'ouvrage fixant durablement le trait de côte (notamment en cas de forte tempête) ;
- ▶ La nécessité de prélever des sables dans le lagon ;
- ▶ La nécessité d'un suivi régulier de la topographie de la plage (suivi annuel durant 3 ans, puis uniquement en cas d'évènement météorologique exceptionnel) ;
- ▶ Éventuellement, la nécessité d'opérations de rechargement périodiques pour conserver un profil stable.

A ce stage de l'étude, le cout des travaux est estimé à environ 10 730 000 XPF HT réparti comme indiqué dans le tableau page suivante.

À noter que l'estimation du coût de la revégétalisation du haut de plage est basée sur celle réalisée dans le cadre du rapport RESCCUE L2_5 concernant la lutte contre l'érosion de la plage de Tahiamanu. Ce coût est indiqué pour la fourniture des plantules, leur repiquage et leur élevage en pépinière privée durant 3 mois, puis leur plantation sur le site, accompagné d'un suivi sur 6 mois.

| DESIGNATION DES TRAVAUX | U | Q | Prix Unitaire XPF | Prix Total XPF H.T. |
|-------------------------|---|---|----------------------|------------------------|
|-------------------------|---|---|----------------------|------------------------|

| 1 INSTALLATIONS, PRÉPARATIONS, RÉCEPTION ET DOSSIERS | | | | | | |
|--|---|--|---|---|----------------|-----------|
| 1 | 1 | Installations générales | F | 1 | 800 000 | 800 000 |
| 1 | 2 | Implantation, levés et suivis topographiques | F | 1 | 200 000 | 200 000 |
| 1 | 3 | Études générales d'exécution | F | 1 | 500 000 | 500 000 |
| 1 | 4 | Contrôle, réception, récolement | F | 1 | 200 000 | 200 000 |
| | | | | | Sous-Total 1 : | 1 700 000 |

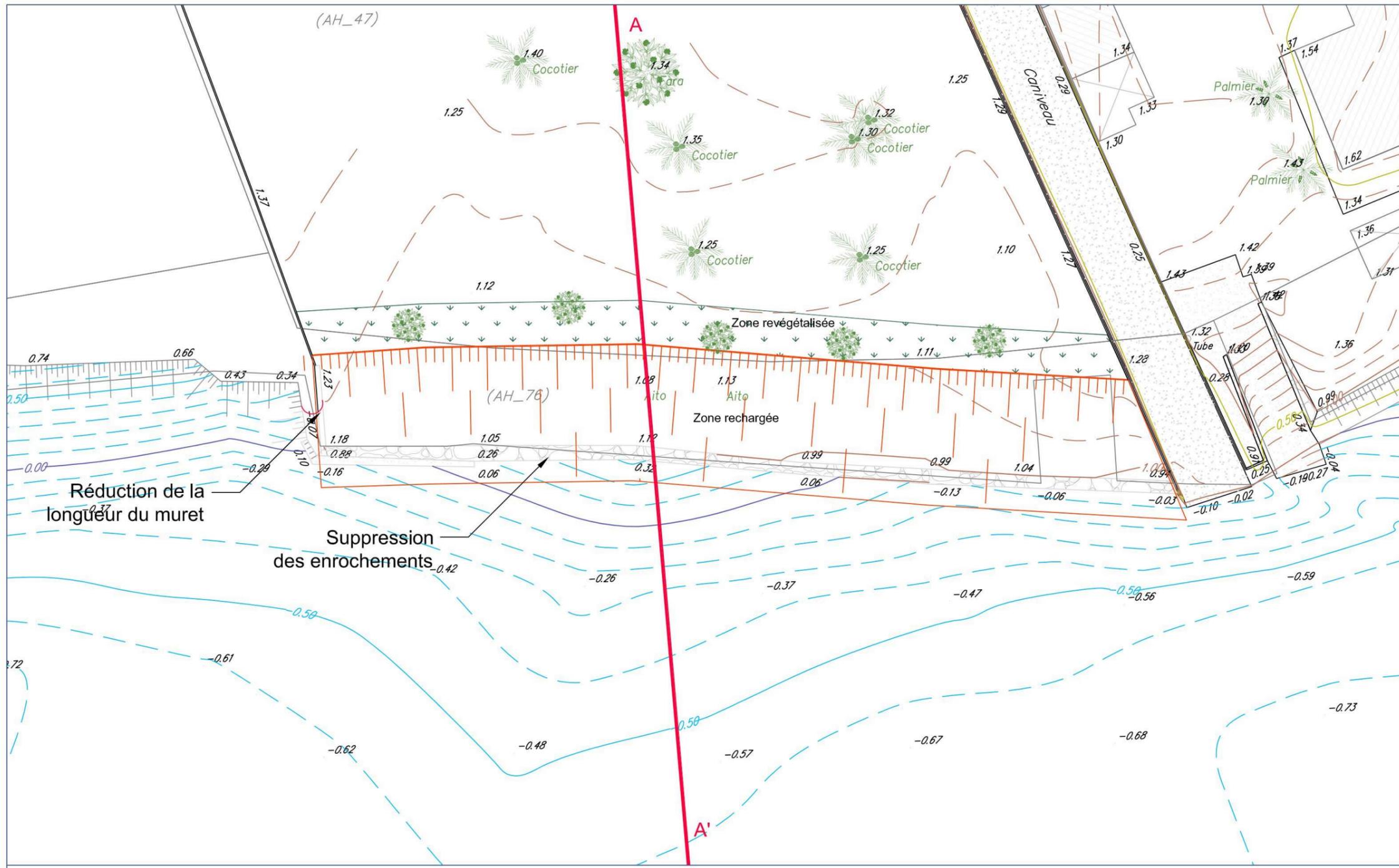
| 2 TRAVAUX PRÉPARATOIRES | | | | | Linéaire : | 48 |
|-------------------------|---|---|----------------|-----|----------------|-----------|
| 2 | 1 | Suppression du cordon en enrochement | ml | 48 | 10 000 | 480 000 |
| 2 | 2 | Démolition de la fondation au BRH | ml | 11 | 30 000 | 330 000 |
| 2 | 3 | Raccourcissement de la limite entre les deux parcelles | F | 1 | 300 000 | 300 000 |
| 2 | 4 | Terrassement en déblais et évacuation des matériaux excédentaires | m ³ | 290 | 3 500 | 1 015 000 |
| | | | | | Sous-Total 2 : | 2 125 000 |

| 3 RECHARGEMENT DE LA PLAGE ET REVEGETALISATION | | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|----------------|-----|----------------|-----------|
| 3 | 1 | Fourniture et transport de sable | m ³ | 290 | 15 000 | 4 350 000 |
| 3 | 2 | Terrassements en déblais/remblais | m ³ | 290 | 1 500 | 435 000 |
| 3 | 3 | Revégétalisation du haut de plage | m ² | 120 | 6 000 | 720 000 |
| | | | | | Sous-Total 3 : | 5 505 000 |

| 4 ALEAS ET DIVERS | | | | | | |
|-------------------|---|-----------------|---|---------|-----------|-----------|
| 4 | 1 | ALEAS ET DIVERS | % | 15.00 % | 9 330 000 | 1 399 500 |

| | |
|-------------------------|------------|
| TOTAL € H.T.T. = | 10 729 500 |
| TVA 13% = | 1 394 835 |
| TOTAL € T.T.C. = | 12 124 335 |

Figure 16 : Plan d'implantation : SC1



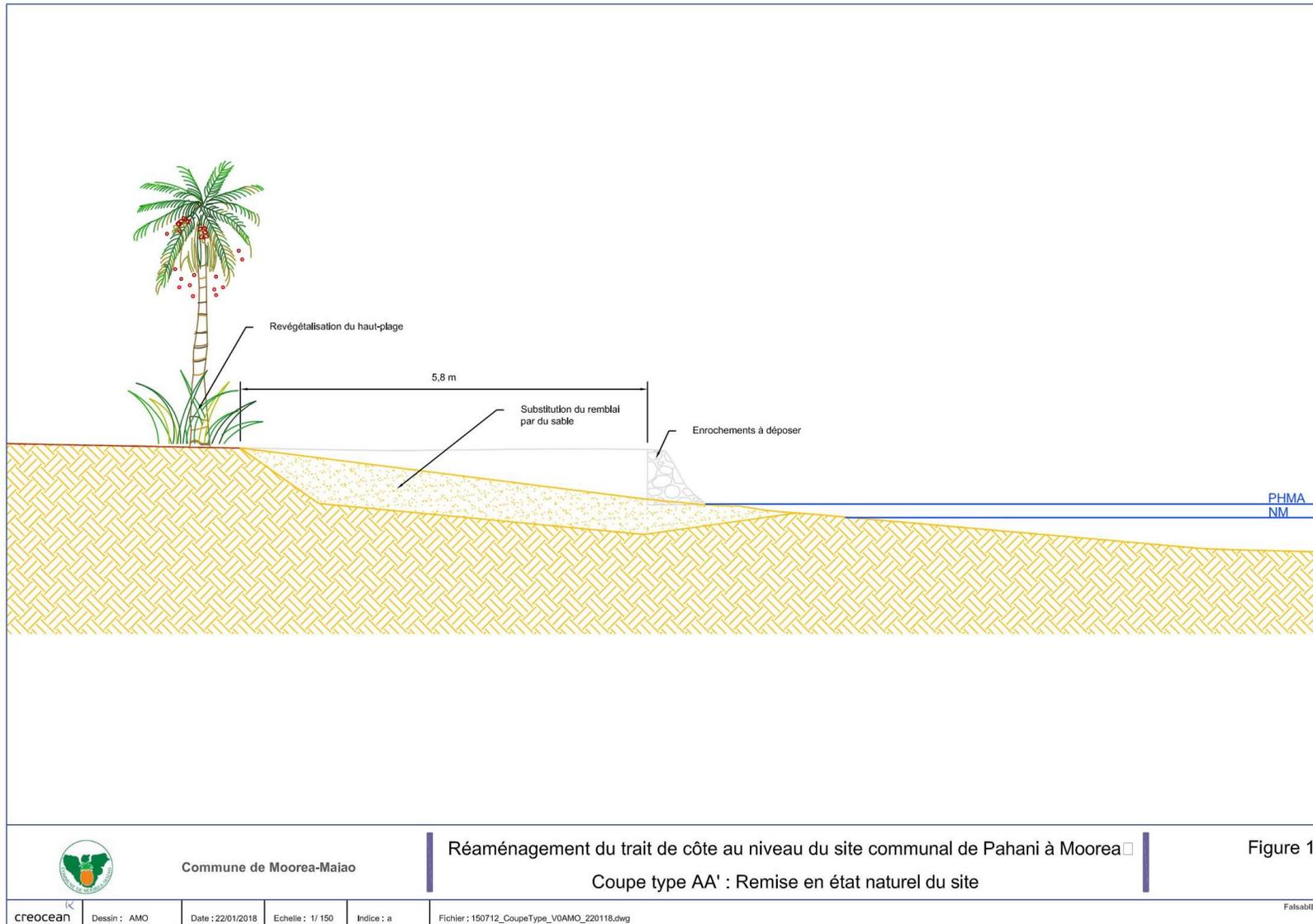
Commune de Moorea-Maïao

Réaménagement du trait de côte au niveau du site communal de Pahani à Moorea
Plan d'implantation : SC1

Figure 16

| | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------------|------------------|------------|---|-------------|
| creocean Ingénierie & conseil | Dessin : AMO | Date : 22/01/2018 | Echelle : 1/ 200 | Indice : a | Fichier : 150712_ESQUISSE_SC1_V0_AMO_220118.dwg | Falsabilité |
|----------------------------------|--------------|-------------------|------------------|------------|---|-------------|

Figure 17 : Coupe type : SC1



7.2.2 SCENARIO 2 : OUVRAGE DE PROTECTION EN HAUT DE PLAGE

Ce second scénario reprend dans son ensemble les travaux prévus dans le premier, à la différence que la stabilisation du trait de côte ne sera plus assurée par le couvert végétal mais par la mise en œuvre d'un ouvrage de protection.

Au stade de l'étude de faisabilité, il est proposé de s'orienter vers la mise en œuvre d'un ouvrage en béton composé de gradins, permettant un accès facile et continu sur tout le linéaire de la plage.

Afin d'éviter tout affouillement en pied d'ouvrage, celui-ci sera soit directement ancré dans le substratum rocheux sous-jacent, soit protégé par un rideau de palplanches de type PU12 selon la profondeur à laquelle se trouve le toit. Au regard des observations faites sur le terrain, il semblerait que le toit du substratum rocheux soit peu profond. Ainsi, la mise en œuvre d'un rideau de palplanches ne semble pas s'avérer utile.

L'escalier sera composé par une structure en béton armé. La largeur et la hauteur de chaque gradin reste à définir. Toutefois, leurs caractéristiques géométriques devront permettre un accès facile et rapide à la plage. En première approche la hauteur des gradins pourra être de 0.2m pour une profondeur de 0.3m.

Tout comme le premier scénario, celui-ci implique, un recul du trait de côte de l'ordre de 5 à 6m.

Remarques :

Pour des raisons esthétiques, les gradins les plus hauts pourront être habillés d'un bardage en bois rouge. La mise en œuvre de gabions, comme sur la photographie ci-dessous, a été écartée compte tenu du fait de la présence d'une armature métallique pouvant présenter un danger lors de l'accès à la plage.



Exemple d'ouvrage de protection de type gradins (gabions et béton)

Travaux à réaliser et estimation sommaire des coûts

Pour ce scénario, les travaux à réaliser sont les suivants :

- ▶ Le dépose des enrochements existants ;
- ▶ La démolition et l'évacuation en décharge de la longrine (fondation) en béton ;

- ▶ Le raccourcissement du muret maçonné surmonté par une palissade en bois ;
- ▶ Les travaux de terrassement et l'évacuation des matériaux excédentaires ;
- ▶ La mise en œuvre de l'ouvrage de protection comprenant :
 - ▶ La création du talus d'assise de l'ouvrage en graves non traitées ;
 - ▶ La mise en œuvre du géotextile ;
 - ▶ La mise en œuvre du ferrailage et des coffrages ;
 - ▶ Le coulage, le vibrage et la cure du béton ;
 - ▶ Le rechargement en sable de la plage.

Les figures en pages suivantes présentent l'implantation et la coupe des aménagements projetés.

Avantages

Les avantages de cette solution sont :

- ▶ Permet d'assurer le soutènement des terrains arrières ;
- ▶ Efficace en cas de recul massif du trait de côte lors d'un épisode météorologique exceptionnel ;
- ▶ Facilité d'accès à la plage ;
- ▶ La création d'une plage en sable permettant :
 - De dissiper l'énergie des vagues ;
 - Limiter les phénomènes de réflexion de la houle sur le haut d'un rivage trop accore et de rétablir les possibilités de remontée des sédiments du large sous l'action des houles faibles à moyennes ;
 - De recréer un espace récréatif ;
 - Le rétablissement de la continuité du littoral.

Inconvénients

Les inconvénients de cette solution sont :

- ▶ L'impact paysagé discutable et artificialisation du trait de côte ;
- ▶ La nécessité de prélever des sables dans le lagon ;
- ▶ Nécessité d'un suivi régulier de la topographie de la plage (suivi annuel durant 3 ans, puis uniquement en cas d'évènement météorologique exceptionnel) ;
- ▶ Éventuellement, la nécessité d'opérations de rechargement périodiques pour conserver un profil stable.
- ▶ Coût des travaux

A ce stade de l'étude, le cout des travaux est estimé à environ 20 223 000 XPF HT réparti comme suit :

| DESIGNATION DES TRAVAUX | | U | Q | Prix Unitaire XPF | Prix Total XPF H.T. |
|-------------------------|--|---|---|----------------------|------------------------|
|-------------------------|--|---|---|----------------------|------------------------|

| | | | | | |
|----------|---|--|--|--|--|
| 1 | INSTALLATIONS, PRÉPARATIONS, RÉCEPTION ET DOSSIERS | | | | |
|----------|---|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|---|---|--|---|---|---------|---------|
| 1 | 1 | Installations générales | F | 1 | 800 000 | 800 000 |
| 1 | 2 | Implantation, levés et suivis topographiques | F | 1 | 200 000 | 200 000 |
| 1 | 3 | Études générales d'exécution | F | 1 | 500 000 | 500 000 |
| 1 | 4 | Contrôle, réception, récolement | F | 1 | 200 000 | 200 000 |

| | |
|----------------|-----------|
| Sous-Total 1 : | 1 700 000 |
|----------------|-----------|

| | | | | | |
|----------|------------------------------|--|--|-------------------|-----------|
| 2 | TRAVAUX PRÉPARATOIRES | | | Linéaire : | 48 |
|----------|------------------------------|--|--|-------------------|-----------|

| | | | | | | |
|---|---|---|----------------|-----|---------|-----------|
| 2 | 1 | Suppression du cordon en enrochement | ml | 48 | 10 000 | 480 000 |
| 2 | 2 | Démolition de la fondation au BRH | ml | 11 | 30 000 | 330 000 |
| 2 | 3 | Raccourcissement de la limite entre les deux parcelles | F | 1 | 300 000 | 300 000 |
| 2 | 4 | Terrassement en déblais et évacuation des matériaux excédentaires | m ₃ | 340 | 3 500 | 1 190 000 |

| | |
|----------------|-----------|
| Sous-Total 2 : | 2 300 000 |
|----------------|-----------|

| | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|
| 3 | OUVRAGE DE PROTECTION ET RECHARGEMENT DE LA PLAGE | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|---|---|-----------------------------------|----------------|-----|---------|-----------|
| 3 | 1 | Fourniture et transport de sable | m ₃ | 290 | 15 000 | 4 350 000 |
| 3 | 2 | Terrassements en déblais/remblais | m ₃ | 290 | 1 500 | 435 000 |
| 3 | 3 | Ouvrage de protection | ml | 48 | 130 000 | 6 240 000 |

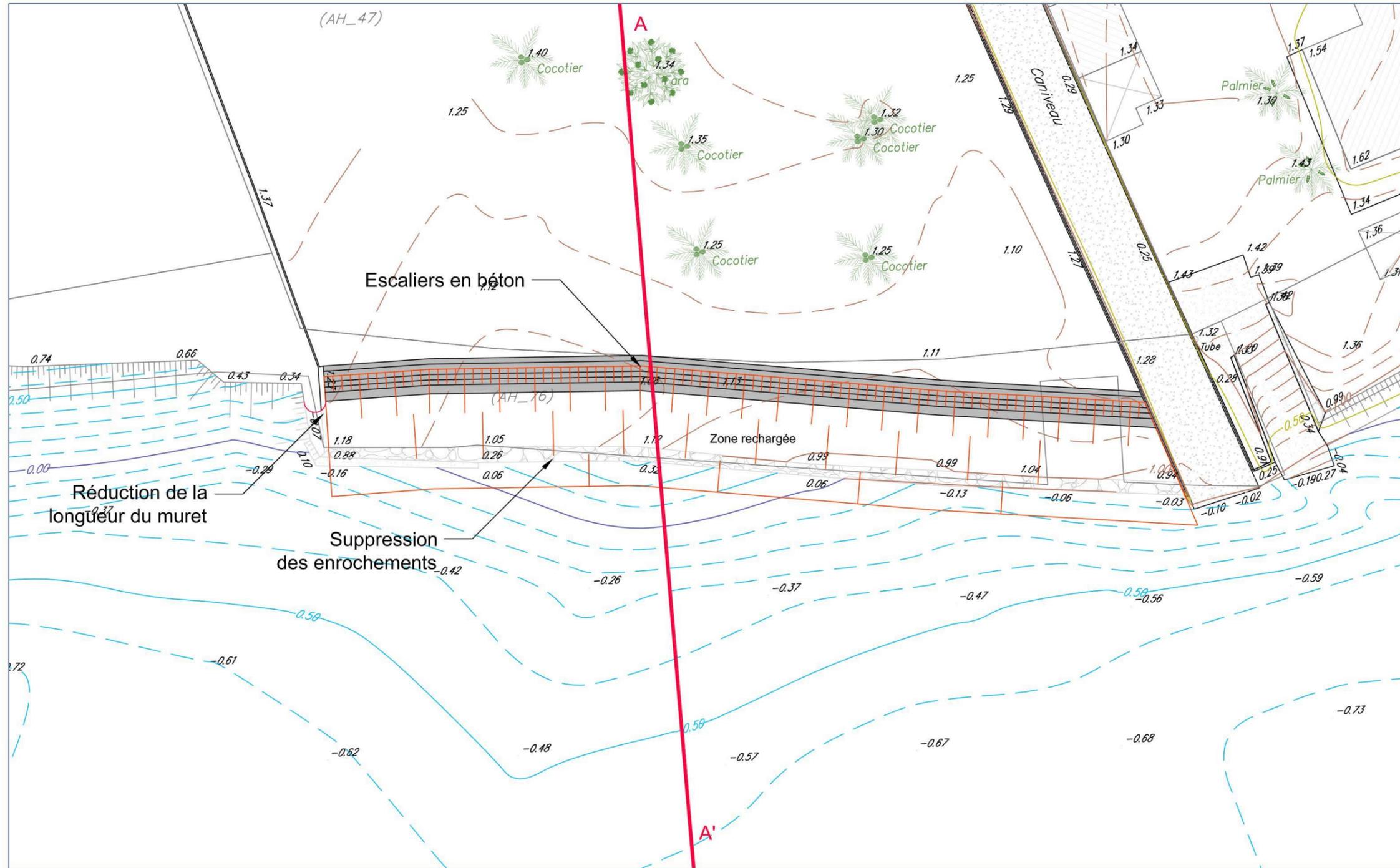
| | |
|----------------|------------|
| Sous-Total 3 : | 11 025 000 |
|----------------|------------|

| | | | | | |
|----------|------------------------|--|--|--|--|
| 4 | ALEAS ET DIVERS | | | | |
|----------|------------------------|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|---|---|-----------------|---|---------|------------|-----------|
| 4 | 1 | ALEAS ET DIVERS | % | 15.00 % | 15 025 000 | 2 253 750 |
|---|---|-----------------|---|---------|------------|-----------|

| | |
|-------------------------|-------------------|
| TOTAL € H.T.T. = | 17 278 750 |
| TVA 13% = | 2 246 238 |
| TOTAL € T.T.C. = | 19 518 988 |

Figure 18 : Plan d'implantation : SC2



Commune de Moorea-Maiao

Réaménagement du trait de côte au niveau du site communal de Pahani à Moorea
Plan d'implantation : SC2

Figure 18

creocean
Engineering & Architecture

Dessin : AMO

Date : 22/01/2018

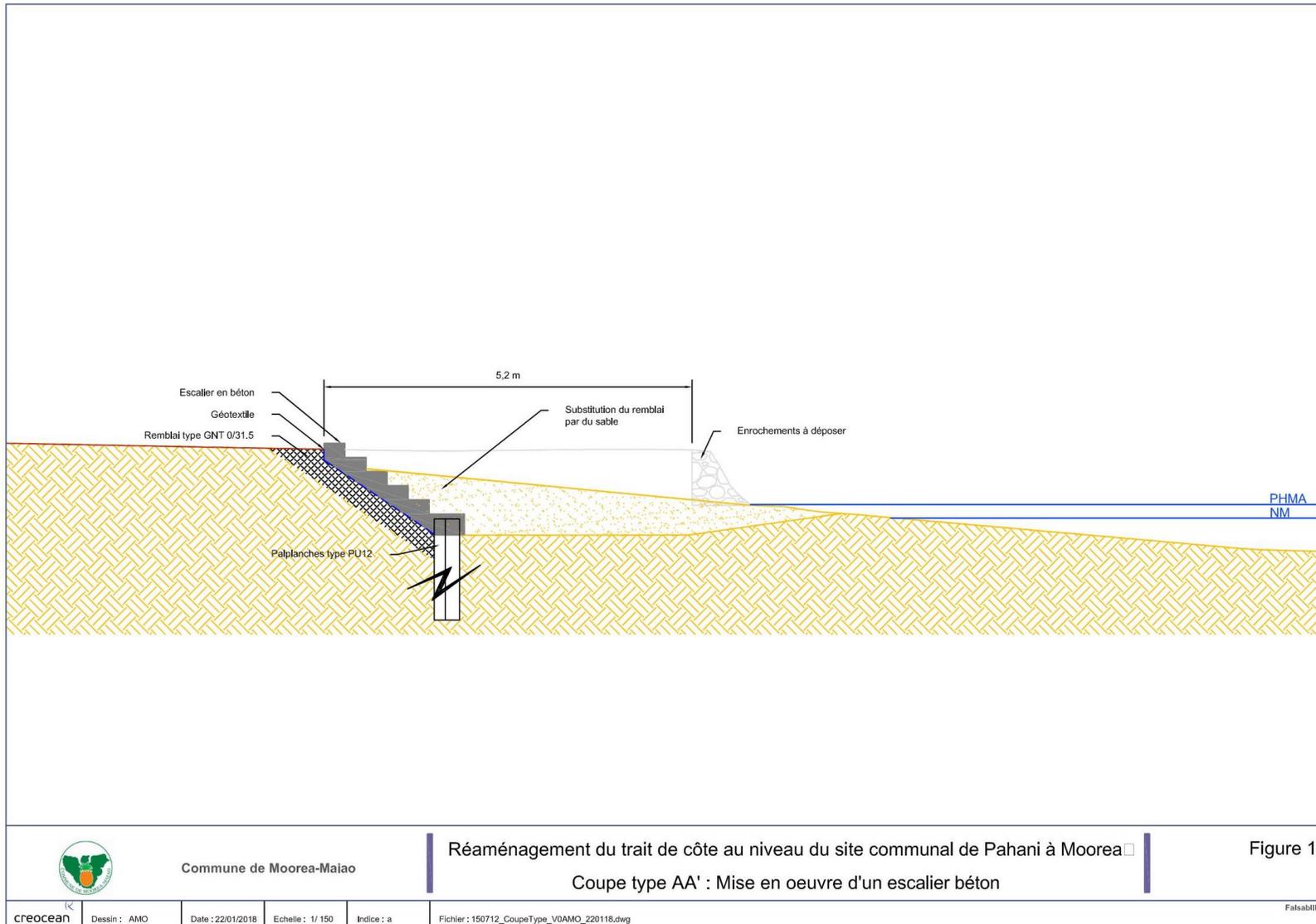
Echelle : 1/ 200

Indice : a

Fichier : 150712_ESQUISSE_SC2_V0_AMO_220118.dwg

Falsabilité

Figure 19 : Coupe type : SC2



7.2.3 RECHARGEMENT DE PLAGE ET SUBSTITUTION DES REMBLAIS

La substitution des remblais et le rechargement de la plage nécessitent de trouver une source de sable en quantité et en qualité suffisante pour le projet.

Les volumes nets nécessaires sont estimés à environ 4m³ par mètre linéaire (substitution sur 0.5m) pour un total de 290 m3.

Il est important de noter que ce volume ne prend pas en compte les pertes liées d'une part à la mise en œuvre des matériaux et d'autres part à la reprise et aux tris des matériaux par la mer pour atteindre le profil d'équilibre.

La prise en compte de la granulométrie et de la pente des matériaux d'apport sont les paramètres clés pour assurer la stabilité de la plage vis-à-vis de l'érosion. Les matériaux d'apport devront avoir une granulométrie compatible avec ceux en place et être mis en œuvre selon une pente adaptée pour garantir un équilibre à moyen terme.

La figure en page suivante présente les résultats des analyses granulométriques. Il ressort de celle-ci que seul le site de prélèvement PAH4 présente une courbe granulométrique relativement proche du site à recharger PAH 1, bien que le diamètre moyen de grain (D₅₀) soit légèrement inférieur.

Pour calculer le volume de rechargement, il faut tenir compte d'un coefficient (Rs) qui permet de surestimer le volume total afin de tenir compte des pertes liées à la mise en œuvre et aux mouvements de sables liés à la phase de stabilisation de la plage rechargée. Le coefficient Rs, calculé selon la méthode de DEAN et du Shore Protection Manual¹³, est environ égale à 1.2. Cela veut donc dire que le volume à mettre en œuvre devra être majoré de 1.2 fois afin de prendre en compte le tri granulométrique qui s'opérera naturellement sous l'action des houles et du vent, de façon à tendre vers le profil d'équilibre.

A cela s'ajoute le compactage et les pertes liés à la mise en œuvre du sable qui peuvent être estimé à 1.25 fois le volume en place.

Ainsi, on peut donc estimer en première approximation que le volume linéique de sable à mettre en œuvre est de :

$$V = 4 * 1.2 * 1.25 = 4 * 1.5 = 6\text{m}^3/\text{ml}$$

¹³ Techniques in Evaluating Suitability of Borrow Material for Beach Nourishment, US Army, Corps of engineers, 1975

Figure 20 : Résultats et interprétation des analyses granulométriques



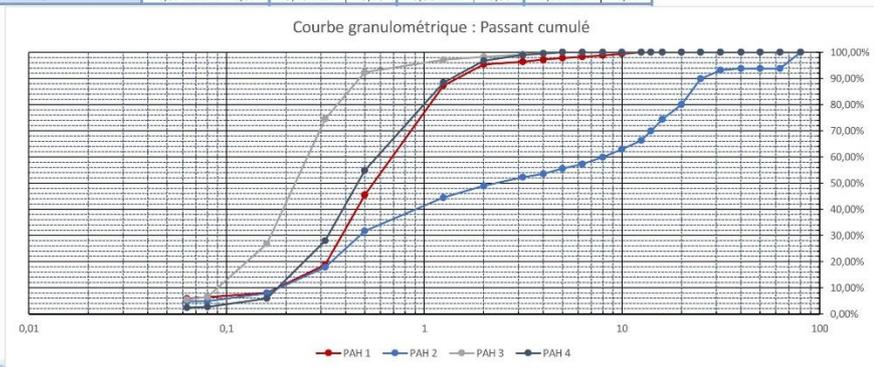
Analyses granulométriques dans le cadre d'un rechargement de plage

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Client : | Commune de Moorea-Maiao |
| Dossier : | 150712 |
| Date : | PAHANI |
| Description : | 23/01/2018 |

1 Analyses granulométriques

METHODES UTILISEES
NF P 18-560

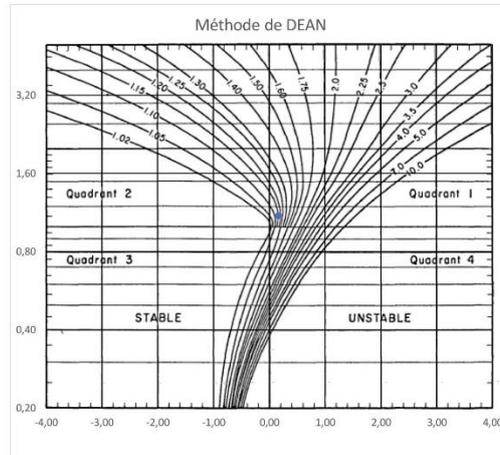
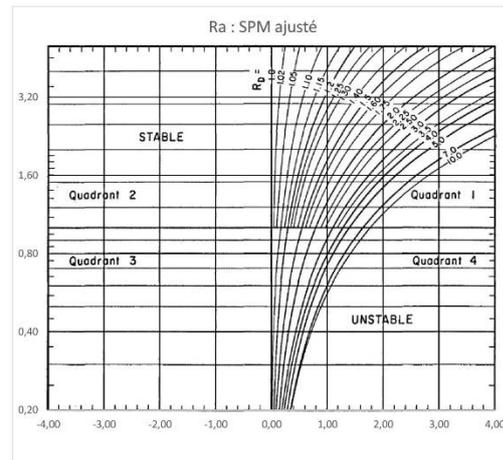
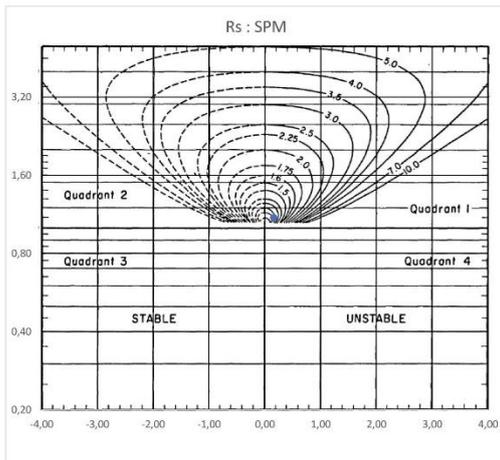
| Modules | Dmm | Dφ | PAH 1 | | PAH 2 | | PAH 3 | | PAH 4 | |
|---------|-------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|-------|
| | | | % Passant Cumulé | | |
| 50 | 80 | -6,32 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 49 | 63 | -5,98 | 100,0% | 93,8% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 48 | 50 | -5,64 | 100,0% | 93,8% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 47 | 40 | -5,32 | 100,0% | 93,8% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 46 | 31,5 | -4,98 | 100,0% | 93,2% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 45 | 25 | -4,64 | 100,0% | 89,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 44 | 20 | -4,32 | 100,0% | 80,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 43 | 16 | -4,00 | 100,0% | 74,4% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| - | 14 | -3,81 | 100,0% | 69,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 42 | 12,5 | -3,64 | 100,0% | 66,3% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 41 | 10 | -3,32 | 99,4% | 62,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 40 | 8 | -3,00 | 98,8% | 59,9% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 39 | 6,3 | -2,66 | 98,3% | 57,3% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 38 | 5 | -2,32 | 97,8% | 55,6% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| 37 | 4 | -2,00 | 97,2% | 53,5% | 99,7% | 99,7% | 99,5% | 99,5% | 99,5% | |
| 36 | 3,15 | -1,66 | 96,4% | 52,3% | 99,2% | 99,2% | 99,0% | 99,0% | 99,0% | |
| 34 | 2 | -1,00 | 95,4% | 49,0% | 98,3% | 98,3% | 96,8% | 96,8% | 96,8% | |
| 32 | 1,25 | -0,32 | 87,3% | 44,5% | 97,1% | 97,1% | 88,4% | 88,4% | 88,4% | |
| 28 | 0,5 | 1,00 | 45,5% | 31,7% | 92,4% | 92,4% | 54,9% | 54,9% | 54,9% | |
| 26 | 0,315 | 1,67 | 18,8% | 17,9% | 74,5% | 74,5% | 28,0% | 28,0% | 28,0% | |
| 23 | 0,16 | 2,64 | 8,0% | 7,9% | 26,9% | 26,9% | 5,9% | 5,9% | 5,9% | |
| 20 | 0,08 | 3,64 | 6,4% | 4,9% | 6,5% | 6,5% | 2,7% | 2,7% | 2,7% | |
| 19 | 0,063 | 3,99 | 5,9% | 4,8% | 5,5% | 5,5% | 2,5% | 2,5% | 2,5% | |
| D50 | | | 0,55 mm | 0,86 | 2,30 mm | -1,20 | 0,22 mm | 2,17 | 0,46 mm | 1,12 |
| D5 | | | #NOMBRE! ##### | 0,08 mm | 3,61 | #NOMBRE! ##### | | 0,13 mm | 2,93 | |
| D16 | | | 0,26 mm | 1,92 | 0,28 mm | 1,85 | 0,11 mm | 3,18 | 0,22 mm | 2,20 |
| D84 | | | 1,16 mm | -0,22 | 21,88 mm | -4,45 | 0,40 mm | 1,31 | 1,11 mm | -0,15 |
| D95 | | | 1,96 mm | -0,97 | 65,99 mm | -6,04 | 0,83 mm | 0,26 | 1,81 mm | -0,85 |
| Mφ | | | 0,85 mm | 0,85 | -1,30 mm | -1,30 | 2,24 mm | 2,24 | 1,02 mm | 1,02 |
| σφ | | | 1,07 mm | 1,07 | 3,15 mm | 3,15 | 0,93 mm | 0,93 | 1,17 mm | 1,17 |



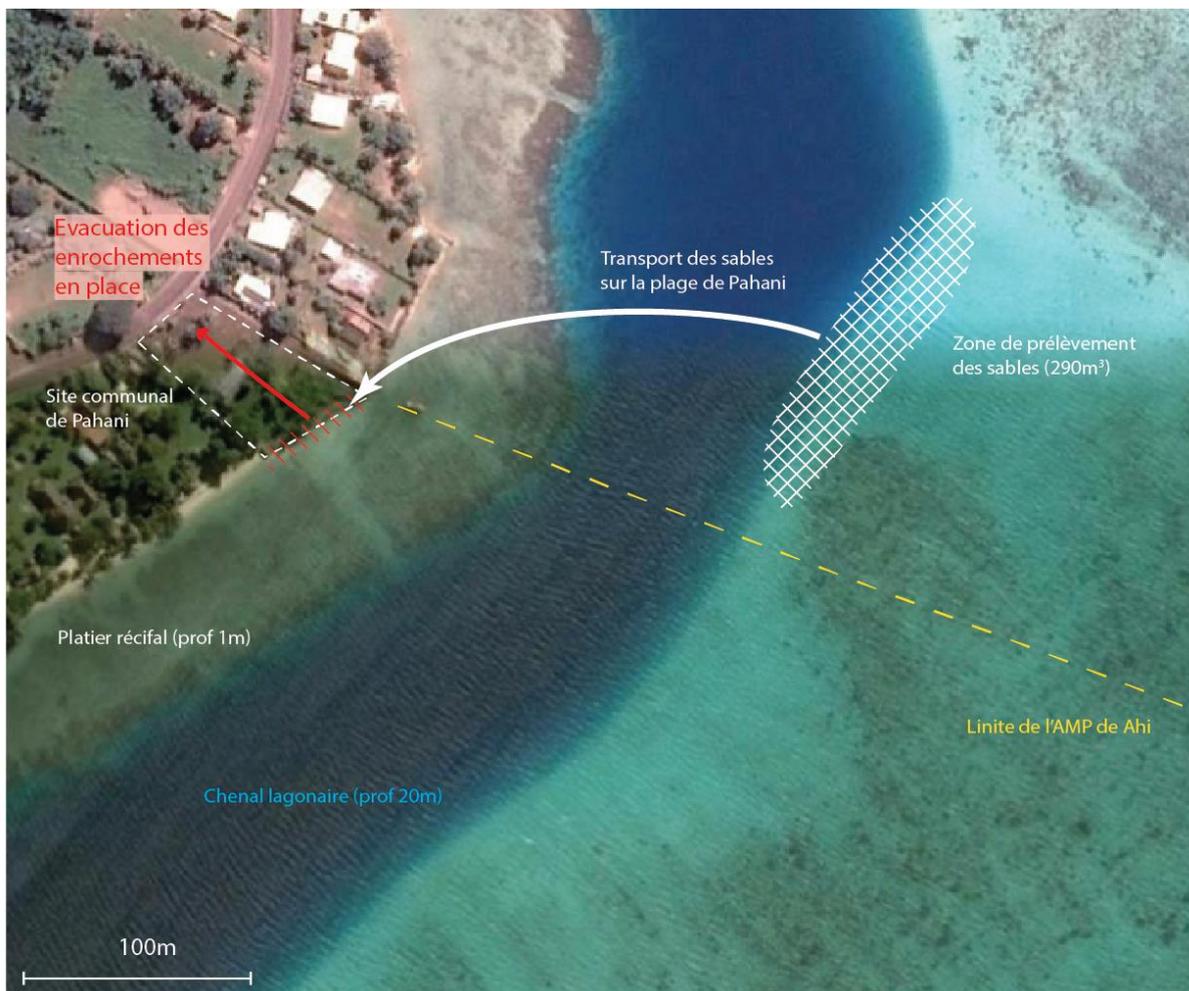
CREOCEAN Pacifique
Punaauia pk10,8 cr montagne
BP1433 / 98703 Punaauia
Polynésie Française
Tel : +689 481 394
Fax : +689 427 186
e-mail : pacifique@creocean.fr
web : www.creocean.fr

| | |
|---------------|-------------------------|
| Client : | Commune de Moorea-Maiao |
| Dossier : | 150712 |
| | PAHANI |
| Date : | 23/01/2018 |
| Description : | |

2 Abaques



7.2.4 FAISABILITE DES OPERATIONS



Localisation des opérations

7.2.5 ANALYSE MULTICRITERE

| Critères | | Scénario 1 | Scénario 2 |
|------------|-----------------------|---|--|
| Paysager | Intégration paysagère |  |  |
| Impacts | Environnement |  |  |
| | Sédimentaire |  |  |
| Techniques | Efficacité (érosion) |  |  |
| | Mise en œuvre |  |  |
| | Entretien |  |  |
| Financier | Coûts |  |  |

Bon



Médiocre



Convenable



Mauvais



Neutre



Comparaison des deux solutions proposées et aide à la décision

| | Solution 1 | Solution 2 |
|---------------|--|---|
| Avantages | Plage naturelle Aucun aménagement en dur Intégration paysagère Coût | Plage naturelle avec gradins servant de fusible en cas d'érosion massive de la plage |
| Inconvénients | Risque non quantifiable d'érosion en cas d'évènements météo exceptionnel | Aménagement en dur Intégration paysagère Effet potentiellement défavorable des gradins lors de forte houle (accélération érosion) Coût |

➔ **La comparaison des deux solutions amène à préconiser de retenir la Solution 1, notamment au regard de l'utilisation du terrain, orienté vers un usage récréatif, sans nécessité de protection absolue de ses aménagements terrestres.**

7.2.6 ASPECT REGLEMENTAIRE

Les extractions de sable dans les lagons sont soumises à autorisation préalable au titre de la Délibération n°68-136 du 12/12/1968 modifiée portant réglementation de l'extraction de sable, des roches et des cailloux dans les rivières, cours d'eau et sur les bords de mer. Le dossier de demande d'autorisation d'extraction sera à déposer auprès du GEGDP (Groupement d'Étude et de Gestion du Domaine Public, service du Ministère de l'Équipement).

Compte-tenu des faibles volumes en jeu, l'opération est exempte de notice ou d'étude d'impact.

D'autre part, l'Arrêté 410CM du 21.10.2004 définissant le PGEM de Moorea, indique :

Chapitre 9 : Extractions, Art.27 Réglementation : le prélèvement de matériaux coralliens est interdit dans le lagon. Art.28 Exceptions dérogatoires : dans le cas d'anciens sites d'extraction ou de sites fortement dégradés, des travaux pouvant faire appel à d'éventuelles extractions peuvent être autorisés dans le seul but de réhabiliter le site. Dans le cas de protection d'ouvrage public (...) l'extraction peut être autorisée (...).

Titre III : Aires marines protégées (AMP), Art.49 Protection des habitats : sont interdits dans les aires marines protégées, la destruction, la collecte, le transport des coraux vivants ou morts, y compris pour la transplantation, l'emploi d'outils altérant le récif et la manipulation des coraux ou autres substrats (sortie de l'eau, déplacement, fractionnement)

Les prélèvements de sable nécessaires à la réhabilitation du site devront être prévus en dehors de la limite de l'aire marine protégée.

7.2.7 ASPECT ENVIRONNEMENTAL

La destruction de l'enrochement actuel et le terrassement préliminaire sont des opérations qui seront réalisées par la terre et n'auront donc qu'un faible impact sur le platier récifal jouxtant le site. Cependant, selon la méthodologie mise en place pour le terrassement, il est recommandé l'installation d'un chemin de drague servant de cordon de protection, permettant d'éviter le lessivage de la terre par la mer à marée haute et/ou forte agitation dans le lagon.

Les opérations de réensablement devront être réalisées en utilisant des géotextiles de protection évitant la dissémination des particules les plus fines vers le récif corallien. Cependant, une fois le sable en place, le lessivage par la mer pourra provoquer une augmentation de la turbidité les premiers temps. Mais l'hydrodynamisme de la zone devrait permettre son évacuation rapide.

Remarque : la présence des nombreux plots support de l'ancien ponton présentent un danger pour les baigneurs et les futurs utilisateurs du littoral. Leur enlèvement ou leur déplacement devrait être intégré à la réhabilitation du site. Cela concerne a minima les piliers les plus proches du bord, qui présentent des ferrailles sortant du béton. Ceux se trouvant le plus vers le tombant présentent moins

de risques et sont très colonisés par les coraux, il serait dommage de les déplacer. Une communication pourrait être envisagée sur le site pour expliquer leur présence et introduire des notions telles que l'érosion du littoral due aux grandes houles exceptionnelles qui provoquent des dégâts importants.