
Rapport de stage

5^{ème} année

Aménagement et valorisation des ressources de Bora Bora

IA VAI MA NOA
BORA BORA

CRIOBE

Tuteur entreprise :
Tehani Maueau
David Lecchini

Tuteur académique :
Vincent Rotge

Sophie Cao
Étudiante
IMA
2024-2025

Table des matières

Table des figures	3
Table des tableaux	3
1. Présentation des structures d'accueil	4
1.1 Présentation de l'association IA VAI MA NOA BORA BORA	4
1.2 Présentation du Criobe	5
2. IA VAI MA NOA BORA BORA et le CRIOBE, des instances précurseurs d'un développement durable à Bora Bora	6
2.1 Proposition d'aménagement de mesures préventives contre les travaux de terrassement et de traitements anti-termites liés à la construction d'une chapelle mormone	6
2.2 L'aménagement du Motu de Tevairoa	6
2.3 Missions et actions parallèles	7
2.3.1 Le Rāhui, une gestion des ressources traditionnelles	7
2.3.2 Sensibilisation aux enjeux locaux	8
2.3.3 Valorisation des débris de corails d'un Hoa	8
3. Présentation du déroulé des différentes missions	9
3.1 Conception des aménagements et mise en place de mesures préventives face aux travaux de terrassement et aux traitements anti-termites dans le cadre du projet de construction de la chapelle mormone	9
3.1.1 Localisation du site d'étude	9
3.1.2 Identification des risques et impacts écologiques des travaux de construction de l'église	10
3.1.3 Conception de réponses adaptées	10
3.1.4 Proposition d'aménagement	11
3.2 Conception de l'aménagement et du suivi écologique de Tevairoa	13
3.2.1 Présentation des caractéristiques du Motu Tevairoa	13
3.2.1.1 Localisation du site d'étude	13
3.2.1.2 La géomorphologie de Bora Bora et de son îlot corallien	13
3.2.1.3 Le Motu Tevairoa et son hydrologie	15
3.2.1.3.1 Réseau hydrographique	15
3.2.1.3.2 Hydrodynamisme et pluviométrie	15
3.2.1.3.3 Hydrogéologie et exploitation de la lentille d'eau	16
3.2.1.4 Ecologie et biodiversité du Motu de Tevairoa	18
3.2.1.5 Occupation du sol de Tevairoa	18
3.2.1.6 Acteurs et conflits d'usage du Motu de Tevairoa	19
3.2.2 Conception de l'infrastructure routière	20
3.2.2.1 Identification des enjeux	20
3.2.2.2 Propositions d'itinéraire routier	22
3.2.2.2.1 Conception des routes de Tevairoa selon les lignes piézométriques	

et cadastrales	22
3.2.2.2 Conception des routes de Tevairoa selon les routes préexistantes	24
3.2.2.2.3 Conception stratégique des routes de Tevairoa	24
3.2.2.3 Approche écoresponsable de la conception de la route	25
3.2.2.4 Elaboration de préconisations et mesures compensatoires	26
3.2.3 Etude d'impact et suivi biologique du Motu Tevairoa	26
3.2.3.1 Objectif et mission	26
3.2.3.2 Localisation des sites d'étude	27
3.2.3.3 Diagnostic environnemental de la faune et de la flore : réalisation des inventaires	28
3.2.3.3.1 Matériels et méthodes des transects	28
3.2.3.3.2 Matériels et méthodes de l'observation directe	29
3.2.3.4 Traitement de données et résultats	29
4. Présentation des livrables des missions	30
4.1 Réalisation d'enquêtes et d'inventaires	30
4.1.1 Livrable des enquêtes sur la mise en place du Rahui	30
4.1.2 Livrable des inventaires du Motu Tevairoa	31
4.2 Réalisation de cartes et appuis visuels	31
4.4 Proposition d'aménagement et rapports	32
5. Retour réflexif sur l'expérience	33
6. Conclusion	34
Bibliographie	35
Annexes	37
Résumé	96
Abstract	97

Table des figures

- Figure 1 : Localisation de la zone de construction de l'église et du lycée polyvalent de Bora Bora
- Figure 2 : Schéma d'aménagement non à l'échelle des mesures préventives contre les travaux de terrassement et le traitement anti-termites
- Figure 3 : Représentation des aménagements de mesures préventives contre les travaux de terrassement et le traitement anti-termites
- Figure 4 : Cartographie du Motu Tevairoa
- Figure 5 : Schéma de fonctionnement du modèle d'un point chaud
- Figure 6 : Graphique des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de Vaitape à Bora Bora sur 32 ans
- Figure 7 : Schéma d'une lentille d'eau et de son fonctionnement
- Figure 8 : Distribution des 10 occupations paysagères et des usages du sol du Motu de Tevairoa
- Figure 9 : Carte de l'occupation des sols du Motu Tevairoa
- Figure 10 : Carte des routes, de l'occupations paysagères et des usages du sol du Motu Tevairoa
- Figure 11 : Tracé de la route selon les lignes piézométriques et cadastrales
- Figure 12 : Conception d'un itinéraire routier conforme aux contraintes foncières et piézométriques du Motu Tevairoa
- Figure 13 : Conception d'un itinéraire routier sur le Motu Tevairoa visant à minimiser les impacts environnementaux et les coûts
- Figure 14 : Conception d'un itinéraire routier stratégique conforme aux contraintes piézométriques et naturelles du Motu Tevairoa
- Figure 15 : Carte des points de relevé du diagnostic environnemental du Motu Tevairoa
- Figure 16 : Exemple d'une carte réalisée à l'aide de Qgis

Table des tableaux

- Tableau 1 : Localisations des points de relevés
- Tableau 2 : Tableau de l'enquête de pertes représentées par la mise en place du rāhui de Matira datant du 11/03/2024

1. Présentation des structures d'accueil

1.1 Présentation de l'association IA VAI MA NOA BORA BORA

IA VAI MA NOA BORA BORA est une association environnementale à but non lucratif, créée en 1994 à l'initiative du maire de Bora Bora, Gaston Tong Sang, afin de lutter contre la consommation de drogue et l'oisiveté.

Aujourd'hui, cet organisme joue un rôle majeur sur l'île de Bora Bora, œuvrant pour l'amélioration de la qualité de vie de ses habitant·e·s à travers diverses initiatives sociales, culturelles et sanitaires, tout en s'engageant dans une démarche durable afin de promouvoir un développement économique, social et culturel de l'île, respectueux de l'environnement.

Par le biais de ses différents projets d'ordre social, sanitaire et environnemental, IA VAI MA NOA BORA BORA est un médiateur du développement à Bora Bora, en partenariat avec d'autres instances comme notamment la commune, le Criobe, la Polynésienne des eaux ou encore le lycée polyvalent de Bora Bora.

L'association mène divers projets environnementaux et sociaux, comme la réhabilitation des jardins coralliens du lagon avec le lycée polyvalent de Bora Bora, et apporte son soutien dans la gestion de l'Aire Marine Éducative. De plus, l'association organise des actions de collecte, de transfert et de réparation des Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE) via la ressourcerie, qui promeut également l'emploi chez les jeunes et les personnes en situation de handicap.

Cette association, ouverte à tou·te·s, regroupe des personnes de diverses professions et horizons. En effet, on retrouve à la tête de l'association Tehani Maueau, qui est en parallèle professeure de SVT au lycée polyvalent de Bora Bora.

1.2 Présentation du Criobe

Le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) est un centre de recherche français spécialisé dans l'étude des récifs coralliens. Fondé en 1971, il est affilié à l'École Pratique des Hautes Études (EPHE), à l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) et au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Le CRIOBE a pour objectif de renforcer les connaissances sur les récifs coralliens, notamment dans leurs dimensions écologiques, biologiques, chimiques, physiologiques, génétiques, socio-écologiques et culturelles.

Le CRIOBE est implanté en France métropolitaine, notamment avec un bureau de représentation à Paris et un laboratoire situé à l'Université de Perpignan. Il est aussi implanté en Polynésie française via une station de recherche sur l'île de Moorea, qui représente une base de recherches de terrain sur les écosystèmes coralliens du Pacifique Sud.

Néanmoins, la couverture d'étude du CRIOBE ne s'arrête pas à Moorea. En effet, divers projets et initiatives ont été menés sur les îles Sous-le-Vent, comme notamment à Bora Bora. En 2023, le CRIOBE et la mairie de Bora Bora ont lancé le projet BoraBiodiv afin d'approfondir les connaissances et les recherches scientifiques sur les lagons de l'île ainsi que sur l'impact de la pêche lagunaire sur les communautés de poissons. De surcroît, le CRIOBE réalise également des surveillances acoustiques dans le lagon afin de déterminer l'impact des pollutions sonores sur les peuplements marins.

Le CRIOBE est en étroite collaboration avec l'association locale IA VAI MA NOA BORA BORA, afin de renforcer les efforts de collaboration et de sensibilisation à la protection de l'environnement sur l'île.

2. IA VAI MA NOA BORA BORA et le CRIOBE, des instances précurseurs d'un développement durable à Bora Bora

Lors du stage réalisé chez IA VAI MA NOA BORA BORA et le CRIOBE, j'ai eu l'opportunité de travailler sur divers projets en étroite collaboration avec la mairie de Bora Bora mais aussi avec la Polynésienne des eaux. Bora Bora développant son économie selon les principes de l'économie circulaire, c'est-à-dire des pratiques visant à préserver les ressources naturelles telles que l'air, l'eau, le sol et les matières premières, le fil conducteur de mes missions de stage a été d'apporter mon aide sur la conception de projets d'aménagement en veillant à minimiser leur impact environnemental en intégrant des pratiques durables et soucieuses de l'environnement dès la phase de conception. Par ailleurs, j'ai également contribué à la recherche et à l'élaboration de méthodes permettant de suivre et d'évaluer, dans le temps, l'impact écologique de ces aménagements sur les milieux naturels. De plus, IA VAI MA NOA BORA BORA et le CRIOBE étant des acteurs de la sensibilisation des locaux-ales aux divers enjeux environnementaux, j'ai eu l'occasion de m'impliquer dans ces démarches à travers la participation à divers événements sociaux.

2.1 Proposition d'aménagement de mesures préventives contre les travaux de terrassement et de traitements anti-termite liés à la construction d'une chapelle mormone

En 2025 est prévu le début des travaux de construction d'une chapelle mormone à Bora Bora.

L'objectif de ma mission est de proposer un aménagement afin de réduire l'impact des désagréments liés aux travaux de construction de l'église mormone sur le lycée de Bora Bora ainsi que sur l'Aire Marine Éducative du lycée (AME). En effet, la construction de l'église induirait de fortes nuisances sonores, une production de poussière importante, des vibrations et des pollutions de l'eau, et notamment des eaux de ruissellement. Il subsiste un chenal entre le terrain prévu pour la construction de l'église et l'AME. Il est donc impératif de réduire les pollutions terrigènes, soit les pollutions terrestres menées par les boues, qui affectent les milieux aquatiques, afin de préserver le lagon, l'AME ainsi que ses cultures de coraux.

L'objectif est donc de limiter l'impact des travaux, et notamment des eaux de ruissellement lors des saisons de pluie, sur l'Aire Marine Éducative et la baie de Povai, ainsi que de rendre la période de travaux plus agréable pour les élèves de l'école.

2.2 L'aménagement du Motu de Tevairoa

Bora Bora étant en plein rayonnement touristique, l'île ne peut échapper à la tendance dominante de l'urbanisation (Ichimura, 2003).

Afin de répondre aux besoins croissants de la population de Bora Bora, divers projets se développent, comme notamment le traitement d'une lentille d'eau issue du motu Tevairoa. Ce projet innovant permettra de fournir une nouvelle ressource durable en eau potable. Il permettra aussi, dans le futur, l'accès à l'eau potable, à l'électricité et à l'assainissement aux habitant·es de l'île, ainsi que le développement du tourisme sur Tevairoa.

Ce projet d'envergure prévoit donc l'aménagement du motu Tevairoa, avec notamment des systèmes de pompage de l'eau ou encore une amélioration de l'accès via la mise en place d'infrastructures de transport (routes, zones d'embarcation et de stationnement). Ces différents changements impliquent une présence d'activités anthropiques chroniques sur l'île de Tevairoa, qui sera ensuite suivie d'une urbanisation graduelle, qui ne peut être négligée.

Suite à la volonté de Bora Bora de baser son développement sur une économie circulaire, mon objectif est de concevoir les aménagements en intégrant, dès la conception, la limitation des impacts écologiques des infrastructures afin de préserver les écosystèmes du motu ainsi que sa ressource en eau.

De plus, il est essentiel d'étudier et de surveiller l'impact des nouvelles pressions exercées sur les écosystèmes de l'île, car celles-ci peuvent profondément perturber la dynamique naturelle et compromettre la résilience du milieu (Duvat et al., 2020). La présence et la répartition de certaines espèces, notamment d'oiseaux ou de poissons, sont étroitement liées à l'intensité des pressions anthropiques et à la tranquillité de leurs habitats.

Dans ce contexte, j'ai participé à l'étude de l'état initial de l'écosystème du motu de Tevairoa en réalisant des inventaires faunistiques et floristiques. J'ai également contribué à la mise en place de dispositifs de suivi écologiques ainsi qu'à une étude d'impact, afin de mieux comprendre l'évolution des milieux et des peuplements suite à l'aménagement du motu, afin d'œuvrer à leur préservation.

2.3 Missions et actions parallèles

Lors de mon stage, j'ai aussi eu l'opportunité de travailler sur des projets en étroite collaboration avec le CRIOBE, la DIREN, la Commune de Bora Bora, la Vai Ma Noa Bora Bora (IVMNBB), ou encore le lycée polyvalent de Bora Bora.

En effet, j'ai participé à l'évaluation des pertes et des inconvénients engendrés par la mise en place d'un rāhui à Bora Bora, à la sensibilisation des citoyens ainsi que des étudiants de Bora Bora aux divers enjeux environnementaux liés à la ressource en eau, et j'ai apporté mon conseil sur le devenir des coraux retirés dans le cadre d'un projet d'ouverture d'un *Hoa*.

2.3.1 Le Rāhui, une gestion des ressources traditionnelles

Le Rāhui est un terme d'origine tahitien désignant un espace marin ou terrestre, sur lequel règne une interdiction temporaire ou permanente d'accès et de prélèvement de ressources (Cunéo, 2021). Cette pratique traditionnelle permet la régulation des pressions anthropiques et favorise le développement de la faune et flore locale.

Ma mission était de réaliser une enquête auprès des locaux afin de déterminer la perte représentée par la mise en place d'un rāhui sur la plage de Matira à Bora Bora ainsi que de déterminer l'enthousiasme de la mise en place de demande de dérogation. Cette initiative a pour but d'adapter au mieux les mesures compensatoires possiblement proposées. En effet, l'interdiction d'accès à cet espace peut représenter un inconfort auprès des personnes exerçant des activités professionnelles et de loisirs, qu'elles soient de nature ponctuelle ou quotidienne comme la pêche, la baignade, les tours en bateaux ou encore le kitesurf. Ensuite, la réalisation de demandes de dérogation peut être limitée par la difficulté administrative que le document représente. D'où lors des enquêtes, un accompagnement dans la réalisation de demande de dérogation est proposé.

2.3.2 Sensibilisation aux enjeux locaux

Les ressources en eau de Bora Bora étant limitées et fragiles, une sensibilisation dès le plus jeune âge est conduite. Cet éveil des consciences est permis notamment lors d'événements pédagogiques organisés par la Mairie de Bora, comme la Journée mondiale de l'eau, en collaboration avec La Polynésienne des eaux, la Journée polynésienne ou encore des ateliers de découverte de l'Aire marine éducative (AME) du lycée. Lors de ces événements, j'ai servi de support pédagogique en animant des ateliers de présentation sur l'origine et l'utilisation de l'eau potable à Bora, ou encore sur l'importance et les moyens de préservation de la richesse du lagon.

2.3.3 Valorisation des débris de corails d'un Hoa

À Bora Bora est prévu un projet de réouverture d'un Hoa afin de réhabiliter les fonctions écologiques de celui-ci. Un hoa, à la différence d'une passe dans un récif corallien, soit une cassure du récif qui laisse entrer l'eau, est défini comme un chenal entre deux motu. La zone étant morte, le projet prévoit donc d'enlever environ 30 cm de coraux pour rouvrir le chenal et ainsi reconnecter le lagon à l'océan sans faire varier les niveaux d'eau ni le sens de circulation de celui-ci. Cette ouverture permet de redonner vie aux écosystèmes situés à l'arrière du Hoa en le réapprovisionnant en oxygène et, par conséquent, en diminuant l'eutrophisation via la prolifération d'algues et de bactéries.

Au total, le projet prévoit de retirer plus de 1000m³ de coraux. Ma mission est donc de prévoir les éventuels devenir de ces coraux morts. Dans la continuité de la sensibilisation aux enjeux environnementaux et afin de valoriser les ressources locales, mes propositions consistent à réutiliser les débris dans des aménagements durables. En effet, les débris de coraux sont les matériaux principaux de la route aménagée proposée du Motu de Tevairoa. Leur réutilisation permettrait de créer une route perméable, durable et permettant de réduire l'empreinte écologique de l'aménagement. De plus, dans l'optique de valoriser les ressources locales et sensibiliser à l'importance de préserver le récif, les débris de coraux morts peuvent être réutilisés dans les assises prévues dans la rénovation de la place principale de Vaitape. En effet, leur exposition dans les assises de la ville, complétée par des panneaux pédagogiques, est un moyen visuel et ludique de réaliser de la prévention aux divers enjeux environnementaux.

3. Présentation du déroulé des différentes missions

3.1 Conception des aménagements et mise en place de mesures préventives face aux travaux de terrassement et aux traitements anti-termites dans le cadre du projet de construction de la chapelle mormone

3.1.1 Localisation du site d'étude

Le terrain prévu pour la construction de l'église mormone se situe à Amanahune, à Bora Bora et mesure 17 000 m². La parcelle est située à proximité immédiate du lycée polyvalent de Bora Bora, des cuisines, des restaurants d'application (symbolisés par les chiffres 1 et 2 sur la figure 1) et de l'AME. De surcroît, le terrain est bordé par la route principale de Bora, soit la route de ceinture.

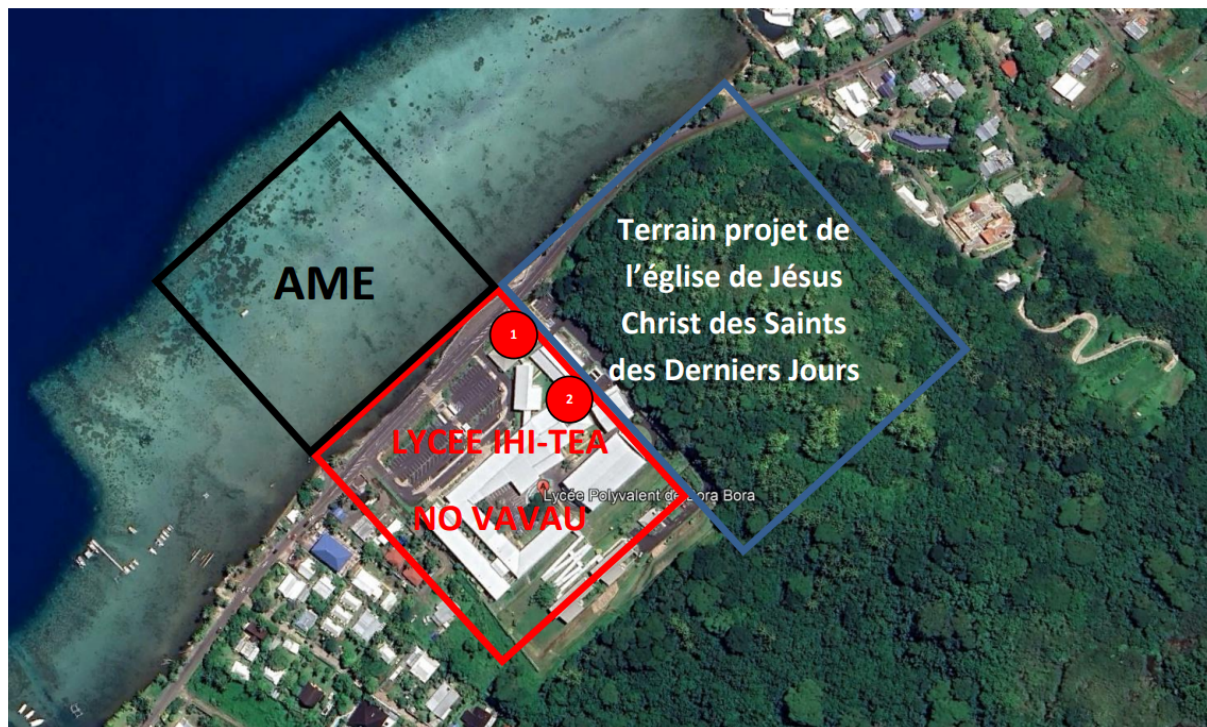


Figure 1 : Localisation de la zone de construction de l'église et du lycée polyvalent de Bora Bora
Source : Lycée polyvalent IHI-TEA NO VAVAU, 2024

3.1.2 Identification des risques et impacts écologiques des travaux de construction de l'église

Dans le but de réduire l'impact des travaux, en particulier les risques de pollution des eaux de ruissellement pendant la saison des pluies, sur l'Aire marine éducative et la baie de Povai, ainsi que d'améliorer les conditions durant la période de chantier pour les élèves de l'école, une lecture approfondie du dossier de demande de permis de construire et de terrassement du bâtiment a été réalisée. Les diverses activités pouvant induire des risques ainsi que des gênes pour l'environnement et pour le lycée ont été relevées.

Les principaux risques identifiés sont les émissions de poussières, les nuisances sonores, la pollution des eaux, les vibrations ainsi que les traitements anti-termite. En effet, les nuisances sonores et les vibrations engendrées par les machines peuvent déranger les occupants du lycée polyvalent et notamment perturber les élèves dans leur apprentissage. De surcroît, lors des travaux, les machines de chantier génèrent des poussières nuisibles qui peuvent poser des risques pour la santé, notamment en induisant des problèmes respiratoires ou encore des pertes auditives. Elles peuvent aussi engendrer un risque sanitaire pour les cuisines et les restaurants d'application limitrophes à la zone de travaux. Ensuite, l'évacuation des hydrocarbures, des sédiments et des produits chimiques peut engendrer une pollution des sols, des eaux de ruissellement et, par conséquent, du lagon.

Le traitement anti-termite prévu dans le dossier de demande de permis de construire et de terrassement du bâtiment implique diverses opérations : traitement des fonds de fouilles, des faces verticales des semelles, des longrines et des bûches, traitement du remblai sous dallage, traitement en périphérie des bâtiments sur une largeur d'un mètre, et enfin mise en place de Termigranul dans les fourreaux techniques. Ces différentes techniques représentent des risques variés pour les sols, les ressources en eau, la biodiversité, mais aussi pour la santé humaine. En effet, l'application directe de produits chimiques, quelle que soit leur forme, sur le sol peut entraîner une infiltration de ces produits et ainsi nuire aux écosystèmes aquatiques, comme l'Aire marine éducative du lagon, en cas de ruissellement.

3.1.3 Conception de réponses adaptées

Afin de réduire les impacts liés aux nuisances sonores et aux vibrations, une planification des travaux respectant les horaires scolaires et les périodes d'examens peut être mise en place. De plus, l'utilisation de techniques et d'équipements spécifiques peut être mise en œuvre afin d'atténuer les bruits et les vibrations, dans le but de préserver la tranquillité et le bon fonctionnement du lycée. Afin de minimiser l'impact des émissions de poussières et de la pollution du lagon via le ruissellement des pollutions terrigènes, les aménagements suivants sont à envisager :

- La mise en place de bandes enherbées, de haies ou encore de filets anti-poussières afin de filtrer les diverses particules

- L'aménagement d'un système de drainage pour contrôler les ruissellements et la diffusion des polluants
- La création d'un bassin de rétention collectant les eaux de ruissellement et les sédiments issus des travaux
- Une gestion des matériaux issus des déblais et remblais avec un stockage contrôlé pour éviter le lessivage des terres nues avec une éventuellement recouvertes par des bâches

Il est à noter que deux bassins de rétention raccordés au caniveau communal sont initialement prévus dans la construction finale de l'église. Il serait donc judicieux de mettre en place au moins l'un des deux bassins, connecté au système communal dès le commencement de la phase de travaux.

De surcroît, le proviseur du lycée de Bora Bora a réalisé une étude d'impact sur l'importance de la température et du bruit sur la qualité des apprentissages des élèves, et insiste sur la nécessité d'instaurer un mur anti-bruit le long du terrain séparant le chantier de l'établissement afin de réduire les nuisances sonores et de limiter les émissions de poussières.

3.1.4 Proposition d'aménagement

Dans cette partie, seuls les aménagements physiques du territoire seront traités, les mesures organisationnelles ne seront pas détaillées.

Pour répondre aux diverses exigences et enjeux du projet, il était judicieux de proposer un aménagement raisonnable dans le temps imparti, attractif, économique et écologique afin de limiter les nuisances sonores ainsi que les diverses pollutions.

L'aménagement envisagé et proposé est donc la mise en place d'un mur antibruit végétalisé, complété par des végétaux couvre-sol et par un système de drainage relié aux bassins de rétention.

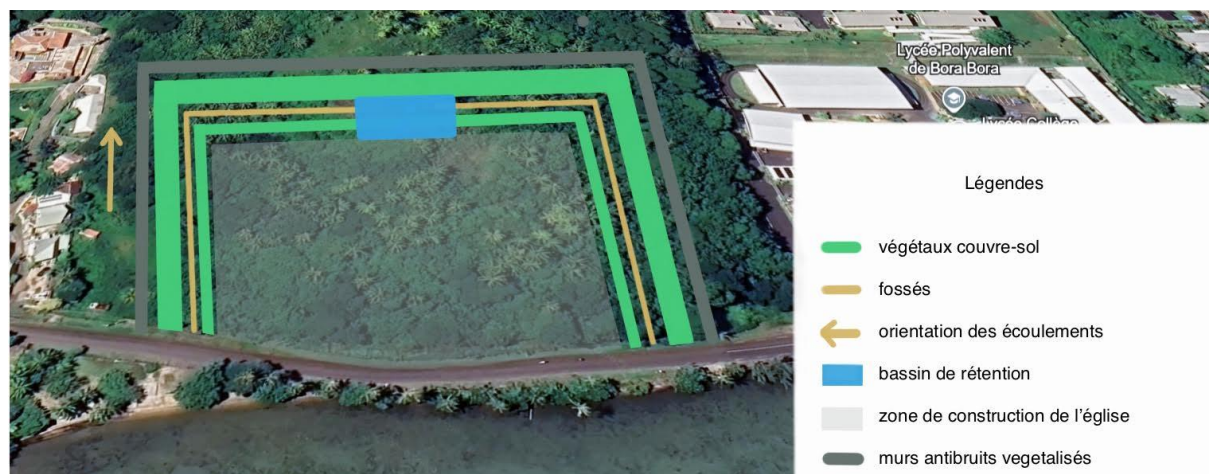


Figure 2 : Schéma d'aménagement non à l'échelle des mesures préventives contre les travaux de terrassement et le traitement anti-termites
(Source : Sophie Cao, Procreate, 2025)

En effet, le mur antibruit permet de réduire physiquement les nuisances sonores. Néanmoins, enrichi d'une couverture végétale, celui-ci constitue un élément tampon intervenant de manière synergique sur quatre axes distincts.

Tout d'abord, la présence des végétaux intensifie la protection sonore du mur antibruit.

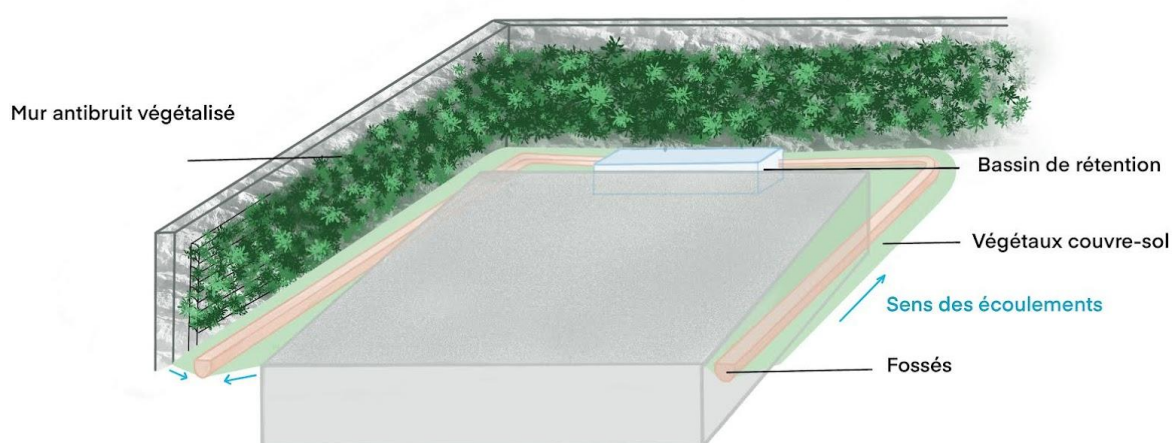
Ensuite, ils agissent comme filtre naturel. Les végétaux permettent de retenir physiquement les particules fines telles que les poussières et diminuent leur dispersion, mais ils contribuent aussi à la dégradation des composés organiques ou des polluants chimiques présents dans l'eau, les poussières et dans l'air.

Le mur végétalisé permet également de lutter contre la pollution des eaux de ruissellement en filtrant les particules solides, les métaux lourds, et les polluants organiques présents dans l'eau et en diminuant les débits de ruissellement via l'absorption d'une partie des eaux pluviales, ce qui diminue le transport des pollutions terrigènes.

Les végétaux présents sur le mur permettent aussi de diminuer les îlots de chaleur, de réguler les températures et donc de limiter l'évaporation excessive et la formation de poussières. Pour finir, la présence des végétaux permettra de réduire la fracture écologique de l'infrastructure en générant des habitats pour certaines espèces.

Cet aménagement, à l'origine temporaire et préventif, est aussi un élément durable car il peut être conservé afin de délimiter l'égise de manière esthétique. Complété par des végétaux couvre-sol et un système de drainage tel que des fosses ou des noues végétalisées, cet aménagement permet de limiter drastiquement le ruissellement, d'améliorer la filtration des eaux pluviales et de diminuer la dispersion des particules polluantes en les orientant vers les bassins de rétention.

Une représentation visuelle des divers aménagements est consultable ci-dessous à la figure 3.



Cao Sophie, 2025

Figure 3 : Représentation des aménagements de mesures préventives contre les travaux de terrassement et le traitement anti-termites
(Source : Sophie Cao, Procreate, 2025)

3.2 Conception de l'aménagement et du suivi écologique de Tevairoa

3.2.1 Présentation des caractéristiques du Motu Tevairoa

3.2.1.1 Localisation du site d'étude

Le motu Tevairoa est un îlot corallien, situé au nord-ouest de Bora Bora. Il fait partie d'une série de motu qui bordent le lagon de l'île principale et est séparé de celle-ci par un bras de mer. Bora Bora, et par conséquent le motu Tevairoa, se trouve dans l'archipel de la Société, dans les Îles Sous-le-Vent en Polynésie française. Cet îlot corallien a une superficie moyenne de 2,36 km². Les coordonnées géographiques du motu Tevairoa sont : -16.4701°, -151.7769°.



Figure 4 : Cartographie du Motu Tevairoa

Source : Marine and terrestrial biodiversity of an anthropized coral reef islet, 2024

A- Localisation de Bora Bora ainsi que du Motu de Tevairoa. B- Représentation satellite du Motu Tevairoa selon les points cardinaux (La flèche indique le nord (symbole 'N'), le sud (symbole 'S'), l'est (symbole 'E') et l'ouest (symbole 'O'))

3.2.1.2 La géomorphologie de Bora Bora et de son îlot corallien

Bora Bora et son îlot corallien, le Motu Tevairoa, font tous deux partie de l'Archipel de la Société. L'émergence des îles volcaniques de cet Archipel découle du concept du Point chaud, développé par Boutault en 1985. Ce modèle repose sur le glissement de la plaque lithosphérique mobile du Pacifique au-dessus d'une zone de point chaud fixe. Ce point chaud fixe est caractérisé par une intense activité volcanique située dans le manteau terrestre, qui se traduit par une fusion partielle des roches du manteau, générant du magma qui perce la croûte terrestre. À mesure que la plaque tectonique du Pacifique glisse au-dessus du point chaud, des volcans se forment.

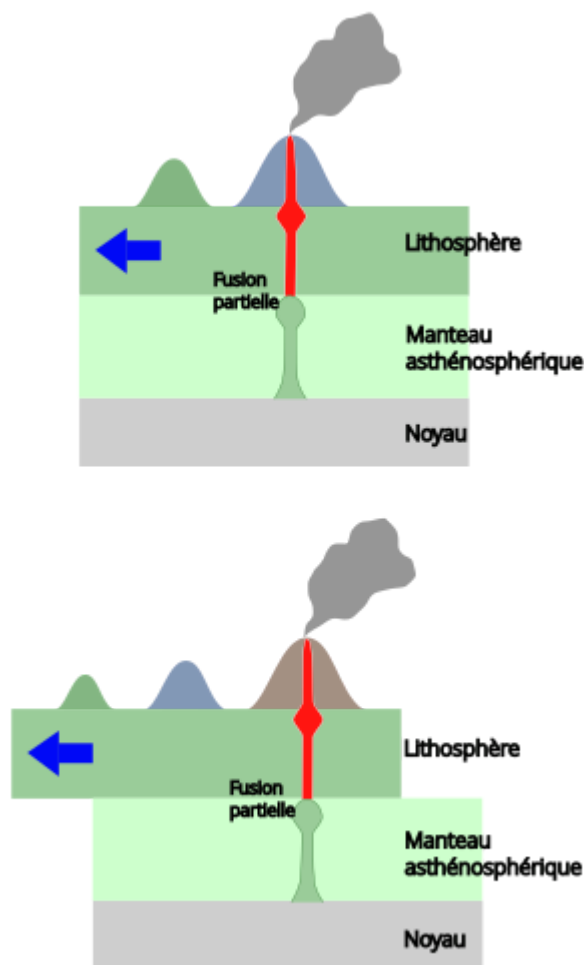


Figure 5 : Schéma de fonctionnement du modèle d'un point chaud

Source : Wikipédia

Suite à leur émergence, les îles, représentant la partie émergée d'un vaste cône volcanique reposant sur le fond océanique, sont modelées par l'érosion et par le phénomène de subsidence. En effet, les îles émergées subissent l'action des pluies, du vent et des vagues ce qui forge leur relief en transportant des matériaux vers l'océan. Sous le poids des volcans, la croûte terrestre s'enfonce par subsidence dans le manteau sous-jacent, ce qui contribue à diminuer l'altitude initiale des îles.

Autour des îles résident alors des eaux peu profondes, propices au développement de récifs coralliens. Ces anneaux coralliens continuent de croître à mesure que l'île volcanique s'affaisse. Des débris coralliens, du sable ou encore d'autres matériaux marins s'accumulent ensuite dans les zones exposées aux vents des récifs coralliens. Les accumulations induisent alors la formation de bancs de sable qui, avec le temps, deviennent stables et se transforment en îlots permanents, tels que le Motu de Tevairoa.

3.2.1.3 Le Motu Tevairoa et son hydrologie

3.2.1.3.1 Réseau hydrographique

En raison de sa géologie corallienne, de ses faibles variations d'altitude et de sa petite taille, le motu Tevairoa ne possède pas de réseau hydrographique développé, avec des rivières ou des ruisseaux permanents et naturels.

La loi du 8 août 2016 (article 118) définit un cours d'eau comme un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année. Or, sur le Motu Tevairoa, les précipitations s'évaporent, sont évacuées par ruissellement rapidement vers la mer ou s'infiltrent dans le sol, alimentant une lentille d'eau. L'écoulement ne peut donc pas être naturellement permanent compte tenu des conditions hydrologiques et géologiques locales.

Pourtant, le Motu possède visuellement des cours d'eau. En effet, ses fosses résultent d'actions anthropiques au cours du temps afin de faciliter la pêche et de réduire les inondations subies lors des fortes pluies par les habitant-es. Le manque d'informations sur le Motu et de connaissances scientifiques en hydrologie, a conduit à la circulation et à la croyance de la présence de cours d'eau sur le Motu. D'où sur les diverses cartes et données retrouvées dans ce rapport, afin de faciliter les échanges et notamment avec les locaux-ales, le terme "cours d'eau" sera conservé afin de désigner les retenues d'eau dans des fosses du Motu. Ils sont donc à considérer avec précaution.

3.2.1.3.2 Hydrodynamisme et pluviométrie

En l'absence d'étude hydrologique sur le motu de Tevairoa, il est judicieux de s'informer sur la pluviométrie de celui-ci. En effet, le régime hydrologique, soit la variation des débits est modulé par la distribution et l'intensité des précipitations.

La pluviométrie du Motu de Tevairoa est déterminée par extrapolation des données de la station pluviométrique active la plus proche, soit celle de Vaitape à Bora Bora, afin d'avoir une idée de la dynamique des précipitations, des écoulements et donc des recharges en eau de la lentille.

Le Motu de Tevairoa ainsi que l'île de Bora Bora bénéficient d'un climat de type tropical océanique, humide et chaud, avec deux saisons bien distinctes (*Ministère de l'Environnement*, 2004). Comme le démontre la figure 6, la saison chaude est caractérisée par de fortes pluies généralement de novembre à avril, avec un pic de précipitations en décembre et en janvier. Quant à la saison sèche, elle a lieu de mai à octobre et correspond aux mois les plus frais, où le vent domine.

L'analyse des données pluviométriques révèle une moyenne annuelle de précipitations de 2002,1 mm. Les précipitations sont les plus abondantes en début et fin d'année (saison chaude), et plus faibles en milieu d'année (saison sèche).

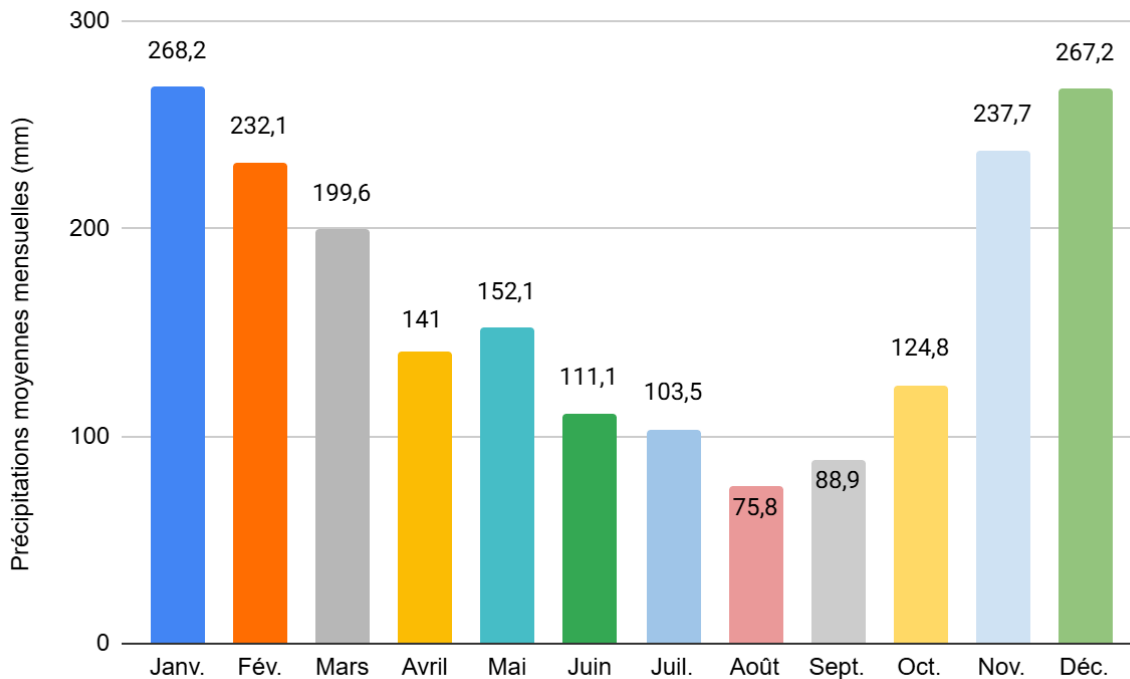


Figure 6 : Graphique des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de Vaitape à Bora Bora sur 32 ans

Source : Jamet, 2000

3.2.1.3.3 Hydrogéologie et exploitation de la lentille d'eau

Une lentille d'eau douce désigne une nappe phréatique qui se forme sur un îlot corallien, aussi appelé motu. Elle résulte de l'accumulation d'eau douce issue des précipitations, qui reste en suspension au-dessus de l'eau salée. En effet, l'eau douce étant plus légère, elle repose donc sur l'eau salée plus dense, due à une salinité supérieure. On appelle ce concept le phénomène de Ghyben-Herzberg.

L'impact et l'importance de la lentille d'eau dépendent de divers paramètres comme la taille, la forme de l'îlot, des conditions météorologiques ainsi que la perméabilité du sol corallien.

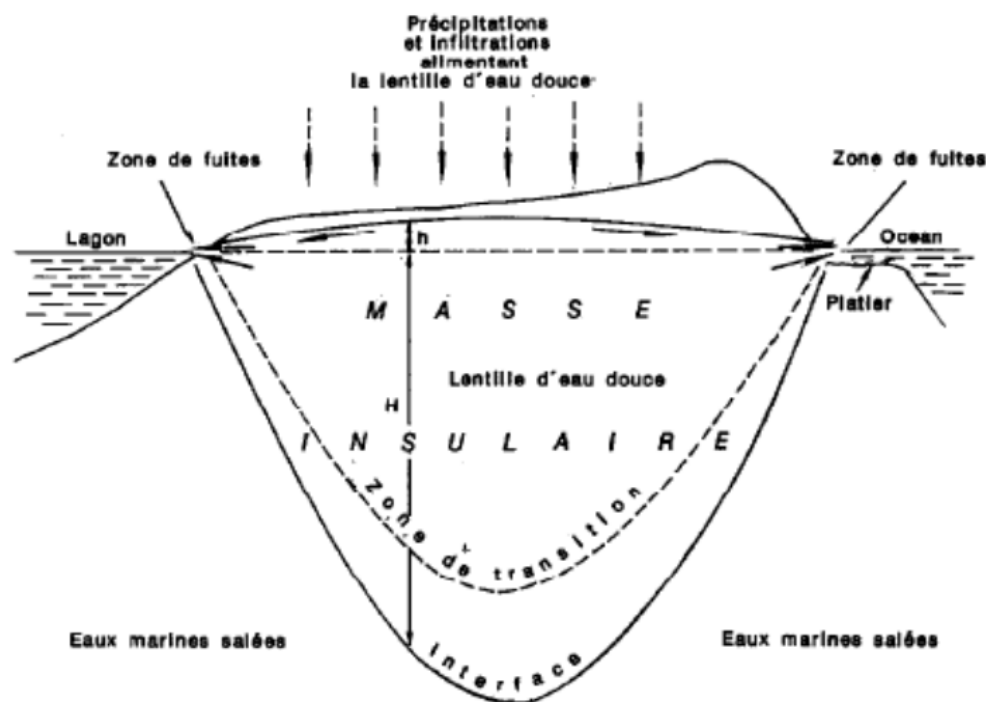


Figure 7 : Schéma d'une lentille d'eau et de son fonctionnement

Source : Criobe, 2024

Les lentilles d'eau étant alimentées uniquement par les précipitations, la quantité d'eau douce disponible est sensible à deux facteurs d'altération, un facteur naturel et un facteur anthropique. En effet, les sécheresses et les exploitations excessives empêchant une recharge de la lentille, peuvent engendrer une salinisation de celle-ci et donc diminuer la disponibilité de l'eau douce dans la lentille.

L'exploitation de la lentille d'eau dans le cadre du projet de Tevairoa est réalisée par pompage par drains rayonnants. Ceux-ci sont placés à plus de 0,3 mètre du niveau de la mer. Cette technique permet d'éviter les remontées rapides des eaux marines salées lors du pompage comparée au pompage par la technique des puits et des forages.

Le volume d'eau douce exploitée dans le projet Tevairoa représente moins de 10% de la recharge globale de la lentille d'eau. En effet, le suivi des événements pluvieux, des vidanges et les différentes modélisations de la lentille d'eau, réalisé par le bureau d'études de la SPEED en 2017, ont démontré la possibilité de prélever 365 000 m³/an d'eau soit une moyenne journalière 1 000 m³/j d'eau douce dans la lentille, tout en garantissant la durabilité de la ressource en eau potable et en minimisant l'impact du pompage sur la biodiversité et les sols.

L'eau douce prélevée dans la lentille sera soumise à un traitement physico-chimique comprenant une double filtration, d'abord sur sable, puis sur charbon actif. Ce traitement garantit la potabilité de l'eau exploitée.

3.2.1.4 Ecologie et biodiversité du Motu de Tevairoa

La biodiversité de Tevairoa peut être répartie selon dix espaces d'usage et d'occupation paysagère du sol distincts. La carte présentée en figure 8 illustre ces dix types d'occupation et d'usage, tels qu'identifiés par le CRIIBE en 2024 (Tevairoa Project Team, 2024). L'inventaire de la biodiversité terrestre, réalisé sur neuf de ces espaces, a permis de recenser 1 895 individus appartenant à diverses familles et espèces animales, incluant des oiseaux, reptiles, poissons, mammifères et crustacés. Par ailleurs, le recensement de la biodiversité marine effectué en 2024 a permis d'identifier 1 628 poissons, représentant 16 familles et 56 espèces différentes, ainsi que 408 macro-invertébrés.

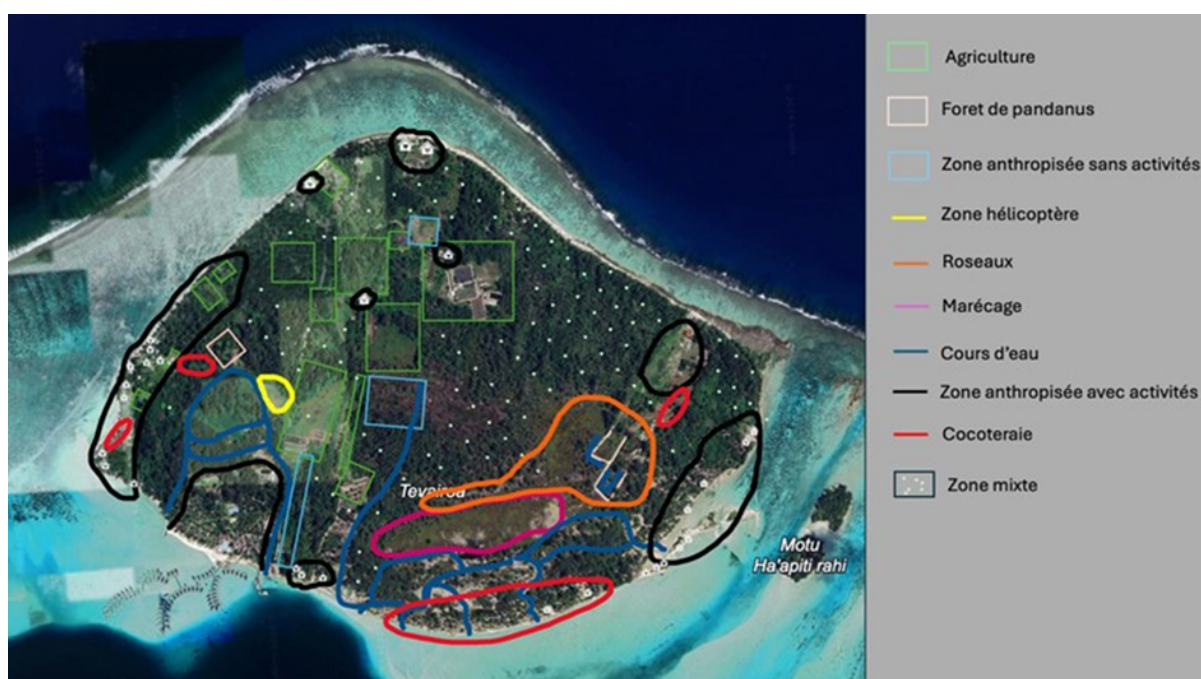


Figure 8 : Distribution des 10 occupations paysagères et des usages du sol du Motu de Tevairoa
Source : Criobe, 2024

3.2.1.5 Occupation du sol de Tevairoa

Le Motu Tevairoa est caractérisé par une occupation du sol unique. Il est majoritairement composé de végétation haute et de zones humides. Ces caractéristiques structurent le paysage et jouent un rôle déterminant dans la richesse et la distribution de la biodiversité locale.



Figure 9 : Carte de l'occupation des sols du Motu Tevairoa

Source : IGN – Polynésie française, *BD TOPO*®

3.2.1.6 Acteurs et conflits d'usage du Motu de Tevairoa

Ce projet d'envergure met en relation divers acteurs. Ces acteurs sont évidemment à prendre en compte dans la conception des aménagements afin de valoriser équitablement leur terrain et leurs activités. Les différents acteurs présents sont :

- les habitant-es
- les agriculteur·rice·s
- l'hôtel du Pearl Beach Resort

Leur activité et leur relation avec la ressource en eau et les sols environnants peuvent avoir des influences sur la quantité et la qualité de l'eau de la lentille. Étudier ces acteurs nous permettra de mieux comprendre les usages et d'optimiser l'utilisation de la ressource en eau.

Les agriculteur·rice·s sont nombreux sur le Motu et constituent des acteurs importants du territoire. La présence d'habitations peut être une contrainte sanitaire à prendre en compte. En effet, la présence des fosses septiques (assainissement non collectif) où sont relarguées dans le sol, les eaux usées des locaux, peut présenter un risque de pollution de la lentille d'eau par les résidus fécaux et l'augmentation des matières organiques. Néanmoins, seule la couronne périphérique est habitée sur le Motu, ce qui limite cette pollution.

Sur le Motu sont présentes des exploitations agricoles. Elles peuvent avoir un impact négatif sur la qualité de la ressource et sur la disponibilité en eau. En effet, l'utilisation d'engrais, de pesticides et même parfois d'hydrocarbures dans les zones agricoles intensives peut polluer la lentille. De plus, certains exploitants ont creusé des fosses à proximité de leur culture afin d'avoir un accès simplifié à l'eau. Cette utilisation non contrôlée de la ressource en eau peut avoir des impacts notables sur la disponibilité et la qualité de celle-ci. De surcroît, les terres de l'île étant des sols calcaires, ils ne sont pas adaptés à l'agriculture de par leur pauvreté en nutriments, leur pH élevé ou encore par leur faible rétention d'eau et leur fort lessivage, ce qui demande davantage de ressources en eau.

Pour garantir le maintien de la sécurité de la ressource en eau et des activités agricoles, ce projet prévoit un accompagnement des agriculteurs (AGRODEV, 2024) vers des pratiques agricoles durables comme la production biologique, hors sol, sous serre, et la mise en place d'un réseau d'eau agricole. Cela permettra un meilleur partage et une optimisation des besoins des agriculteurs et des ressources. En effet, ils bénéficieront d'un accès à l'eau potable, à un système d'assainissement et à un système de gestion des déchets, ce qui leur permettra d'améliorer leurs conditions de travail et valoriser leurs productions agricoles.

L'hôtel présent sur le Motu, soit le Pearl Beach Resort, est un hôtel raccordé au réseau d'assainissement des eaux usées de l'île de Bora, il n'y a donc pas de risque de pollution par déversement des eaux usées. Le risque de la présence de l'hôtel pour la lentille d'eau réside dans une potentielle pollution due aux déchets produits par celui-ci.

Malgré l'absence de contamination de l'eau de la lentille par des pesticides ou autres polluants chimiques, il est impératif de gérer et réguler les différents usages de la ressource en eau et du sol du Motu afin de garantir une bonne qualité de l'eau de la lentille et des sols.

3.2.2 Conception de l'infrastructure routière

3.2.2.1 Identification des enjeux

Ce projet d'envergure visant à exploiter la ressource en eau de la lentille d'eau de Tevairoa implique donc l'aménagement et l'urbanisation de l'îlot corallien. En effet, la mise en place des drains et des systèmes de pompage obligent à réorganiser les occupations paysagères afin d'y intégrer des routes et des bâtiments, garantissant ainsi l'accessibilité, l'extraction et la distribution de l'eau. Un aménagement réfléchi des infrastructures est donc essentiel afin de garantir la sécurité de la ressource en eau, de la faune et de la flore locale et d'améliorer les conditions de travail et de vie sur le Motu afin de valoriser le territoire.

D'où, dans la conception des propositions des itinéraires routiers du motu Tevairoa, divers enjeux ont été relevés.

Tout d'abord, la mise en place de la route circulaire doit garantir le maintien de la sécurité de la lentille d'eau et la préservation des zones humides du Motu.

De plus, afin de faciliter le raccordement des habitations aux services d'assainissement, de distribution de l'eau potable et de l'électricité, l'infrastructure routière doit être située à proximité des habitations.

Pour finir, afin d'impacter au minimum les dynamiques écologiques des milieux, l'évitement de la fragmentation écologique des habitats est pris en compte lors de la conception de l'itinéraire de la route.

Afin de répondre à ces divers enjeux, de multiples sorties de terrain ont été réalisées afin de prendre en compte la subtilité des paysages et des usages des terrains de Tevairoa. Lors des sorties de terrain, les différents changements de paysages et d'usages ont été relevés afin de compléter et actualiser les données issues de l'étude du Criobe en 2024. Les chemins existants et praticables à pied, ont également été identifiés et relevés à l'aide de l'application Strava. Les données suivantes constituent la base de références aux différents aménagements du Motu. En effet, afin de réaliser des aménagements routiers cohérents, il est essentiel de prendre en compte et valoriser l'occupation paysagère et l'usage des sols du site étudié. L'omniprésence de végétation sur le Motu permet l'instauration de zones tampons non négligeables. Elles permettent donc l'interception et la rétention des pollutions avant d'atteindre le lagon ainsi que la lentille d'eau.

La figure ci-dessous intègre donc les routes préexistantes ainsi que l'occupation paysagère et les usages du sol de Tevairoa qui ont été relevées lors des sorties de terrain.

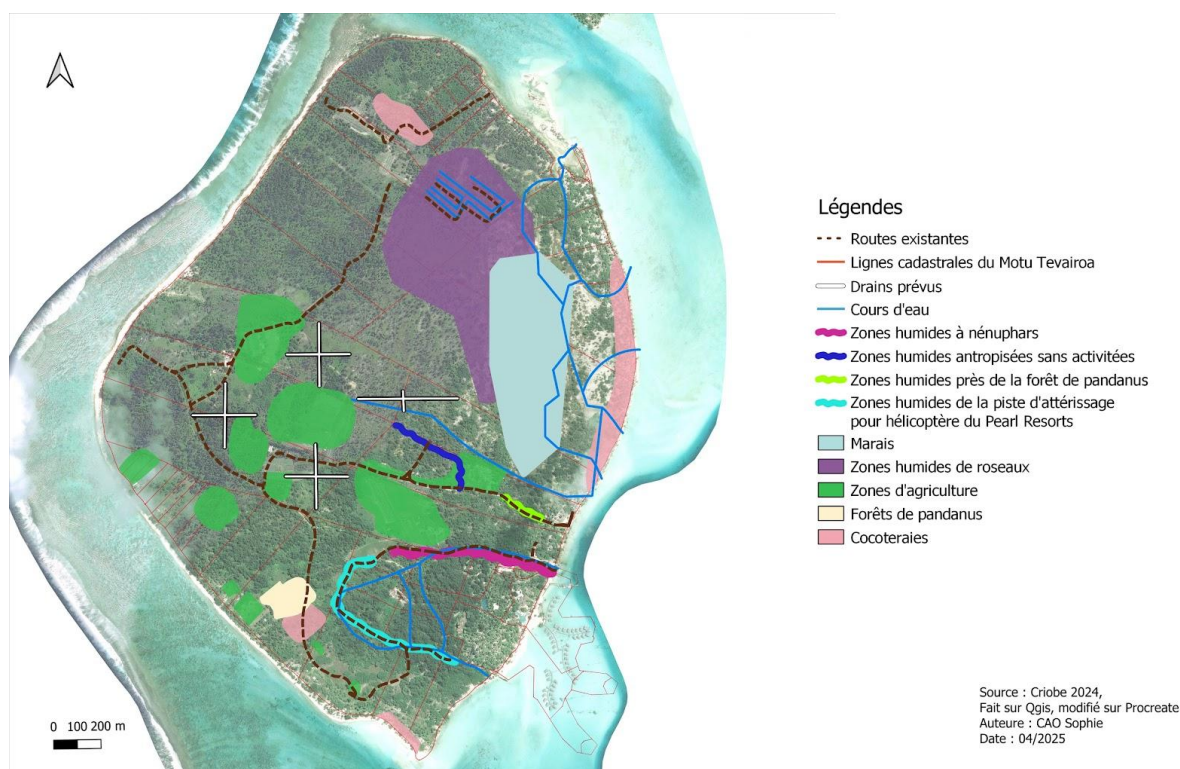


Figure 10 : Carte des routes, de l'occupations paysagères et des usages du sol du Motu Tevairoa
(Source : Sophie Cao, 2025)

Dans la réalisation plus approfondie de cet aménagement, plusieurs tracés alternatifs ont été conçus, chacun répondant à des contraintes spécifiques, à un angle d'approche différent et aux divers enjeux

du projet. L'objectif global de ces différentes propositions est de répondre aux besoins d'accessibilité et de circulation, tout en limitant l'impact environnemental créé par l'infrastructure.

3.2.2.2 Propositions d'itinéraire routier

Suite à l'appréhension des divers enjeux et des particularités écologiques du Motu Tevairoa, trois propositions ont été établies. Chaque proposition met en lumière le respect strict d'au moins un enjeu afin de déceler les compatibilités possibles entre chaque enjeu, tout en répondant aux besoins d'accessibilité, de circulation et au respect de l'environnement.

À l'issue des propositions de conception d'itinéraire routier, des tableaux regroupant les avantages et inconvénients de chaque tracé ont été réalisés afin de guider les décisionnaires dans le choix final du tracé de l'infrastructure routière du Motu de Tevairoa. Les tableaux sont accessibles en annexe 1.

3.2.2.2.1 Conception des routes de Tevairoa selon les lignes piézométriques et cadastrales

Le premier tracé de la route principale, disponible sur les figures 11 et 12, respecte strictement les exigences de la Polynésienne des Eaux ainsi que celles de la commune. Le tracé des infrastructures routières doit se situer entre les niveaux piézométriques 0,30 et 0,35, afin de garantir la sécurité de la lentille d'eau. Il doit également tenir compte des différentes lignes cadastrales, dans le but de minimiser la fragmentation des terrains privés et de faciliter les démarches administratives et foncières.

Le tracé suivant s'appuie sur le répertoire des différentes références cadastrales selon les propriétaires, ainsi que sur le plan parcellaire du motu Tevairoa, afin de privilégier une traversée cohérente et valorisant les parcelles des exploitant-es.

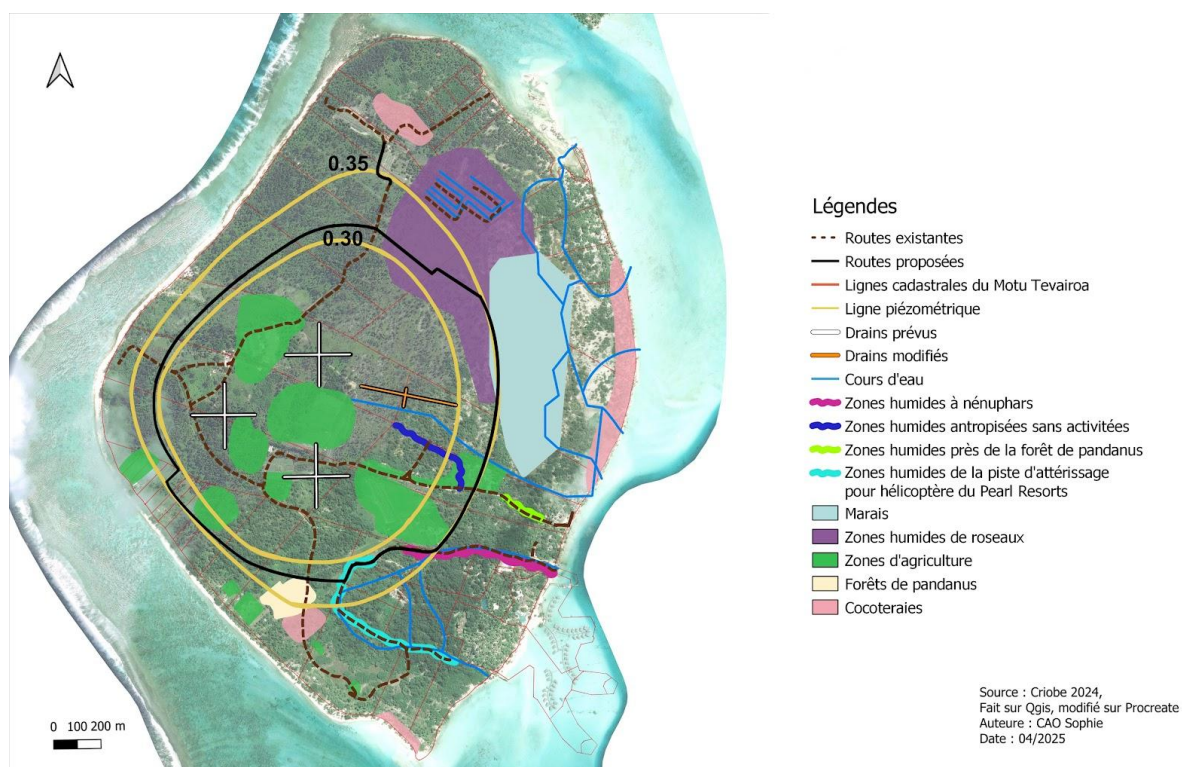


Figure 11 : Tracé de la route selon les lignes piézométriques et cadastrales
(Source : Sophie Cao, 2025)

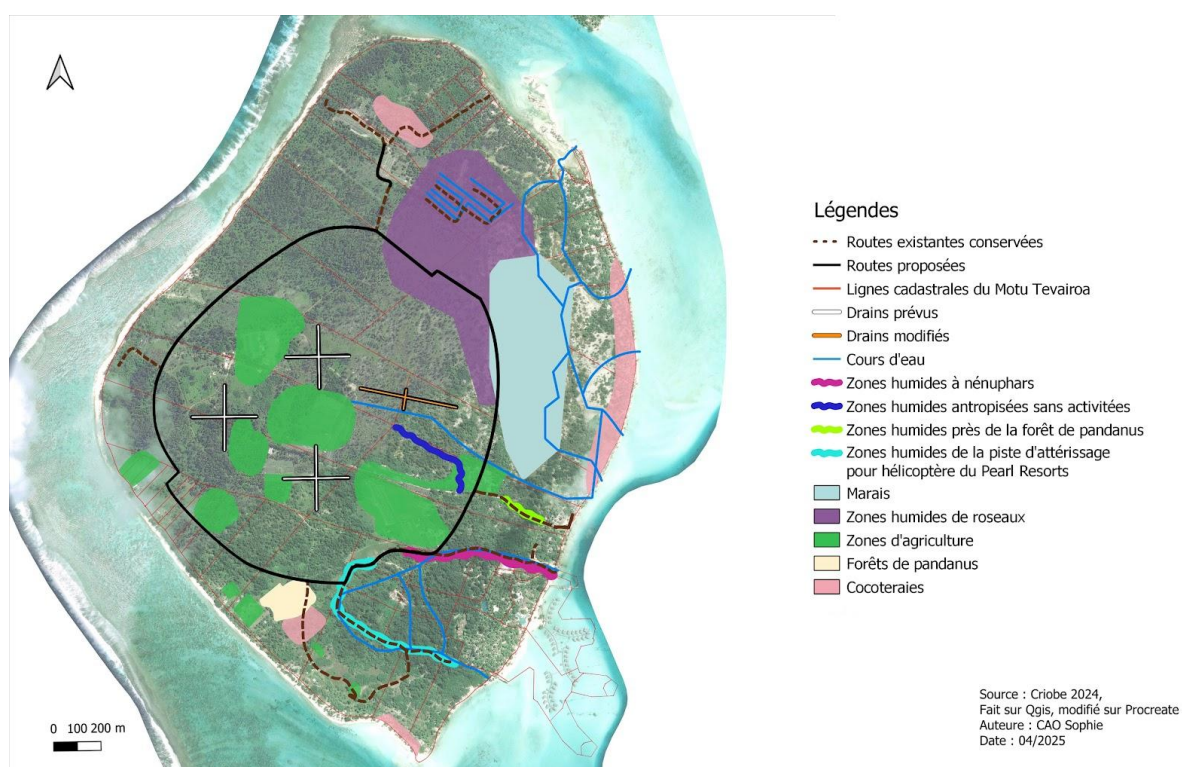


Figure 12 : Conception d'un itinéraire routier conforme aux contraintes foncières et piézométriques
du Motu Tevairoa
(Source : Sophie Cao, 2025)

3.2.2.2.2 Conception des routes de Tevairoa selon les routes préexistantes

Afin de créer un aménagement cohérent, économique et à faible impact environnemental, il est judicieux de s'appuyer sur les routes du motu déjà existantes. En effet, les habitant·es et professionnel·les ont, au fil du temps, tracé des chemins utilitaires. Réutiliser ces chemins permettrait de faciliter les accords fonciers, de réduire les coûts de construction et permettrait de limiter les fragmentations supplémentaires des milieux naturels.

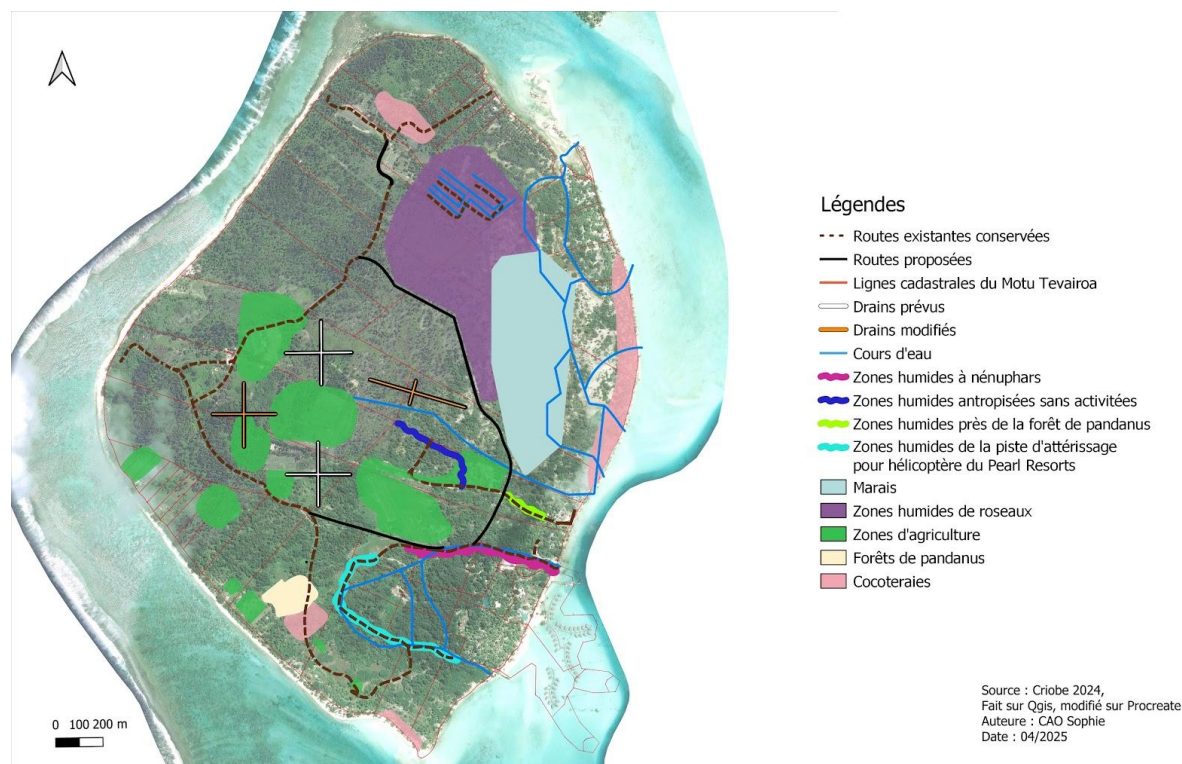


Figure 13 : Conception d'un itinéraire routier sur le Motu Tevairoa visant à minimiser les impacts environnementaux et les coûts
(Source :Sophie Cao, 2025)

3.2.2.2.3 Conception stratégique des routes de Tevairoa

La dernière proposition découle d'un croisement entre les divers inconvénients récurrents et les avantages révélés par les propositions précédentes. La proposition suivante constitue donc une réponse stratégique face aux diverses exigences et enjeux.

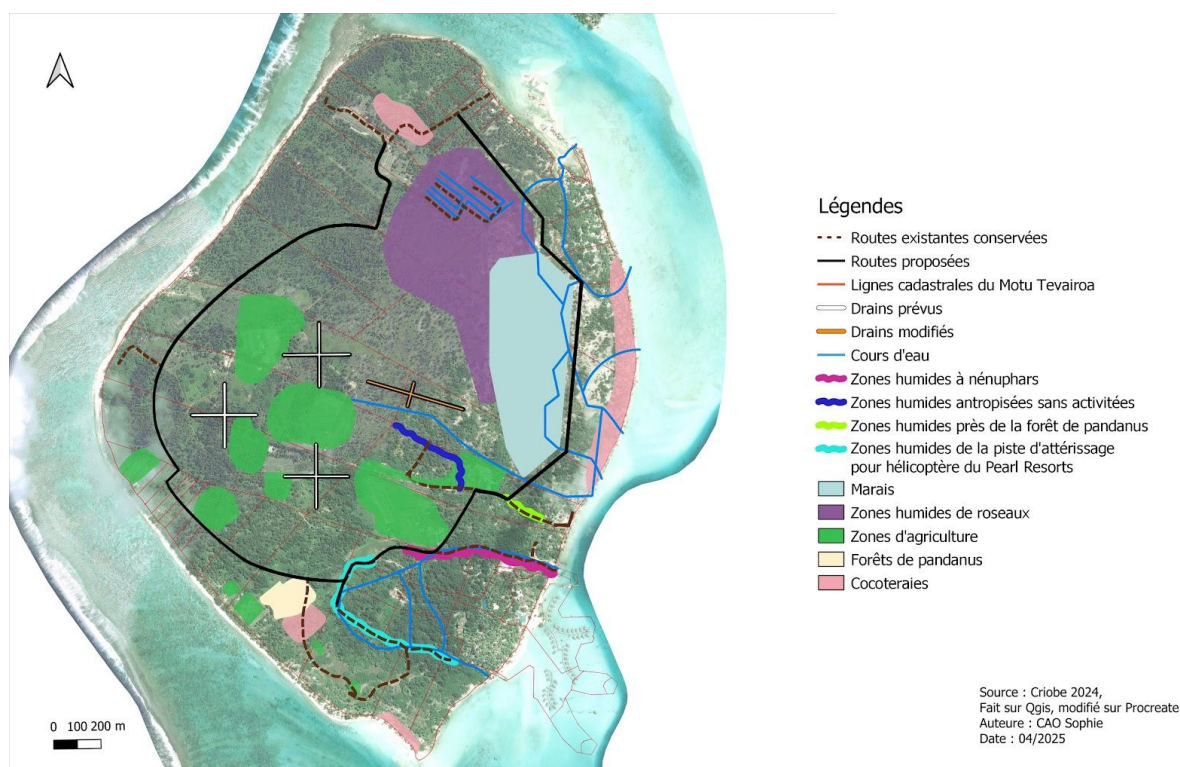


Figure 14 : Conception d'un itinéraire routier stratégique conforme aux contraintes piézométriques et naturelles du Motu Tevairoa
(Source : Sophie Cao, 2025)

3.2.2.3 Approche écoresponsable de la conception de la route

Dans la continuité de l'établissement d'une infrastructure routière durable qui s'inscrit dans une logique d'économie circulaire, respectueuse de l'environnement insulaire, il est nécessaire de concevoir le projet en accordant une attention particulière au choix des matériaux utilisés. En effet, afin de réduire l'empreinte écologique du projet, il est primordial de privilégier des matériaux locaux, durables et à faible impact écologique.

En écho avec le projet d'ouverture du Hoa à Bora Bora, réutiliser les coraux morts retirés semble être une option pertinente pour limiter l'extraction de nouveaux matériaux et valoriser les ressources locales. D'où, une proposition pertinente serait de construire la route en pavés alvéolaires en plastique recyclé. En effet, ces structures légères, résistantes à la corrosion saline et perméables, sont conçues pour accueillir des débris végétaux, du sable ou encore des graviers. Celles-ci pourraient donc être remplies par la soupe de corail extraite du Hoa. De surcroît, ces pavés ont divers avantages. Ils permettent l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol et ainsi réduisent le ruissellement. De plus, leur structure alvéolaire remplie de débris végétaux ou coralliens, limite la formation de flaques et diminue les îlots de chaleur urbains. Les pavés alvéolaires sont aussi modulables et faciles à entretenir, car les éléments endommagés peuvent être remplacés individuellement sans nécessiter de travaux lourds. Enfin, leur esthétique naturelle s'intègre bien dans les environnements ruraux ou paysagers, tout en offrant une surface suffisamment stable pour la circulation légère.

Ensuite, pour garantir le bon fonctionnement des milieux aquatiques, il est impératif d'étudier les écoulements et de s'assurer qu'ils soient correctement redirigés vers des zones tampons naturelles.

3.2.2.4 Elaboration de préconisations et mesures compensatoires

Dans la continuité des propositions d'aménagement routier, une considération des conséquences sur l'environnement s'avère indispensable afin de garantir une évolution harmonieuse et durable de l'aménagement de Tevairoa. En effet, les divers enjeux du projet ne pouvant pas tous être respectés, notamment l'absence de fracture écologique, des préconisations et des mesures compensatoires sont à prévoir afin de réduire l'impact environnemental de l'infrastructure routière. Par exemple, la mise en place de corridors écologiques inclus dans la conception des infrastructures routières permettrait de limiter la fragmentation écologique et garantir le maintien de la continuité des habitats.

De plus, le Motu de Tevairoa ayant été épargné de l'urbanisation et d'omniprésence d'activités anthropiques, des propositions de préconisation et mesure compensatoires afin de limiter les changements de comportements et de cycles biologiques de la faune sont à prévoir. En effet, la mise en place d'une limitation de vitesse adaptée à la faune présente, la réalisation de trames noires ou encore de trames bleues semble judicieuse à envisager afin de préserver la circulation et les cycles de vie des espèces floristiques et faunistiques.

Une étude des écoulements est essentielle afin de mettre en place des systèmes de drainage efficaces et ainsi limiter la diffusion de polluants terrigènes vers les ressources en eau comme la lentille d'eau ou encore le lagon.

D'autres préconisations, comme des mesures de régulation et d'aménagement, sont à envisager afin de préserver les paysages, la ressource en eau ainsi que l'écosystème du Motu. En effet, l'instauration de documents de gestion des ressources, afin de mettre en valeur les espaces à préserver des espaces urbanisables, sont des moyens de préserver la faune et flore locales sensibles.

3.2.3 Etude d'impact et suivi biologique du Motu Tevairoa

3.2.3.1 Objectif et mission

Dans le but de renforcer et d'approfondir la volonté de limiter l'impact environnemental de l'aménagement du Motu Tevairoa, il est nécessaire d'étudier et de connaître celui-ci.

Lors de ce stage, j'ai mené une étude de l'état initial du Motu de Tevairoa, comprenant des inventaires faunistiques et floristiques ainsi que la réalisation d'une étude d'impact.

Une étude environnementale de la biodiversité marine et terrestre du motu de Tevairoa ayant déjà été réalisée en 2024 par le CRIIBE, mon rôle est de renforcer les connaissances sur l'état initial de la biodiversité de Tevairoa sur les lieux accueillant des aménagements.

3.2.3.2 Localisation des sites d'étude

Afin d'étudier l'impact de la construction et de la présence de la route sur la biodiversité du motu, un diagnostic environnemental de la faune et de la flore avant travaux est réalisé sur chaque occupation paysagère et usage du sol impacté par la route.

Sept points de relevés ont été choisis avec raison, afin de pouvoir mettre en évidence des altérations physiques et fonctionnelles des occupations du sol situé à proximité de la route.

Cet échantillonnage permet une représentation globale des diverses occupations traversées et/ou à proximité de la future route.

Les 7 points de relevé permettent de recouvrir de manière pertinente 7 conditions, soit le passage :

- dans une zone de roseaux
- dans une zone de marais
- dans un cours d'eau et à proximité d'une zone d'agriculture
- dans un cours d'eau et à proximité d'une zone d'agriculture et d'une zone anthropisée avec activités
- à proximité de la zone d'hélicoptère
- dans une zone de végétations mixtes et à proximité d'une cocoteraie et d'une zone anthropisée avec activités
- dans une zone de végétations mixtes

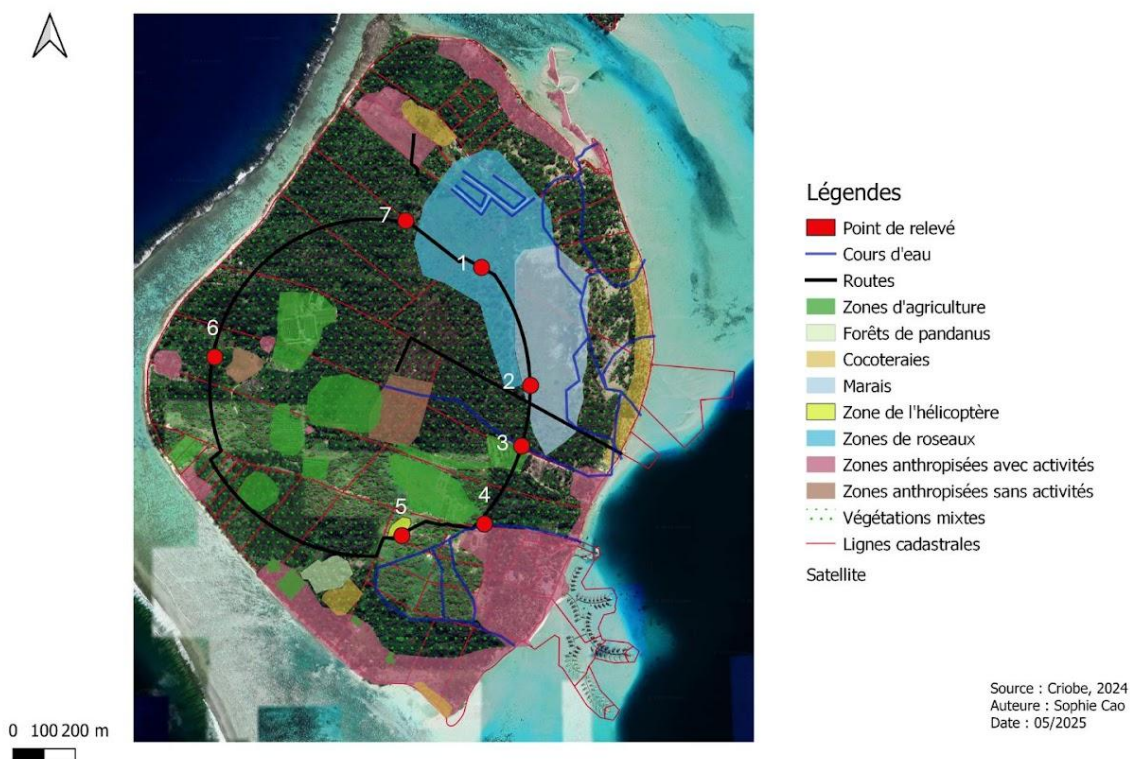


Figure 15 : Carte des points de relevé du diagnostic environnemental du Motu Tevairoa

Source : Sophie Cao, 2025

Tableau 1 : Localisations des points de relevés (Source : Sophie Cao)

Point de prélèvement	Coordonnées	Localisation
Point 1	-16895949 -1860274	Point situé dans la zone de roseaux
Point 2	-16896022 -1860281	Point situé dans la zone de marais
Point 3	-16895862 -1860274	Point situé dans un cours d'eau et à proximité d'une zone d'agriculture
Point 4	-16895815 -1860274	Point situé dans un cours d'eau et à proximité d'une zone d'agriculture et d'une zone anthropisée avec activités
Point 5	-16895875 -1860278	Point proche de la zone d'hélicoptère
Point 6	-16895982 -1860281	Point dans une zone de végétations mixtes et à proximité d'une cocoteraie et d'une zone anthropisée avec activités
Point 7	-16896099 -1860258	Point dans une zone de végétations mixtes

3.2.3.3 Diagnostic environnemental de la faune et de la flore : réalisation des inventaires

3.2.3.3.1 Matériels et méthodes des transects

Un système GPS ou une carte est utilisé afin de noter précisément les coordonnées des lieux d'observation. Un transect est mobilisé afin de définir précisément la zone d'étude.

Pour chaque échantillonnage, un transect de 25 mètres est tiré perpendiculairement au tracé de la future route. Toutes espèces végétales présentes à 2 mètres de part et d'autre du transect sont relevées. À chaque relevé d'échantillons, l'état du substrat ainsi qu'un inventaire de la flore seront réalisés sur chaque transect.

L'inventaire floristique est obtenu par échantillonnage selon la méthode des transects. Pour chaque point de relevé, trois réplicats sont réalisés, afin d'avoir trois échantillons pour chaque condition.

Lorsque des strates herbacées basses sont présentes sur les points de relevé, un comptage des espèces est réalisé sur un quatra 1 m². Pour chaque point de relevé, trois réplicats sont réalisés.

3.2.3.3.2 Matériels et méthodes de l'observation directe

Les animaux sont observés directement à l'œil nu ou à l'aide d'équipements optiques afin d'observer les animaux à distance sans perturber leur comportement. Un système GPS ou une carte est utilisé afin de noter précisément les coordonnées des lieux d'observation. Une montre ou un chronomètre est utilisé pour chronométrer les périodes d'observation.

Afin de récolter le jeu de données pour l'inventaire de la faune, un protocole d'échantillonnage par observation directe est réalisé.

L'échantillonnage est effectué sur les sept points de relevé identifiés. Pour chaque point, trois observations sont réalisées.

Pour chaque échantillonnage, une observation d'une durée de 10 minutes est effectuée. Chaque oiseau, poisson, crustacé, reptile et insecte remarquable, tel que les libellules, sont relevés. Les animaux domestiques tels que les chiens, chats ou encore les coqs sont exclus du relevé.

3.2.3.4 Traitement de données et résultats

À l'issue des relevés, chaque individu d'espèce faunistique et floristique identifié est reporté dans un tableau Excel. Lors de chaque échantillonnage, les informations suivantes sont relevées :

- la date
- le point de relevé étudié
- le numéro du réplikat
- la biodiversité
- l'espèce identifiée
- l'abondance
- l'appréciation du substrat

Les tableaux issus des inventaires floristiques et faunistiques sont visualisables en annexe 2.

À l'aide de ces tableaux, des études de représentativité faunistique et floristique sont réalisées. Les moyennes d'abondance, les densités moyennes des différentes espèces et la distribution des différentes espèces floristiques et faunistiques selon les sites de relevé sont analysées et illustrées à l'aide de différents graphiques. Les analyses suivantes permettent d'avoir une idée des peuplements ainsi que de leur variation selon les différentes occupations du sol et paysagères.

Ensuite, afin de renforcer la connaissance des peuplements floristiques et faunistiques des sites impactés par l'infrastructure routière une étude d'impact est réalisée. Des indices de biodiversité tels que la richesse spécifique ainsi que l'indice de Shannon sont calculés. Ces indices de biodiversité, accessibles en annexe 2, constituent les bases de références de la diversité et de la stabilité des peuplements des sites étudiés. La connaissance des peuplements et de la diversité écologique des milieux avant la mise en place de l'infrastructure routière ainsi qu'avant l'exploitation de la ressource en eau de la lentille d'eau, offre une base de référence afin de mesurer les impacts futurs de ces aménagements sur l'écosystème. En effet, la comparaison des indices de biodiversité mettra en évidence les éventuelles pertes de diversité ou, au contraire, des gains potentiels.

4. Présentation des livrables des missions

Lors de mes différentes missions au sein de IA VAI MA NOA BORA BORA ainsi qu'au Criobe, j'ai eu l'opportunité de participer à divers projets, traitant différentes thématiques et menant à l'élaboration de divers livrables.

4.1 Réalisation d'enquêtes et d'inventaires

4.1.1 Livrable des enquêtes sur la mise en place du Rahui

L'enquête des pertes représentées par la mise en place du rāhui sur la plage de Matira a donné lieu à la réalisation de tableaux Excel regroupant les données suivantes :

- la date
- le nom et prénom des enquêté·e·s
- les coordonnées des enquêté·e·s
- une photo des enquêté·e·s
- leur avis sur la mise en place du rāhui
- les pertes induites par le rāhui
- la fréquence et les activités réalisées sur le rāhui
- leur avis et réticences sur la demande de dérogation et/ ou mise en place du rāhui
- leur intention de réaliser une demande de dérogation
- leur idée de compensation

Un exemple de tableau Excel issu d'une enquête de pertes représentées par la mise en place du rāhui est visualisable ci-dessous.

Tableau 2 : Tableau de l'enquête de pertes représentées par la mise en place du rāhui de Matira datant du 11/03/2024
(Source : Sophie Cao)

Les enquêteurs : Sophie et Anatole										
Date	Coordonnées des enquêtés			Photo des enquêtés	Avis sur la mise en place du Rahui	Perte dû au Rahui	Activité réalisée sur le Rahui / Combien de fois par mois	Avis et réticences sur la demande de dérogation et/ ou mise en place du rāhui	Demande de dérogation	Compensation proposée
	NOM Prénom	Date de naissance	Numéro							
11/03/25	HADATAI Thierry	11/05/1996	85588104 et 85596804	Taanara - Quartier Tamatua		Favorable	Impossible d'exercer sa profession / Obligation de changer de lieu de pêche	Pêche - 1 fois par jour	La possibilité de faire une dérogation est une bonne alternative	Oui
11/03/25	TASEA Viviane		85513815	Pointe - Matira		Favorable	Aucune	Habiter face au Rahui	Circulation : Beaucoup de passage de bateau (voile, prestataires...) ; craintes pour la santé des personnes vis-à-vis des d'essence, surtout il faut aménager le chenal où passent les bateaux	Non
11/03/25	MILUEL Pierrette	12/03/1954	87231954	Terauaviamia		Favorable	Aucune	Pêche occasionnelle pour sa consommation personnelle lors d'absence de provisions		Non
11/03/25	TAMA Torea	26/03/1996	87287024 toreama@gmail.com	Nunue		Favorable	Obligation de changer de lieu de pêche	Pêche de vana, bérillers et de poissons au fil et à la canne. Tous les jours	Avis positif sur la mise en place d'une dérogation. Bon moyen pour réguler les usages et activités dans le rāhui.	Oui
11/03/25	MANEA Timeona		87719868	Matira - Quartier Rofau		Favorable	Aucune	Aucune	Crainte que tout le monde ne respecte pas le rāhui et pêche la nuit. Propose des surveillances et/ ou verbalisations	Non

De plus, la réalisation des enquêtes a donné lieu à l'écriture d'un formulaire de demande de dérogation afin d'aider les demandeurs dans leur démarche. Le formulaire est joint en annexe 3.

4.1.2 Livrable des inventaires du Motu Tevairoa

Suite à la réalisation des inventaires faunistiques et floristiques du Motu Tevairoa, divers fichiers Excels ont été réalisés. Ces fichiers regroupants la date, le point de relevé étudié, le numéro du réplikat, la biodiversité relevée, l'espèce identifiée, l'abondance de celle-ci ainsi que l'appréciation du substrat, ont servi de base de données de l'analyse statistique de la représentativité et de la diversité des lieux d'études (annexe 1). En effet, ces données ont permis d'étudier l'abondance, la densité et la distribution des peuplements écologiques ainsi que de calculer des indices biologiques permettant d'évaluer l'impact de la mise en place d'infrastructures sur le Motu.

4.2 Réalisation de cartes et appuis visuels

Dans la continuité de l'étude du Motu de Tevairoa, diverses cartes ont été réalisées, à l'aide des logiciels ArcGIS et QGIS, afin de cartographier les différentes caractéristiques de celui-ci. Afin de mieux connaître le lieu étudié et de comparer les connaissances acquises par le Criobe, diverses cartes ont été réalisées comme des cartes d'occupation des sols du Motu Tevairoa (figure 16), des cartes de l'état initial du motu avec les zones humides identifiées par le Criobe et les routes existantes ou encore des cartes de simulation d'aménagement. Toutes les cartes énoncées précédemment sont consultables dans les annexes 1 et 2.

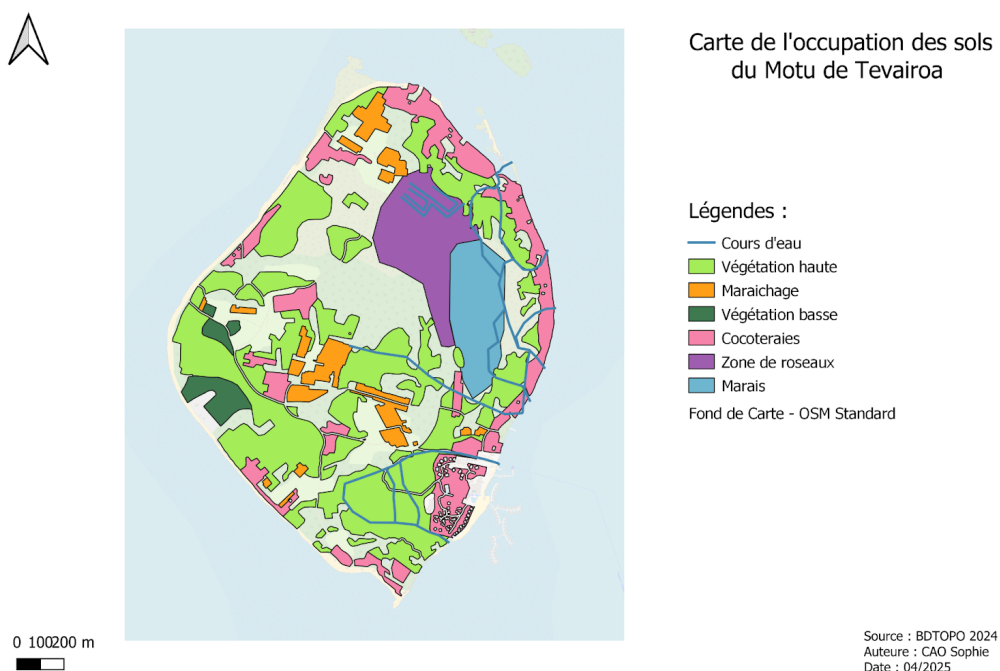


Figure 16 : Exemple d'une carte réalisée à l'aide de Qgis
Source : Sophie Cao

De plus, afin de guider les négociations foncières menées par la Mairie de Bora Bora, diverses cartes de l'aménagement retenu ont été réalisées. Ces cartes mettent en valeur la présence des infrastructures routières à travers l'occupation et l'usage des sols, ainsi que selon le cadastre (annexe 4).

De plus, lors de la conception de l'aménagement permettant de réduire l'impact des désagréments liés aux travaux de construction de l'église mormone, j'ai eu l'opportunité de réaliser des schémas d'aménagement ainsi que des représentations visuelles de celui-ci. Ces livrables sont disponibles en annexe 5.

4.4 Proposition d'aménagement et rapports

À l'issue de ma participation au projet de construction de l'église mormone ainsi que sur l'aménagement de Tevairoa, j'ai réalisé plusieurs livrables. En effet, j'ai eu l'opportunité de réaliser des rapports de proposition d'aménagement ainsi que des rapports scientifiques tels que des études d'impact environnemental et l'élaboration de divers protocoles. Ces documents avaient pour objectif de contribuer à évaluer les effets potentiels des aménagements sur l'environnement et de proposer des solutions adaptées aux contraintes identifiées. De plus, afin de guider et renforcer mes propositions, j'ai eu l'occasion de réaliser un rapport d'estimation prévisionnelle des coûts de construction de l'infrastructure routière du Motu de Tevairoa afin de justifier le choix de mes propositions d'aménagement, non seulement d'un point de vue environnemental mais aussi économique.

Les rendus suivants sont référencés en annexe 1,2 et 5.

5. Retour réflexif sur l'expérience

L'aspect que j'ai le plus apprécié dans mes différentes missions au sein de IA VAI MA NOA BORA BORA et du CRIOBE est la volonté d'évoluer et d'opérer de manière durable afin de préserver les ressources de l'île. En effet, la prise en compte de l'environnement et la volonté d'étudier celui-ci dans chaque projet d'urbanisation révèlent une sincère motivation de concilier les besoins humains et le respect de la nature et de ses ressources.

Néanmoins, le manque de connaissance et de données scientifiques sur le Motu Tevairoa a été une limite et une contrainte non négligeable à l'avancement de mes projets.

Tout d'abord, le manque de connaissance sur le Motu Tevairoa a fortement faussé les analyses et études déjà établies. En effet, le postulat que les retenues d'eau sur le Motu sont des cours d'eau a biaisé les démarches d'étude et de conservation de la ressource en eau. D'où, l'absence de mise en relation scientifique entre la géologie du Motu et l'hydrologie de celui-ci a engendré une lacune dans la définition et l'identification des zones humides, qui, d'après l'article L211-1 du Code de l'environnement, désigne l'entièreté du Motu. Cette connaissance impliquerait donc de revoir sous un angle différent l'aspect juridique du projet, car chaque aménagement devrait être soumis à autorisation, si l'on applique strictement les réglementations de la France métropolitaine. Or, la méconnaissance et l'absence de documents territoriaux tels qu'un SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux), SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) ou encore un PLU (Plan Local d'Urbanisme) rendent difficile la justification de telles mesures et illuminent sur les différentes gestions de l'environnement en Polynésie.

De surcroît, l'étude environnementale de la biodiversité marine et terrestre du Motu de Tevairoa menée par le Criobe en 2024 et les méthodes utilisées par celui-ci sont à analyser avec un regard critique. En effet, tout d'abord, les occupations des sols établies par le Criobe ne coïncident pas totalement avec celles des BDTOPO et semblent avoir été réalisées de manière approximative. Ensuite, certaines méthodes utilisées par le Criobe afin d'étudier la faune et la flore semblaient peu pertinentes. En effet, la réalisation des comptages seulement sur des périodes uniques et avec de faibles réplicats d'échantillonnage ne permet pas d'avoir une représentation fiable et complète des dynamiques des populations étudiées. Cette approche ne prend pas en compte les variations saisonnières, météorologiques ou d'autres facteurs contextuels. Ces limites méthodologiques affaiblissent donc l'interprétation des dynamiques observées.

Toutefois, la diversité des projets proposés m'a permis d'aborder sous différents angles le rôle d'un ingénieur en environnement et aménagement, tout en mettant en lumière les défis et enjeux nouveaux que doit prendre en compte celui-ci, et notamment en Polynésie. En effet, l'échelle unique de l'étude d'une île du Pacifique ainsi que de son Motu m'a permis d'en apprendre plus sur les différentes gestions des ressources et de l'environnement, mais aussi sur les enjeux urbains, humains et environnementaux mondiaux.

De plus, les responsabilités et les libertés de proposition et de contribution sur les projets, dont j'étais à l'origine de beaucoup d'initiatives, m'ont permis de faire une introspection de mes capacités et de mes connaissances ainsi que de les mettre en application.

6. Conclusion

Ce stage à taille humaine m'a permis de découvrir une nouvelle culture mais surtout de nouveaux enjeux. En effet, malgré certaines contraintes de développement liées à l'insularité, des conditions géologiques et climatiques uniques ou encore le manque de main-d'œuvre qualifiée à proximité, Bora Bora est déterminée à inscrire son développement dans une démarche durable suivant une économie circulaire. L'île, fière de ses lagons et paysages, met un point d'honneur à la valorisation et à la préservation de ses ressources et paysages.

La conciliation entre les enjeux sociaux et environnementaux a rendu les divers projets d'aménagement menés particulièrement stimulants. Cette dimension synergique nécessitait de prendre en compte des attentes parfois divergentes, afin de garantir le maintien de l'équilibre écologique. Ce stage m'a permis d'enrichir considérablement mes approches techniques et sociales afin de répondre au mieux aux différentes attentes des projets. Les limites liées aux lacunes de données scientifiques m'ont permis de valoriser l'importance de connaître le milieu étudié afin d'œuvrer à un aménagement cohérent et soucieux des enjeux locaux et environnementaux.

Bibliographie

ADEME – Agence de la transition écologique. *Économie circulaire : définition, enjeux et concepts* [en ligne]. Disponible sur : <https://economie-circulaire.ademe.fr/economie-circulaire>

AGRODEV. *Note relative à la compatibilité du projet agricole SWEET avec le projet de captage de la commune associée de Faanui à Bora Bora*. Papara : AGRODEV, 15 mars 2024, [10p].

CENTRE DE RECHERCHES INSULAIRES ET OBSERVATOIRE DE L'ENVIRONNEMENT – CRIOBE. *Accueil – CRIOBE – UAR 3278* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.criobe.pf/>

CENTRE DE RECHERCHES INSULAIRES ET OBSERVATOIRE DE L'ENVIRONNEMENT (CRIOBE). *Étude environnementale de la biodiversité marine et terrestre du motu de Tevairoa (Bora Bora)*. Moorea : CRIOBE, décembre 2024, [35p].

CENTRE DE RECHERCHES INSULAIRES ET OBSERVATOIRE DE L'ENVIRONNEMENT (CRIOBE). *Note technique complémentaire : sécurisation de la qualité de l'eau (eau potable) et prise en compte de la biodiversité dans le cadre du projet Tevairoa (Faanui – Bora Bora)*. 2024, [9p].

COMMUNE DE BORA BORA. *Dossier de demande de permis de construire terrassement & Bâtiment*. 2022

COMMUNE DE BORA BORA. *Plan parcellaire de l'îlot de Tevairoa – Projet n° 1*. Modifié le 3 mars 2025. Bora Bora : Commune de Bora Bora, 2025

CUNÉO, Esther. *À Tahiti, la tradition au secours du lagon*. *Le Courrier de l'UNESCO* [en ligne], janvier-mars 2021, p. 20–21. Disponible sur : <https://courrier.unesco.org/fr/articles/tahiti-la-tradition-au-secours-du-lagon>

DUVAT, V. K. E., STAHL, L., COSTA, S., MAQUAIRE, O. & MAGNAN, A. K. *Taking control of human-induced destabilisation of atoll islands: lessons learnt from the Tuamotu Archipelago, French Polynesia*. *Sustainability Science*, vol. 15, no 2, 2020, p. 569–586. DOI : 10.1007/s11625-019-00722-8

ICHIMURA, M. *Urbanization, urban environment and land use: Challenges and opportunities*. In : Asia-Pacific Forum for Environment and Development (APFED) Expert Meeting, 10 janvier 2003, Guilin, Chine.

IGN – POLYNÉSIE FRANÇAISE. *BD TOPO® – Occupation du sol : Commune de Bora Bora* [données géographiques en ligne]. Portail Tefenua, s.d. Disponible sur : <https://tefenua-polynesie.opendata.arcgis.com/maps/2d483b3bc0f7490a828f3c751dd1c876/about>

JAMET, Rémi. *Les sols de Moorea et des îles Sous-le-Vent (archipel de la Société, Polynésie française) : cartes à 1 : 40 000*. Collection Notice explicative n° 113. Paris : Éditions de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), 2000, x p. Disponible sur : https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/notexp/010022564.pdf

Krimou, S., Cao, S., David, Q., Sautereau, C., Salou, G., Sowinski, J., Gautrand, L., Maueau, T., Chan Lin, J., Meriguet, D., Sturny, V., Bambridge, T., & Lecchini, D. (2024). *Marine and terrestrial biodiversity of an anthropized coral reef islet (Bora Bora, French Polynesia)*. Manuscrit préparé pour soumission à *Island Studies Journal*.

LYCÉE POLYVALENT IHI-TEA NO VAVAU. *Impact de la température et du bruit sur la qualité des apprentissages : rapport d'étude sur les conditions thermiques et sonores en milieu scolaire, Bora Bora*. Bora Bora : Lycée polyvalent Ihi-Tea no Vavau, 2024

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS, CHARGÉ DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET DE LA VILLE. *Atlas environnemental de Bora Bora*. Papeete : Direction de l'Environnement, mai 2004, [156p].

TE ORA NAHO FAPE. *la Vai Ma Noa Bora Bora* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.teoranaho-fape.org/associations/ia-vai-ma-noa-bora-bora> (consulté le 4 mars 2025).

WERNER, Adrian D., SHARP, Hannah K., GALVIS, Sandra C., POST, Vincent E.A., SINCLAIR, Peter. *Hydrogeology and management of freshwater lenses on atoll islands : review of current knowledge and research needs*. *Journal of Hydrology* [en ligne], vol. 551, 2017, p. 819–844. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.02.047>

WIKIPÉDIA. *Point chaud (géologie)* [en ligne]. 10 janvier 2025. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Point_chaud_%28g%C3%A9ologie%29

Annexes

Résumé

Ce rapport de stage illustre et met en évidence l'engagement de IA VAI MA NOA BORA BORA ainsi que du Criobe dans le développement durable, suivant une économie circulaire, de l'île de Bora Bora. Au travers des diverses missions d'aménagement réalisées, subsistait un équilibre entre la valorisation des ressources et des paysages de l'île, ainsi que la considération des besoins humains. Ce rapport de stage approfondit ces concepts en présentant les démarches entreprises, les méthodes, les enjeux et les contraintes rencontrées lors de la conception d'aménagements durables, comme la mise en place d'un aménagement afin de réduire les impacts liés aux travaux de construction d'une chapelle mormone, ou encore la conception de l'aménagement urbain du motu de Tevairoa, tout en intégrant la préservation des ressources en eau et des milieux naturels. Ce stage témoigne aussi des différentes échelles d'implication des deux instances dans la valorisation des ressources de Bora Bora. En effet, outre les études scientifiques menées dans le lagon ou encore sur les motus, IA VAI MA NOA BORA BORA et le CRIOBE sont acteurs de la sensibilisation des locaux-ales au divers enjeux environnementaux à travers la participation à divers événements sociaux.

Enfin, cette expérience m'a permis d'aborder les différents défis de gestion de l'environnement et de contraintes spécifiques des milieux insulaires. Elle a constitué une opportunité d'appliquer les diverses compétences acquises en conciliant la valorisation des enjeux sociaux et environnementaux. Pour finir, un retour réflexif sur les divers projets menés lors de ce stage est présenté et met en valeur les constantes importantes à connaître afin d'œuvrer à un aménagement cohérent et soucieux des enjeux locaux et environnementaux.

Abstract

This internship report illustrates and highlights the commitment of IA VAI MA NOA BORA BORA and the CRIOBE to the sustainable development of the island of Bora Bora, based on a circular economy. Through the various projects carried out, a balance was struck between enhancing the island's resources and landscapes, and taking human needs into consideration.

This internship report explores these concepts in greater depth, presenting the approaches, methods, issues and constraints encountered in the design of sustainable developments, such as implementing measures to reduce the impacts related to the construction of a mormon chapel, or planning the urbanization of Tevairoa Motu while integrating the preservation of water resources and natural environments.

This internship also demonstrates the different levels of involvement of the two bodies in promoting Bora Bora's resources. Indeed, in addition to the scientific studies conducted in the lagoon and on the motus, IA VAI MA NOA BORA BORA and the Criobe play an active role in raising local awareness of various environmental issues through participation in various social events.

Lastly, this experience enabled me to handle the various challenges and constraints specific to island environments. It was an opportunity to apply the various skills I'd acquired, while reconciling social and environmental issues.

To conclude, a reflective review of the various projects carried out during this internship is presented, highlighting the important constants to be aware of in order to work towards a coherent development that is mindful of local and environmental issues.



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Sophie Cao
Étudiante
2024-2025

Aménagement et valorisation des ressources de Bora Bora

Résumé : Ce rapport de stage illustre et met en évidence l'engagement de l'AAI VAI MA NOA BORA BORA ainsi que du CRILOBE dans le développement durable, suivant une économie circulaire, de l'île de Bora Bora. Au travers des diverses missions d'aménagement réalisées, subsiste un équilibre entre la valorisation des ressources et des paysages de l'île, ainsi que la considération des besoins humains. Ce rapport de stage approfondit ces concepts en présentant les démarches entreprises, les méthodes, les enjeux et les contraintes rencontrées lors de la conception d'aménagements durables, comme la mise en place d'un aménagement afin de réduire les impacts liés aux travaux de construction d'une chapelle mormone, ou encore la conception de l'aménagement urbain du motu de Tevairoa, dans le cadre d'un projet d'exploitation d'une lentille d'eau, tout en intégrant la préservation des ressources en eau et des milieux naturels.

Mots Clés : Aménagement durable, lentille d'eau, Motu, économie circulaire, pollutions terrigènes

AAI VAI MA NOA BORA BORA :
F6VX+G32 98730 BORA-BORA FRANCE

Tuteur entreprise :
Tehani Maueau
Présidente

Tuteur académique :
Vincent Rotge