



Projet d'aménagement du Pôle d'Echange Multimodal de Mamoudzou

Conseil départemental de
Mayotte

Novembre 2019

**Etude des biocénoses
marines (LOT 3)**



biotope

Citation recommandée	BIOTOPE 2019 – Projet d'aménagement du Pôle d'Echange Multimodal de Mamoudzou – Etude d'impact, volet biocénoses marines (LOT3) - Conseil Départemental de Mayotte	
Version/Indice	V2	
Date	Novembre 2019	
Nom de fichier	BIOTOPE_CD976_EIE_PEM_LOT3_EI_12112019.docx	
N° de contrat	2019427	
Maître d'ouvrage	Conseil Départemental de Mayotte	
Interlocuteur	Mme NAGAYAM Mathilde (SAFEGE)	Contact : mathilde.nayagam@suez.com Tel : 0262476460
BIOTOPE Chef de projet	Jean-Sébastien PHILIPPE	Contact : jsphilippe@biotope.fr Tél : 02 62 46 67 75
BIOTOPE Responsable de qualité	Mathieu SOUQUET	Contact : msouquet@biotope.fr Tél : 02 62 46 67 75

Sommaire

1	Introduction	5
1	Préambule	6
2	Présentation du projet	7
3	Localisation du projet	9
2	Etat initial de l'environnement littoral et marin	11
1	Définition des zones d'étude	12
2	Zonages réglementaires et d'inventaires	18
2.1	Zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel	18
2.2	Zonages d'inventaires du patrimoine naturel	22
2.3	Schéma Régional de Cohérence Ecologie (SRCE)	25
3	Environnement naturel terrestre	26
3.1	Les habitats et la flore	26
3.2	La faune	28
3.3	Synthèse des enjeux liés à la mangrove : bioévaluation	30
4	Environnement naturel marin	31
4.1	Description générale des habitats marins	31
4.2	Biocénoses de substrats durs	40
4.3	Biocénoses de substrats meubles	55
4.4	Mégafaune marine	56
5	Synthèse des enjeux écologiques	69
5.1	Les enjeux liés au milieu littoral terrestre	69
5.2	Les enjeux liés au milieu littoral marin	69
3	Définition des effets et proposition des mesures environnementales du projet	70
1	Effets prévisibles du projet	71
1.1	Liste de effets potentiels identifiés	71
1.2	Description des impacts	72
2	Mesures d'évitement, de réduction, de compensation et de suivi des effets du projet	80
2.1	Stratégie d'atténuation des impacts du projet	80
2.2	Détail des mesures	82
2.3	Synthèse des impacts résiduels du projet et analyse du besoin de compensation	100
2.4	Mesures de compensation	105
2.5	Mesures d'accompagnement	105

4 Annexes	112
1 ANNEXE 1 – Méthodologie d'étude de l'environnement naturel	113
2 ANNEXE 2 – Résultats de l'analyse détaillée de la macrofaune benthique de la zone d'étude	130

1

Introduction



1 Préambule

Le Conseil Départemental de Mayotte et la Ville de Mamoudzou se sont associés dans le projet urbain du PEM pour offrir aux habitants une infrastructure publique de qualité intégrant l'aménagement du front de mer, la reprise du réseau viaire de proximité et la réalisation du PEM. L'intérêt majeur de cette collaboration est de mutualiser l'espace en ayant une réflexion élargie du site à requalifier. Le site retenu pour l'aménagement du PEM est le secteur nord du front de Mamoudzou, à proximité immédiate des pontons et sur l'emprise de l'ancien marché. Le front de mer nord de Mamoudzou se situe au centre-ville de Mamoudzou, à proximité immédiate du centre névralgique de la capitale : le rond-point du commandant Passot. Ce dernier est à la fois le point de départ de la RN1 et de la RN2 et le point d'arrivée de la barge (permettant de relier la Grande-terre à la Petite-terre). Il assure la distribution vers les principales rues de la ville. Ce site accueille aujourd'hui de nombreuses fonctions de transit dans un lieu exigu : gare maritime, gare routière, taxis, flux piétons, etc. Le futur PEM s'inscrit dans l'opération de réaménagement urbain du secteur, plus globalement dénommée "plate-forme multimodale". L'enjeu principal est de créer un lieu animé, urbain, devant participer à la vie du centre-ville, à qualifier le front de mer et faciliter le déplacement de tous. C'est un lieu d'échanges qui va permettre de répondre aux attentes de la population en termes de confort, de qualité urbaine et de mobilité. La plate-forme doit correspondre à un aménagement urbain répondant à toutes les fonctions attendues et à valoriser sur ce site : Porte d'entrée de Grande Terre, lieu de transit, gestion des flux tous modes, espaces publics, animation commerciale et culturelle, valorisation des équipements, marché et office de tourisme... Ce projet est conçu pour être intégré à la ville ; son articulation avec Kawéni et Mamoudzou est essentielle. Le réaménagement est d'ores et déjà enclenché avec des constructions récentes (marché couvert de Mamoudzou, Comité du tourisme), sans qu'aucun projet d'ensemble n'ait été acté.

Pour la réalisation de ce projet, différentes démarches réglementaires sont nécessaires. A ce titre, il convient de réaliser une étude d'impact. Dans le cadre de ce projet, le présent rapport concerne le volet sur les biocénoses marines de l'étude d'impact (LOT 3).

2 Présentation du projet

Le projet du PEM est un projet d'aménagement à part entière, avec deux grands objectifs :

- Répondre à un réel enjeu d'intermodalité entre tous les modes de déplacements terrestres et maritimes sur ce secteur le plus stratégique de Mamoudzou,
- Apporter des réponses d'aménagement à un secteur en manque d'identité et de qualité urbaines, de définition de fonctionnalités nécessaires et attendues, et en manque de coordination des structures actuelles et futures.

Il permettra de lutter contre :

- une dégradation et une utilisation abusive des espaces publics ;
- des dysfonctionnements importants existants entre les différents équipements actuels (marché, croisiéristes, brochettes, ...)
- des circulations piétonnes dégradées par, notamment, l'installation de grillages successifs aux abords des gares maritimes ;
- un stationnement abusif aux abords mais également dans le périmètre opérationnel.

La priorité est donc de faire de cette plate-forme d'échange multimodale, le projet qui coordonne les aménagements déjà en place, qui prenne en compte les projets en cours et les besoins collectifs et individuels et qui améliore qualitativement la porte d'entrée de Grande Terre. Sa qualité en tant que pôle d'animation sera déterminante pour l'image du territoire puisqu'il sera la porte d'entrée de Grande Terre.

De plus ci-dessous un extrait de la note technique décrivant les différents aménagements projetés.

Le Pôle d'échanges multimodal a été découpé en plusieurs entités :

- La Gare Maritime
- Les abords du Marché couvert côté Ville, le mail piéton
- Les abords du Marché couvert côté Mer, le mail maritime
- La Place de la République
- La place des croisiéristes
- Les plages urbaines

Le parti pris d'aménagement consiste à positionner le PEM dans son contexte urbain avec les projets d'aménagements du CARIBUS et du Front de Mer et son contexte spectaculaire en bord du Lagon. Chacune des entités interagissent afin de constituer un tout où les flux sont organisés depuis la gare maritime au Caribus, à la place des croisiéristes, au front de mer...

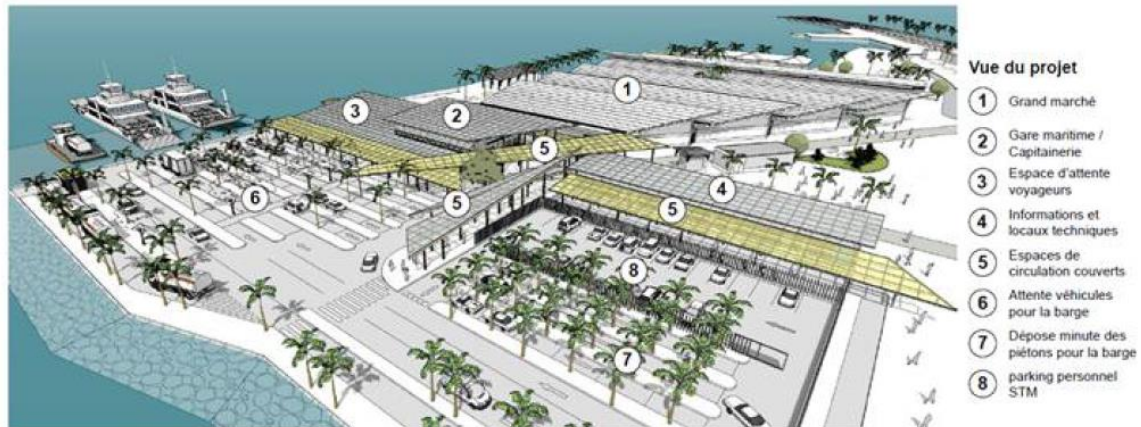


Figure 1 : Vue du projet (source : SAFEGE, 2019)



Figure 2 : Illustration schématique de l'aménagement du front de mer (source : SAFEGE, 2019)

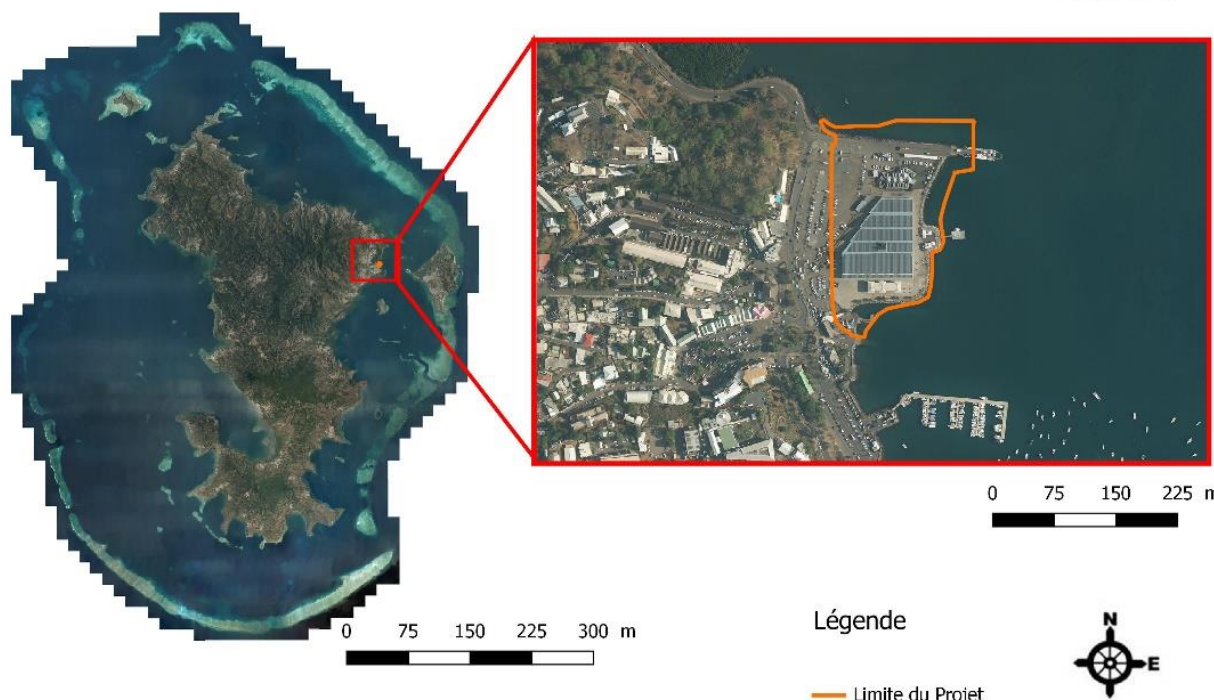
3 Localisation du projet

Le secteur du Pôle d'Echange Multimodal occupe une position stratégique, au cœur de l'agglomération de Mamoudzou, à la jonction de la RN1 et de la RN2. Il est également situé à l'interface avec l'espace maritime et desservi par la barge en provenance de Petite-Terre.

Le projet concerne donc le réaménagement de l'espace au niveau du front de mer.



Localisation du projet d'aménagement du front de mer de Mamoudzou



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 3 : Localisation du projet, à l'échelle de Grande-Terre, et de Mamoudzou

De manière plus précise, le périmètre du projet comprend trois ouvrages maritimes existants, qui seront donc modifiés :

- l'amphidrome,
- le quai des croisiéristes,
- la barge « piétons ».

Les études préliminaires ont permis de définir un programme, en tenant compte des projets connexes sur ce secteur de Mamoudzou, tels que le Bus à Haut Niveau de Services et le réaménagement du front de mer (au sud du PEM).

La zone visée par ce projet est représentée ci-dessous.



Figure 4 : Représentation des aménagements prévus pour le projet PEM (source : CD976 & Safage)

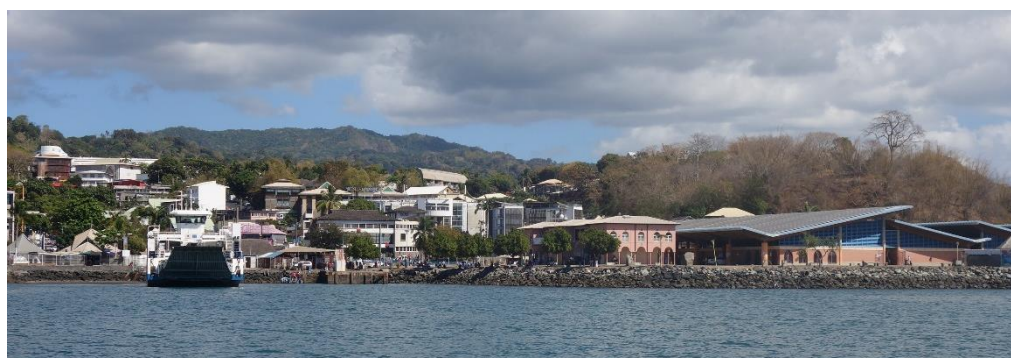


Figure 5 : Photographie d'une partie du front de mer concerné par le projet d'aménagement : le grand marché et le quai de la barge « piétons » (© Biotope, 2019)



2

Etat initial de l'environnement littoral et marin

1 Définition des zones d'étude

1.1 Milieux terrestres

Afin de bien comprendre tous les enjeux liés à un projet, il convient de définir la zone d'étude sur laquelle va porter le projet. La surface de la zone d'étude doit être pertinente par rapport d'une part aux caractéristiques du projet et d'autre part aux enjeux environnementaux du site.

Pour l'étude du milieu naturel terrestre, la zone d'étude est l'aire géographique susceptible d'être influencée par le projet. Il est possible de distinguer 3 grands types de zone d'étude : la zone d'étude immédiate, la zone d'étude rapprochée et la zone d'étude élargie.

Zone d'étude immédiate

Elle correspond à l'emprise du projet (front de mer de Mamoudzou), étant qualifiée sous le terme « Zone d'étude immédiate » dans ce rapport (et éléments cartographiques associés). Elle est notamment importante pour considérer l'emprise directe au sol du projet, en lien avec la végétation et la faune peu mobile. Pour ce projet, étant donné le caractère très artificiel de la zone du front de mer de Mamoudzou, elle n'est pas considérée pour l'étude du milieu naturel terrestre littoral.

Zone d'étude rapprochée

Elle s'étend sur un secteur plus large, comprenant toutes les zones susceptibles d'être concernées directement ou indirectement par le projet. Elle permet d'intégrer les notions de continuité et de fonctionnalité écologique. Cette zone a été définie à partir notamment de la fonctionnalité et continuité écologique avec le front de mer. Elle est désignée sous le terme « Aire d'étude rapprochée » dans ce rapport (et éléments cartographiques associés), et permet notamment d'appréhender les habitats et la faune plus mobile (comme les rapaces, ou d'autres espèces plus mobiles).

Pour ce projet, l'aménagement du front de mer est susceptible d'interagir de manière indirecte avec certains habitats, notamment la mangrove de Kawéni. Cette zone est donc considérée comme intégrant la zone d'étude rapprochée.

Zone d'étude élargie

Le cas échéant, une aire d'étude élargie peut être utilisée pour les zonages du patrimoine naturel, les flux de déplacement d'oiseaux marins et toutes les thématiques nécessitant une vision plus globale. De manière générale, pour ce projet, la zone d'étude élargie présente peu d'enjeux, vis-à-vis de la fonctionnalité écologique de la zone et des groupes taxonomiques concernés (cas des oiseaux en particulier).

1.2 Milieu marin

1.1.1 Habitats et peuplements marins

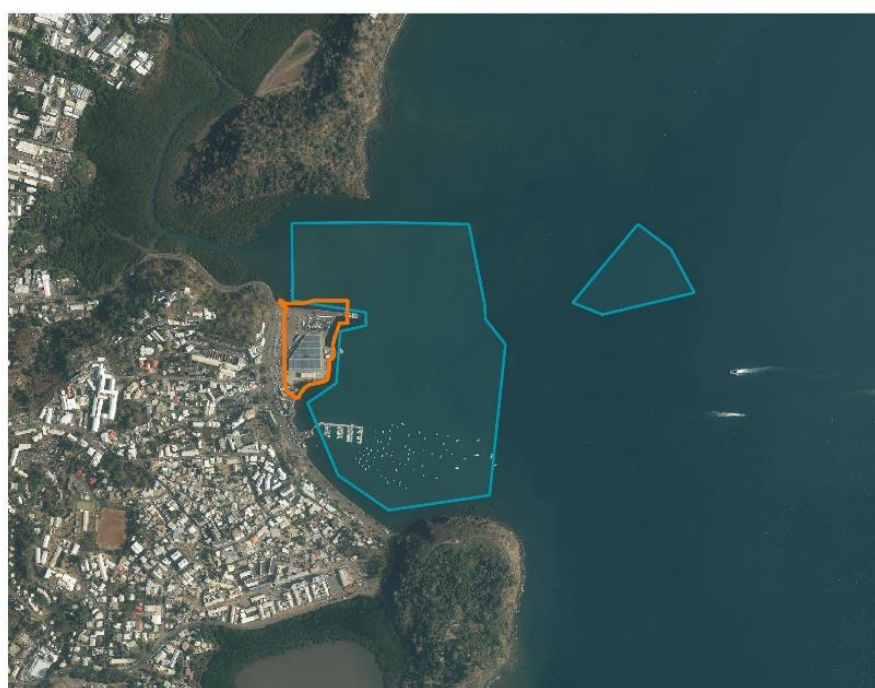
Afin de procéder à l'expertise des communautés sous-marines vivantes dans la zone du projet, il est primordial de posséder à minima une vision large mais précise de son caractère morpho-sédimentaire et topographique, ainsi que la manière dont se structurent ses habitats. Pour cela, une analyse bibliographique couvrant tout la zone d'influence du projet est réalisée. En complément, une évaluation globale puis plus fine des biocénoses marines est effectuée. Cette évaluation s'intéresse à l'ensemble des habitats et espèces présentes dans la zone.

L'étude et caractérisation des habitats (reconnaissance vidéo)

La reconnaissance vidéo permet l'analyse globale des habitats sur une grande partie de la zone d'étude et permet de localiser les zones d'intérêt pour l'étude des peuplements marins. La méthodologie et les différents points de reconnaissance vidéo sont détaillés en annexe.



Zones d'études prospectées pour l'évaluation des habitats et peuplements marins



Légende

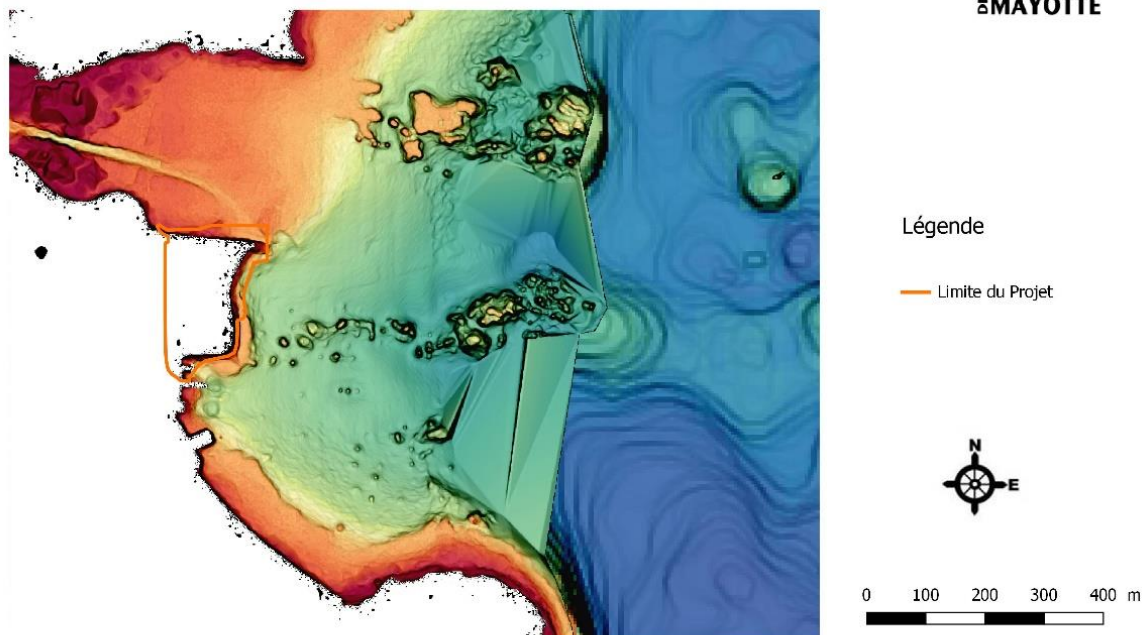
- Limite du Projet
- Zone prospectée



0 100 200 300 400 m

Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 6 : Carte des zones d'études pour les habitats et peuplements marins



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), MNT (PNMM/AFB)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 7 : Modèle numérique de terrain au sein de la zone d'étude. Les couleurs chaudes sont les zones peu profondes, les couleurs bleues sont les zones profondes.

Étude des biocénoses marines des substrats durs

Suite à la reconnaissance vidéo, deux sites ont été retenus afin d'évaluer en plongée les biocénoses marines jugées le plus à enjeux à proximité du projet d'aménagement. Ces stations (Figure 8, Tableau 1) ont été mises en place afin de réaliser cette évaluation. La méthodologie appliquée est décrite en l'annexe.

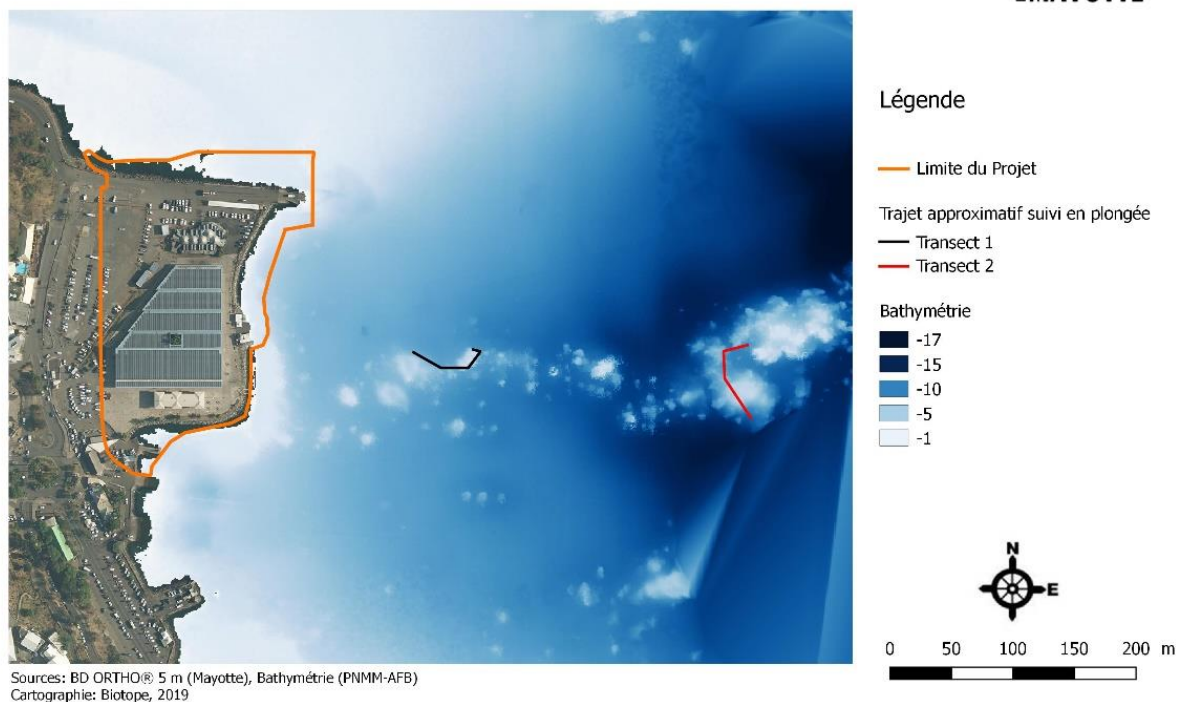


Figure 8 : Transects approximatifs effectués en plongée pour le suivi de la biocénose marine et de shabitats.

Tableau 1 : Coordonnées GPS des points de départ des stations pour l'étude des peuplements des substrats durs

Stations	Latitude	Longitude	Description	Profondeur
1	-12.7774	45.2347		6,5 m
2	-12.7779	45.2372		11,2 m

Étude des biocénoses marines des substrats meubles

Suite à la reconnaissance vidéo et aux prélèvements du lot 2, 4 stations ont été retenues afin d'étudier les différents peuplements liés au substrat meuble, et se développant dans l'aire d'influence du projet d'aménagement. Ces stations (Figure 9, Tableau 2) ont été mises en place afin de réaliser cette évaluation. La méthodologie appliquée est décrite en annexe.



Points de prélèvements de substrats meubles pour l'étude de la faune endogée



Légende

- Limite du Projet
- Points de prélèvements



0 75 150 m

Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 9 : Points de prélèvements de sédiments pour l'étude de la faune endogée de substrats meubles. Les stations 1 à 3 correspondent aux stations de l'analyse hydro-sédimentaire. La station 4 correspond à la position initiale de la station 4 dans les prélèvements hydro-sédimentaires (impossibilité de prélever au niveau de la station 4 modifiée).

Tableau 2 : Coordonnées et bathymétrie des points de prélèvements de faune de substrats meubles.

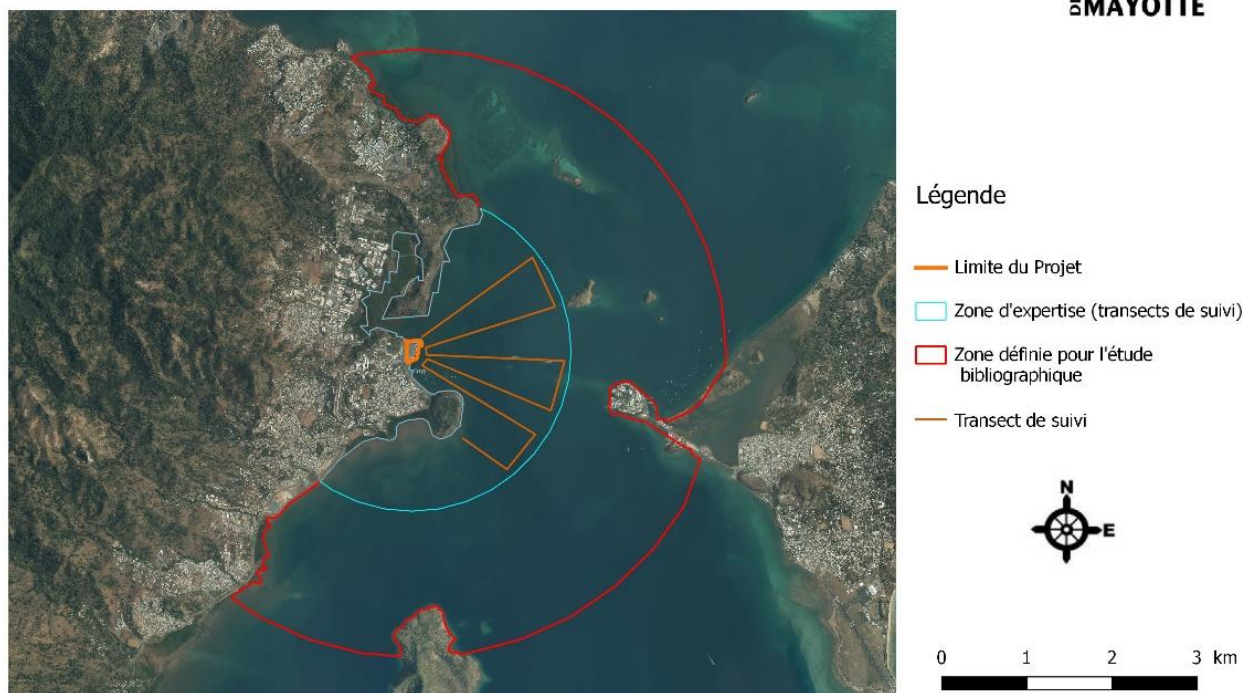
Stations	Profondeur	Longitude	Latitude
Station 1	6,2	45,2338	-12,7772
Station 2	7	45,2343	-12,7772
Station 3	8,2	45,2349	-12,7772
Station 4	6,8	45,235	-12,7765

1.1.2 Mégafaune marines : tortues et mammifères marins

Une aire d'étude, définie comme étant la zone d'emprise acoustique du projet, est déterminée. Elle représente la zone où les sons issus du chantier peuvent affecter le comportement des cétacés où leur apporter des dommages physiologiques (cas uniquement pour des travaux sous-marins considérés comme « bruyants »). Au vu de la nature du projet d'aménagement, il semble que la nature des travaux n'engendre pas nécessairement de nuisances acoustiques fortes. Dans ce sens, une zone avec un rayon de 2 miles nautiques autour du projet semble être suffisante pour l'étude bibliographique et une zone de 1 mile nautique pour l'expertise de terrain (Figure 10). Une attention particulière est portée au Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*), espèce côtière remarquable et sensible. Sur la base de ces données, Biotope réalisera une synthèse des connaissances et en définira les enjeux écologiques pour l'ensemble des espèces étudiées.



Zones d'études des mammifères marins et tortues marines et transect de suivi



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 10 : Zone d'études des cétacés et tortues marines dans le cadre du projet d'aménagement du PEM (Biotope, 2019)

2 Zonages réglementaires et d'inventaires

2.1 Zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel

En considérant la zone d'étude, différents zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel concernent ce projet, à savoir :

- Parc Naturel Marin de Mayotte (PNMM) géré par l'Agence française pour la biodiversité (AFB)
- Conservatoire du Littoral (propriétés)
- Plan d'Aménagement et de Développement Durable de Mayotte (PADD)
- Domaine Public Maritime : mangrove de Kawéni

2.1.1 Le parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

La stratégie nationale de création d'aires marines protégées, adoptée par le Gouvernement à la suite du Grenelle de la mer, s'est donné pour objectif de classer 20 % des eaux sous juridiction française en aires marines protégées avant 2020. Le parc naturel marin est un des outils de protection disponible à ce titre. Par ses missions, un parc marin doit contribuer :

- à la restauration du bon état écologique des eaux marines, des milieux et des espèces (spécifiques à certains habitats ou ciblées en raison de leur statut de protection ou vulnérabilité notamment) ;
- au maintien des fonctionnalités écologiques des milieux ;
- à une exploitation durable des ressources naturelles, c'est-à-dire sans surexploitation du capital naturel ;
- à une meilleure gouvernance (gestion intégrée des zones côtières, etc.) ;
- au maintien et à la valorisation du patrimoine culturel maritime (y compris historique via les épaves...) ;
- à créer une valeur ajoutée (socio-économique, scientifique, pédagogique...).

Le Parc naturel marin de Mayotte a été créé par décret le 18 janvier 2010. C'est le premier parc naturel marin créé en outre-mer et le deuxième créé par la France. Il couvre l'ensemble de la Zone Economique Exclusive (68 800 km², Figure 11). La partie marine du projet du PEM est donc incluse dans le périmètre du parc marin.

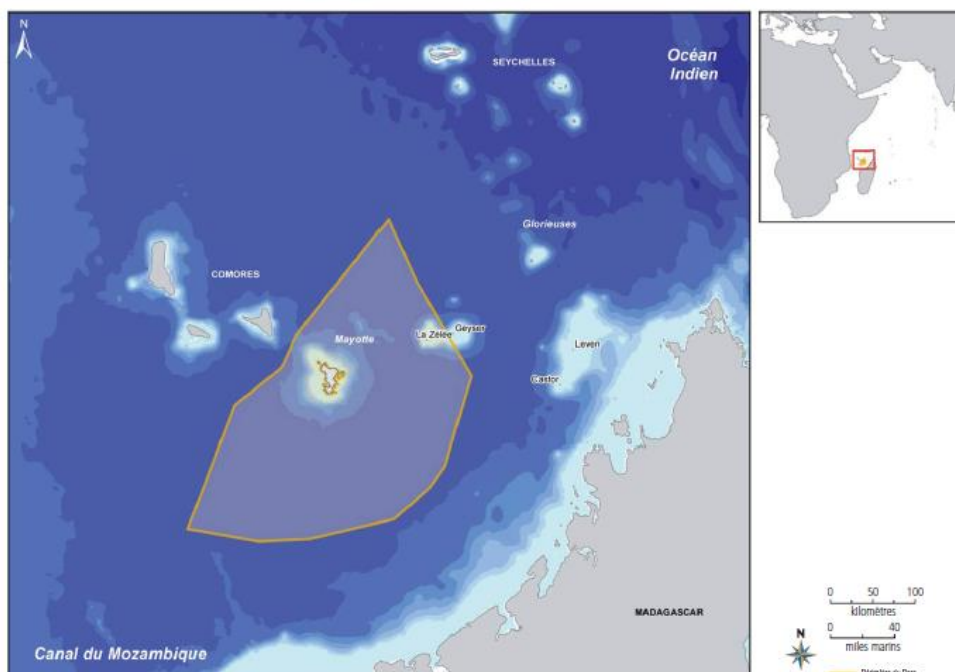
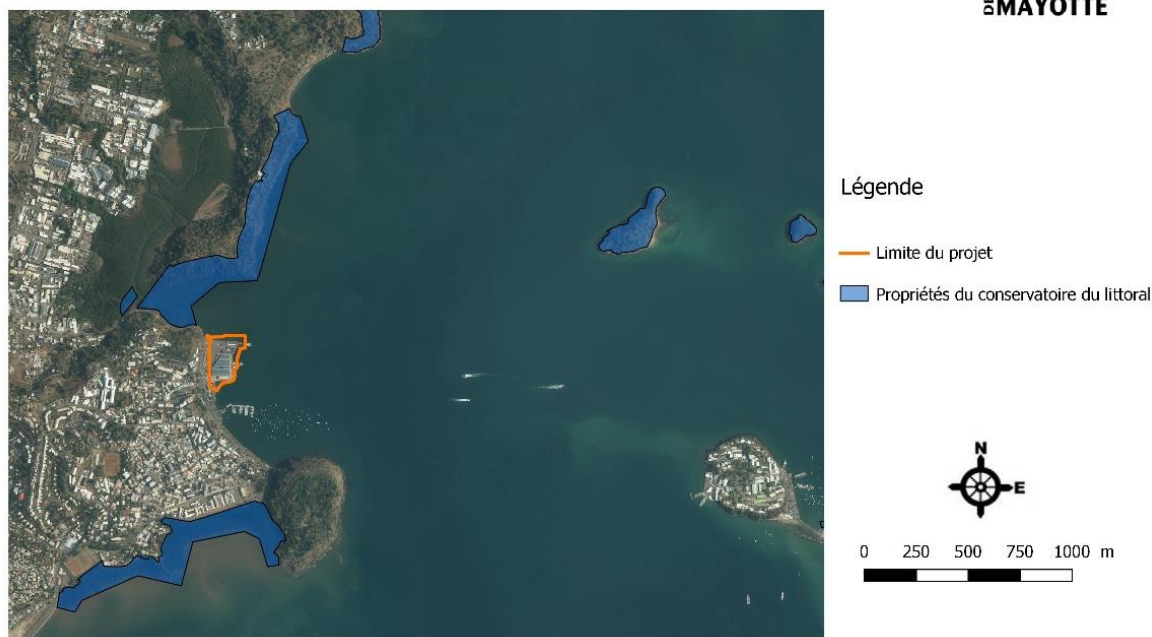


Figure 11 : Périmètre du parc naturel marin de Mayotte

2.1.2 Propriétés du Conservatoire du Littoral

Etablissement public administratif de l'Etat, la mission principale du Conservatoire du littoral consiste à « mener, après avis des conseils municipaux intéressés et en partenariat avec les collectivités territoriales, une politique foncière de sauvegarde de l'espace littoral et de respect des sites naturels et de l'équilibre écologique ». Trois moyens d'acquisition sont à sa disposition : à l'amiable, par préemption (Art. L.142-3 du code de l'urbanisme) et par expropriation. Il peut aussi se voir affecter, confier ou remettre en gestion, à titre gratuit, le domaine public ou privé de l'Etat et notamment le Domaine Public Maritime. A Mayotte, le Conservatoire gère à ce jour 24 sites répartie sur l'ensemble du littoral.

Le projet d'aménagement se situe à proximité d'une propriété du conservatoire du littoral (voir la carte ci-dessous). Il s'agit de la mangrove de Kawéni, qui n'interfère pas directement avec le projet. L'ensemble du parcellaire maîtrisé, dénommé « Littoral de Mamoudzou », identifiant FR1101039 est de 147,7 ha et s'étend de façon discontinue de Tsoundzou 2 à Majicavo Koropa. La zone concernée à forte proximité directe du projet couvre le front de la mangrove de Kawéni et la pointe Hamaha pour une surface d'environ 20 ha. Il convient de considérer ce périmètre à l'échelle de l'aire d'étude élargie, pour la faune et flore terrestres.



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), Conservatoire du Littoral
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 12 : Propriétés du Conservatoire Du Littoral (CDL) à proximité du projet.

2.1.3 Le plan d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) et Schéma d'Aménagement Régional (SAR)

Le PADD s'applique à l'ensemble du territoire mahorais, prévu par la loi statutaire du 11 juillet 2001 (Rolland & al., 2005). Rédigé en 2008 par le Conseil Départemental de Mayotte, il sera à terme remplacé par le Schéma d'Aménagement Régional (SAR). Ces documents explicitent les grandes orientations prises pour l'aménagement du territoire. Ils doivent être nécessairement consultés et pris en compte au titre de l'évaluation environnementale des projets. L'ensemble des documents d'urbanisme de Mayotte doivent être compatibles avec le PADD.

Ce document définit les grandes orientations en matière d'aménagement du territoire à Mayotte. Il définit également les zones stratégiques de développement urbain (social, économique) et touristique. Parmi les objectifs principaux à atteindre sur une durée de 15 ans, il ressort :

- L'application du principe de précaution à la gestion des ressources en eau ;
- La protection et la gestion durable des espaces naturels patrimoniaux terrestres et marins ;
- La localisation de potentiels sites d'accueil pour des projets de développement touristique.

En termes de zonages, le PADD propose une destination générale des sols, dont un zonage de protection forte pour les espaces naturels : **l'espace de protection stricte**. Pour Mayotte, ce type de zonage intègre les principaux massifs forestiers, les mangroves, les îlots, les zones humides, ou tout autre site naturel remarquable (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ce type de zonage est à prendre en compte également dans la définition des futurs ENS.

Pour la zone d'étude, à proximité du projet, il est identifié la mangrove de Kawéni, identifiée en zone naturel de protection forte.

Le SAR devra donc intégrer prochainement le PADD actuellement en vigueur. Il comprendra notamment un chapitre Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE), Plan Climat Energie de Territoire (PCET), un chapitre Schéma Régional Climat, Air et Energie (SRCAE) et d'un Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM). A ce jour, ni le SAR, ni le SRCE sont finalisés et validés à Mayotte : seuls les premiers volets ont été réalisés, correspondant à des diagnostics territoriaux.



Figure 13 : Extrait des zonages identifiés dans le PADD (Conseil Départemental, 2008) / En vert, les espaces naturels de protection forte / en violet, les zones d'activités économiques d'échelle départementale, en gris foncé, les espaces bâtis existants (zones de densification et de renouvellement urbain).

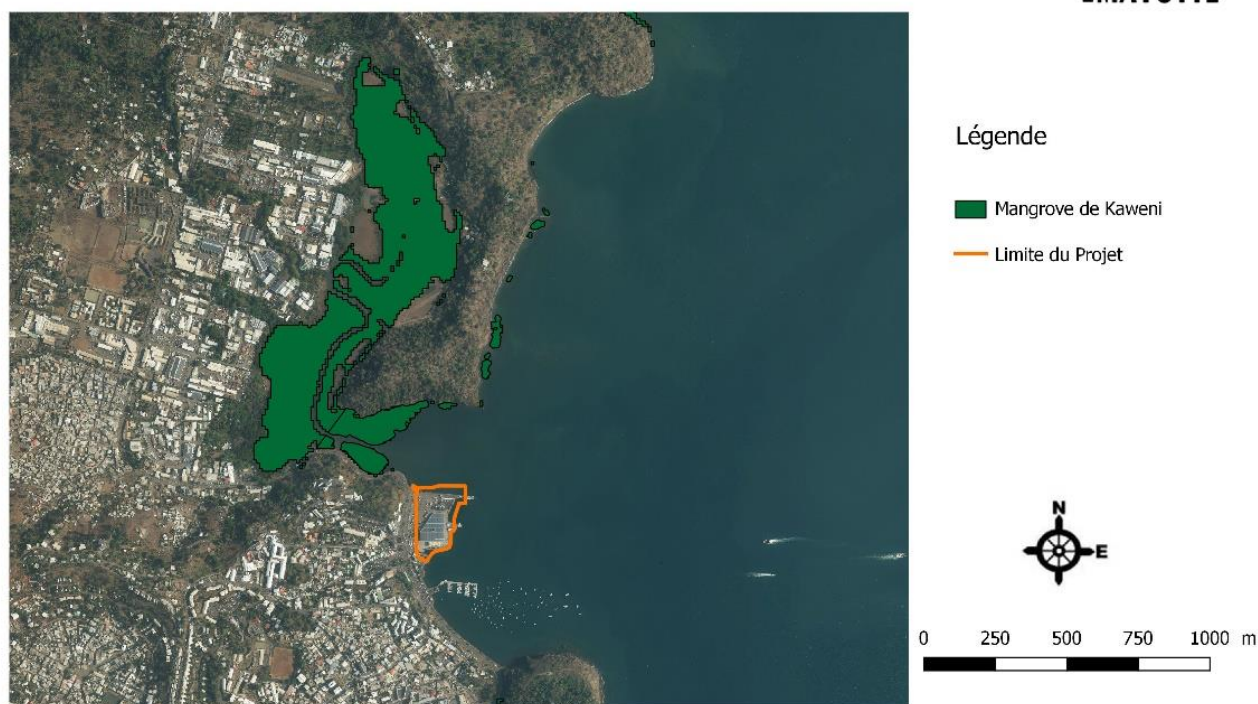
2.1.4 Mangrove de Kawéni

D'après ONF, 2018, sur le rivage de la mer soit jusqu'au plus haut de l'estran (c'est à dire la limite de la mer à marée haute pendant les grandes marées, ce qui est la définition du Domaine Public Maritime), la masse d'eau est incluse dans le périmètre du Parc Naturel Marin de Mayotte. La terre est comprise dans le Domaine Public Maritime dit « mouillé ». Au-delà, la zone des 50 pas géométriques (ZPG) s'étend sur une bande de 81,2 m de large, constituant le Domaine Public Maritime dit « sec » par la loi littorale du 3 janvier 1986. Le Domaine Public Maritime est inaliénable (il ne peut être vendu) et imprescriptible (il ne peut être transformé en autre chose que du DPM). Si les mangroves sont « physiquement » situées sur le rivage et dans la ZPG, elles ne le sont pas juridiquement. Le Code de la Propriété des Personnes Publiques indique en effet que les terrains boisés situés sur le rivage maritime et la zone des pas géométriques ne sont pas compris dans le domaine public maritime mais sont des terrains domaniaux. Les bois et forêts bénéficiant du régime forestier (ensemble de règles spéciales de gestion, d'exploitation et de police des forêts publiques) sont inaliénables (on ne peut les vendre) et imprescriptibles (on ne peut les distraire au régime forestier) (Code Forestier L275-2).

Notons que, de façon étonnante au vu du Code de la Propriété des Personnes Publiques et du Code Forestier déclarant tous les deux ces terrains comme inaliénables, **la mangrove de Kawéni (Figure 14) appartient à des propriétaires privés**. Cette mangrove, qui s'est développée dans un ancien cratère, se situe dans les terres et non au bord de la mer (1,5 km de linéaire côtier). Elle reçoit l'eau de mer par l'embouchure de la Mro oua Kawéni. La mangrove couvre 41,3 ha soit 5,6 % des mangroves de Mayotte. La mangrove est identifiée comme une

zone à enjeux et un espace remarquable du littoral dans la stratégie nationale de création d'aires protégées.

 **Délimitation de la mangrove de Kaweni**



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), ONF (Mangrove)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 14 : Délimitation de la mangrove de Kaweni et aire d'étude du projet pour le milieu littoral terrestre (d'après ONF, 2018)

2.2 Zonages d'inventaires du patrimoine naturel

En considérant les zonages d'inventaires du patrimoine naturel, la zone du projet est concernée par les zonages suivants : ZNIEFF I et ZNIEFF II (terre/mer).

2.2.1 Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Floristique et Faunistique

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Floristique et Faunistique n'ont pas de valeur juridique directe. Elles doivent cependant être prises en compte dans les projets d'aménagement et les études environnementales associées (jurisprudence existante).

Les ZNIEFF sont de deux types :

- Les ZNIEFF de type I, qui correspondent à des zones de richesse biologique exceptionnelle et un patrimoine naturel remarquable à conserver.

- Les ZNIEFF de type II, qui correspondent à de grands ensembles naturels riches ou assez peu modifiés présentant des potentialités écologiques.

Pour ce projet, étant donné les emprises terrestres et marines, il convient de prendre en compte les ZNIEFF continentales et marines.

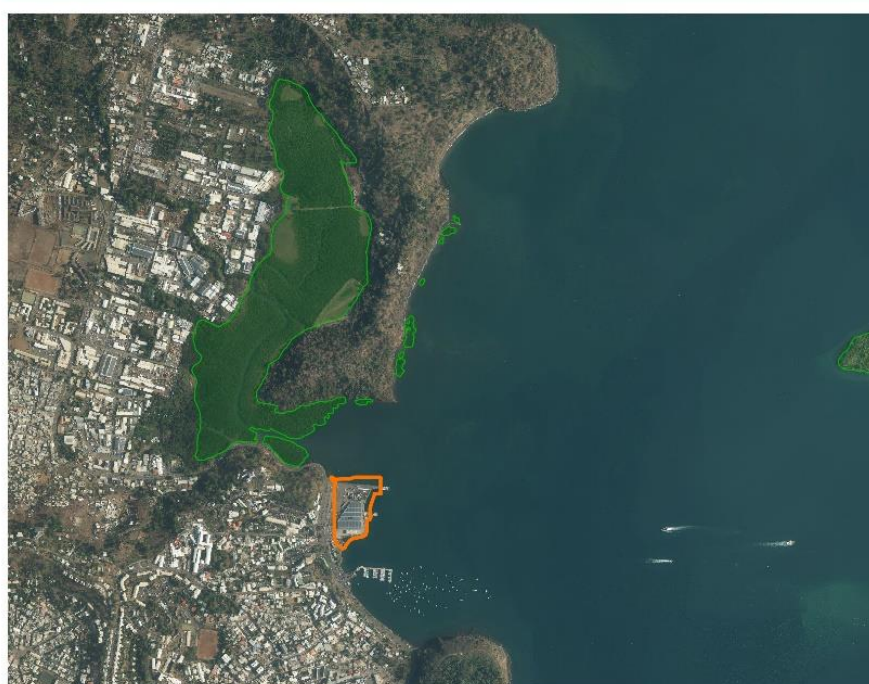
ZNIEFF Continentales¹

Le projet se trouve à proximité d'une **ZNIEFF continental de type 1, à savoir la mangrove de Kawéni** (identifiant national : 60000072), d'une surface de 45,12 ha.

Cette mangrove est située à proximité du projet. Elle constitue un habitat de mangrove menacé à l'échelle de l'île, et permet le développement d'une faune et flore remarquable. Cette zone humide permet notamment l'accueil d'une avifaune spécifique comme le rare Crabier blanc (*Ardeola idae*), la Grande Aigrette (*Ardea alba*), le Héron gard-bœuf (*Bubulcus ibis*) ou le Courlis corlieu (*Numenius phaeopus*).



Délimitation des Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) à proximité du projet



Légende

- Limite du projet
- ZNIEFF continentale de type 2



0 250 500 750 1000 m

Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), DEAL Mayotte (2019)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 15 : Localisation de la mangrove de Kawéni, ZNIEFF continentales de type 1, située à proximité du projet d'aménagement (Source : DEAL / Biotope, 2019)

¹ ZNIEFF terrestres définies et validées en CSPN en 2019

ZNIEFF marines

La zone d'étude s'inscrit à proximité de **deux ZNIEFF marines de type II** (Figure 16) :

- **Récif frangeant de Grande Terre et Petite Terre** (identifiant national : 06M000004),
- **Récifs internes** (identifiant national 06M000006).

Récif frangeant de Grande Terre et Petite Terre (identifiant national : 06M000004)

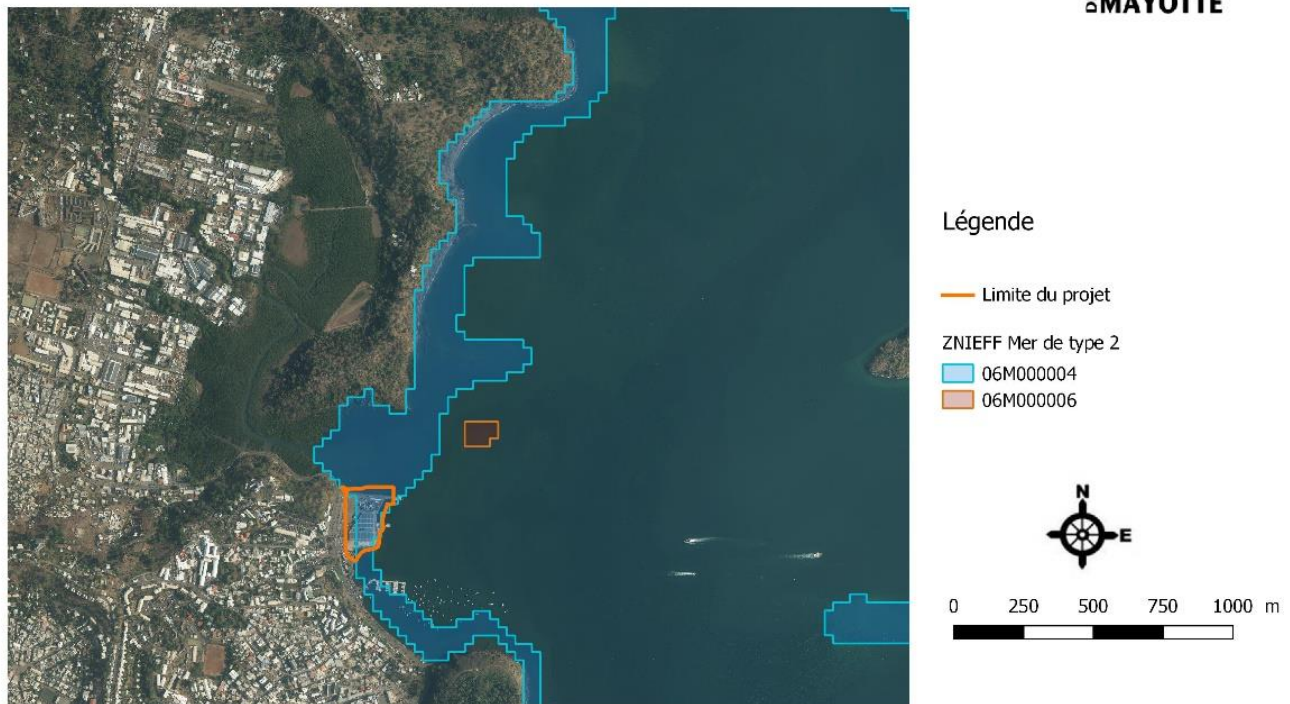
D'une surface de 5984 ha, elle couvre quasiment l'ensemble du littoral mahorais. Une infirme partie est potentiellement concernée par le projet (29 ha). Cette aire est définie comme telle :

« Le récif frangeant ceinture Grande Terre et se trouve également sur Petite Terre côté lagon. Il présente des faciès et structures très différentes selon qu'il se trouve en fond de baie ou sur les pointes, mais également selon les pressions anthropiques auxquelles il est soumis. De par les nombreux habitats qu'il présente, la richesse spécifique (723) et le nombre d'espèces déterminantes (64) sont élevés. Les récifs frangeants sont les récifs les plus exposés aux apports des bassins versants (urbanisation, industrie, agriculture) et également à la pression touristique (zone de baignade) et de pêche (pêche à pied, au djarifa, à la palangrotte). L'intensité de ces pressions diffère très fortement selon les zones».

Récifs internes (identifiant national 06M000006)

D'une surface de 1351,9 ha, elle comprend de nombreux petits récifs internes au lagon de Mayotte. De même, une infirme partie est potentiellement concernée par le projet (1 ha) et ne concerne qu'un récif interne en face de la mangrove de Kaweni. Cette aire est définie comme telle :

« Les récifs internes de par leur position dans le lagon ont un mode hydrodynamique intermédiaire favorable à la diversité spécifique. De plus, pour la double barrière, la distinction très nette entre pente interne et pente externe favorise là encore la diversité spécifique. La richesse spécifique (578) et le nombre d'espèces déterminantes (56) sont élevés. L'intensité des pressions exercées sur les récifs internes diffère selon leur position dans le lagon (proche ou non de Grande Terre ou Petite Terre). Ainsi ils peuvent être plus ou moins soumis aux apports des bassins versants. »



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), DEAL Mayotte (2019)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 16 : ZNIEFF mer de type situées au niveau du projet d'aménagement

2.3 Schéma Régional de Cohérence Ecologie (SRCE)

L'article R122-5 du Code de l'Environnement qui porte sur le contenu de l'étude d'impact précise entre autres : « II. L'étude d'impact présente : [...] 2° Une analyse de l'état initial de la zone et des milieux susceptibles d'être affectés par le projet, portant notamment sur [...] les continuités écologiques telles que définies par l'article L. 371-1 [...]. [...] 6° Les éléments permettant d'apprécier la compatibilité du projet avec l'affectation des sols définie par le document d'urbanisme opposable, ainsi que, si nécessaire, son articulation avec les plans, schémas et programmes mentionnés à l'article R. 122-17, et la prise en compte du schéma régional de cohérence écologique dans les cas mentionnés à l'article L. 371-3 ; [...] ».

Pour rappel, à ce jour, Mayotte ne possède pas encore de Schéma Régional de Cohérence Ecologique au sens de l'article sus cité². En revanche, un premier travail a été réalisé en 2014. Le document n'a cependant pas été approuvé pour le moment et n'est pas une version finale du chapitre, qui sera intégré au futur SAR. Environnement naturel terrestre littoral : la mangrove de Kawéni

² http://www.deal976.fr/pacsar/pdf/Plans_et_programmes/Espaces_naturels_biodiversite/SRCE/2015-01-28_SRCE_travail-CSPN.pdf

3 Environnement naturel terrestre

3.1 Les habitats et la flore

A la transition terre/mer, la mangrove de Kaweni est définie comme un espace remarquable du littoral tout comme la pointe Mahabou ((SCAPM, 2017). Cette zone humide correspond donc à une mangrove particulière car elle s'inscrit dans un contexte fortement anthropisé (situé dans la capitale départementale, Mamoudzou, au droit de la zone industrielle de Kaweni). Elle est donc soumise à de fortes pressions humaines, que ce soit à proximité même des aménagements qu'au niveau du bassin versant. Dans ce sens, entre 1949 et 2008, elle a ainsi perdu environ 14ha soit 25% de sa surface. Celle-ci est due au développement rapide et non encadré de cette zone industrielle. De 2008 à 2012, la surface de la mangrove est considérée comme stable (DEAL/SEPR/Unité Biodiversité, 2013).

Cette mangrove est donc constituée d'une succession écologique typique de ce type d'habitat, en lien avec les niveaux et temps d'immersion (liés à la marée). Une mangrove pionnière s'observe au niveau du front de mer (Figure 17), zone principalement concernée par le projet du PEM. Elle est formée par les espèces *Sonneratia alba* et *Avicennia marina*. Cette mangrove perhaline de front de mer est la plus exposée au projet, et représente 1,99 ha. La zone centrale de la mangrove est composée de peuplements à *Rhizophora mucronata*, associé à *Bruguiera gymnorhiza*. La zone interne de la mangrove est occupée par des peuplements de *Ceriops tagal* dominants associés à *Avicennia marina*. La bordure Nord-Ouest de la mangrove est occupée par un faciès riche en *Lumnitzera racemosa*. L'arrière-mangrove est constituée par *Erythrina fusca*, *Heritiera littoralis* et *Phoenix reclinata*. Au sud-ouest de la mangrove, une zone marécageuse est pâturée et cultivée. Celle-ci est dominée par des herbacées semi-aquatiques auxquelles s'associent *Ipomea pescaprae* et *Canavalia rosea*. (DEAL/SEPR/Unité Biodiversité, 2013, Figure 18).



Légende

- Mangrove de Kaweni
- Front de la mangrove
- Limite du Projet



0 250 500 750 1000 m

Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), ONF (Mangrove)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 17 : Délimitation de la mangrove de Kaweni et du front de la mangrove.

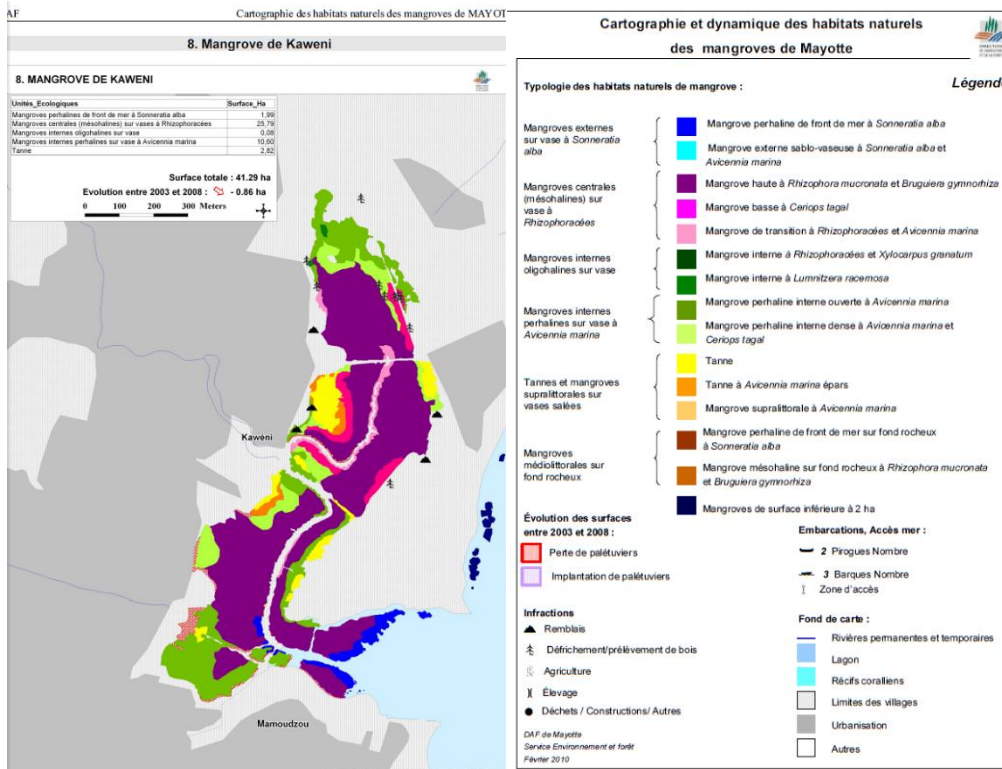


Figure 18 : Cartographique des habitats naturels de la mangrove de Kaweni. D'après Cremades, 2010.



Figure 19 : Mangrove perhaline (*Sonneratia alba* et *Avicennia marina*) (© Biotope, 2019)

3.2 La faune

Les oiseaux

Au regard de l'habitat, sur la base d'une expertise ciblée et d'une analyse bibliographique³, il apparaît que la mangrove de Kawéni accueille une diversité intéressante d'espèces d'oiseaux, à savoir environ 20 espèces (voir ci-dessous, liste donnée à titre indicative).

³ Rocamora, 2004 & DEAL, 2013

Tableau 3 : Liste des espèces recensées dans la mangrove de Kaweni (données bibliographique et expertise 2019)

Nom commun	Espèce	Nom commun	Espèce
Bulbul malgache	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	Héron garde bœuf	<i>Bubulcus ibis</i>
Chevalier aboyeur	<i>Tringa nebularia</i>	Héron vert	<i>Butorides striata</i>
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>	Martin pêcheur	<i>Corythornis vintsioides</i>
Corbeau pie	<i>Corvus albus</i>	Martin triste	<i>Acridotheres tristis.</i>
Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>	Moucherolle	<i>Terpsiphone mutata,</i>
Epervier de Frances	<i>Accipiter francesii</i>	Oiseau-lunettes	<i>Zosterops maderaspatanus</i>
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	Souimanga de Mayotte	<i>Nectarinia coquerellii</i>
Foudi	(<i>Foudia madagascariensis</i>)	Spermète à capuchon	<i>Lonchura cucullata</i>
Grande aigrette	<i>Ardea alba</i>	Tourterelle du Cap	<i>Streptopelia capicola</i>
Crabier blanc	<i>Ardeola idae</i>	Tourterelle peinte	<i>Nesoenas picturata</i>
Guepier malgache	<i>Merops superciliosus</i>		

Parmi ces espèces, il est possible de distinguer deux types de cortèges :

- Les espèces forestières ou assimilées (pouvant nicher dans la mangrove),
- Les espèces en transit, alimentation ou repos dans la mangrove.

Le cortège des espèces forestières (nicheuses certaines/possibles/potentielles) est constitué d'un ensemble d'oiseaux qui profitent des différentes strates de la végétation pour y installer leur nid. Des espèces indigènes (endémiques pour certaines) y nichent comme : Bulbul malgache (*Hypsipetes madagascariensis*), Epervier de Frances (*Accipiter francesii*), Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*), le Souimanga (*Nectarinia coquerellii*), l'Oiseau-lunette (*Zosterops maderaspatanus*), la Moucherolle (*Terpsiphone mutata*), le Héron strié (*Butorides striata*), le Martin-pêcheur (*Corythornis vintsioides*).

D'autres espèces fréquentent donc la mangrove en transit, alimentation ou repos, que ce soit durant la période de nidification ou en période de migration. Parmi ces espèces, certaines sont assez typiques des zones humides. Le rare Crabier blanc (*Ardeola idae*) a déjà été observé dans cette mangrove, tout comme d'autres limicoles ou hérons comme la Grande aigrette (*Ardea alba*), le Héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*), le Chevalier aboyeur (*Tringa nebularia*), le Chevalier guignette (*Actitis hypoleucos*) ou le Courlis corlieu (*Numenius phaeopus*). D'autres espèces remarquables fréquentent aussi occasionnellement cette zone humide, telles que le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus*).

Les principales menaces pesant sur l'avifaune au niveau de cette mangrove en premier lieu les comblages/remblaiements de mangrove et les constructions sur le littoral (dans le DPM), et dans un second temps la pollution par les déchets et le dérangement (Rocamora, 2004). Rocamora, 2004, propose une liste de mesure de conservation pour la mangrove de Kaweni. Il serait également opportun de sensibiliser les riverains et les municipalités à la pollution par les déchets. Il est à noter que cette mangrove présente un bon potentiel pour l'écotourisme.

Les autres espèces

Pour d'autres espèces, la mangrove peut jouer un rôle important, que ce soit pour l'alimentation que pour la reproduction. Concernant les faune aquatique et marine, les eaux de la mangrove peuvent constituer des habitats particuliers (pour les anguilles ou différentes espèces marines).

S'agissant des reptiles, cet habitat forestier constitue un support intéressant pour certaines espèces, en particulier en arrière-mangrove (zone plus sèche). Parmi les espèces remarquables, certaines sont fortement probables telles que *Phelsuma robertmertensi*, espèce endémique de Mayotte (Augros & al., 2019).

Enfin, cette mangrove constitue également un milieu favorable à un cortège d'invertébrés, que soient les insectes, des crustacés ou des mollusques.

3.3 Synthèse des enjeux liés à la mangrove : bioévaluation

Mayotte présente un contexte physique et naturel favorable au développement des mangroves, habitats naturels littoraux bien particulier. Ainsi, il a été recensé plus de 25 mangroves (DAF, 2006), représentant une superficie d'environ 666 ha (Cremades, 2010). L'évolution surfacique de ces habitats montre une diminution, témoignant des pressions anthropiques pesant sur ces milieux (érosion, dégradation du bassin versant, défichement...).

En termes de surface, la mangrove de Kawéni est la 3^{ème} plus grande de Mayotte, ce qui constitue un ensemble écologique remarquable à l'échelle de l'île. A l'instar d'autres mangroves, elle subit toutefois une légère érosion surfacique depuis 2003, bien que cela soit moins marquée par rapport à d'autres sites (perte de 2 % depuis 2003 ; Cremades, 2009).

L'intérêt patrimonial de ce milieu est avéré. Concernant les habitats et la flore, elle présente donc une succession écologique typique des mangroves, avec un habitat perhalin, une zone centrale et une arrière-mangrove. Parmi les éléments remarquables, il est à noter le développement de 5 espèces de palétuviers (sur les 7 connues et recensées à Mayotte), dont le remarquable *Bruguiera gymnorrhiza* ou *Erythrina fusca* (tous deux, vulnérables sur la liste rouge UICN de Mayotte).

Pour la faune, l'intérêt réside principalement dans l'habitat d'espèces que constitue cette mangrove. Elle accueille ainsi de nombreux oiseaux, que ce soit en nidification ou transit (repos, alimentation). Certaines espèces remarquables et menacées fréquentent ce site de manière plus ou moins régulière, telles que le Crabier blanc (*Ardeola idae*) ou la Grande Aigrette (*Ardea alba*), toutes deux menacées à Mayotte (respectivement en danger critique et en danger sur la liste rouge UICN de Mayotte).

Au regard de cette évaluation, la mangrove de Kawéni présente donc un enjeu écologique fort.

4 Environnement naturel marin

4.1 Description générale des habitats marins

Une première base bibliographique et cartographique a permis de dresser une première cartographie des habitats simplifiés (source : Parc Naturel Marin de Mayotte - Figure 20). Une expertise complémentaire a été réalisée au travers de prospections vidéo (vérité terrain) permettant de confirmer les zones délimitées et la nature des fonds. Au total, 43 points vidéo ont été réalisés sur l'ensemble de la zone d'étude (se référer au détail de la méthodologie présentée en annexe).



Habitats marins identifiés au niveau de la zone d'étude

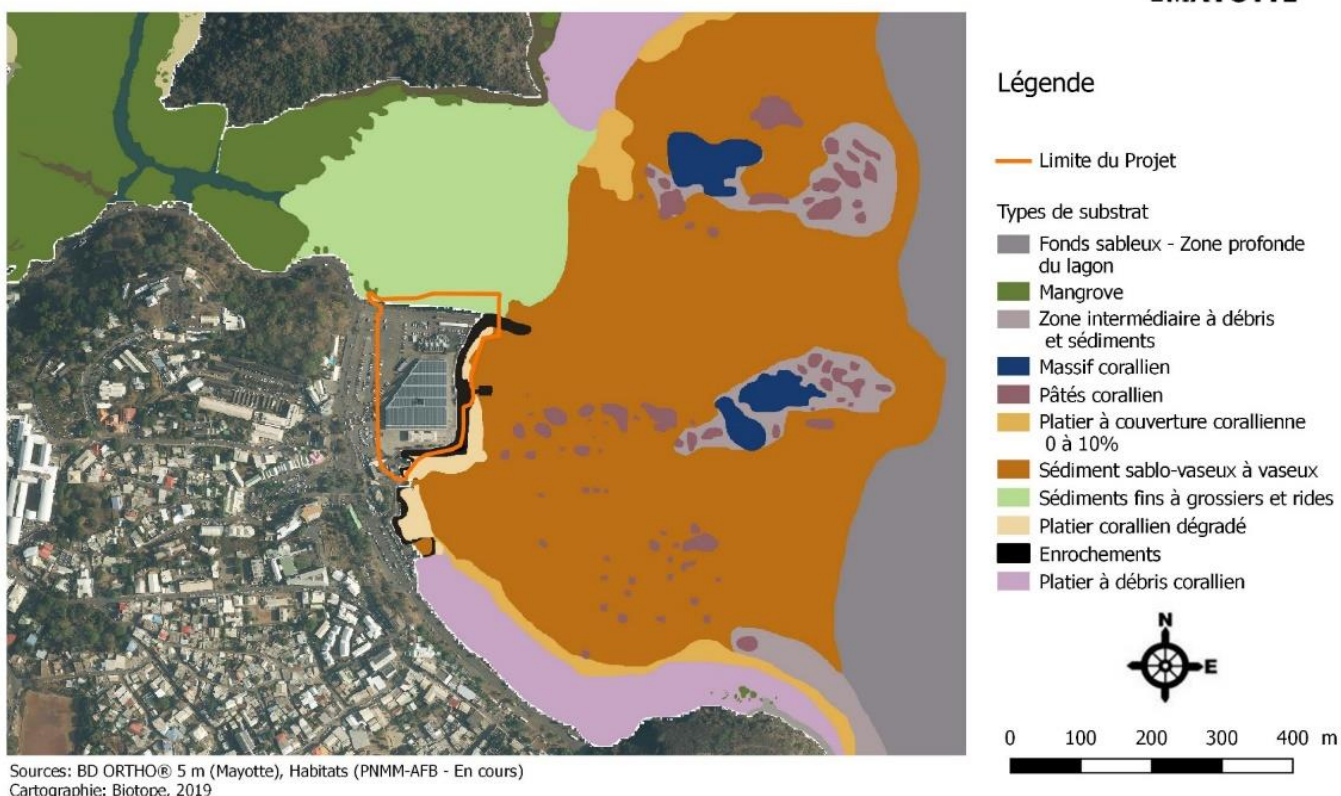


Figure 20 : Cartographie des habitats marins de la zone concernée par le projet. Carte en cours de réalisation par AFB-PNMM.

La zone d'étude se caractérise ainsi par trois grands types d'habitats, se décomposant de la sorte :

- Des **substrats meubles** (majorité de la zone d'étude) recouverts partiellement d'algues, présentant deux types :
 - Sédiments fins à grossiers au droit de la mangrove,
 - Sédiments vaseux sur le reste de la zone d'étude.
- Des **massifs et pâtés coralliens** à couverture corallienne variable (de 0% à 30%). Ces habitats sont présents de façon éparse. La couverture corallienne apparaît comme moyenne (>5% mais inférieure à 50%). Ces massifs sont de tailles variables (diamètre de 5 à plus de 100m ; hauteur de moins de 1 mètre à plus de 10 m) et présentent une faible diversité en coraux durs. Certains sont supérieurs à 6m de haut, présentant des communautés différentes entre le haut du massif et le tombant. Les massifs les plus importants sont proches de la surface à marée basse (1 à 2m) augmentant ainsi la disponibilité en lumière dans cette zone très turbide, et favorisant le développement des scléractiniaires. De nombreux coraux mous ainsi que des gorgones sont observés indiquant un habitat probablement dégradé dans cette zone visiblement riche en nutriment et soumise au courant. En effet, une épaisse couche de vase (plusieurs centimètres à minima) est observée sur une bonne partie des massifs limitant le recrutement des scléractiniaires. Les massifs les plus proches du projet sont situés à 56 m. On les retrouve principalement sur un axe au droit du coin sud-est du marché couvert. Ces massifs sont particulièrement isolés par des zones sableuses.
- Des **zones de platiers** discontinues le long de la côte. Ils présentent une vitalité corallienne variable et des débris coralliens en nombre plus ou moins important.

La



- A : Substrats meubles à sédiments fins à grossiers, présence partielle de rides sédimentaires et de recouvrement algal
- B : Substrats meubles à sédiments très fins (vaseux)
- C : Platier, couverture corallienne 0 à 10%
- D : Massifs coralliens érodés
- E : Pâtés coralliens
- F : Zone intermédiaire à débris et sédiments
- G : Massif corallien
- H : Zone de transition, fin du platier corallien et début du platier à débris corallien

A

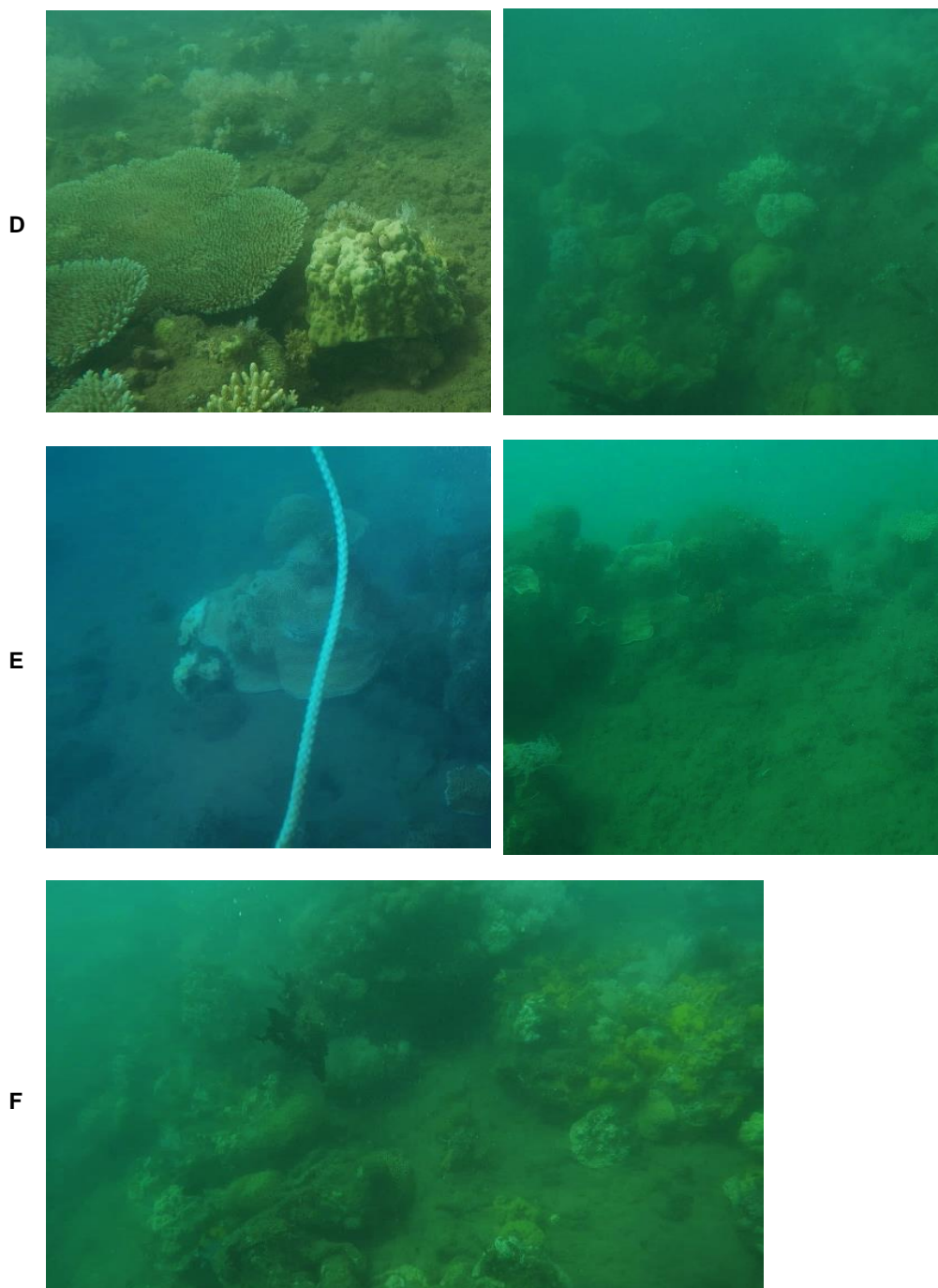


B



C







H



G

illustrent ces grands types d'habitats.

La zone du projet est donc principalement une zone dominée par les sédiments (substrat meuble) de type vase. Quelques massifs et pâtés coralliens sont cependant présents malgré des conditions environnementales peu favorables à leur développement (marées, courants, turbidité). Ces massifs et pâtés seront caractérisés dans les parties suivantes. Cette première approche laisse à penser que la zone d'étude présente des habitats qualifiés comme dégradés.



- A : Substrats meubles à sédiments fins à grossiers, présence partielle de rides sédimentaires et de recouvrement algal
- B : Substrats meubles à sédiments très fins (vaseux)
- C : Platier, couverture corallienne 0 à 10%
- D : Massifs coralliens érodés
- E : Pâtés coralliens
- F : Zone intermédiaire à débris et sédiments
- G : Massif corallien
- H : Zone de transition, fin du platier corallien et début du platier à débris corallien



A



*Etude des biocénoses marines
(LOT 3)*

B



C



*Etude des biocénoses marines
(LOT 3)*

D



E



*Etude des biocénoses marines
(LOT 3)*

F

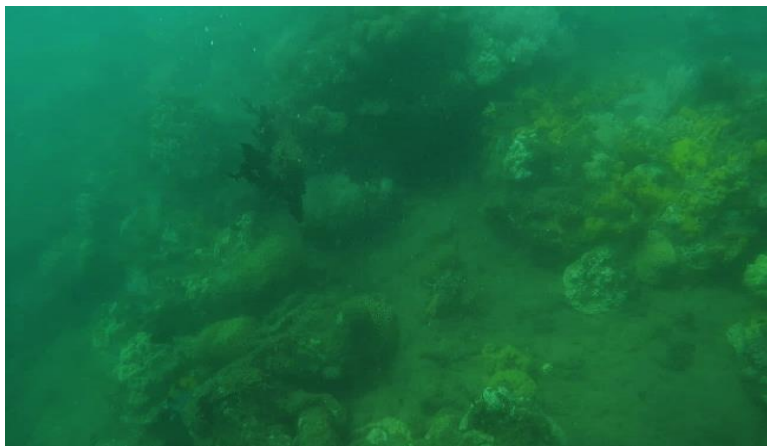


Figure 21 : Illustration des différents habitats identifiés dans la zone
d'étude par reconnaissances vidéo (Biotope, 2019)

G



H



*Etude des biocénoses marines
(LOT 3)*

4.2 Biocénoses de substrats durs

Dans la zone d'influence du projet, pour les peuplements benthiques des substrats durs, les massifs et pâtés coralliens les plus proches du projet ont fait l'objet d'une expertise (voir les zones et trajets parcourus en plongée, présentés en Figure 22). Pour cette caractérisation, il a été étudié les peuplements benthiques fixes et mobiles, ainsi que les poissons (faune ichtyologique).



Trajets parcourus en plongée pour l'évaluation des biocénoses marines



Légende

— Limite du Projet

Types de substrat

- Fonds sableux - Zone profonde du lagon
- Mangrove
- Zone intermédiaire à débris et sédiments
- Massif corallien
- Pâtés corallien
- Platier à couverture corallienne 0 à 10%
- Sédiment sablo-vaseux à vaseux
- Sédiments fins à grossiers et rides
- Platier corallien dégradé
- Enrochements
- Platier à débris corallien

↪ Trajet plongée



0 75 150 225 m

Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), Habitats (PNMM-AFB - En cours)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 22 : Illustration des trajets parcourus en plongée pour l'évaluation des biocénoses marines des massifs coralliens.

4.2.1 Les peuplements benthiques

Massifs coralliens

Peuplements benthiques sessiles

Deux massifs distincts ont été explorés durant une plongée. Ces massifs sont assez hétérogènes en couverture corallienne. Un massif a été exploré pendant la majorité de la plongée, il présente un recouvrement très hétérogène. Le centre du massif, relativement plat, est plus soumis à la sédimentation, et est majoritairement érodé et recouvert de vase et de débris coralliens et galets. Quelques colonies coralliennes (coraux durs) sont présentes mais la majorité des colonies coralliennes appartiennent aux coraux mous (Figure 23).



Figure 23 : Nature du fond de la partie centrale du massif corallien. Les colonies très blanches sont des coraux mous.

Les bords et le tombant du massif présentent une pente et une exposition au courant un peu plus importante, la couverture corallienne est plus importante (Figure 24). De nombreux coraux fouet sont présents, ainsi que des gorgones pluridécimétriques à métriques, et aussi des colonies de *Tubastrea sp.* très développées et des éponges barriques *Xestospongia sp.*



Figure 24 : Nature des fonds sur les bords du massif. Le recouvrement corallien (corail dur) est plus important (© Biotope, 2019)

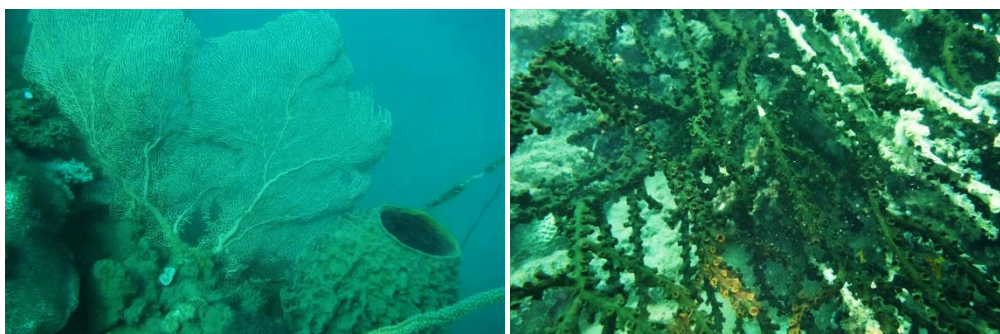


Figure 25 : A gauche, grande gorgone *Annella sp.* et éponge barrique *Xestospongia sp.* A droite *Tubastrea sp.*

Les colonies sont principalement de formes tabulaires (coraux acropores) et de formes encroûtantes et massives (coraux non acropores). Les formes branchues et submassives sont presque inexistantes. Les principaux genres rencontrés sont au nombre de 16, et sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Liste non exhaustive des genres de scléactiniaires et coraux mous recensés sur le massif (les genres suivis d'un astérisque ont été recensés hors transect).

Liste des genres	
<i>Acropora sp.</i>	<i>Lobophyllia sp.</i>
<i>Annella sp.*</i>	<i>Lobophytum sp.*</i>
<i>Dendronephthya sp.*</i>	<i>Pachyseris sp.</i>
<i>Diploastrea sp.</i>	<i>Platygyra sp.</i>
<i>Favia sp.</i>	<i>Pocillopora sp.</i>
<i>Favites sp.</i>	<i>Porites sp.</i>
<i>Galaxea sp.</i>	<i>Sinularia sp.</i>
<i>Goniastrea sp.</i>	<i>Tubastrea sp.*</i>

Suite à l'analyse des quadrats (n=10) sur l'ensemble du site, il ressort une dominance de substrat dur envasé et recouvert de sédiments (environ 45%, Figure 26). La couverture corallienne (coraux durs) est de 20,8% +/- 2,7 (vitalité corallienne 29,5% +/- 4,7) et celle de coraux mous est de 2,36% +/- 0.58. La couverture algale est de 16,07% +/- 2.06, et les différents turfs rencontrés sont globalement recouverts de sédiments.

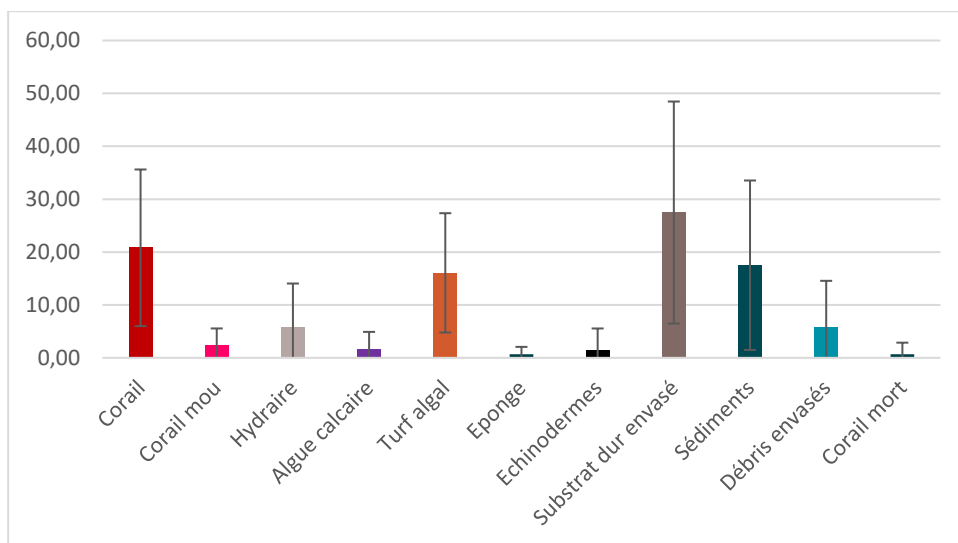


Figure 26 : Types de recouvrement observés au niveau du massif, issu des analyses effectuées sous le logiciel CPCE. Les barres d'erreur correspondant à l'écart type.

Les coraux Non Acropores (NAC) sont les plus présents (90,3% contre 9,7% pour les CAC). Les formes les plus représentées étant les formes encroûtantes (77,4%) puis massives (12,9%) et enfin branchues (9,7%). La dominance des formes encroûtantes témoignent d'un hydrodynamisme marqué.

Il est à noter qu'un autre massif corallien a été parcouru en fin de plongée. Il semble présenter une couverture corallienne plus importante (non quantifiée – cf. Figure 27). Les deux massifs sont séparés par une bande de sédiments et substrats durs non colonisés.



Figure 27 : Type de recouvrement observé sur le second massif présentant une couverture corallienne relativement importante en scléactiniaires et coraux mous (© Biotope, 2019)

Peuplements benthiques vagiles

Concernant les peuplements benthiques vagiles, seul un échinoderme a été recensé dans les différents quadrats (crinoïde non identifiée, n=1). En dehors des quadrats, un individu de mollusque porcelaine -*Cypraea tigris*- a été observé ainsi que plusieurs individus d'une holothurie remarquable -*Stichopus hermanni*- (liste rouge UICN « vulnérable ») et une étoile de mer -*Culcita sp.*- (Figure 28).

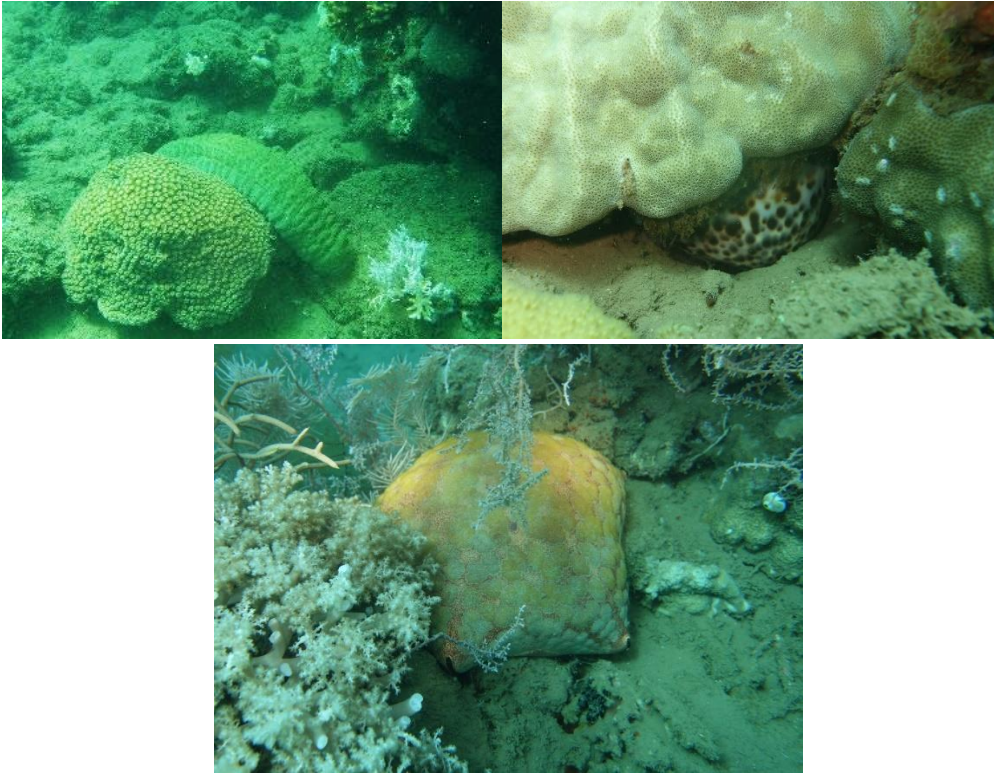


Figure 28 : Faune benthique vagile observée sur le massif. En haut à gauche *Stichopus hermanni*, en haut à droite *Cypraea tigris* et en bas *Culcita sp* (© Biotope, 2019)

Pâtés coralliens

Peuplements benthiques sessiles

Situé plus proche de la côte, il s'observe la présence de pâtés coralliens pluridécimétriques (Figure 29) à plurimétriques, qui présentent des recouvrements hétérogènes en algues et coraux. Ces pâtés sont isolés par un substrat meuble de type vaseux, et sont fortement soumis à la sédimentation pour les plus petits. De nombreux coraux fouet sont présents, ainsi que quelques gorgones et des éponges barriques *Xestospongia sp.*



Figure 29 : A gauche : exemple d'un pâté de substrats durs entouré par un substrat meuble de type vase. A droite, illustration du massif corallien observé en fin de plongée (© Biotope, 2019)

Il ressort deux types d'habitats : (i) les pâtés pluridécimétriques à métriques plus soumis à l'envasement présentant un recouvrement corallien faible, et (ii) les pâtés plurimétriques moins soumis à l'envasement présentant un recouvrement corallien plus important.

Concernant les pâtés pluridécimétriques à métriques (Figure 30, n= 8 quadrats), le recouvrement corallien (coraux dur) est faible et hétérogène (6,4% +/- 1,74, Figure 31). Les coraux mous sont bien présents (21,0% +/- 2,84) ainsi que les macroalgues (*Halimeda sp.*, *Dictyota sp.*, Figure 32, 12,14% +/- 2,08). Le substrat envasé (sédiments, substrat dur envasé, débris envasés) représente une part importante de la surface étudiée (environ 45%). Les coraux durs observés sont presque exclusivement des non-acropores (NAC à 93,3%), représentés par 92,9 % de formes encroûtantes et 7.1 % de non acropores branchus. Enfin, les acropores branchus sont peu nombreux (6.7%).



Figure 30 : Illustrations de colonisation présentes sur les pâtés de substrats durs. Selon la géomorphologie des pâtés, ils sont plus ou moins soumis à la sédimentation et laisse plus ou moins place à l'installation d'algues ou de colonies coralliennes (© Biotope, 2019)

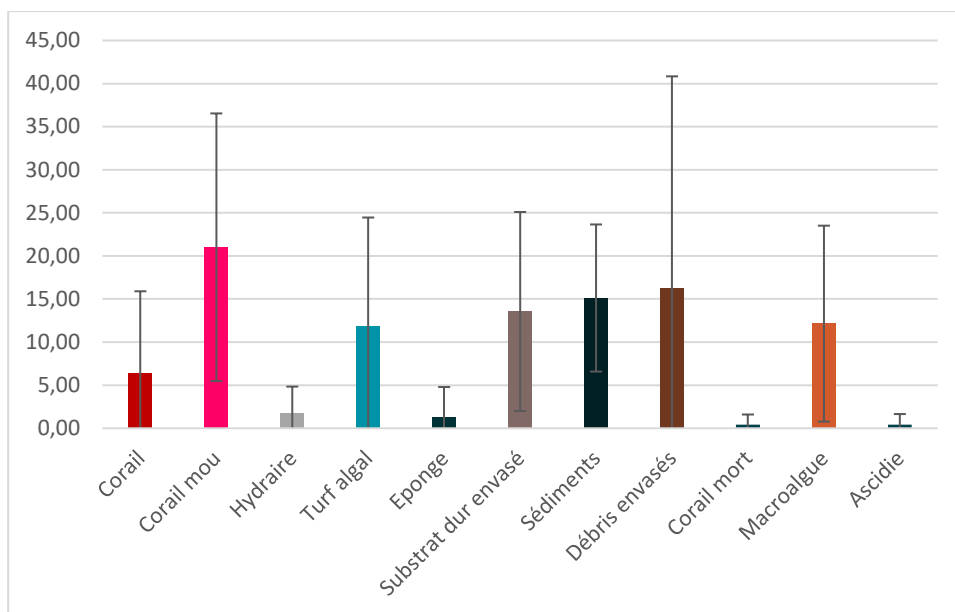


Figure 31 : Types de recouvrement observés au niveau des pâtés coralliens, issu des analyses effectuées sous le logiciel CPCE. Les barres d'erreur correspondant à l'écart type.



Figure 32 : Illustrations d'algues se développant au niveau des pâtés coralliens. A gauche *Halimeda sp.*, à droite *Dictyota sp.* (© Biotope, 2016)

Concernant les pâtés plurimétriques (Figure 33, n= 7 quadrats), le recouvrement corallien est nettement plus important et moins hétérogène, soit 44,55% (+- 3,98). Les coraux mous et les macro-algues sont absents. Le substrat et les turfs algaux sont nettement moins envasés. Plusieurs espèces d'éponges et d'ascidies sont présentes et couvrent respectivement 5,9% +- 1,1 et 3,5% +- 0,81 des quadrats.

Les coraux durs observés sont majoritairement représentés des formes non-acropores (NAC=59,6%), dominées par des formes majoritairement encroûtantes et massives. Les coraux Acropores (40,4%) sont majoritairement des branchus (66,7% des Acropores) mais des formes tabulaires sont également relevées (Figure 34).



Figure 33 : Exemple des colonisations présentes sur les pâtés plurimétriques (© Biotope, 2019)

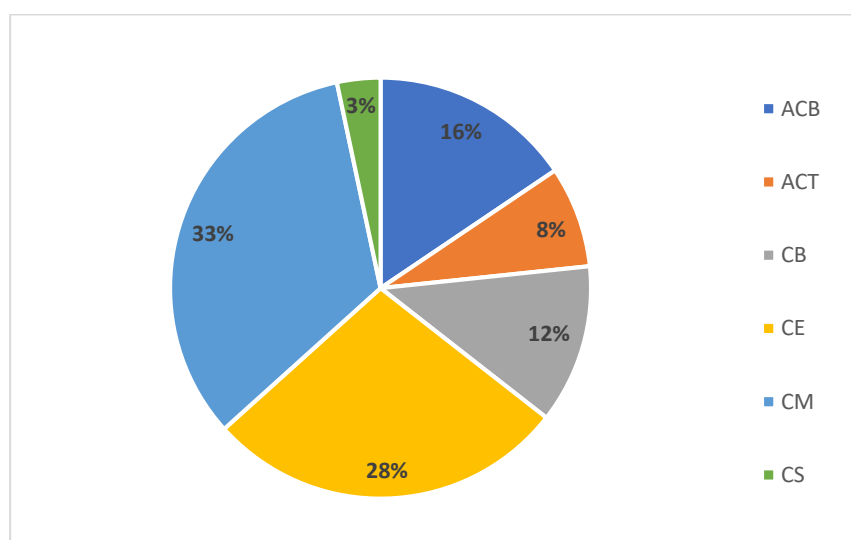


Figure 34 : Types de formes rencontrés au niveau des grands pâtés corallien.

Les genres rencontrés durant l'ensemble de cette prospection sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Liste non exhaustive des genres présents sur les pâtés coralliens à proximité du projet.

Liste des genres	
<i>Acropora sp.</i>	<i>Leptoseris sp.</i>
<i>Annella sp.</i>	<i>Lobophyllia sp.</i>
<i>Cyphastrea sp.</i>	<i>Pachyseris sp.</i>
<i>Diploastrea sp.</i>	<i>Pavona sp.</i>
<i>Favia sp.</i>	<i>Platygyra sp.</i>
<i>Favites sp.</i>	<i>Plerogyra sp.</i>
<i>Fungia sp.</i>	<i>Porites sp.</i>
<i>Galaxea sp.</i>	<i>Seriatopora sp.</i>
<i>Herpolitha sp.</i>	<i>Tubastrea sp.</i>
<i>Lemnalía sp.</i>	

Peuplements benthiques vagiles

Concernant les peuplements benthiques vagiles, aucun échinoderme n'a été recensé dans les différents quadrats. En dehors des quadrats, plusieurs individus de *Stichopus hermanni* (holothurie remarquable) et *Culcita sp.* (*étoile de mer*) ont été observés.

Zone de platier

La zone de platier est localisée au niveau de la pointe Mahabou (Figure 35, cf. Figure 20). Elle a été explorée rapidement en nage libre (à l'aide des points de reconnaissance vidéo). Elle correspond bien à une zone de platier à couverture corallienne faible (5 à 10%), incluse dans la ZNIEFF Mer de type 2 « Récif frangeant de Grande terre et Petite terre ».



Figure 35 : Couverture corallienne observée au niveau du platier de la pointe Mahabou. La couverture moyenne est estimée entre 5 et 10 % (© Biotope, 2019)

4.2.2 Les peuplements ichtyologiques

Pour les poissons, les peuplements sont associés à l'habitat d'espèce de la zone d'étude. En référence à l'expertise des peuplements benthique, il ressort deux grands types d'habitats : les **pâtés coralliens** et les **massifs coralliens**. Pour rappel, la zone d'étude s'inscrit dans un environnement benthique dominé par le substrat meuble, ce qui limite le développement d'une faune et flore typiques des récifs coralliens. Toutefois, la présence de substrat dur permet l'accueil et le développement de la faune ichtyologique, avec notamment un développement moins important de la faune ichtyologique au niveau des pâtés coralliens. Concernant les massifs coralliens, les poissons présentent davantage la typicité des peuplements des zones coralliennes de Mayotte, bien que ces derniers soient plutôt appauvris au regard du contexte hydro-sédimentaire global de la zone d'étude. Pour des peuplements se développant à faible profondeurs (entre -2 et -10m), les différents relevés (n=8) ont mis en évidence une richesse spécifique totale de 66 espèces, pour 19 familles et une abondance totale de 1526 individus (soit une moyenne de 190.7 ind./m²).

Les pâtés coralliens

Comme cela est précisé dans la description des habitats et des peuplements benthiques, ces pâtés coralliens sont donc constitués de roches isolées et colonisées par des algues, des coraux (...), dans un environnement dominé par un substrat sédimentaire. Il est à noter que la turbidité est assez marquée, ce qui limite le développement d'une faune diversifiée.

Richesse et abondance

Ces habitats présentent une richesse spécifique de 33 espèces pour un total de 12 familles, avec une richesse spécifique moyenne de 13.25 espèces pour une moyenne 7.7 familles. L'abondance totale est de 460 individus, soit une moyenne de 115 ind./50m². Ces résultats témoignent de peuplements assez pauvres pour Mayotte pour des habitats coralliens.



Figure 36 : pâtés coralliens et son peuplement ichtyologique (© Biotope, 2019)

Représentativité des familles et structuration trophique

La représentativité des familles (Figure 37) montre une dominance des espèces omnivores et carnivores (consommant de petits invertébrés), telles que les poissons demoiselles (Pomacentridae), les labres (Labridae), les poissons papillon (Chaetodontidae), soit respectivement 9, 5 et 5 espèces (57,5 % de l'ensemble des espèces recensées au niveau du platier). Les autres espèces sont présentes de manière plus ponctuelle. Enfin, parmi les carnivores et prédateurs de poissons, aucune famille n'a été recensée. Cette répartition des familles témoigne d'habitats coralliens appauvris, ce qui semble assez logique au regard de l'environnement sédimentaire général.

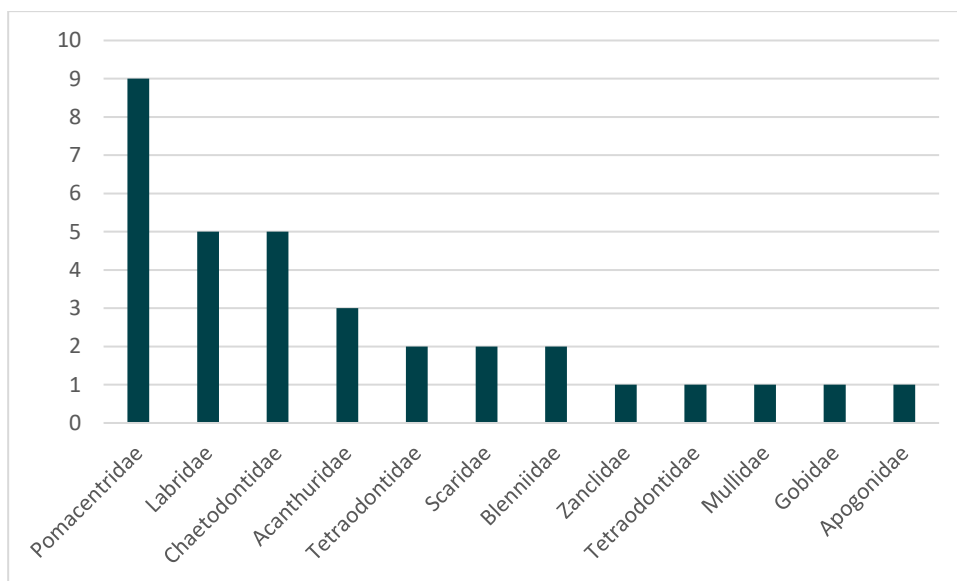


Figure 37 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage

En considérant la structuration trophique du peuplement, les carnivores (dominés par les mangeurs de petits invertébrés) représentent 48.8 % du peuplement, les omnivores 27.7 % et les herbivores 24.2 %. Ces proportions correspondent à une structure trophique assez éloignée des peuplements coralliens en bonne santé (Harmelin-Vivien, 1979 ; Wickel & al., 2014), avec une proportion plus importante des carnivores (généralement supérieur à 75 % pour les peuplements des habitats coralliens bien préservés du canal du Mozambique).

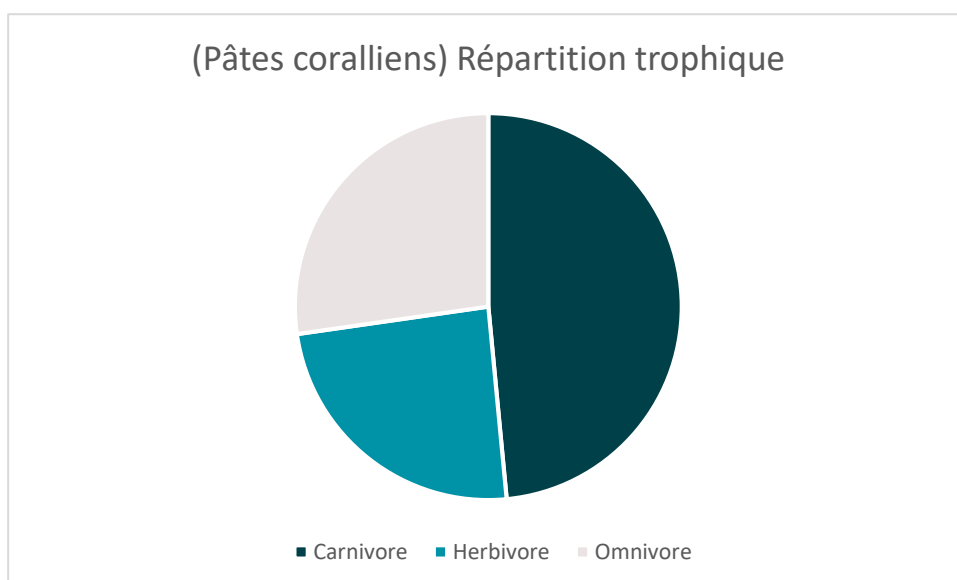


Figure 38 : Répartition des régimes trophiques (en fonction des espèces)

Enfin, pour les espèces courantes, les poissons demoiselles (pomacentridae) dominent largement les peuplements, avec *Chromis viridis*, *Chromis ternatensis*, *Dascyllus aruanus* et *Pomacentrus pikei*. Sur les zones meubles à proximité, un petit gobie se retrouve localement

(*Amblygobius albimaculatus*). Pour les autres espèces, elles restent présentes de manière ponctuelle.

Sur le plan halieutique, les espèces d'intérêt commercial sont peu nombreuses, avec 4 espèces pour 11 individus (Mullidae, Scaridae, Siganidae), avec des poissons de petite taille.

Les massifs coralliens

Ces massifs sont assez hétérogènes en couverture corallienne, avec un recouvrement dominé par coraux mous.

Richesse et abondance

Pour cet habitat, la richesse spécifique est de 49 espèces pour un total de 17 familles, avec une richesse spécifique moyenne de 20.5 espèces pour une moyenne 9.5 familles. L'abondance totale est de 1066 individus, soit une moyenne de 226 ind./50m². Ces résultats témoignent de peuplements encore assez pauvres pour Mayotte, bien que plus fournis que les pâtés coralliens.



Figure 39 : Les massifs coralliens et leur peuplement ichthyologique associé (© Biotope, 2019)

Représentativité des familles et structuration trophique

A l'instar pâtés coralliens, la représentativité des familles (Figure 40) est dominée par des espèces omnivores et carnivores (consommant de petits invertébrés), telles que les poissons demoiselles (Pomacentridae), les labres (Labridae), les poissons papillon (Chaetodontidae), soit respectivement 12, 6 et 6 espèces (48 % de l'ensemble des espèces recensées au niveau des massifs coralliens). Les herbivores sont aussi présents avec les poissons chirurgiens (Acanthuridae), pour 6 espèces. Les piscivores sont peu présents, avec 1 espèce (serranidae). Cette structuration témoigne donc d'un peuplement plutôt appauvri de récifs coralliens.

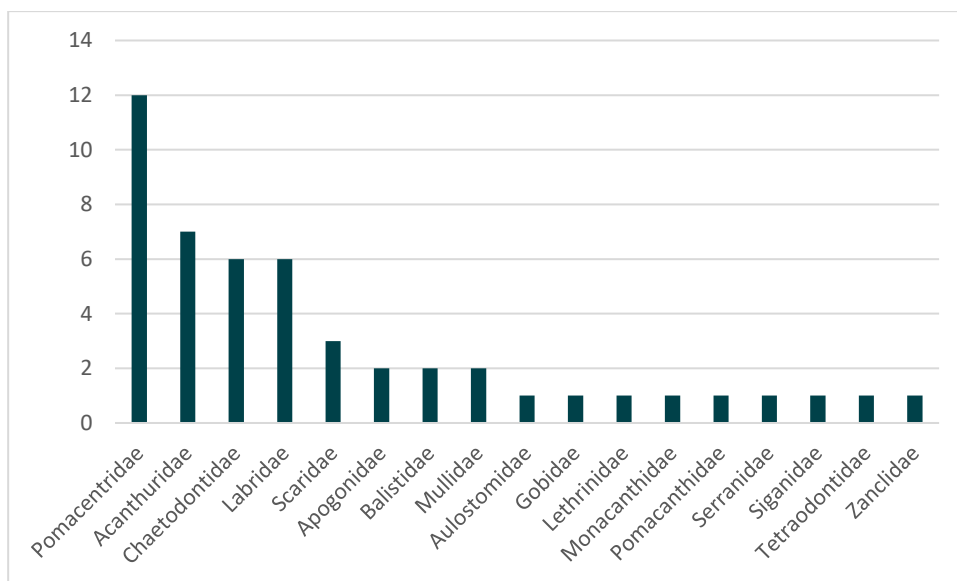


Figure 40 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces

A l'instar des pâtés coralliens, la structuration trophique du peuplement, les carnivores (mangeurs de petits invertébrés) restent supérieurs à 50 %, bien que les herbivores et omnivores restent importants (respectivement 24.4 % et 20.4 %). Ce ratio reste encore éloigné des structururations typiques des peuplements des récifs coralliens (carnivores > 75 %), ce qui montrent que ces massifs coralliens sont peu structurés.

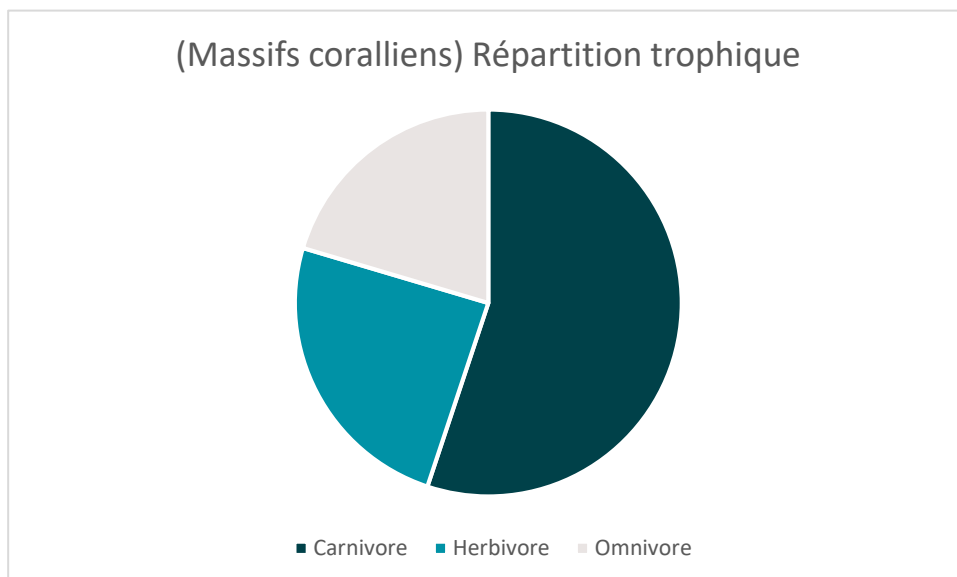


Figure 41 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)

Enfin, les espèces les plus courantes sont globalement similaires à celles rencontrées sur les pâtés coralliens, largement dominées par les pomacentridae, dont certaines espèces grégaires comme notamment *Chromis viridis*, *Chromis ternatensis*, *Dascyllus aruanus*. Pour les autres espèces, il s'agit de bancs de poissons comme *Acanthurus nigricauda* ou *Monotaxis grandoculis*,

ou des labres (*Cheilinus fasciatus*, *Epibulus insidiator*). Il est important de signaler la quasi-absence de piscivores (seulement 4 individus de *Cephalopholis boenak*).

4.2.3 Bioévaluation

L'études des communautés benthiques et ichtyologiques dans la zone d'étude permet d'évaluer des niveaux de sensibilités écologiques plus ou moins forts, basés sur divers critères. Deux niveaux de sensibilité concernent ainsi le projet :

- **Enjeu moyen** : peuplement où le développement corallien est faible à moyen (10 à 50%), présentant une diversité générique moyenne. L'habitat est moins soumis à l'envasement du fait de sa géomorphologie et présente des communautés coralliennes plus développées. Les peuplements coralliens sont caractéristiques des habitats similaires profonds (luminosité réduite par une turbidité excessive, nombreuses gorgones, éponges barrières, ...).
- **Enjeu faible** : peuplement où le développement corallien est faible (<10 %). Le milieu est fortement soumis à l'hydrodynamisme, et/ou des facteurs de dégradation des habitats (pollution, substrats peu colonisable, envasement, ...). De ce fait, les forces mécaniques et les particules en suspension sont beaucoup plus présentes et contraignent le développement corallien.

D'après cette approche, en se basant sur l'ensemble des données collectées, il est donc possible de réaliser une bioévaluation (Tableau 8). Il en ressort également une cartographie des enjeux écologiques dans la zone d'influence du projet (Figure 42). **Pour cette zone d'étude, il ressort donc que certains habitats et secteurs présentent des enjeux faibles et moyens. Cela concerne en particulier les massifs et pâtés coralliens majeurs.** Cette zone est influencée par un contexte urbain et l'embouchure de la mangrove (Kawéni), ce qui explique les caractéristiques d'un milieu dégradé (nombreux coraux mous, faible couverture corallienne, organismes affectionnant particulièrement les eaux chargés, ...).

Concernant la sensibilité écologique dans le cadre des travaux d'aménagement, ceux-ci ne devraient entraîner que peu de modifications notables des caractéristiques biotiques et abiotiques de l'habitat. Aucune destruction directe de l'habitat n'est à attendre. Les organismes sont des organismes adaptés à des conditions contraignantes de turbidité importante et d'exposition aux courants. Les travaux entraîneront probablement une augmentation de la turbidité et une possible modification du transit sédimentaire, mais la résistance de ces habitats peut être considérée comme « Haute », étant donné les conditions dégradées actuelles. Leur résilience devrait être également modérée à haute. La sensibilité de ces habitats peut ainsi être caractérisée de faible à modérée.

Tableau 6 : Description des différents habitats et communautés et critères pour définir leur enjeu écologique.

Peuplements	Habitats/Facies	Description	Enjeu
Habitats et communautés benthiques et ichtyologiques	Massifs coralliens et pâtés coralliens éparses majeurs	Couverture corallienne faible à moyenne (> 20%), dominance de non-acropores. Les peuplements ichtyologiques sont globalement appauvris. Ces habitats ne font pas partie des zones ZNIEFF dans la zone d'étude. Différentes espèces remarquables d'invertébrés : à minima 8 espèces déterminantes ZNIEFF, ainsi qu'une holothurie remarquable.	Moyen

Peuplements	Habitats/Facies	Description	Enjeu
	Pâtés coralliens éparses mineurs	Couverture corallienne < 10%, dominance de non-acropores et coraux mous. Les peuplements ichthyologiques sont globalement appauvris. A minima, 5 espèces d'invertébrés déterminantes ZNIEFF (Tableau 7), potentiellement 6 (incertitude sur <i>Culcita</i> sp.) sont présentes. Présence d'une espèce d'holothurie remarquable. Ces pâtés coralliens sont fortement colonisés par des coraux mous et peuplements algaux (<i>Halimeda</i> sp., <i>Dictyota</i> sp.). Du fait de leur géomorphologie peu développée, ils sont fortement soumis à l'envasement. Ces habitats ne font pas partie des zones ZNIEFF dans la zone d'étude	Faible
	Platier à recouvrement faible	Couverture corallienne entre 5 et 10%. Situé en zone ZNIEFF type 2. Présence d'une espèce d'holothurie remarquable. Zone relativement éloignée de l'emprise du projet.	Faible

Parmi les espèces, 8 sont qualifiées de remarquables (en considérant *Culcita schmideliana*), soit deux échinodermes et 6 anthozoaires. Cela témoigne d'habitats relativement appauvris.

Tableau 7 : Liste des espèces déterminantes ZNIEFF recensées durant les suivis et statut UICN international.

Espèces	Lieu d'observation	Statut UICN	ZNIEFF (espèce déterminante)	Enjeu
Echinodermes				
<i>Culcita schmideliana</i> (Retzius, 1805), Recensée en <i>Culcita</i> sp. durant ce suivi (impossibilité à différencier l'espèce in situ)	Observé sur l'ensemble de la zone	-	DET	Faible
<i>Stichopus herrmanni</i> Semper, 1868	Observé sur l'ensemble de la zone	Vulnérable	DET	Moyen
Anthozoaires				
<i>Acropora hyacinthus</i> (Dana, 1846)	Observé sur l'ensemble de la zone	Quasi-menacé	DET	Moyen
<i>Diploastrea heliophora</i> (Lamarck, 1816)	Uniquement sur les massifs et pâtés coralliens majeurs	Quasi-menacé	DET	Moyen
<i>Favites flexuosa</i> (Dana, 1846)	Uniquement sur les massifs et pâtés coralliens majeurs	Quasi-menacé	DET	Moyen
<i>Fungia fungites</i> (Linnaeus, 1758)	Uniquement sur les massifs et pâtés coralliens majeurs	Quasi-menacé	DET	Moyen
<i>Herpolitha limax</i> (Esper, 1797)	Observé sur l'ensemble de la zone	Préoccupation mineure	DET	Faible
<i>Plerogyra sinuosa</i> (Dana, 1846)	Observé sur l'ensemble de la zone	Quasi-menacé	DET	Moyen
<i>Seriatopora hystrix</i> Dana, 1846	Observé sur l'ensemble de la zone	Préoccupation mineure	DET	Moyen



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 42 : Cartographie des enjeux pour le milieu marin dans le cadre de ce projet

4.3 Biocénoses de substrats meubles


Le contexte sédimentaire de la zone d'étude correspond à un substrat vaseux, fortement influencé par le transit hydrosédimentaire en provenance du sud et nord de la zone d'étude (en particulier Passamaïnty), ainsi que la proximité de la mangrove de Kawéni. De manière générale, au regard des expertises réalisées, il semble apparaître un enjeu faible concernant la macrofaune benthique des substrats meubles (cortège appauvri, avec peu d'individus vivants).

L'analyse de la macrofaune benthique met en évidence une faune assez typique de zones à vases assez fines et fluides.

Sur la base des données de référence (suivi DCE), il ressort que les stations 2, 3 et 4 sont assez homogènes et proche des valeurs de référence de la zone élargie. Seule la station 1 semble plus appauvrie, sans qu'il soit réellement possible d'en identifier les causes (pollution ?).

En considérant la structure des peuplements, 4 espèces semblent dominer (*Macrophthalmus sp1* / *Linopherus microcephala* / *Amphiura sp.* / *Golfingia sp.*), reflètent notamment le caractère vaseux meuble du substrat (à l'exception de *Linopherus microcephala*).

Le régime trophique de ces espèces est constitué de détritivores de surface et d'herbivores, ce qui semble typique de cet habitat formé par de la vase et une charge organique notable (apport

 **Les analyses détaillées sont présentées en annexe 2.**

du bassin versant en MOT⁴). *Linopherus microcephala*, l'espèce la plus abondante, est Amphonimidae fréquentant les zone sablo-vaseuse, et tolérant les fortes valeurs de MOT dans les sédiments. Ce caractère est aussi relevé pour d'autres espèces, notamment les Callianasses et les Spionidae, qui peuvent se trouver dans les zones de vases, étant détritivore de surface et profitant de la matière organique pour s'alimenter.

De manière générale, la macrofaune benthique des substrats meubles est donc typique des habitats constitués de vases, dont la charge organique est assez importante. Cela est notamment lié au bassin versant, fortement influencé par les activités anthropiques et rejets associés. **Les enjeux pour ces espèces restent donc faibles.**

4.4 Mégafoune marine

4.4.1 Tortues marines

Au total, cinq espèces de tortues marines sont présentes dans le Sud-Ouest de l'océan Indien. A Mayotte, deux sont présentes tout au long de l'année et nidifie sur les côtes de l'île : la Tortue verte (*Chelonia mydas*) et la Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*).

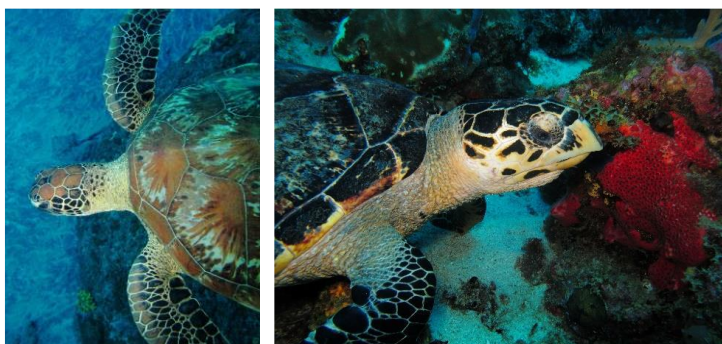


Figure 43 : Tortue verte (à gauche) et Tortue imbriquée (à droite). (© J.S. Philippe, Biotope, hors site)

La Tortue verte s'alimente principalement de phanérogames marines et semble présenter à Mayotte une haute-fidélité à un herbier marin sur un cycle pluriannuel et un fort attachement spatial à ce secteur (Taquet et al., 2006 ; Ballorain, 2010 in Philippe et al., 2014) alors que la Tortue imbriquée s'alimente principalement sur des algues (e.g. *Gracilaria salicornia*, *Acanthophora spicifera*, *Hypnea sp.*, *Dyctiota sp.*), éponges, calamars et coraux (Philippe et al., 2014). Ces deux espèces semblent trouver à Mayotte des sites d'alimentation, de développement et de reproduction favorables. Il est important de noter que plus d'un tiers des plages de l'île sont des sites de pontes (Figure 44).

⁴ Matière organique totale

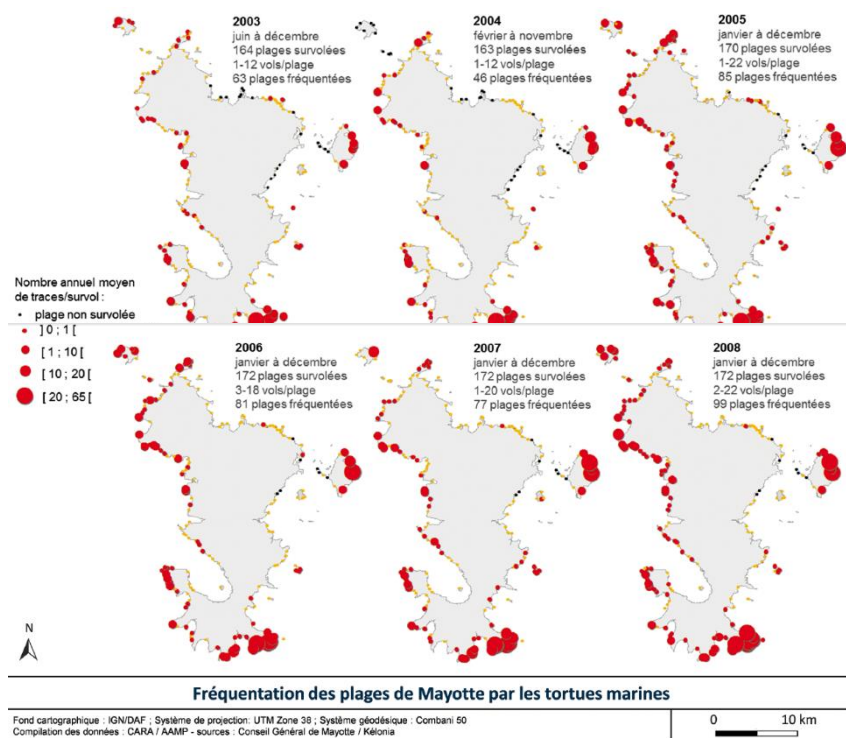


Figure 44 : Fréquentation des plages de Mayotte par les tortues marines, de 2003 à 2008. Estimations établies à partir de recensements aériens (ULM) des traces de tortues marines sur les plages, pour lesquelles le nombre de survols par année est variable (D'après les données de Kélonia, Conseil Général de Mayotte). Notons que l'exposition au soleil des plages de Petite-Terre lors des survols ULM affecte le comptage et conduit à une sous-estimation du nombre de traces de tortues marines. D'après Philippe et al., 2014.

Il est à noter que ces espèces sont menacées à l'échelle mondiale, présentant des statuts de conservation défavorables : « en danger » pour la Tortue verte et en « danger d'extinction » pour la Tortue imbriquée (Liste rouge UICN). Elles présentent donc un enjeu écologique très important. Plus particulièrement à Mayotte, les tortues marines font l'objet d'un braconnage important et d'un intérêt grandissant dans le développement du tourisme (Philippe et al., 2014). Des cas de collisions avec les navires sont également recensés occasionnellement.

Le manque de données historiques ne permet pas de conclure sur l'évolution de ces espèces. Cependant, les effectifs de tortue verte sont qualifiés d'importants, et ceux de tortue imbriquée qualifié de moyen à faible (Tableau 8 et Tableau 9).

Tableau 8 : Evolution des effectifs des tortues marines nidifiant à Mayotte. D'après Philippe et al., 2014.

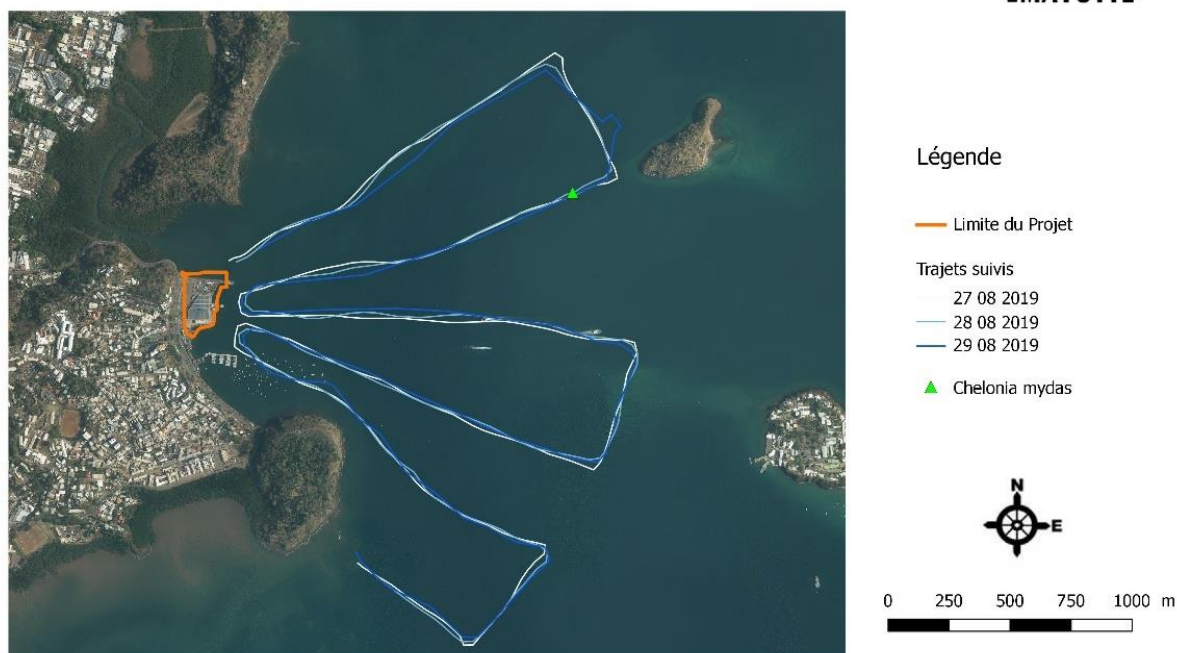
Espèce	Effectifs actuels	Évolution du XVII ^e au XIV ^e siècles	Évolution au cours du XX ^e siècle	Évolution depuis 2000
<i>Chelonia mydas</i>	Important	Inconnu	inconnu (donnée depuis 1994)	Légère augmentation
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Moyen à faible	Inconnu	Inconnu	Inconnu

Tableau 9 : Evolution des effectifs des tortues marines s'alimentant à Mayotte. D'après Philippe et al., 2014.

Espèce	Effectifs actuels	Localisation	stade	Évolution du XVII ^e au XIV ^e siècles	Évolution au cours du XX ^e siècle	Évolution depuis 2000
<i>Chelonia mydas</i>	Important	Lagon (récifs frangeants et barrières) et ZEE	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	Inconnu	Augmentation	inconnu
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Moyen	Lagon (récifs frangeants et barrières) et ZEE	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	Inconnu	inconnu	inconnu
<i>Caretta caretta</i>	Faible	Lagon (récifs frangeants et barrières) et ZEE	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Très faible	ZEE hors lagon	inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu
<i>Dermochelys coriacea</i>	Très faible	ZEE (dont) lagon	Adulte	Inconnu	Inconnu	Inconnu

Concernant la zone d'étude, aucun site de ponte n'est recensé à proximité. Les sites les plus proches sont ceux de Petite-Terre. Les données sont peu disponibles concernant cette zone d'étude en particulier (peu de données bancarisées). Le site ne semble pas présenter d'habitats favorables à l'alimentation des tortues : absence d'herbiers à phanérogames pour la tortue verte et présence localisée d'algues *Dictyota* sp. pour la tortue imbriquée. La zone d'étude peut donc plutôt constituer une zone de passage entre différents sites plus favorables aux espèces.

Des transects de prospection ont été réalisés pour la détection de la mégafaune marine (Figure 45). Ainsi, 3 transects ont été réalisés sur 3 jours (30,71 km), représentant une durée d'observation de 2,6 heures pour une surface couverte estimée à 5,15 km². Au total, 1 seule observation de tortue verte a été réalisée durant ces 3 suivis. La fréquence d'observation est donc de 0.03 individus/km. Le faible nombre de suivis, entraîne une robustesse des données faibles. Cependant, cela confirme que la tortue verte fréquente la zone de façon ponctuelle. Aucune tortue imbriquée n'a été observée.



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 45 : Transect de suivi mégafaune marine réalisé durant les expertises. La distance maximum au projet correspond à 1 mile nautique.

Bioévaluation : synthèse des enjeux pour les tortues marines

Concernant les tortues marines, la zone d'étude est concernée par **2 espèces remarquables** : la tortue verte (*Chelonia mydas*) et la Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). La présence ponctuelle de la tortue verte est avérée (transit), alors que la présence de la tortue imbriquée est possible. Les populations à Mayotte sont importantes, particulièrement pour la tortue verte, mais présente des menaces possiblement importantes (braconnage). Pour la tortue verte, la présence est occasionnelle, la zone d'étude présente un intérêt nul à faible pour son alimentation, et constitue probablement une zone de transit. Sur la base de ces critères, l'enjeu peut être considéré faible pour cette espèce. Pour la tortue imbriquée, la présence est possible de manière très occasionnelle avec un intérêt faible à moyen pour l'alimentation (algues, coraux mous). La zone d'étude est probablement une zone de transit. L'enjeu est faible dans la zone d'étude pour cette espèce.

La sensibilité des tortues marines vis-à-vis du projet semble faible au vu des travaux annoncés.

Tableau 10 : Enjeux écologiques pour les tortues marines sur la zone d'étude

Espèce	Protection*	Liste rouge IUCN	ZNIEFF Espèces déterminantes	Statut et présence dans la zone d'étude	Enjeu écologique
Tortue verte <i>Chelonia mydas</i>	OUI	En danger	DET	Présence occasionnelle dans la zone. Habitat ne présentant pas de source d'alimentation	Faible
Tortue imbriquée <i>Eretmochelys imbricata</i>	OUI	En danger critique d'extinction	DET	Présence occasionnelle dans la zone. Habitat présentant quelques sources d'alimentation.	Faible

(*) Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection

4.4.2 Les mammifères marins

Un total de vingt-quatre espèces de cétacés est recensé à ce jour à Mayotte dont 3 espèces fréquentent principalement le lagon de Mayotte : le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*), le Dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*) et le Dauphin long bec (*Stenella longirostris*) (Pusineri et al., 2010). Il est à noter que l'espèce *Sousa chinensis*, le Dauphin à bosse, fréquente également les eaux du lagon. C'est une espèce présente de façon probablement exceptionnelle puisque moins de 5 individus ont été observés à Mayotte. Les Dugongs, *Dugong dugon*, et Baleines à bosses *Megaptera novaeangliae* sont également rencontrés dans le lagon.

Bilan des observations dans la zone d'étude

Dans le cadre de cette étude, une expertise ciblée a été menée, intégrant les mammifères marins et les tortues marines. Des transects de prospection ont été réalisés pour la détection de la mégafaune marine (Figure 45). Ainsi, 3 transects ont été réalisés sur 3 jours (30,71 km), représentant une durée d'observation de 2,6 heures pour une surface couverte estimée à 5,15 km². Pour les mammifères marins, 0 observation ont été réalisées. La faible pression d'observation ne permet pas de conclure en l'absence de cétacés dans la zone d'étude.

Ce travail a donc été complété par une analyse bibliographique⁵, permettant d'identifier les espèces potentiellement présentes. Ces données sont issues d'un réseau d'observateur, ce qui ne permet pas d'établir d'indicateurs, ni d'évolution de ces indicateurs. Par ailleurs, elles ne reflètent que les informations saisies (très variables selon les années) et sous-estime probablement la fréquentation des différentes espèces dans cette zone.

Plusieurs espèces de cétacés semblent donc fréquenter la zone d'étude, représentées par 5 espèces, dont la présence est avérée ou potentielle : le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique, le Dauphin long-bec, le Dauphin pantropical tacheté, la Baleine à bosse et le Dugong.

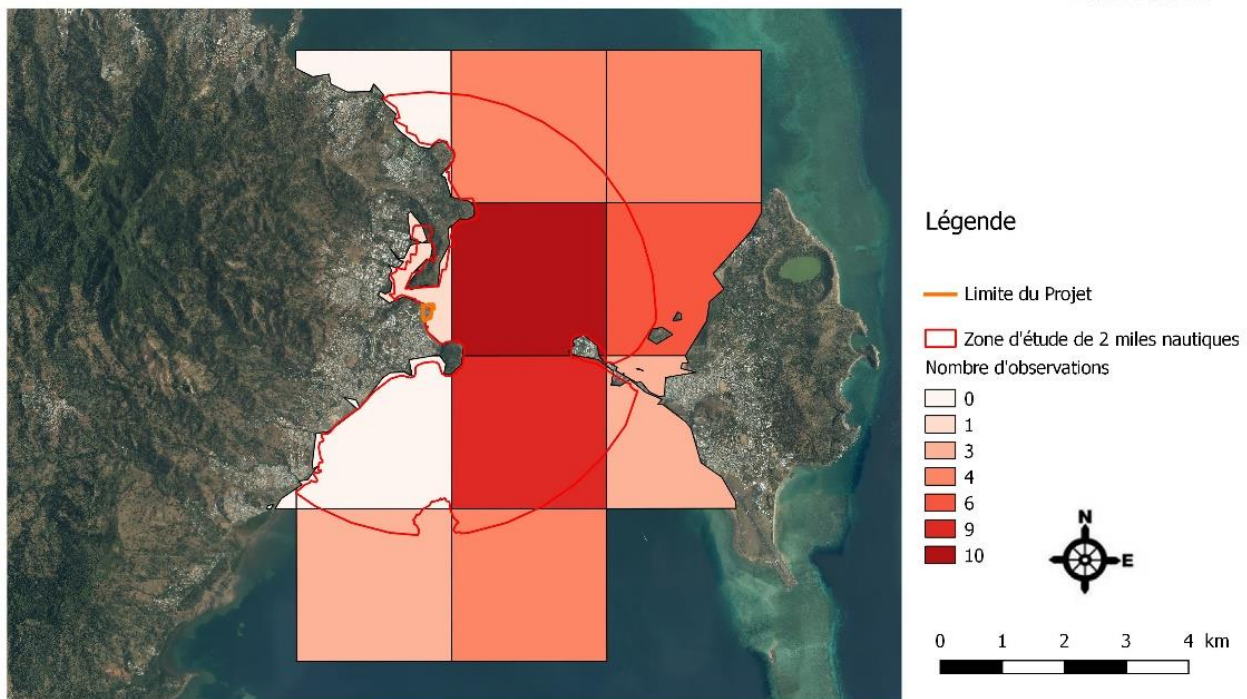
La fréquentation est dominée plus particulièrement par le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique, avec 48 observations (Figure 46) comprises entre 2014 et 2019, soit 54 % des observations

⁵ Données du réseau d'observateur Tsiôno (PNMM), Pusineri et al., 2010, ...

totales (ce qui semble ne représenter probablement qu'une partie de la fréquentation par ces espèces).



Fréquentation des mammifères marins dans la zone des 2 miles nautiques autour du projet entre 2014 et 2019



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), Réseau Tsiôno Parc naturel marin de Mayotte/AFB (Données d'observation)
Cartographie: Biotopé, 2019

Figure 46 : Fréquentations des mammifères marins (cétacés et Dugong) dans la zone d'emprise acoustique du projet entre 2014 et 2019.

Le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique

Cette espèce est très côtière, les observations se concentrent dans le lagon et au niveau du banc de l'Iris (Figure 47). Il présente une variabilité de sa distribution en fonction de la saison et de la période de la journée (plus ou moins proche de la côte, zone préférentielle, ...). Les groupes sont généralement de taille réduite (n=6) et plus généralement composés d'adultes et de couples mère-juvénile. La population est considérée comme fermée et stable. Elle est composée de 44 à 85 individus. Les menaces potentielles portant sur cette espèce sont la pollution de l'eau (se matérialisant chez le Grand dauphin par la présence de Lobomyose chez 8% des individus identifiés), le dérangement par la pollution acoustique et le whale-watching, les risques de collisions (seulement 2 cas recensés), la diminution des ressources alimentaires et les captures accidentelles (quelques occurrences sur les 10 dernières années). Le statut de cette espèce est en « Données insuffisantes » (DD) par l'UICN. Localement, il a été proposé de la classer en « En danger » (EN).

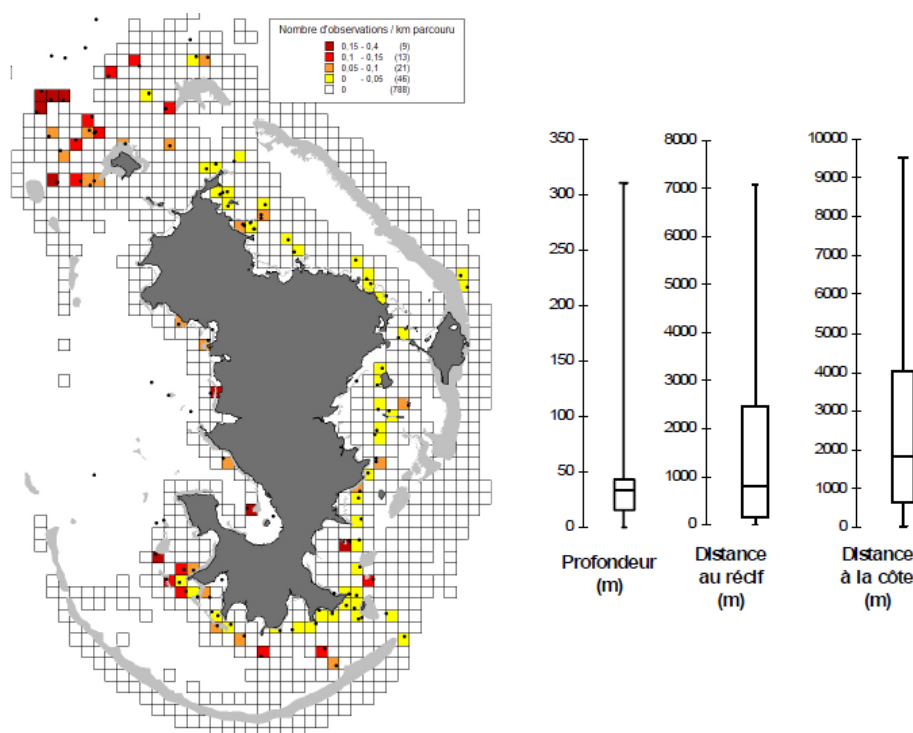
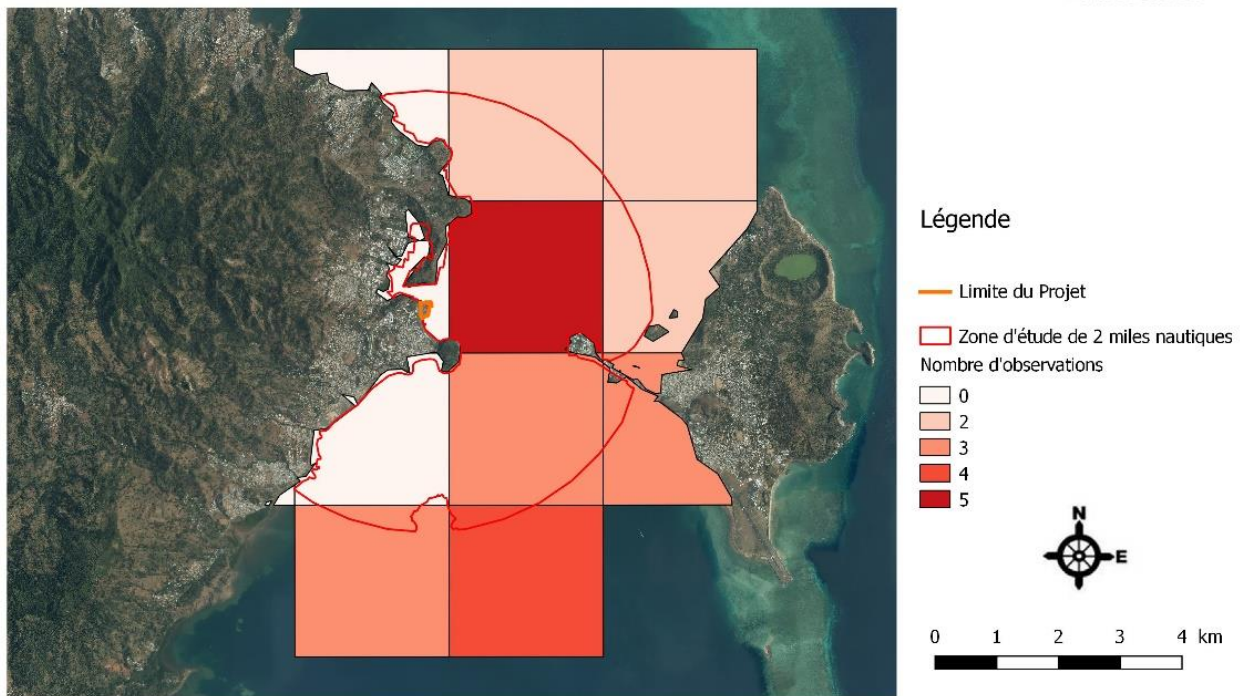


Figure 47 : Distribution du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique à Mayotte. La carte représente les densités corrigées : nombre de groupes observés par km parcouru en activité de recherche et boxplot* des variables environnementales. Seuls les secteurs présentant un effort d'observation supérieur à 5km ont été pris en compte. D'après Pusineri et al., 2010. Uniquement 24 observations (sur 26) renseignées dans les grilles 2,58 par 2,5 km

Dans la zone d'étude, en considérant 2 miles nautiques autour du projet (pour rappel zone possible d'incidence acoustique des travaux), Pusineri et al., 2010 indique une fréquence d'observation de 0 à 0,05 observations/km (cf. Figure 47). Au total, 26 observations (Figure 48,) sont enregistrées dans les données du réseau d'observateurs Tsiôno entre 2014 et 2019 (54% des observations de cétacés dans cette zone). Environ 58% de ces observations présentent des juvéniles dans le groupe. Les observations sont réalisées toute l'année sauf en décembre. Aucune information ne peut être tirée concernant l'évolution entre les années, l'évolution du nombre d'individus, la période de fréquentation durant la journée, ... du fait du faible nombre de données et de l'absence de régularité et de rigueur dans la collecte des données (réseau d'observateur). La plupart des comportements sont observés, exceptés la reproduction (alimentation, déplacement, repos, socialisation). Dans la zone d'étude, la fréquentation de cette espèce semble rester faible.



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), Réseau Tsiôno Parc naturel marin de Mayotte/AFB (Données d'observation)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 48 : Fréquentation de l'espèce *Tursiops aduncus* dans la zone des 2 miles nautiques du projet. Les cases chevauchant la limite du cercle doivent être prises avec précaution. En effet, les observations ont pu se limiter exclusivement à la zone en dehors du cercle. C'est par exemple particulièrement le cas pour la case en haut à droite. Une observation de l'espèce *Tursiops truncatus* a également été recensée.

Le Dauphin tacheté Pantropical

Cette espèce est une espèce du large dont les observations se concentrent à l'extérieur du lagon entre 0 et 2,5 km du récif barrière (Figure 49). Il ne présente pas de variabilité significative de sa distribution. Les groupes sont généralement de taille importante ($n=94 \pm 77$) et composés d'individus de tous âges. Les données sont insuffisantes pour qualifier la population (stabilité, isolation). Elle est composée de 342 à 557 individus. Les menaces potentielles portant sur cette espèce sont la pollution de l'eau (légère contamination), le dérangement par le whale-watching (à confirmer) et les captures accidentelles (quelques occurrences ces dernières années sans cas de mortalité). Le statut de cette espèce est en « Préoccupation mineur » (LC) par l'UICN. Localement il a été proposé de la classer en « Vulnérable » (VU).

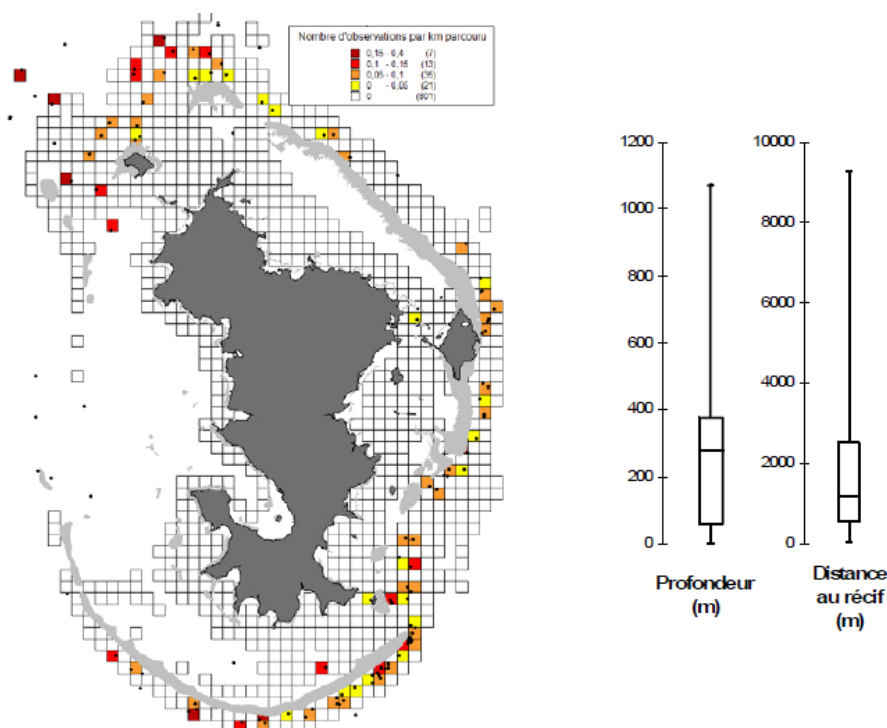


Figure 15 : distribution du dauphin tacheté à Mayotte

Figure 49 : Distribution du Dauphin tacheté pantropical à Mayotte. La carte représente les densités corrigées : nombre de groupes observés par km parcouru en activité de recherche et boxplot* des variables environnementales. Seuls les secteurs présentant un effort d'observation supérieur à 5km ont été pris en compte. D'après Pusineri et al., 2010.

Dans la zone des 2 miles nautiques autour du projet (pour rappel zone possible d'incidence acoustique des travaux), Pusineri et al., 2010 indique une fréquence d'observation de 0 à 0,05 observations/km (cf. Figure 47). Aucune observation n'est recensée dans les données du réseau Tsiôno pour cette zone. Les observations de cette espèce dans la zone d'étude semblent donc rares.

Le Dauphin long bec

Cette espèce est une espèce du large dont les observations se concentrent à l'extérieur du lagon entre 0 et 1,4 km du récif barrière. Les densités semblent particulièrement fortes au sud ainsi qu'au banc de l'Iris (Figure 50). Il présente une variabilité de sa distribution en fonction de la saison (plus ou moins proche de la côte, zone préférentielle, ...). Les groupes sont généralement de taille importante ($n=84 \pm 88$) et composés d'individus de tous âges. Les données sont insuffisantes pour qualifier la population (stabilité, isolation). Elle est composée de 701 à 1776 individus. Les menaces potentielles portant sur cette espèce sont la pollution de l'eau (légère contamination) et les captures accidentelles (quelques occurrences ces dernières années sans cas de mortalité). Le statut de cette espèce est en « Données insuffisantes » (DD) par l'UICN. Localement il a été proposé de la classer en « Vulnérable » (VU).

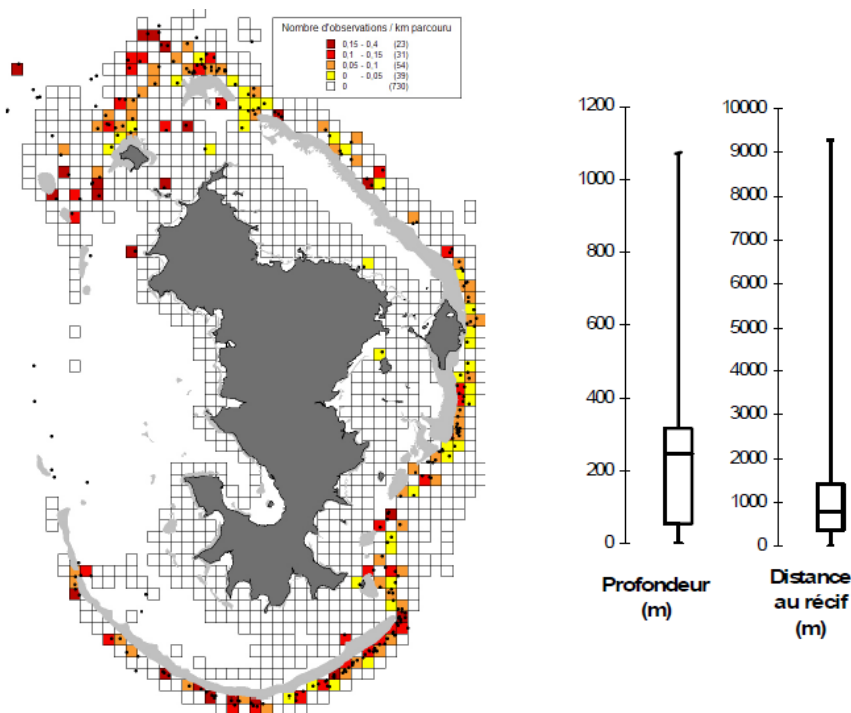


Figure 50 : Distribution du Dauphin long bec à Mayotte. La carte représente les densités corrigées : nombre de groupes observés par km parcouru en activité de recherche et boxplot* des variables environnementales. Seuls les secteurs présentant un effort d'observation supérieur à 5km ont été pris en compte. D'après Pusineri et al., 2010.

Dans la zone de 2 miles nautiques autour du projet (pour rappel, zone possible d'incidence acoustique des travaux), Pusineri et al., 2010 indique une absence d'observations dans la zone (cf. Figure 47). Cinq observations sont enregistrées dans les données du réseau d'observateurs Tsiôno en 2015 et 2016 avec présence systématique de juvénile. Les observations de cette espèce dans la zone d'étude semblent donc très rares.

La Baleine à bosse

Cette espèce est présente dans les régions tropicales durant l'hiver austral. A Mayotte, elle est présente de juillet à novembre pour la reproduction. Cette espèce reste principalement hors du lagon à proximité de la barrière mais peut également être observée dans le lagon et au niveau du banc de l'Iris (Figure 51). Le statut de cette espèce est en « Préoccupation mineure » (LC) par l'UICN avec une population mondiale en augmentation.

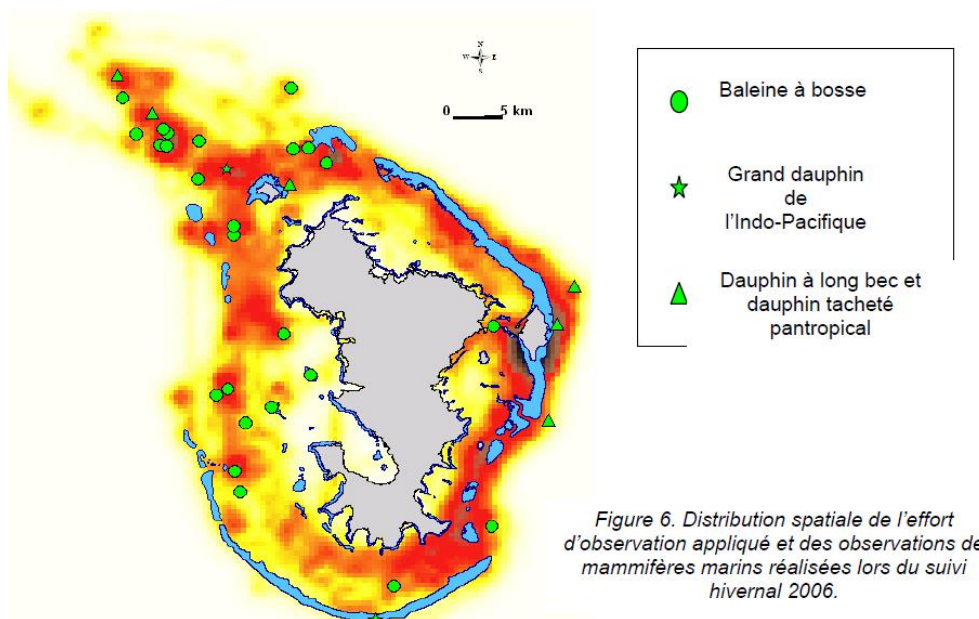


Figure 51 : Distribution spatiale de l'effort d'observation appliqué et des observations de mammifères marins réalisées lors du suivi hivernal 2006 (Wickel, 2007)

Dans la zone de 2 miles nautiques autour du projet, Wickel, 2007 indique une observation de Baleine à bosse (cf. Figure 51). Huit observations sont enregistrées dans les données du réseau d'observateurs Tsiôno en 2015 et 2016. Environ 38% de ces observations présentent des juvéniles. Les observations de cette espèce dans la zone d'étude semblent donc assez rares.

Le Dugong

Ces informations sont issues du Plan National d'Actions Dugong (Pusineri et Caceres, 2012). Cette espèce est côtière qui se nourrit sur les herbiers de phanérogames. Les observations à Mayotte se concentrent dans le lagon particulièrement au niveau de la passe en S et le long de la piste de l'aéroport/Banc des aviateurs (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La population de cette espèce semble avoir fortement déclinée à Mayotte. Il resterait aujourd'hui moins de 10 individus. La cause principale est la surpêche des individus pour consommer la viande (Pusineri et Caceres, 2012). Le statut de cette espèce est en « Vulnérable » (VU) par l'UICN. Localement il a été proposé de le considérer en « En danger » (EN).



Figure 52 : Ensemble des observations de dugongs réalisées depuis 2007 (Pusineri et Caceres, 2008 ; Pusineri et Quillard, 2008 in Pusineri et Caceres, 2012).

Dans la zone des 2 miles nautiques autour du projet, Pusineri et Caceres, 2012 indique deux observations (en limite des 2 miles nautiques, cf. Figure 52). Une seule observation a été recensée dans la zone d'étude (celle-ci se trouve probablement en dehors des 2 miles car la grille où s'est produite l'observation est à 99% en dehors de la zone des 2 miles).

Bioévaluation : synthèse des enjeux pour les mammifères marins

La zone d'étude est concernée par une fréquentation évaluée de faible à moyenne par les cétacés côtiers, avec la présence d'une espèce principalement : le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique. Cette espèce très côtière présente donc un enjeu non négligeable dans le cadre d'aménagement côtier. L'enjeu peut être considéré comme moyen pour cette espèce qui utilise la zone probablement comme zone de transit. La sensibilité vis-à-vis du projet peut également être considérée comme moyenne (notamment en termes de pollution acoustique). Pour les autres cétacés et le dugong, les enjeux sont faibles ces espèces ne fréquentant que très peu la zone.

Les enjeux écologiques sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Enjeux écologiques pour les mammifères marins recensés dans la zone d'étude

Espèce	Protection*	Liste rouge IUCN (**international)	ZNIEFF Espèce déterminantes	Présence dans la zone d'étude	Enjeu écologique
Baleine à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	Oui	Préoccupation mineur**	DET	Espèce présente très occasionnellement	Faible
Dauphin long bec <i>Stenella longirostris</i>	Oui	Vulnérable	DET	Espèce présente rarement	Faible
Dauphin tacheté pantropical <i>Stenella attenuata</i>	Oui	Vulnérable	DET	Espèce présente très rarement	Faible
Dugong <i>Dugong dugon</i>	Oui	En danger	DET	Espèce présente très rarement	Faible
Grand dauphin commun <i>Tursiops truncatus</i>	Oui	Préoccupation mineure**	DET	Espèce présente très rarement	Faible
Grand dauphin de l'Indo-Pacifique <i>Tursiops aduncus</i>	Oui	En danger	DET	Espèce peu fréquente dans la zone d'étude, habitat préférentiel très côtier. Population peu importante (moins de 90 individus)	Moyen

*Arrêté du 1er juillet 2011 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection

5 Synthèse des enjeux écologiques

5.1 Les enjeux liés au milieu littoral terrestre

Pour le littoral terrestre, l'environnement naturel se caractérise notamment par la présence de la mangrove de Kawéni située à proximité du front de mer visé par le projet. De près de 43 ha, cet habitat littoral remarquable constitue la 3^{ème} mangrove la plus grande de Mayotte. Elle accueille une succession d'habitats palustres typiques des mangroves, formée par une zone perhaline, une zone centrale et une arrière-mangrove. Sa flore et sa faune sont typiques des mangroves, permettant le développement d'espèces remarquables. Ainsi, la flore est composée de 5 espèces de palétuviers (sur 7 connues à Mayotte), dont le rare *Bruguiera gymnorhiza*. En arrière-mangrove, il se développe la remarquable *Erythrina fusca*. Pour la faune, l'intérêt réside notamment dans le peuplement d'oiseaux, avec notamment la présence ponctuelle d'individus en transit (repos, alimentation) d'espèces remarquables, comme le Crabier blanc (*Ardeola idae*) ou la Grande Aigrette (*Ardea alba*). D'après ces éléments patrimoniaux, la mangrove de Kawéni présente donc un enjeu écologique fort, avec une sensibilité jugée faible à moyenne vis-à-vis du projet.

5.2 Les enjeux liés au milieu littoral marin

Pour le littoral marin, il ressort que les **biocénoses marines** se développent dans un environnement majoritairement sédimentaire. L'étude des peuplements des substrats meubles met en évidence des communautés se développant dans des sédiments vaseux. La macrofaune benthique associée semble pauvre (analyses en cours), ce qui témoigne d'un enjeu faible pour ces compartiments biologiques. De manière localisée, des communautés vivantes se développent sur des substrats durs, formant différents types d'habitats, tels que des platiers frangeants, ou des pâtés et massifs coralliens. Ces milieux présentent des caractéristiques biologiques différentes, que ce soient au niveau du benthos que des poissons. Ainsi, les platiers frangeants présentent un faible recouvrement corallien et une faible diversité spécifique (invertébrés et poissons). Ces derniers se développent entre la Pointe Mahabou et le port de plaisance. Des pâtés coralliens sont présents au droit du front de mer, présent de manière localisée. Ces milieux accueillent des peuplements peu développés, avec moins de 10% de recouvrement corallien, et un peuplement ichtyologique peu fourni (avec une richesse spécifique totale de 33 espèces et une faible abondance : 115 ind./50m² par point d'échantillonnage). Pour ces peuplements, l'enjeu écologique est évalué à faible. Des massifs coralliens sont aussi présents à environ 500m du front de mer. Ces habitats sont composés de peuplements légèrement plus développés, avec un recouvrement corallien d'environ 20 %, et un peuplement ichtyologique peu fourni (49 en richesse spécifique totale et une abondance moyenne de 226 ind./50m² par point d'échantillonnage). Il est à noter que localement certaines formations présentent localement un recouvrement corallien atteignant 40 % (massifs et pâtés coralliens). En considérant ces paramètres, ils présentent un enjeu moyen. De manière générale, sur la base d'un environnement naturel assez dégradé et des composantes du projet d'aménagement (principalement terrestre), la sensibilité de ces peuplements est évaluée à faible vis-à-vis du projet.

Dans la zone d'influence du projet, la **mégafaune marine** est peu abondante. **Pour les tortues marines**, deux espèces fréquentent la zone : la Tortue verte (*Chelonia mydas*) et la Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). S'agissant des **mammifères marins**, dans un rayon de 2 miles nautiques, 5 espèces fréquentent la zone d'étude. Parmi ces espèces, une espèce est davantage côtière car elle se développe dans un habitat limité par la profondeur (>100m). Il s'agit du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*). Les autres espèces sont moins présentes entre Grande-Terre et Petite-Terre, y compris le rare Dugong (*Dugong dugon*). Pour l'ensemble de la mégafaune marine, l'enjeu peut être évalué comme moyen pour le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (au regard de son habitat très côtier) et faible pour les autres espèces. La sensibilité de ces espèces vis-à-vis du projet d'aménagement reste faible.

3

Définition des effets et proposition
des mesures environnementales du
projet

1 Effets prévisibles du projet

Pour rappel, ce projet concerne donc le réaménagement du front de mer de Mamoudzou afin notamment d'optimiser les flux (piéton, transports routiers et maritimes). Des réaménagements sont prévus ainsi que la construction de nouvelles entités. La majorité des travaux sont terrestres, seules certaines opérations nécessiteront des interventions maritimes. Au regard du projet et opérations visées, il s'agirait de :

- L'extension par dragage et terrassement du terre-plein actuel sur environ 9000 m² et la réalisation d'un talus en enrochements,
- Un nouveau dessin du front de mer agrandi jusqu'à l'actuel quai des barges avec la création d'une plage urbaine,
- La démolition de la rampe nord de mise à l'eau existante, du ponton croisiériste et du quai des pêcheurs,
- La reconstruction d'une nouvelle rampe de mise à l'eau pouvant accueillir l'ensemble des barges et amphidromes y compris un terrassement et enceinte en enrochements (ou palplanches),
- La fourniture et pose d'une nouvelle panne y compris ancrage et équipements pour assurer l'accès aux pêcheurs au droit de la cale des barges existante et conservée,
- La dépose et remise en place du balisage maritime.

Pour ce projet, les travaux maritimes pressentis concerneraient donc des opérations de dragage, clapage, remblaiement, enrochements, ... Dans ce contexte, au regard de la nature de ces opérations, cela n'est pas considéré comme des travaux bruyants pour les mammifères marins. Ils sont toutefois possiblement impactant car générant des matières en suspension ou modifiant le fonctionnement hydro-sédimentaire global de la zone (cas d'une modification du trait de côte. A ce stade du projet, il n'est donc pas envisagé la réalisation de travaux maritimes qualifiés comme bruyants (cas du minage, fragmentation...). Si cela devait être proposé, ceux-ci devront être portés à connaissance, et des mesures environnementales devront être proposées.

1.1 Liste de effets potentiels identifiés

Dans la logique d'analyse itérative des impacts, la présente caractérisation des effets prévisibles du projet a été menée sur la base du projet défini en 2019 (voir la partie 1 du présent rapport).

Ainsi, les perturbations prévisibles du projet concernent principalement les travaux maritimes nécessaires à la construction de l'aménagement. Il est également nécessaire de considérer la perte d'habitat causée par l'agrandissement du terre-plein actuel (extension sur 9000 m²) et la construction du talus en enrochement.

Tableau 12 : Liste de effets potentiels identifiés sur le milieu marin dans le cadre du projet d'aménagement. Les types d'impacts sont d'ordre spatial (direct ou indirect) et temporel (temporaire ou permanent).

Effets	Types d'impacts	Pressions à l'origine de l'effet	Groupes biologiques et espèces potentiellement concernés
Destruction des communautés benthiques et habitats par recouvrement direct	Direct/Permanent	Extension par dragage et terrassement du terre-plein actuel sur environ 9000 m ² et réalisation d'un talus d'enrochements	Peuplements benthiques de substrat dur et peuplements ichtyologiques. Quelques palétuviers isolés à proximité du talus actuel.

Effets	Types d'impacts	Pressions à l'origine de l'effet	Groupes biologiques et espèces potentiellement concernés
Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau	Indirect/Temporaire	Augmentation de la turbidité (matières en suspension) en phase travaux ; Modification potentielle du fonctionnement hydrosédimentaire en phase d'exploitation	Pour les peuplements benthiques et ichtyologiques des substrats durs, les espèces du groupe des anthozoaires (particulièrement les scléactiniaires) et de poissons des pâtés et massifs coralliens à proximité. Pour les peuplements benthiques de substrats meubles, les espèces constituant la faune endogée et les holothuries. Mangrove et mégafaune marine
Perte d'habitats pour la mégafaune marine en lien avec l'emprise directe du projet	Direct/Permanent	Extension du terre-plein actuel (9000 m ²) et talus d'enrochement	Pour les mammifères marins et tortues marines. La zone semble cependant très peu fréquentée par les mammifères marins. L'emprise directe en mer est très faible.
Dérangement sonore de la mégafaune marine lors des travaux	Direct/Temporaire	Ensemble des émissions sonores considérées comme perturbatrices pour la faune (travaux bruyants, trafic maritime...)	Faune sensible aux émissions sonores sous-marines, principalement les mammifères marins et potentiellement les autres espèces (tortues, poissons...). Espèce principalement concernée : Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (espèce très côtière et présentant la fréquence d'observation la plus importante dans la zone)
Risques de collisions de la mégafaune marine avec les embarcations durant le chantier	Direct/Temporaire	Trafic maritime généré pour la construction de l'aménagement	Faune sensible faisant surface pour respirer, telle que les cétacés ou les tortues marines
Risques de pollution accidentelle du milieu marin	Direct/Temporaire	Risques de pollution accidentelle lors des travaux (fuite d'huile, opération d'avitaillement...), dissémination de déchets de chantier par le vent	Ensemble des espèces marines fréquentant la frange littorale, dans la zone d'influence du projet (peuplements benthiques, poissons, mégafaune marine)
Impact sur la fonctionnalité écologique locale	Indirect/Temporaire et Permanent	Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et le fonctionnement écologique pour la faune marine. Altération possible du transit sédimentaire.	Peuplements benthiques et ichtyologiques des formations de substrats durs (pâtés et massifs coralliens), Mégafaune marine, principalement Grand dauphin de l'Indopacifique (habitat côtier, zone de transit entre potentielles zones d'alimentation) et potentiellement tortues marines Palétuviers et faune associées au niveau du front de mangrove
Impacts cumulés liés à d'autres projet	A la connaissance de BIOTOPE, il n'y a pas d'autres projets prévus dans la zone pouvant amener à des impacts cumulés avec ce projet.		

1.2 Description des impacts

1.2.1 Destruction des communautés benthiques par recouvrement direct

Phases : travaux, exploitation

L'aménagement du front de mer de Mamoudzou dans la zone du marché couvert prévoit une extension du terre-plein actuelle (9000 m²) avec un recouvrement direct sur le milieu marin estimé à environ 4300 m² et donc la disparition totale des communautés benthiques associées.

Comme évoqué dans le diagnostic écologique, les zones concernées par le recouvrement directe sont :

- des zones de substrat dur (platier dégradée, environ 850 m², présentant très peu voire pas de faune benthique sessile),

- des zones à substrats meubles de type sablo-vaseux (environ 3100m²) et vaseux (environ 320 m²) ainsi qu'une partie de mangrove isolée (environ 11 m²).

Tableau 13 : Communautés vivantes impactées par recouvrement direct (BIOTOPE)

Peuplements benthiques des substrats durs	Enjeux	Surface impactée par le projet (m ²)
Platier dégradé	Nul à faible	850
Substrat meuble sablo-vaseux	Nul à faible	3100
Substrat meuble vaseux	Nul à faible	320
Mangrove	Faible	11
TOTAL		4281

Cet impact est donc à relativiser par rapport à la typologie des habitats considérés (recouvrement corallien nul à très faible, substrats meubles pauvres en endofaune). Il reste faible, hormis pour la mangrove qui représente un enjeu fort.

1.2.2 Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau

Phases : travaux, exploitation

Durant les travaux, un risque d'altération de la qualité de l'eau existe, en lien avec la diffusion de panaches turbides dans le milieu marin. En effet, lors du chantier, certains travaux peuvent entraîner un relargage important de matières en suspension. Cela s'observe notamment lors des travaux de dragage, de clapage et de remblaiement pour l'agrandissement du terre-plein et la construction du talus. L'augmentation de la turbidité peut aussi s'observer au niveau des installations annexes du chantier (pistes, installations de chantiers, zones de stockage...), avec des rejets importants d'apports terrigènes lors des forts épisodes pluvieux.

De manière générale, cette augmentation de la turbidité de la colonne d'eau peut donc affecter le développement de la vie marine (cas des coraux, affectés au niveau des processus de photosynthèse). De plus, cela peut aussi entraîner des dépôts sédimentaires sur le fond ou les peuplements benthiques (holothuries, gorgones, coraux mous, ...), participant à la dégradation de ces habitats.

En phase exploitation, la modification du fonctionnement hydrosédimentaire est susceptible de modifier les propriétés des eaux côtières de la frange littorale rapprochée. En se référant à l'état actuel de la colonne d'eau, il apparaît d'ores et déjà une turbidité marquée ainsi qu'un dépôt sédimentaire vaseux important ce qui limite le développement des formations coralliennes (scléactiniaires) et favorise le développement des coraux mous et gorgones.

La nouvelle configuration du front de mer doit donc faire l'objet d'une modélisation hydrosédimentaire permettant d'évaluer les risques d'altération de la qualité de l'eau (turbidité) et de la granulométrie des substrats meubles, affectant la faune marine (peuplements benthiques et ichtyologiques, tortues marines et cétacés). L'impact reste cependant faible, puisque cette zone est déjà soumise à une forte turbidité et à un substrat vaseux.

1.2.3 Perte d'habitats pour la mégafaune marine

Phases : travaux, exploitation

L'aménagement du front de mer prévoit la disparition totale d'un espace estimé à environ 4300m², dans la bande bathymétrique des 0-5 m de profondeur.

Le diagnostic écologique a montré que ce secteur est potentiellement fréquenté par les mammifères marins et tortues marines. Cette fréquentation reste cependant très faible, et concerne principalement le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique dont l'habitat préférentiel est très côtier.

La surface d'habitat perdue reste donc très faible. Si l'on considère que le lagon de Mayotte dans son intégralité est un habitat potentiel pour cette espèce (150 km²), la surface perdue correspond à 0,003%. Cette zone est par ailleurs peu fréquentée par ces espèces.

1.2.4 Dérangement sonore des cétacés lors des travaux

Phases : travaux.

La sensibilité et la vulnérabilité acoustique des cétacés est avérée, l'impact du bruit sous-marin a été largement étudié ces dernières années concernant la conservation des mammifères marins (Thomsen & al., 2006, Madsen & al., 2006, MMC, 2007).

Les travaux envisagés étant de faible envergure et la zone semblant être peu fréquentée par les cétacés, l'impact peut être considéré comme modéré. Aucune modélisation n'a été réalisée dans le cadre de ce projet. Les informations ci-dessous sont basées sur la bibliographie et l'expérience acquise notamment dans le cadre du chantier de la Nouvelle Route du Littoral à La Réunion (Biotope, 2014, en cours). Malgré un impact potentiellement modéré, il est important de prendre en compte les différentes sources de pollution sonore potentiellement perturbatrices pour la faune marine. En effet, les cétacés sont particulièrement sensibles aux émissions sonores qui peuvent entraîner des troubles temporaires ou permanents du système auditif.

Caractérisation des bruits introduits par les activités du projet

Il faut considérer qu'un bruit de fond est déjà présent dans la zone du projet. Celui-ci est induit par un trafic maritime intense (barge, amphidrome, bateau de plaisance, opérateurs de whale-watching et plongées sous-marines, ...). Le bruit initial est donc important. A cela se rajoute les bruits liés spécifiquement aux travaux d'aménagement du front de mer. Ces bruits, générés par les différentes techniques mises en œuvre, sont de nature impulsionnelle ou continue. Le cumul des bruits initiaux et des bruits liés au projet forme ainsi une série d'états sonores perturbés.

Dans le cadre de ce projet, différents types d'opérations peuvent être attendus :

- Travaux de dragage (aplanissement, travail des sols en mer),
- Déversement de matériaux depuis une barge (clapage),
- Destruction des cales de mise à l'eau en place et du quai des pêcheurs,
- Trafic maritime induit.

Ces différentes opérations, produisent une nuisance sonore individuelle. Elles peuvent également produire une nuisance sonore cumulée dans le cas d'une concomitance de plusieurs ateliers dans une même zone géographique (exemple : simultanéité d'un dragage, d'un clapage et du trafic induit dans une même zone).

Caractérisation des sources de bruit

Chaque technique présente un mode opératoire dédié (technique, niveaux de bruit introduit dans le milieu marin, durée, etc.). Ces spécificités sont à prendre en compte dans l'évaluation de la pollution sonore. Il est important de réaliser que les hypothèses des niveaux de bruit émis utilisées dans le cadre de cette étude sont issues de la littérature disponible et des retours d'expériences actualisés. Les modélisations présentées ci-dessous sont présentées à titre indicative, et sont issues des modélisations réalisées dans le cadre de projets d'aménagement⁶ s'inscrivant dans un contexte donné (profondeur, substrat...).

Bruit généré lors des travaux de dragage

Cette opération est assimilée à une opération de dragage qui s'effectue à partir d'un navire spécifique et d'une drague aspiratrice en position quasi-stationnaire. Les opérations ont lieu en continu, et le bruit généré est donc de même nature.

⁶ Cas de modélisations acoustiques réalisées pour les travaux pressentis pour les projets de Nouvelle Entrée Ouest (NEO) et de la Nouvelle Route du Littoral à La Réunion (Biotope-Quiet Oceans, 2012 & Biotope-Quiet Oceans, 2017).

Le modèle de bruit de dragage correspond à la superposition du bruit d'un navire en station et du bruit d'un engin sous-marin sur le fond. Le gabarit de source sonore à 1m choisi (Figure 53) est dérivé de la littérature (Parvin, 2008), (Robinson, 2011) (Reine K., 2012). Le niveau sonore large bande émis est de 188 dB ref 1 μ Pa @1m.

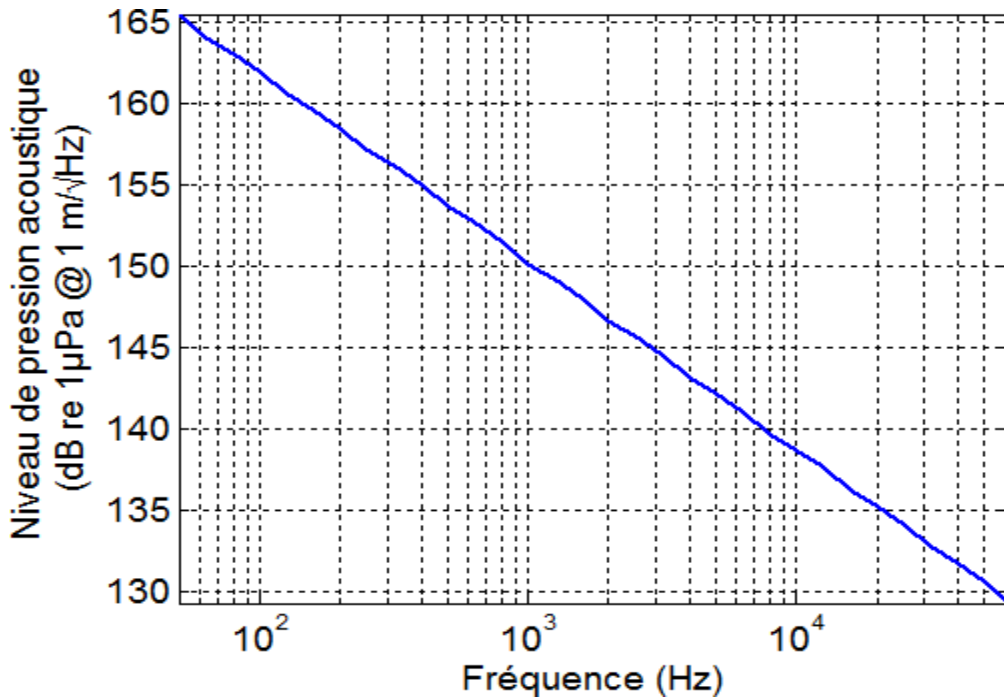


Figure 53 : Modèle de bruit émis lors d'une opération de dragage (en dB ref. 1 μ Pa/ \sqrt Hz @1m). D'après Biotope, 2017, modélisé dans le cadre des travaux du projet NEO de la Nouvelle Route du Littoral.

Bruit généré lors des travaux de clapage

Le clapage consiste en un déversement rapide de matériau à partir d'un navire spécifique. En pratique, à un instant donné, le fond du navire s'ouvre totalement et permet le déversement de l'ensemble des matériaux stockés à l'intérieur. A notre connaissance, ce type de source sonore n'a pas fait l'objet de publication scientifique permettant d'estimer un gabarit de source sonore en fonction de la fréquence ainsi que la répartition de l'énergie dans la colonne d'eau. A défaut un gabarit de source est proposé en supposant que l'énergie acoustique est engendrée intégralement au niveau de la surface (trappe de déchargement). En supposant un fond sableux à l'emplacement du déversement, il est estimé que la totalité de l'énergie acoustique est issue des contacts entre les matériaux eux-mêmes et des contacts matériaux – trappe de fond du navire au moment du déversement. La méconnaissance du bruit potentiel lié à l'atterrissage des matériaux sur le fond fait que ce bruit n'est pas intégré dans le gabarit de source. Le niveau sonore large bande est de 180 dB ref 1 μ Pa @1m. Ces informations sont issues de Biotope, 2017.

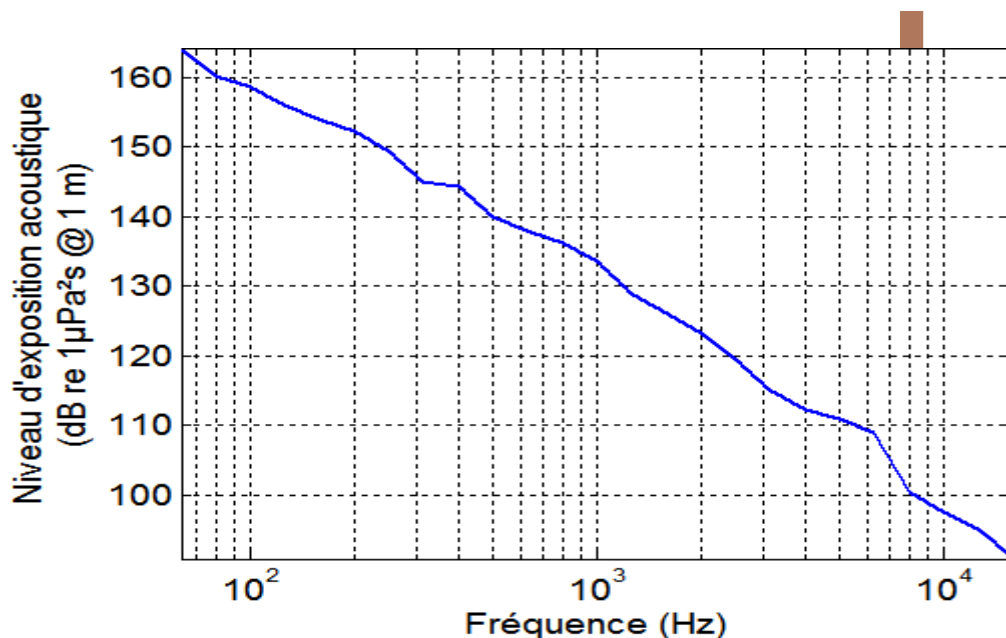


Figure 54 : Modèle de bruit émis lors d'une opération de clapage (en dB ref. 1µPa²/Hz @1m). D'après Biotope, 2017 modélisé dans le cadre du projet NEO de la Nouvelle Route du Littoral.

Bruit généré lors du trafic induit

Afin d'acheminer les outils, les personnels ou les matériaux lors de la construction, des navires spécifiques circuleront dans ou à proximité de l'aire d'étude immédiate. La modélisation ci-dessous prévoit sur une journée, 3 navires au maximum en activité simultanément dans ou à proximité de l'aire d'étude immédiate. Le gabarit de source sonore utilisé est issu du modèle de bruit RANDI (RANDI :Research Ambient Noise Directionality Model, 1973) (Breeding, 1996) qui tient compte de la longueur et de la vitesse du navire. Trois navires de longueur 15 m et circulant à une vitesse de transit de 10 nœuds sont modélisés. La Figure 55 montre le niveau de pression acoustique à 1 m en fonction de la fréquence. Le niveau sonore large bande est de 153 dB ref 1µPa @1m. Les navires se situent à proximité immédiate des points de référence. Rappelons qu'il s'agit ici d'une modélisation réalisée dans le cadre de projets spécifiques (ex. Nouvelle Entrée Ouest de Saint-Denis ou Nouvelle Route du Littoral à La Réunion). Celui-ci est à titre indicatif mais n'est pas représentatif de la situation réelle pour l'aménagement du front de mer de Mamoudzou (moins de bateau à envisager, vitesse des navires plus réduite, ...).

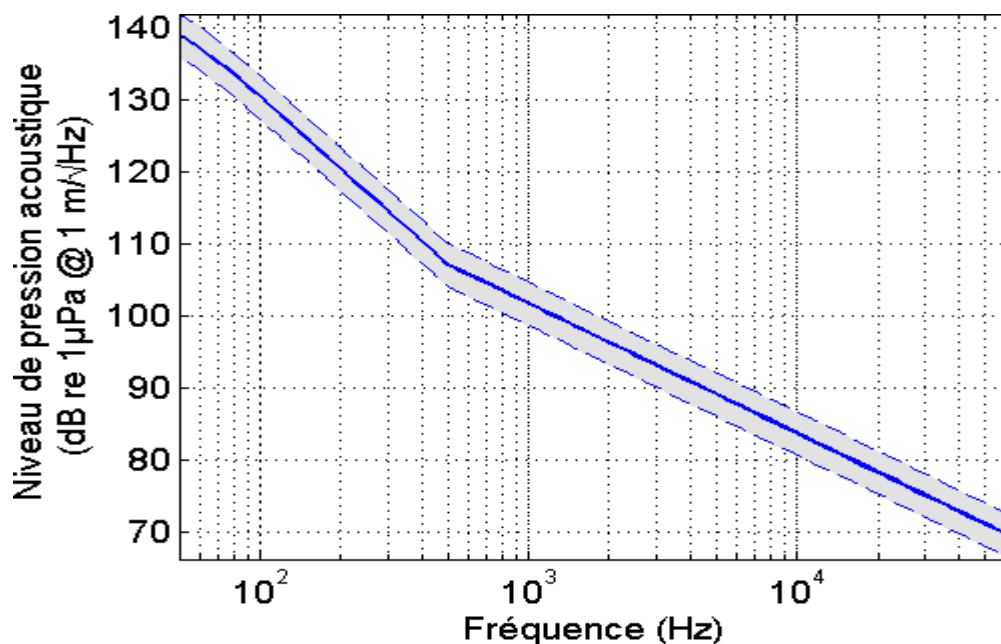


Figure 55 : Gabarit d'un navire support de longueur 15m en transit à la vitesse de 10 nœuds modélisé dans le cadre du projet NEO de la Nouvelle Route du Littoral.

Il s'agit de caractériser les risques potentiels lié au bruit vis-à-vis de la faune marine, en particulier les mammifères marins (et potentiellement les poissons et les tortues marines). A ce jour, la quantification pour les invertébrés n'est pas possible par méconnaissance des seuils de sensibilité.

Cette caractérisation s'appuie sur le calcul des empreintes sonores du projet pour différents types d'opérations (dragage, clapage, ...) ainsi que sur la connaissance de seuils de sensibilité acoustique pour les différentes catégories de mammifères marins : cétacés « basses fréquences » (cas de la Baleine à bosse), cétacés « moyennes fréquences » (cas des dauphins côtiers) et cétacés « hautes fréquences ». Les cétacés hautes fréquences ne sont pas concernés dans le cadre de ce projet. Les cétacés basses fréquences peuvent très occasionnellement l'être en hiver austral.

Tableau 14 : Sensibilité acoustique des cétacés (SEL-SPL)

Types d'espèces	Gamme de fréquences de perception	Bruits impulsifs exprimés en niveau d'exposition sonore (SEL : Unité dB réf. 1µPa²s)			Bruits continus exprimés en Niveau de Pression Sonore (SPL : Unité dB réf. 1µPa)		
		Seuil de réaction	Seuil de dommage temporaire	Seuil de dommage permanent	Seuil de réaction	Seuil de dommage temporaire	Seuil de dommage permanent
Cétacés « hautes fréquences » [Baleine à bec]	< 80 kHz	NC	183	198	NC	224	230
Cétacés « moyennes fréquences » [Dauphins côtiers]	150Hz-160kHz	NC	183	198	NC	224	230
Cétacés « basses fréquences » [Baleine à bosse]	7Hz-22kHz	NC	183	198	NC	224	230

Source : Southall, et al., 2007, Popper, et al., 2014, Parvin 2002,

NC : non connu à ce jour

Effets du bruit sur les cétacés

Les cétacés présentent une physiologie et un comportement particulièrement dépendants de l'acoustique sous-marine, puisqu'ils utilisent le son dans tous les aspects de leur vie : reproduction, alimentation (chasse...), déplacements, communication ou orientation. En milieu marin, la vue n'est utile que jusqu'à quelques dizaines de mètres alors que le son peut se propager sur des centaines voire des milliers de kilomètres. Les mysticètes (baleines) en particulier peuvent ainsi communiquer entre eux alors que les individus sont séparés de plusieurs centaines de kilomètres.

Les effets induits par les bruits sous-marins sur les cétacés sont généralement classés en 4 catégories :

- Le dérangement ou changement de comportement, pouvant induire un évitement de la zone malgré son intérêt écologique pour l'individu ou l'espèce, l'affaiblissement par la surconsommation d'énergie consacré à un déplacement relativement long, en particulier pour les jeunes, etc. ;
- Le masquage des informations de l'environnement qui peut empêcher l'accomplissement de fonctions vitales, telles que la chasse ou la socialisation ;
- La perte temporaire d'audition (Temporary Threshold Shift ou TTS) pouvant empêcher temporairement l'accomplissement de fonctions vitales telles que la chasse ou la socialisation ;
- La perte permanente d'audition (Permanent Threshold Shift ou PTS). De très fortes expositions peuvent affecter d'autres organes et causer la mort de l'animal.

Ces réponses comportementales témoignent d'un effet immédiat du bruit sous-marin lié à l'exposition aux bruits, mais elles peuvent être à l'origine de conséquences à plus long terme pour l'individu ou la population. Pour tous les niveaux d'effet, l'impossibilité d'accéder à une zone fonctionnelle comme une zone d'alimentation ou de reproduction peut affecter les réserves énergétiques d'un animal et par conséquent sa survie ou sa fertilité.

L'évaluation des conséquences du dérangement acoustique pour les populations de mammifères marins représente un enjeu de recherche important et complexe. Harwood et al., 2014 ont développé un modèle (*Interim Population Consequences of Disturbance*, IPCoD) permettant de quantifier l'impact démographique d'un chantier éolien à long terme.

On peut distinguer deux principales sources d'interrogations concernant les impacts physiologiques et comportementaux des émissions sonores sur les individus et les populations :

- L'impact à court terme d'émissions de forte intensité (par exemple les travaux en mer) ;
- L'impact à long terme d'émission de plus faible intensité (par exemple le fonctionnement d'une éolienne).

Même si à l'heure actuelle les conséquences biologiques de l'augmentation des émissions sonores sont encore peu connues, plusieurs études suggèrent qu'elles peuvent affecter les mammifères marins, notamment par des processus de masquage acoustique, réduisant le rayon de perception acoustique de l'environnement (Richardson et al., 1995).

Au regard des travaux visés, les risques vis-à-vis des mammifères marins sont considérés comme faibles à modérés, et concernent particulièrement le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (présence la plus avérée dans la zone).

1.2.5 Risques de collisions de la mégafaune marine avec les embarcations durant le chantier

Phases : travaux

Les travaux nécessaires au chantier sont susceptibles d'engendrer des risques de collision entre la mégafaune marine et les navires circulant quotidiennement dans la zone. Ces accidents sont à l'origine de blessures (choc avec la coque, blessures causées par les hélices) pouvant également causer la mort. Les tortues marines et les mammifères marins sont potentiellement concernés.

Dans la zone, le risque est déjà fortement présent, avec la circulation régulière des barges, amphidromes, navires de plaisance, opérateurs whale-watching ou plongée, induisant un trafic maritime intense dans la zone. Le REMMAT (Réseau d'échouage des Mammifères Marins et Tortues marines) signale plusieurs cas de tortues marines dans le lagon présentant des blessures par hélice (mortelles ou non). Le risque est donc présent dans cette zone à fort trafic. Cependant, dans le cadre du chantier, le risque reste faible, de par la faible fréquentation par la mégafaune marine dans cette zone et par un trafic ajouté peu important par rapport à celui déjà existant.

1.2.6 Risques de pollution du milieu marin

Phases : travaux

Lors des travaux pour la construction du projet, des risques de pollution du milieu marin existent, et peuvent affecter la faune et la flore marine, que ce soit les peuplements benthiques et ichtyologiques ou la mégafaune marine (cétacés et tortues marines). Ce type de pollution se traduit sous la forme d'une diffusion accidentelle d'hydrocarbures (ou tout autre rejet polluant, cas de la laitance de béton par exemple) ou par le rejet de déchets dans le milieu marin (débris plastiques, cartonnés ...).

La pollution par les hydrocarbures peut donc affecter l'ensemble de la vie marine, créant des dommages physiologiques si celle-ci est importante et récurrente. Dans le cas des chantiers, des dispositifs d'assainissement sont mis en place, et doivent permettre de traiter cette pollution diffuse et chronique, au niveau du milieu terrestre. En mer, le cas de fuites des bateaux peut aussi exister, bien que ce risque soit limité. De manière générale, ce risque de pollution accidentelle est à prendre en compte dans le déroulement du chantier.

Les déchets solides, communément appelés micro et macro-déchets, constituent une source de pollution importante à l'échelle mondiale, entraînant de nombreuses incidences négatives. De manière générale, ces déchets sont constitués de 40 à 80 % de débris plastiques, se dégradant difficilement dans le milieu marin. Dans le cadre des chantiers, ces déchets sont principalement constitués d'emballages et sacs plastiques ou cartonnés, sensibles au vent, et pouvant ensuite se retrouver en mer. L'ingestion de ces résidus peut provoquer différents types de dysfonctionnement physiologique (étouffement, occlusion intestinale...), affectant principalement les tortues et les cétacés.

En phase d'exploitation, le projet doit permettre la mise en place de dispositifs garantissant des rejets non pollués en mer. Pour les déchets solides, l'aménagement du projet doit offrir la possibilité de limiter les déchets volants (pose de poubelles...), et garantir la propreté urbaine.

1.2.7 Effets sur la fonctionnalité écologique locale

Cas des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur

Les formations coralliennes à proximité du projet (pâtes et massifs), et plus largement les peuplements benthiques des substrats durs (avec faune associée), bien que très isolés, s'inscrivent dans un fonctionnement écologique global, selon une continuité écologique longitudinal entre les différentes zones côtières à proximité (platier, autres pâtes et massifs). Il est également possible qu'une continuité écologique transversale existe vers les habitats coralliens plus éloignés dans le lagon et au niveau de la barrière corallienne. Ces continuités permettent des déplacements et échanges trophiques dans la zone.

En phase travaux, le chantier peut localement affecter l'état des peuplements marins (panaches turbides, pollutions accidentelles...). En considérant des travaux maritimes peu étalés dans le temps et de faible envergure, ces incidences devraient toutefois être localisées et limitées sur un milieu qui plus est déjà dégradé. Sur cette base, il apparaît que les incidences des travaux sur la fonctionnalité écologique semblent faibles.

Durant la phase exploitation, au regard de l'emprise maritime du projet et sans modélisation du fonctionnement hydrosédimentaire, il reste difficile d'évaluer les conséquences réelles du projet sur l'état de conservation des peuplements benthiques et ichtyologiques des substrats durs.

Cas de la mégafaune marine

Durant les travaux, les travaux maritimes bruyants ou l'altération de la qualité de l'eau (augmentation de la turbidité) peuvent altérer l'habitat de certaines espèces côtières de manière ponctuelle, et créant de ce fait une fragmentation localisée de l'habitat. Cependant, au vu de la configuration du projet (faible emprise maritime, absence de travaux bruyants) et d'une empreinte acoustique limitée, il semble que cette fragmentation semble toutefois limitée durant les travaux.

Durant la phase exploitation, l'impact semble nul à faible, correspondant à l'état actuel du front de mer.

Cas de la mangrove de Kaweni

La fonctionnalité écologique de la mangrove de Kaweni, située à proximité du projet, peut être potentiellement affectée. L'interface entre la mangrove et le lagon pourraient être perturbés (échanges trophiques...).

En phase travaux, le chantier peut localement dégrader la qualité de l'eau et affecter l'état des palétuviers présents en front de mangrove (panaches turbides, pollutions accidentelles...). En considérant des travaux maritimes peu étalés dans le temps et de faible envergure, ces incidences devraient toutefois être localisées et limitées. Il est cependant important d'y veiller. Les incidences des travaux sur la fonctionnalité écologique semblent faibles mais doivent être surveillés.

Durant la phase exploitation, au regard de l'emprise maritime du projet et sans modélisation du fonctionnement hydrosédimentaire, il reste difficile d'évaluer les conséquences réelles du projet sur l'état de conservation du front de mangrove. Un risque d'altération existe, en lien avec de possibles modifications du fonctionnement hydro-sédimentaire de la zone, en lien avec la modification du trait de côte.

1.2.8 Impacts cumulés

A la connaissance de BIOTOPE et au moment de la rédaction de cette étude, aucun projet en cours⁷ n'a été identifié, et pouvant participer aux impacts cumulés, ils sont donc nuls. Il faudra cependant évaluer ces impacts cumulés si un nouveau projet est porté à connaissance dans la zone.

⁷ Travaux en cours ou Enquête publique approuvée d'un projet à venir

2 Mesures d'évitement, de réduction, de compensation et de suivi des effets du projet

Rappel de la doctrine nationale relative à la séquence Eviter, Réduire et Compenser les impacts sur le milieu naturel : Dès la phase de conception, le projet doit « s'attacher à éviter les impacts sur l'environnement, y compris au niveau des choix fondamentaux liés au projet (nature du projet, localisation, voire opportunité). Cette phase est essentielle et préalable à toutes les autres actions consistant à minimiser les impacts environnementaux des projets, c'est-à-dire à réduire au maximum ces impacts et en dernier lieu, si besoin, à compenser les impacts résiduels après évitement et réduction. C'est en ce sens et compte tenu de cet ordre que l'on parle de « séquence éviter, réduire, compenser ».

« La séquence « éviter, réduire, compenser » les impacts sur l'environnement concerne l'ensemble des thématiques de l'environnement, et notamment les milieux naturels. Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de plans, programmes et projets dans le cadre des procédures administratives de leur autorisation (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques i.e. loi sur l'eau, Natura 2000, espèces protégées, etc.). »

2.1 Stratégie d'atténuation des impacts du projet

Afin d'éviter ou réduire les effets du projet sur les habitats et espèces patrimoniales et/ou protégées, certaines mesures d'atténuation peuvent être adoptées lors de la phase de conception (phase PRO du projet), ou seront mises en place ultérieurement dans le cadre de la conception du projet.

La logique d'évitement/réduction retenue dans ce cadre a été dictée par le croisement de plusieurs paramètres :

- La valeur patrimoniale des habitats et espèces sur l'aire d'étude rapprochée ;
- La protection des espèces, l'objectif du Maître d'Ouvrage étant de respecter strictement la réglementation concernant les espèces protégées ;
- La sensibilité générale des habitats et espèces (ou du groupe d'espèces) au projet concerné ou au dérangement, en considérant les habitats et espèces patrimoniaux, au-delà du statut de protection des espèces ;
- Les éléments propres au site : abondance locale de l'espèce sur site, fonctionnalité écologique des milieux, ...

Les mesures d'évitement et de réduction des effets ont ainsi été calibrées pour les habitats, espèces et groupes d'espèces présentant les plus forts enjeux et/ou la plus forte sensibilité vis-à-vis du projet.

La stratégie d'atténuation des impacts s'articule ainsi autour de **deux axes forts** :




- Axe 1 : la priorité à l'évitement des enjeux de biodiversité via un important travail de recherche d'optimisation du périmètre d'exploitation, afin de préserver au maximum les communautés biologiques patrimoniales du secteur étudié ;
- Axe 2 : la définition d'un panel de mesures visant à réduire au maximum les impacts écologiques subsistant après cette démarche majeure d'évitement, en tenant compte également des effets indirects vis-à-vis des communautés biologiques évitées mais proches du périmètre optimisé.

En considérant ce projet, sur la base des impacts préalablement identifiés, des mesures d'évitement et de réduction ont été définies :

- Mesure E01 – Optimisation de la conception du terre-plein et du talus
- Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
- Mesure R02 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
- Mesure R03 – Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
- Mesure R04 – Gestion optimale des déchets durant le chantier
- Mesure R05 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
- Mesure R06 – Accompagnement environnementale du projet

Ces mesures sont détaillées dans les chapitres suivants, sous forme de fiches détaillées.

2.2 Détail des mesures

Mesure E01	Optimisation de la conception du terre-plein et du talus
<p>Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure</p>	<p>Palétuviers isolés le long du talus actuel.</p> <p>Peuplements benthiques et ichtyologiques du platier dégradé</p>
<p>Localisation :</p>	<p>Pour la mangrove : Nord-Ouest du projet.</p> <p>Pour le platier : tout le long de la partie Est et Sud du projet.</p> <p>L'aménagement côtier du projet prévoit une emprise maritime (estimée à 4300 m²). Cette emprise va concerner les habitats marins de substrats meubles, de substrats durs et la mangrove. L'évaluation des impacts montre qu'une partie des peuplements benthiques du platier dégradé vont être détruites par recouvrement direct. Des palétuviers sont également présents à proximité de l'emprise du projet. Une portion sera possiblement directement recouverte, le reste risque d'être fortement impacté par les travaux.</p> <p>Pour limiter cet impact, dans le cadre de la définition du projet, il est donc possible d'intégrer ces enjeux écologiques, de façon à définir un projet réduisant l'emprise de l'aménagement au niveau de la zone côtière.</p>
<p>Objectif(s) :</p>	<div style="text-align: center;">  Emprise du projet sur les habitats marins </div> <div style="text-align: right; margin-right: 20px;">  </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte), Habitats (PNMM-AFB - En cours) Cartographie: Biotope, 2019</p> </div> <div style="flex: 0.5; margin-left: 10px;"> <p>Légende</p> <ul style="list-style-type: none"> — Limite du Projet Types de substrat ■ Mangrove ■ Pâtes corallien ■ Sédiment sablo-vaseux à vaseux ■ Sédiments fins à grossiers et rides ■ Platier corallien dégradé ■ Enrochements </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Figure 56 : Définition de l'emprise du projet sur les habitats marins côtiers.</p>
<p>Description</p>	<p>Cette mesure se traduit par une réflexion au moment de la définition opérationnelle et technique du projet, préalablement à l'ensemble des procédures réglementaires d'autorisation. La maîtrise d'œuvre, accompagnée des structures d'ingénierie spécialisée, va définir le projet d'aménagement définitif (phase PRO). Dans ce cadre, il convient donc d'intégrer l'ensemble des enjeux, notamment environnementaux.</p>

Mesure E01	Optimisation de la conception du terre-plein et du talus
	<p>Au vu des habitats marins identifiés, la présence d'un platier est à prendre en compte. Celui-ci est cependant très dégradé et l'enjeu est donc limité. La présence de palétuviers est également à prendre en compte, et leur destruction doivent dans la mesure du possible être évité (déforestation de la mangrove interdite qui plus est, nécessitant une autorisation).</p> <p>Cette mesure va donc se traduire par une optimisation de l'emprise maritime du projet, devant limiter la destruction de ces habitats. La réflexion doit donc permettre <u>d'identifier les possibilités réalistes pour limiter l'impact lié à l'emprise maritime.</u></p> <p>De plus, dans la phase de conception du projet, la définition des modes opératoires de construction doit aussi permettre de limiter ces incidences sur le milieu marin, en travaillant notamment sur la définition de travaux et mesures associées, permettant de limiter les impacts sur la zone adjacente à l'emprise. Cette étape est importante, car elle doit notamment aboutir à limiter les panaches turbides dans cette zone marine, ou la limitation des nuisances acoustiques liés aux travaux.</p> <p>Enfin, cette mesure devra également être associée à la démarche d'écoconception, devant proposer des dispositifs artificiels favorables au développement des peuplements benthiques et ichtyologiques.</p>
Principale(s) mesure(s) associée(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure R05 – Coordination environnementale du projet
Planning :	Phase conception du projet (« PRO »), avant les autorisations réglementaires et préalablement aux travaux
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Responsable :	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, bureau d'étude

Mesure R01	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants. <p>Limiter les rejets directs de certaines opérations dans le milieu marin</p> <p>Pour limiter les pollutions chroniques des eaux en phase travaux, différents dispositifs sont à mettre en place, comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'assainissement des installations de chantier et des bases de vie, • L'assainissement des emprises terrestres du chantier, • L'interdiction des rejets pour les opérations de bétonnage. <p>L'utilisation d'un rideau anti-MES peut aussi être utilisé au niveau des zones jugées sensibles et lors des travaux en mer. L'expérience acquise (cas du chantier NRL à La Réunion) montre toutefois que ce dispositif de protection montre certaines limites pour limiter la diffusion des panaches turbides en milieu marin ouvert. En fonction de la définition du projet, l'usage de ce type de dispositif est à étudier. Concernant ce projet et le contexte naturel de la zone d'étude (environnement vaseux avec eau turbide), ce dispositif n'apparaît pas nécessaire pour les travaux.</p> <p>Définir un seuil d'arrêt des travaux dans le cas du dépassement d'une certaine concentration de matière en suspension dans le milieu marin</p> <p>Dans le cadre des travaux, un seuil réglementaire peut être proposé concernant la concentration maximale autorisée pour les matières en suspension à proximité des travaux (concentration de MES en mg/L). Cela doit ainsi limiter la diffusion chronique de panaches turbides et éviter l'hypersédimentation dans le milieu marin.</p> <p>Ce seuil est à définir sur la base d'une modélisation hydrosédimentaire des travaux, en considérant le contexte local (zone naturellement turbide et vaseuse).</p> <p>Enfin, il est rappelé que cette <u>mesure est en lien direct avec le suivi de la qualité de l'eau durant les travaux (MR02)</u>. Dans le cas où ce suivi indique un dépassement des seuils réglementaires, il convient d'adapter les travaux pour limiter ce type de pollution.</p>
<p>Principale(s) mesure(s) associée(s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure R02 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux • Mesure R04 – Gestion optimale des déchets durant le chantier • Mesure R05 – Coordination environnementale du projet • Mesure MA02 – Suivi des biocénoses marines
<p>Planning :</p>	<p>Durant les travaux</p>
<p>Indication sur le coût :</p>	<p>Coût intégré au projet</p>
<p>Responsable :</p>	<p>Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises, coordinateur environnemental et contrôles spécifiques (contrôle extérieur et entreprise)</p>

Mesure R02	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble de la faune et flore marine : peuplements benthiques et ichtyologiques, tortues marines et mammifères marins, mangrove
Localisation :	Dans la zone d'influence des travaux, dans un rayon à définir en fonction des résultats obtenu suite à la réalisation d'une modélisation hydrosédimentaire et de la diffusion des panaches turbides dans le cadre des travaux du projet.
Objectif(s) :	En considérant les travaux prévus pour le projet, un suivi régulier et renforcé de la qualité de l'eau et des sédiments est à mener, sous la responsabilité de la Maîtrise d'œuvre et des Entreprises. Ce contrôle environnemental doit participer à la veille pour le maintien de l'environnement marin dans un bon état.
Description	<p>Ce contrôle environnemental doit donc permettre de suivre l'état du milieu marin, au travers de la réalisation d'un suivi hydrologique et des sédiments. Celui-ci porte sur un suivi de différents paramètres de la colonne d'eau et des sédiments, par l'intermédiaire de mesures réalisées de façon régulière ou lors de travaux spécifiques.</p> <p>De façon à caractériser de manière pertinente l'état de la colonne d'eau et des sédiments, différents <u>paramètres doivent donc être étudiés durant les travaux maritimes jugés sensibles pour les communautés vivantes</u> (cas du clapage, dragage maritime) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivi de la matière en suspension et turbidité, par prélèvement d'eau (sub-surface et profond, ou profondeur à définir suivant bathymétrie et nature des travaux), • Suivi physico-chimique des eaux côtières, par prélèvement d'eau ou sonde : T°C, salinité, pH, DCO et hydrocarbures totaux, • Suivi physico-chimique des sédiments : COT, hydrocarbures totaux et granulométrie, <p>Les <u>méthodes de suivi</u> se déclinent sous 3 formes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le prélèvement d'eau à l'aide d'une bouteille Niskin, pour l'ensemble des stations étudiées, avec échantillonnage à différentes profondeurs (50 cm de la surface / profondeur intermédiaire /à 1 m du fond), • Le suivi ponctuel de certains paramètres à l'aide d'une sonde multi-paramètres, • Le prélèvement de sédiments à l'aide d'une benne, <p>Les <u>travaux suivis et zone d'étude</u> correspondent aux modalités et paramètres étudiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour les suivis réguliers (MES, turbidité, paramètres physico-chimiques, sédiments), un plan d'échantillonnage doit être défini de façon à couvrir une zone représentative et caractéristique de l'environnement marin et travaux associés, • Pour les suivis inopinés ou concernant des travaux spécifiques, des transects doivent être définis pour évaluer la diffusion des MES dans la colonne d'eau. <p>Concernant les prélèvements d'eau, différentes profondeurs sont à respecter, conformément aux modes opératoires retenus pour le suivi de la qualité de l'eau (type</p>

Mesure R02	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
	<p>DCE) : sub-surface, profondeur intermédiaire, fond (+1m). Dans le cadre de certains travaux, pour les prélèvements, la gamme de profondeur est à définir.</p> <p>Pour les <u>fréquences de suivi, durant les travaux maritimes jugés sensibles</u>, les différents contrôles concernent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un suivi mensuel pour les matières en suspension et turbidité, • Un suivi bi-annuel pour le suivi physico-chimique des eaux côtières et le suivi des sédiments, • Un suivi inopiné ou occasionnel pour les opérations génératrices de matières en suspension. <p>La <u>restitution des résultats</u> doit se faire de manière régulière, sous la forme de rapport d'intervention ou d'un accès aux données en temps réel. Cette gestion de la donnée est importante pour permettre de bien évaluer l'état du milieu, en lien avec les travaux.</p> <p>Suivant la typologie des suivis, la nature des rapports est à définir : note hebdomadaire, rapport mensuel, bilan semestriel et annuel.</p> <p>La présentation des résultats des suivis est primordiale, devant notamment permettre de bien mesurer l'état de la colonne d'eau et des sédiments, en lien avec les travaux réalisés pour le projet.</p>
<p>Principale(s) mesure(s) associée(s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux • Mesure MR06 - Accompagnement environnemental du projet • Mesure MA01 : Qualité de l'eau
<p>Planning :</p>	<p>Durant les travaux (avec état 0 avant travaux)</p>
<p>Indication sur le coût :</p>	<p>Coût à définir suivant la nature des travaux maritimes sensibles et leur durée : suivi hebdomadaire ou mensuel suivant la période visé</p>
<p>Responsable :</p>	<p>Maîtrise d'Ouvrage, maîtrise d'œuvre, suivi réalisé par structure experte (bureau d'étude...)</p>

Mesure R03	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : mammifères marins et tortues marines
Localisation :	Zone d'influence acoustique estimée du projet (2 miles nautiques)
Objectif(s) :	<p>La présence de la mégafaune marine est avérée dans la zone d'influence du projet, constituant un enjeu écologique faible à moyen. Du fait de travaux maritimes, les émissions sonores du chantier peuvent entraîner des incidences sur les mammifères marins, que ce soit physiologiques ou comportementales (sensibilité acoustique accrue de ces espèces). Ainsi, plusieurs mesures, liées entre elles, doivent être prises en compte pour la gestion de la problématique mégafaune marine :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mesures de réduction des émissions sonores marines des travaux bruyants afin de limiter les impacts acoustiques du chantier (impacts physiologiques permanents et temporaires ; impacts comportementaux : désertion de la zone par exemple), • contrôles acoustique et visuel garantissant l'absence des cétacés dans la zone d'influence des travaux, • définition d'une charte d'approche et d'une procédure échouage (afin d'éviter les risques de collision avec les cétacés ou les tortues marines et de prendre en charge un échouage si le cas se présente. <hr/> <p>Dans le cadre du projet, il ne semble pas que des travaux bruyants soient envisagés. Cependant, si c'est le cas (travaux type fragmentation, déroctage, clapage massif, etc.) un plan de gestion des risques devra être considéré.</p> <hr/> <p><u>Définition d'un plan de gestion des risques</u></p> <p>Ce plan de gestion doit permettre de proposer les mesures opérationnelles pour la gestion du risque acoustique engendré par les travaux du projet. Les mesures de gestion du risque vont être définies de manière opérationnelle en intégrant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le rayon d'influence acoustique (sur la base d'une modélisation), • Les modalités de réalisation des travaux : typologie, durée et fréquence, engins utilisés, calendriers ... <p>Ce plan de gestion des risques va ainsi définir l'ensemble des mesures adéquates pour éviter ou limiter les nuisances sonores dans le milieu marin, reprenant les 3 axes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La limitation et la maîtrise du bruit à la source, • Le suivi et le contrôle de l'absence des cétacés dans la zone d'influence, • La limitation des contextes à risques
Description	

Mesure R03	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	<p>➤ <u>Définition des moyens pour la réduction des impacts acoustiques des travaux bruyants</u></p> <p>Sur la base du plan de gestion des risques, différentes mesures de réduction des niveaux sonores des travaux maritimes peuvent être mises en place.</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Le « ramp-up »</u> <p>La procédure du « Ramp-up » est appliquée de façon quasi-systématique à ce jour (NATO Undersea Research Centre, 2004). Elle consiste à générer, à partir d'une ou plusieurs sources sonores dont les niveaux et les formes de signaux sont contrôlés par une électronique, des niveaux de bruit perçus par les espèces potentiellement en présence de plus en plus forts. L'objectif recherché est d'alerter les espèces en présence et de provoquer leur éloignement temporaire. Cette procédure est réalisée préalablement au démarrage des opérations de construction (30 minutes avant) lorsqu'une période de calme sonore aura été significativement longue pour que les espèces aient eu la possibilité de revenir dans le voisinage des opérations. Sans interférence directe avec la conduite même des opérations en mer, cette procédure est relativement simple à adopter. La procédure du « Ramp-up » s'effectue à proximité de la zone des travaux à chaque démarrage d'une phase de construction. Lorsque cela est possible, les signaux émis par le transducteur doivent atteindre progressivement les niveaux acoustiques engendrés par les futurs travaux de construction. La durée d'une procédure doit permettre aux mammifères marins susceptibles d'être présents de quitter la zone de risque du projet. Il faut associer une veille acoustique passive et visuelle à la procédure du « Ramp-Up » afin de documenter l'efficacité de la procédure. Dans la négative, celle-ci pourrait être remise en cause.</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Le soft-start</u> <p>Il s'agit d'une mesure proposant un démarrage progressif des travaux maritimes bruyants. Avant d'atteindre la cadence normale des travaux, suivant les ateliers prévus, il est donc possible de démarrer progressivement l'activité, générant un bruit sous-marin. Ces émissions sonores doivent ainsi permettre aux cétacés de prendre connaissance d'un environnement sonore modifié, pour notamment quitter la zone à risque.</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Le rideau de bulles</u> <p>En complément des 2 précédentes mesures, il est possible d'associer un rideau à bulles autour de certains ateliers jugés bruyants. Ce dispositif doit permettre de réduire le niveau sonore brut des travaux maritimes. En effet, l'existence d'un champ de bulles modifie les caractéristiques de l'environnement physique du milieu, modifiant les modalités de propagation du bruit (fréquences et énergie acoustiques), et entraînant une diminution du niveau acoustique initial des travaux maritimes.</p>

SEL* en fonction de la distance

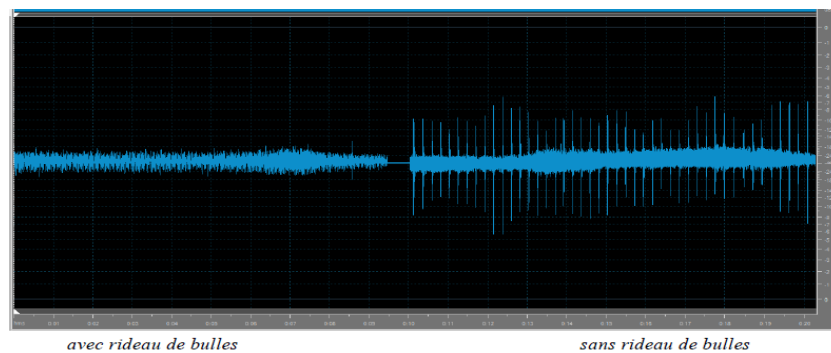
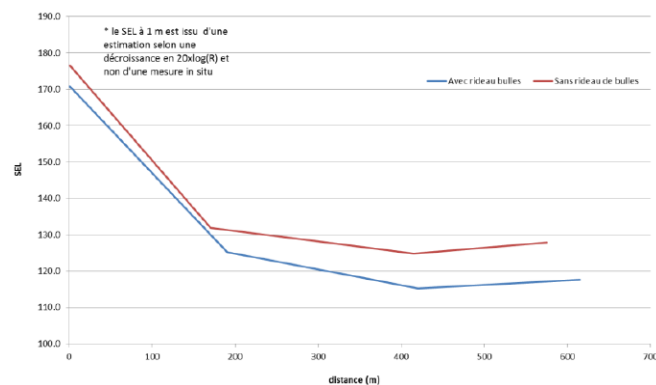


Figure 57 : Exemple de gain acoustique (graphique et sonogramme) obtenu avec l'utilisation d'un double rideau de bulles lors d'une opération de brise-roche à La Possession dans le cadre du chantier NRL (Nortékméd, 2015)

➤ **Suivi et contrôle de l'absence des cétacés dans la zone d'influence**

Cette mesure doit donc permettre de s'assurer de l'absence de la mégafaune marine lors des travaux maritimes jugés bruyants. En outre, il convient également de définir préalablement au début du chantier, un seuil acoustique réglementaire ne devant être dépassé.

Définition d'un seuil réglementaire acoustique limitant le niveau sonore des travaux bruyants

Il convient de définir un seuil acoustique réglementaire précisant le niveau sonore maximum autorisé pour les travaux dans une zone donnée. Ce seuil sera exprimé sous 2 formes : le niveau d'exposition sonore (SEL) exprimé en dB ref 1 $\mu\text{Pa}2\text{s}$ et le niveau de pression sonore (SPL / « peak to peak ») exprimé en dB ref 1 μPa . A titre d'exemple, dans le cadre du chantier NRL, sur la base de la réglementation allemande, ce seuil réglementaire est de 160 dB ref 1 $\mu\text{Pa}2\text{s}$ (SEL) et de 190 dB ref 1 μPa (SPL) à 750 m de la source d'émission acoustique des travaux. Pour le projet, il sera inscrit dans l'arrêté d'autorisation des travaux, et devra être respecté lors des travaux maritimes.

Monitoring acoustique des cétacés en temps réel (mesure de réduction par acoustique passive)

L'observation par acoustique passive consiste à identifier la présence de spécimens en immersion. Elle est mise en œuvre par des hydrophones capables de percevoir les vocalises des mammifères marins identifiés dans le plan de gestion des risques. Pour limiter les perturbations et le dérangement des cétacés, un monitoring acoustique en temps réel sera donc mis en place dans la zone d'influence du projet, permettant la

Mesure R03	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	<p>détection des cétacés dans le rayon d'influence acoustique du projet et de qualifier les niveaux de bruits sous-marins (ambiance sonore, niveau acoustique des travaux...).</p> <p>Pour ce faire, un système de monitoring acoustique peut être déployé à partir d'un bateau permettant de détecter la présence et l'approche de cétacés.</p> <p>L'analyse des données recueillies doit être réalisée en temps-réel pour permettre une évaluation immédiate de la présence ou suspicion de présence d'un ou plusieurs mammifères marins dans la zone d'évitement. Les traitements d'acoustique passive permettant une bonne mise en œuvre des évitements sont :</p> <ul style="list-style-type: none">- La détection en temps-réel des événements sonores, non seulement biologiques mais aussi anthropiques et naturels ;- L'identification temps-réel des événements sonores biologiques avec les espèces de cétacés afin de confirmer les contacts acoustiques ;- L'estimation temps-réel de la distance des émissions sonores des cétacés à l'hydrophone afin d'évaluer la présence de l'animal dans la zone d'évitement ;- L'estimation temps-réelle des performances de détection des événements sonores des cétacés afin de s'assurer que les capteurs couvrent à minima toute la zone d'évitement. <p><i>Monitoring renforcé par suivi visuel embarqué (mesure de réduction par observations visuelles des cétacés)</i></p> <p>En complément du monitoring acoustique en temps réel des cétacés, un suivi visuel embarqué accompagnera les procédures d'évitement-réduction avant le démarrage des travaux bruyants.</p> <p>Trois observateurs expérimentés dans la détection et le suivi des cétacés mèneront une surveillance de la zone d'influence 30 à 60 minutes avant les travaux. Avec un système adapté de télécommunication, ils informeront des résultats de ces prospections en temps réel. Cela doit permettre de certifier de la présence/absence d'individu(s) dans la zone d'influence acoustique du projet. En outre, le comportement sera clairement observé, ainsi que la direction du déplacement (en cas d'observation). En cas de détection d'un cétacé, conjointement avec le monitoring acoustique, le démarrage des travaux doit être validé par les observateurs embarqués et la maîtrise d'œuvre, selon les étapes de la procédure à suivre (cf. plan de gestion des risques acoustiques). Pour chaque observation de cétacés, les experts relèveront également les informations issues du suivi focal du groupe (formation, taille du groupe, activité dominante, présence de juvéniles).</p> <p>➤ <u>Limitation des contextes à risque</u></p> <p><i>Réduction des bruits des travaux en adaptant la conception du projet</i></p> <p>Sur la base des connaissances actuelles, il est possible de définir des modes opératoires ou travaux moins bruyants dans la colonne d'eau.</p> <p><i>Adaptation du calendrier des travaux en fonction des espèces</i></p> <p>Il n'est pas proposé de privilégier un calendrier particulier. Les potentielles saisonnalités étant moyennement connues pour les delphinidés et les baleines à bosses fréquentant très peu la zone.</p>

Mesure R03	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	<p><i>Adaptation du trafic maritime par l'adoption d'une charte d'approche (à adopter même en absence de travaux bruyants)</i></p> <p>Définition d'une charte de bonne conduite pour le respect de la mégafaune marine sur la base de la charte d'approche des cétacés et tortues marines du Parc naturel marin de Mayotte et de l'arrêté préfectoral. Une procédure similaire est à définir dans le cadre des activités maritimes du chantier. Celle-ci doit notamment préciser les conditions de navigation (vitesse maximale) et la conduite à tenir dans le cas d'une observation de cétacés (positionnement du bateau par rapport aux individus, distance maximale d'approche...). De manière générale, cette mesure doit aussi se traduire par une sensibilisation des entreprises concernant la mégafaune marine (espèces concernées, enjeux et sensibilité écologique, mesures environnementales associées...). Dans ce sens, le coordinateur environnemental pourra produire un document dédié présentant l'ensemble des points importants concernant la prise en compte de la mégafaune marine dans le cadre du projet.</p> <p><i>Mise en place d'un plan d'alerte bruit et d'un plan de sauvetage des mammifères marins et tortues marines</i></p> <p>Il s'agit de définir une procédure échouage sur laquelle chaque entreprise de travaux concernée par un volet maritime s'engage à suivre en cas de découverte d'un mammifère marin ou tortue marine échoué (ou à la dérive en mer). Ces procédures reprennent systématiquement le cadre fixé par le REMMAT (Réseau d'Echouage Mammifère Marins et Tortues marines). La production d'une procédure générique « mère » qui fixe le cadre général et organise les différentes étapes postérieures à la découverte de l'animal et les moyens associés (prise en charge de l'animal, autopsie par des vétérinaires agréées, ...). Cette procédure se formalise également par une convention avec le REMMAT.</p>
<p>Principale(s) mesure(s) associée(s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • MR06 – Accompagnement environnementale du projet • MA03 – Suivi de la mégafaune dans le cadre du projet
<p>Planning :</p>	<p>Mesures mises en place sur la durée du chantier, en particulier durant les travaux maritimes</p>
<p>Indication sur le coût :</p>	<p>Coût intégré au projet (grande variabilité des coûts en fonction des mesures, en particulier si des contrôles acoustiques renforcés sont à mettre en place).</p>
<p>Responsable :</p>	<p>Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre (responsable), entreprises et structures spécialisées pour la mise en œuvre de ces mesures, coordinateur environnementale, référent du REMMAT.</p>

Mesure R04	Gestion optimale des déchets durant le chantier
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces du milieu marin : peuplements benthiques, invertébrés marins, poissons, tortues marines et mammifères marins, mangrove.
Localisation :	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s) :	Dans le milieu marin, les déchets constituent une cause de pollution importante, en particulier les déchets plastiques. Ces derniers présentent un taux de dégradation assez long, et peuvent causer de graves dysfonctionnement ou lésions pour certaines espèces marines (cas des tortues et mammifères marins). Il convient donc de considérer leur gestion dans la tenue du chantier, que ce soit pour le milieu terrestre et marin.
Description	<p>Les entreprises attributaires des travaux sont responsables du tri et de l'évacuation des déchets et emballages générés par le chantier.</p> <p>Les entreprises devront notamment s'engager à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - organiser la collecte et le tri des déchets et emballages, en fonction de leur nature et de leur toxicité, - conditionner hermétiquement leurs déchets pour éviter leur envol lors de leur transport, - définir une aire provisoire de stockage quotidien des déchets générés par le chantier en vue de faciliter leur enlèvement ultérieur selon les filières appropriées, - prendre les dispositions nécessaires contre l'envol des déchets et emballages sur le chantier, - pour tous les déchets industriels spécifiques, l'entreprise établira ou fera établir un bordereau de suivi permettant notamment d'identifier le producteur des déchets (en l'occurrence le porteur du projet), le collecteur-transporteur et le destinataire, ceci concerne également les terres présentes sur le site si elles devaient être amenées à être évacuées. <p>Le chantier sera nettoyé hebdomadairement afin d'éviter dispersion de poussières et de déchets.</p> <p>Les déchets issus de la démolition seront triés et, selon leur nature, évacués vers les centres adaptés ou réutilisés en remblais.</p> <p>Une attention particulière est à porter aux déchets volants (plastique, carton...), car ceux-ci peuvent engendrer des incidences notables sur la mégafaune marine (occlusion intestinale, étouffement, ...).</p>
Principale(s) mesure(s) associée(s)	MR06 – Accompagnement environnemental du chantier
Planning :	Durant les travaux
Indication sur le coût :	Coût intégré à la gestion des travaux par les entreprises (+ maîtrise d'œuvre et accompagnement environnemental)

Mesure R04	Gestion optimale des déchets durant le chantier
Responsable :	Maîtrise d'ouvrage (responsable) et structure compétence pour l'accompagnement environnemental

Mesure R05	Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces du milieu marin : peuplements benthiques, invertébrés marins, poissons, tortues marines et mammifères marins, mangrove
Localisation :	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s) :	Le front de mer de Mamoudzou présente des enjeux écologiques faible à fort, qu'ils soient liés aux biocénoses marines, à la mégafaune marine ou à la mangrove. A ce titre, le projet doit donc proposer une gestion environnementale permettant de conserver l'ensemble des caractéristiques physiques et biologiques favorables au milieu. Ainsi, il convient de mettre en place l'ensemble des mesures environnementales propices à la conservation du patrimoine biologique.
Description	<p>Cette mesure comprend l'ensemble des dispositifs et aménagements permettant une gestion environnementale optimisée du projet lors de son exploitation. Concernant le projet, cela concerne principalement la gestion des eaux et des déchets.</p> <p>Pour <u>la gestion des eaux</u>, cela se traduit par la mise en place de systèmes d'assainissement des eaux rejetées dans l'océan, à savoir les eaux pluviales. Ainsi, le projet va mettre en place des systèmes optimaux d'assainissement routier.</p> <p>Pour la <u>gestion des déchets</u>, l'aménagement du front de mer doit offrir l'ensemble des dispositifs permettant la collecte des déchets volants, devant également être accompagné d'une sensibilisation adaptée et forte dans le contexte mahorais difficile de gestion des déchets.</p>
Principale(s) mesure(s) associée(s)	MR06 – Accompagnement environnemental du projet
Planning :	Phase exploitation (après les travaux)
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Responsable :	Maîtrise d'ouvrage (responsable) et structure compétence pour l'accompagnement environnemental

Mesure R06

Accompagnement environnemental du projet

- La perturbation des écoulements naturels (création de zones humides, rétention, ...),
- La perturbation du trafic sur la voirie publique (accidents, projections, gêne des riverains, ...),
- La gestion des déchets,
- Le cas des pollutions accidentelles durant le chantier,
- Les risques pour la santé humaine (émissions de particules fines nocives, accidents...).

2/ la préparation du chantier

La détermination des objectifs environnementaux du chantier,

La définition des modes opératoires permettant de diminuer les impacts pendant le chantier,

La réflexion sur les matériaux et énergie consommés ainsi que la logistique du chantier (stockage, transport, maintenance, atelier mécanique...),

La maîtrise des rejets et gestion des déchets de chantier, (bordereau de suivi - simulation de production de déchets - organigramme de gestion et estimation des coûts d'élimination des déchets),

Le plan de gestion des déchets de chantier

La toxicité des rejets de chantier,

Le recyclage et volume des déchets (ratios, tonnage, volume et coût des déchets),

L'évacuation et l'élimination des déchets (coûts avec ou sans tri),

L'utilisation de matériels et engins homologués, en assurant un entretien régulier pendant le chantier.

La définition du plan d'installation de chantier (zones de circulations et de stockage...).

3/ la réalisation du chantier

- Cadrage, formation et sensibilisation du personnel sur la réglementation, les impacts et les procédures de travail, pour faire évoluer les pratiques et les comportements en matière d'environnement sur un chantier,
- Définition d'un plan de communication interne et externe concernant le chantier, à destination du personnel, des riverains et des usagers, et de l'ensemble des partenaires et acteurs de l'opération.
- Mise en œuvre des dispositions prévues et vérification de leur efficacité par des mesures de l'impact du chantier avec un accompagnement réalisé par un référent environnement : suivi de chantier.
- Préalablement aux travaux, différents documents sont également à produire :
- Le Plan Assurance Environnement (PAE)
- Le Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Évacuation des Déchets (SOSED).

Mesure R06

Accompagnement environnemental du projet

4/ la remise en état du site.

- Action de restauration et de remise en état du milieu,
- Nettoyage du site...
- L'ensemble de cette intégration va être accompagné par un référent environnement, dont les compétences permettront d'insérer au mieux le projet dans son environnement.

L'accompagnement et la coordination environnementale du projet

Un accompagnement et une coordination environnementale sur l'ensemble du projet est nécessaire avec la nomination d'un référent environnemental qui sera en charge de l'environnement pour ce projet. Cet accompagnement est très important dans le cadre de ce projet car il permet de limiter considérablement les impacts, en particulier pour la faune et la flore. Les récents travaux maritimes menés dans le cadre du projet NRL ont montré que cet accompagnement permettait notamment de mieux définir les modes opératoires pour les travaux, et permettre une meilleure prise en compte des enjeux écologiques

Dans le cadre du projet, il est donc nécessaire de définir une mission d'accompagnement et de coordination environnementale du projet, avec la nomination d'un référent environnemental.

- Son appui se fera tout au long du projet durant les étapes importantes, à savoir :
- En phase PRO avec ajustement du projet en fonction des contraintes environnementales aux côtés des concepteurs techniques du projet,
- Durant la rédaction des clauses environnementales des DCE de travaux incluant des dispositifs dédiés de préservation des enjeux naturels et des modalités de mise en œuvre des travaux les plus adaptées possibles aux enjeux, suivi de l'analyse environnementale des offres des candidats,
- Un accompagnement environnemental sur le chantier, avec un regard objectif et indépendant sur l'ensemble des problématiques liés à l'environnement.

Le référent environnement se doit donc d'intervenir à différents niveaux du projet pour permettre une intégration environnementale optimale (mesures, ajustement des filets, zonage, suivi de mise en œuvre, contrôle et bilans scientifiques ex-post, ...).

Concernant plus spécifiquement le suivi de chantier, son rôle est important. Il permet de veiller à la bonne réalisation des mesures environnementales proposées en phase travaux. Le référent environnement devra veiller à de nombreux points importants lors des travaux.

A titre d'exemple, il veillera au respect des mesures suivant :

- Le stockage des déchets sera réalisé dans des sacs/bacs prévus à cet effet, avec une évacuation régulière (pour éviter la prolifération des rats prédateurs de la faune indigène). Ils ne seront pas brûlés mais évacués selon les filières agréées.
- Le contrôle des engins de chantier sera réalisé avant intervention : bon entretien, absence de fuites de produits polluants, bon état général des engins.
- Il n'y aura pas de ravitaillement en carburant et en lubrifiants, des engins de chantiers sur le site des travaux.
- Dans le cas de stockage de produits polluants, ils le seront sur des bacs de rétention étanches munis de toiture.

Mesure R06	Accompagnement environnemental du projet
	<ul style="list-style-type: none"> - En cours d'intervention, aucun stockage de matériels et/ou de matériaux ne sera réalisé en milieu naturel. - Les engins, matériels et matériaux de chantier seront évacués du chantier quotidiennement, vers une zone de stockage située en dehors du milieu naturel. - Des équipements nécessaires en cas de départ d'incendie sont prévus, avec interdiction de fumer sur le site ou d'utiliser des réchauds en milieu naturel. - Les engins de chantier (les groupes électrogènes et autres compresseurs) utilisés ne devront présenter aucun risque fort vis-à-vis du risque incendie. - Aucun rejet de substance non naturelle dans le milieu (laitance de béton à décanter et évacuer vers les filières de traitement agréées) ; - Vidange, ravitaillement, nettoyage des engins et du matériel à faire en dehors de la zone des travaux, dans une zone spécialement définie et aménagée ; - Mise en place de collecte et de tri des déchets, avec poubelles et conteneurs, traitement vers des filières agréées de tout type de déchets. - Limitation au strict minimum des emprises de chantier (zone d'intervention) et implantation adaptée des installations de chantier. <p><u>Comité de suivi</u></p> <p>Dans le cadre du projet, un comité de suivi pourra être mis en place pour garantir la bonne mise en œuvre du projet, en lien avec l'ensemble des composantes environnementales. De plus, ce comité va également s'assurer du bon déroulement des travaux et la mise en place des mesures environnementales.</p>
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Ensemble des mesures environnementales proposées dans le cadre du projet
Planning :	Avant et durant les travaux
Indication sur le coût :	Coût évalué sur la base de la durée du chantier : 60 000 € sur 24 mois
Responsable :	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre (responsables), structure spécialisée dans la coordination environnementale (bureau d'étude...)

2.3 Synthèse des impacts résiduels du projet et analyse du besoin de compensation

Les effets du projet sont réévalués à la lumière des différentes mesures d'évitement et de réduction proposées (Tableau 15). Les impacts résiduels de niveau « moyen », ou supérieurs, sont considérés comme « notables » au sens de l'article R122-5 alinéa 7° du code de l'environnement, c'est-à-dire de nature à déclencher une démarche de compensation. Pour rappel, le niveau « moyen » d'impact résiduel correspond à un impact dont la portée est supra-locale.

Dans le cadre du projet, **les impacts résiduels identifiés sont nuls, négligeables ou faibles sur les habitats naturels, sur les tortues marines et sur les mammifères marins**, grâce aux mesures proposées, et notamment :

- L'optimisation de l'emprise du projet et une écoconception des ouvrages côtiers permettant de limiter les impacts sur les habitats concernés,
- Une gestion et un contrôle de la qualité de l'eau, favorable à l'ensemble des habitats, peuplements marins, à la faune et à la flore marine,
- Une réduction des émissions sonores des travaux maritimes bruyants et un contrôle régulier du bruit sonore sous-marin, limitant les incidences acoustiques des travaux sous-marins bruyants sur la mégafaune marine.

Tableau 15 : Evaluation des impacts résiduels du projet

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
HABITATS MARINS				
Peuplement benthique de substrat dur (avec recouvrement corallien localisé)	FAIBLE A MOYEN	Destruction des communautés benthiques par recouvrement direct	Mesure E01 – Optimisation de la conception du terre-plein et talus	FAIBLE Destruction localisée du platier dégradé (quelques colonies potentielles). Proposition d'un panel de mesures prenant en compte la présence de ces peuplements, avec modification de l'emprise du projet et la mise en place de structures au niveau du talus devant permettre le développement d'une faune et flores marines diversifiées.
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux	
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i>	Mesure R02 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux Mesure R05 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)	
		Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>	Mesure R06 – Accompagnement environnementale du projet	

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
Peuplements benthiques de substrats meubles	FAIBLE	Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux	<p>FAIBLE A NUL</p> <p>Recouvrement partiel direct de substrats meubles.</p> <p>Proposition d'un panel de mesures pour maîtriser la qualité de l'eau.</p>
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i>	<p>Mesure R02 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux</p> <p>Mesure R05 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)</p> <p>Mesure R06 – Accompagnement environnementale du projet</p>	
Mangrove	FORT	Destruction par recouvrement direct	Mesure E01 – Optimisation de la conception du terre-plein et talus	<p>FAIBLE</p> <p>Destruction localisée de quelques palétuviers. Proximité de la mangrove de Kaweni.</p> <p>Proposition d'un panel de mesures prenant en compte la présence de cet habitat, avec modification de l'emprise du projet et contrôle de la qualité de l'eau.</p>
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	<p>Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux</p> <p>Mesure R02 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux</p>	
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i>	<p>Mesure R05 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)</p> <p>Mesure R06 – Accompagnement environnementale du projet</p>	
		Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>		

Etude des biocénoses marines
(LOT 3)

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
TORTUES MARINES				
Tortue verte (<i>Chelonia mydas</i>)	FAIBLE	Dérangement sonore des tortues lors des travaux <i>Ensemble des émissions sonores considérées comme perturbatrices pour la faune (travaux bruyants, trafic maritime...)</i>	Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux	FAIBLE A NUL L'ensemble des mesures proposées permettent de prendre en compte les enjeux liés aux tortues marines, avec notamment la limitation du dérangement
Tortue imbriquée (<i>Eretmochelys imbricata</i>)	FAIBLE	Risques de collisions avec les embarcations durant le chantier <i>Trafic maritime généré pour la construction de la digue et protection maritime</i> Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en phase exploitation par modification du fonctionnement hydrosédimentaire</i> Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>	Mesure R02 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux Mesure R03 – Gestion des travaux en lien avec la problématique Méga-faune marine Mesure R04 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R05 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Mesure R06 – Accompagnement environnementale du projet	
Mammifères marins				
Grand dauphin de l'Indo Pacifique (<i>Tursiops aduncus</i>)	MOYEN	Perte d'habitats pour la faune (méga-faune marine) en lien avec l'emprise directe du projet <i>Création de la digue (emprise littorale et marine de 6 ha)</i>	Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux Mesure R02 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux	FAIBLE Les différentes mesures proposées permettent de limiter considérablement les incidences sur cette espèce, au travers notamment de la gestion et suivi des

Etude des biocénoses marines
(LOT 3)

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
		Dérangement sonore des cétacés lors des travaux <i>Ensemble des émissions sonores considérées comme perturbatrices pour la faune (travaux bruyants, trafic maritime...)</i>	Mesure R03 – Gestion des travaux en lien avec la problématique Mégafaune marine Mesure R04 – Gestion optimale des déchets durant le chantier	nuisances acoustiques (et de la qualité de l'eau).
Ensemble des espèces de cétacés	FAIBLE	Risques de collisions avec les embarcations durant le chantier <i>Trafic maritime généré pour la construction de la digue et protection maritime</i>	Mesure R05 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)	<p>FAIBLE A NUL</p> <p>Les différentes mesures proposées permettent de limiter considérablement les incidences sur l'ensemble des cétacés, au travers notamment de la gestion et suivi des nuisances acoustiques (et de la qualité de l'eau).</p>
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	Mesure R08 – Accompagnement environnementale du projet	
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i>		
		Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>		

2.4 Mesures de compensation

2.4.1 Principe de définition

La définition d'une compensation doit s'appuyer sur plusieurs principes :

- Le principe de base de la mesure compensatoire est qu'elle doit répondre aux impacts résiduels, et être dimensionnée en fonction de la nature et de l'intensité de ceux-ci : c'est le principe de proportionnalité des mesures.
- Par ailleurs, il est nécessaire que la mesure de compensation garantisse l'absence de perte nette de biodiversité, et si possible offre une plus-value écologique par rapport aux impacts du projet. Les mesures compensatoires doivent en outre offrir un maximum de garanties quant à leur mise en œuvre et leur pérennité.
- Les mesures de compensation doivent respecter le principe d'additionnalité et ne pas se substituer à d'autres politiques environnementales engagées par ailleurs. La mesure de compensation liée au projet doit ainsi s'inscrire en complémentarité des actions de protection de la nature déjà engagées ou en projet et non en substitution de celles-ci.

2.4.2 Définition des mesures de compensation du projet

Dans le cadre de ce projet, **les impacts résiduels étant évalués comme faibles à nul, aucune mesure de compensation ne semble nécessaire pour les biocénoses marines.**

2.5 Mesures d'accompagnement

Comme indiqué précédemment, le processus ERC a été mis en place de façon stricte dans le cadre du projet, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction. In fine, l'intensité et la nature des impacts résiduels, après ces deux étapes, ne justifient pas la définition de mesure de compensation. En revanche, il peut être proposé des mesures d'accompagnement.

Tableau 16 : Mesures d'accompagnement du projet sur les milieux naturels marins

<i>Code de la mesure</i>	<i>Intitulé de la mesure</i>
A01	Suivi des biocénoses marines et littorales durant les travaux
A02	Suivi de la mégafaune marine durant les travaux

Ces mesures sont détaillées ci-dessous.

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines durant les travaux
<p>Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure</p> <p>Localisation :</p>	<p>Peuplements benthiques et ichtyologiques des substrats durs et substrats meubles</p> <p>Habitats de mangrove</p> <hr/> <p>Ensemble des habitats sensibles : pâtés et massifs coralliens et substrat meuble (zone d'influence du projet)</p> <p>La mangrove</p>
<p>Objectif(s) :</p>	<p>Ce suivi vise à suivre l'évolution des différents habitats marins et de la faune associée dans la zone d'influence des travaux durant le chantier du projet. En effet, suivant la nature des travaux, il convient de veiller à la bonne tenue des opérations permettant ainsi de limiter les dégradations voire la destruction de certaines biocénoses marines (sédimentation accrue, maladies, sur-blanchissement corallien...). Ce suivi va concerner 2 grands compartiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1/ Suivi des communautés benthiques et ichtyologiques sur substrats durs • 2/ Suivi des communautés macro-benthiques sur substrats meubles
<p>Description</p>	<p><u>Suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur</u></p> <p>Ce suivi va porter sur les pâtés et massifs coralliens, avec la nécessité de réaliser 2 suivis <u>sur les pâtés majeurs (1) et massifs (1)</u>.</p> <p>Préalablement au début des travaux, il convient de réaliser <u>un état 0</u> sur la base de la méthodologie retenue et validée.</p> <p><u>Durant la période des travaux (2 ans), 2 suivis par an</u> peuvent être réalisés (suivi semestriel), ce qui doit permettre de bien évaluer l'évolution du milieu durant cette période.</p> <p>Les différents paramètres concernés doivent permettre le suivi : des invertébrés fixes (coraux), des invertébrés mobiles et des poissons.</p> <p>Pour les <u>peuplements benthiques fixés</u>, différents paramètres vont ainsi être étudiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La biodiversité corallienne, • L'état de santé des formations coralliennes • Le taux de recouvrement benthique, • La richesse spécifique, l'abondance et la structuration des communautés ichtyologiques présentes

Mesure A01

Suivi des biocénoses marines durant les travaux

Pour les peuplements benthiques mobiles, les holothurides et échinides (groupe des holothuries et oursins) vont être étudiés. Il s'agit notamment d'évaluer l'abondance et la densité, de façon à évaluer des modifications du milieu.

Pour les poissons, au même titre que les invertébrés fixés, il est nécessaire de prendre en compte certains paramètres, permettant de dresser l'état du milieu :

- Diversité spécifique,
- Densité et abondance,
- Répartition des régimes trophiques
- Niveau de développement (répartition adultes-juvéniles).

Les **méthodes** retenues pour l'étude de ces différents peuplements doivent répondre à ces attentes.

Pour les peuplements benthiques fixes, à l'instar de l'état initial pour ce projet et au vu des typologies d'habitat, la méthode des quadrats semble la plus adaptée avec post traitement sous le logiciel CPCE.

Pour les invertébrés mobiles, des belt-transects pourront ainsi être faits (ex. 3 belt de 5m de long sur 5m de large soit 25m², soit 75m² par station) pour l'étude des oursins, holothuries et autres invertébrés mobiles. L'ensemble des espèces remarquables sera inventorié.

Pour les poissons, des points fixes peuvent être réalisés (U.V.C : Underwater Visual Census), sur la base de 4 points par station.

Les protocoles de suivi et la planification devront être définis et prendre en compte les conditions maritimes locales (marée, visibilité réduite).

Suivi de la macrofaune benthique de substrat meuble

Pour l'étude de ces peuplements, les stations retenues dans le cadre de cet état initial peuvent être suivies durant le chantier, de façon à mesurer l'évolution du substrat et des peuplements benthiques (macrofaune).

De façon à suivre régulièrement dans le temps l'évolution du milieu, il est aussi proposé un suivi semestriel (2 suivis par an).

Les **paramètres** d'étude vont concerner la granulométrie et la teneur en matière organique pour l'étude du substrat meuble. Concernant la macrofaune benthique, il s'agit de suivre :

- La répartition taxonomique (annélides, crustacés, mollusques...),
- La diversité spécifique, l'analyse de l'abondance relative,

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines durant les travaux
	<ul style="list-style-type: none"> • La définition d'espèces ou de communautés benthiques sensibles (espèces indicatrices) • La définition d'indicateurs standards (AMBI et M-AMBI) • La structure des communautés au travers d'une analyse multidimensionnelle. <p>La méthodologie est conforme à celle utilisée pour l'état initial réalisé dans le cadre de cette étude. Il</p> <p>L'interprétation des résultats va ainsi permettre d'évaluer l'état du milieu, avec notamment l'état du substrat (évolution de la granulométrie ou matière organique – cas des apports terrigènes importants) et l'état des peuplements faunistiques (diversité spécifique, abondance...).</p> <p>Ces résultats pourront également être comparés aux données récoltées dans le cadre du suivi mené pour la Directive Cadre sur l'Eau.</p> <p>Pour l'ensemble de ces suivis, les résultats doivent aussi alerter sur de possibles dégradations des habitats marins, et orienter les méthodes de travail si cela s'avère nécessaire.</p> <p><u>Suivi de l'évolution de la mangrove</u></p> <p>Après les travaux, un suivi de l'évaluation de la surface de la mangrove sera réalisé, de façon à évaluer son évolution dans le temps, en lien avec la modification du trait de côte. Pour cela, une analyse diachronique surfacique peut être faite sur la base de photo-aériennes, en particulier au niveau de la zone perhaline extérieure, en contact avec le lagon (et les marées). Parallèlement, une évaluation du cortège floristique est à mener pour s'assurer que la composition de la ceinture perhaline n'est pas modifiée.</p> <p>Ce suivi peut être fait une fois durant le chantier, en année N+3 et N+6 après les travaux.</p>
Principale(s) mesure(s) associée(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure E01 – Optimisation de la conception du terre-plein et du talus • Mesure R01 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux • Mesure MR06 - Accompagnement environnemental du projet
Planning :	Durant la durée des travaux (avec état 0 avant les travaux)
Indication sur le coût :	Coût pour les suivis des biocénoses marines (substrat dur et substrat meuble) : 70 000€ (incluant le suivi des dispositifs artificiels, si nécessaire) Coût de suivi des mangroves de 20 000 €

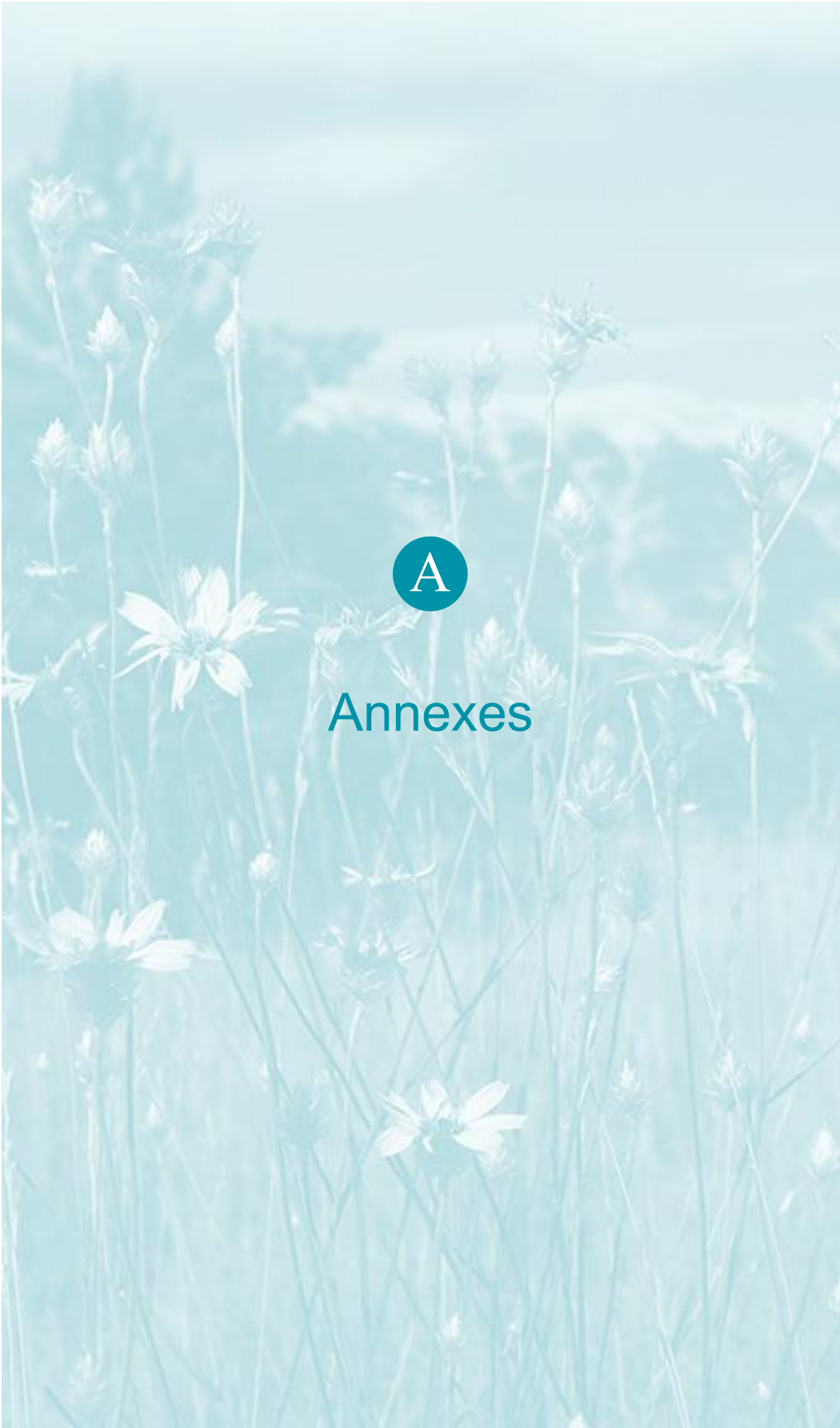
Mesure A01	Suivi des biocénoses marines durant les travaux
Responsable :	Maîtrise d'ouvrage (contrôle extérieur), avec structure experte pour la réalisation (bureau d'étude...)

Mesure A03	Suivi de la mégafaune marine durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : tortues marines et mammifères marins
Localisation :	Zone de suivi au droit du projet, dans un rayon de 2 miles nautiques
Objectif(s) :	<p>Ce suivi vise à évaluer l'évolution des populations de cétacés et tortues marines dans la zone d'influence du chantier durant la période des travaux. Cela doit ainsi permettre d'évaluer l'état des populations pour la mégafaune marine, et aussi alerter si des évolutions venaient à montrer une dégradation de l'état des populations pendant les travaux.</p> <p>Ce suivi va se décliner sous la forme »Suivi maritime de la mégafaune marine »</p> <p><u>Zone d'étude</u></p> <p>La zone d'étude va concerner la zone d'influence du projet (estimée à 2 miles nautiques en l'absence de travaux bruyants). Si des travaux bruyants sont prévus, cette zone d'influence devra être revue, notamment à l'aide d'une modélisation acoustique.</p> <p><u>Méthodologie</u></p> <p>Pour ce type de suivi, différents paramètres vont être pris en compte, permettant ainsi d'acquérir des données comparables dans le temps.</p> <p>Dans le cadre des différentes prospections, il convient donc d'étudier :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'effort de prospection • La richesse taxonomique, • La fréquence d'observation, • L'abondance relative <p>La méthode retenue consiste donc en la réalisation de transects fixes, devant permettre la détection visuelle des cétacés et tortues marines. Dans le cas d'une observation, une prise de donnée est réalisée, selon un cadre préétabli (espèce, effectifs, direction, comportement...), avec géolocalisation. De plus, une prise de vue photographique est réalisée, devant ainsi participer à la photo-identification des individus. Enfin, tous les 15 minutes, une écoute ponctuelle est réalisée à l'aide d'un hydrophone, de façon à caractériser de manière simple l'environnement acoustique et détecter des cétacés éventuellement. Enfin, les conditions d'observation doivent également être retranscrites.</p>
Description	

Mesure A03	Suivi de la mégafaune marine durant les travaux
Principale(s) mesure(s) associée(s)	<p><u>Fréquence et durée des suivis</u></p> <p>De façon à suivre régulièrement les évolutions des populations de mégafaune marine, ces suivis doivent être faits de manière mensuelle, avec au moins une sortie par mois.</p> <p>La durée des suivis doit permettre une pression d'observation significative, soit 2h d'observation pour les suivis maritimes.</p> <p><u>Analyse des données et interprétation</u></p> <p>L'ensemble de ces paramètres devront notamment permettre de mieux évaluer la répartition des individus par espèce et de qualifier les habitats pour chacun des espèces étudiées. Une évaluation des populations pourra être réalisée.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesure R03 – Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine • Mesure R06 - Accompagnement environnemental du projet
Planning :	Durant la durée des travaux (avec état 0 avant travaux)
Indication sur le coût :	Coût total de 40 000 € pour les 2 ans de travaux (suivi hebdomadaire sur les périodes marquées par des travaux jugés sensibles / suivi mensuel pour les autres périodes)
Responsable :	Maîtrise d'ouvrage (contrôle extérieur), avec structure experte pour la réalisation (bureau d'étude...)



Annexes



1 ANNEXE 1 – Méthodologie d'étude de l'environnement naturel

Equipe mobilisée pour l'étude d'impact – volet faune et flore


Société	Nom de l'intervenant	Mission
	Chef de projet, responsable de la coordination de l'étude et rédaction du document	Jean-Sébastien PHILIPPE
	Expertises naturalistes / milieu terrestre	Analyse bibliographique Reconnaitances simplifiées de terrain : JS PHILIPPE
	Expertises naturalistes / milieu marin	Benthos et habitats : Aymeric BEIN Poissons : JS PHILIPPE Macrofaune benthique des substrats meuble : Equilibre (L. Bigot)
	Contrôleur qualité	Mathieu SOUQUET

Tableau : Détail de l'équipe intervenue pour la réalisation de l'étude d'impact – volet faune et flore

Élaboration de l'état initial

La réalisation de l'état initial d'un site est le point de départ de l'étude d'impact d'un projet d'aménagement. Cette analyse porte sur l'ensemble des thématiques écologiques nécessaires à la caractérisation de la sensibilité écologiques du site étudié par rapport aux caractéristiques du projet envisagé.

Il s'agit d'une photographie à t0 de la zone concernée. Elle est réalisée grâce à la compilation des données obtenues selon différents axes de travail et aire d'études, détaillés ci-après, selon le compartiment de l'environnement abordé.

Recherches bibliographiques

Un certain nombre de documents ou de bases de données existantes ont été recherchés et consultés afin de recueillir l'information connue au droit de la zone d'étude.

Ces recherches bibliographiques ont concerné en particulier :

- la faune et la flore : atlas départementaux de répartition des espèces, livres rouges d'espèces menacées, articles et publications diverses, études, etc. ;

- les documents de planification et porter à connaissances : qui permettent de prendre connaissance des orientations de planification et d'aménagement du territoire local et des outils réglementaires/inventaires du patrimoine naturel.

La majorité des sources sont indiquées dans le corps du document et les références bibliographiques consultées pour l'ensemble des thématiques abordées sont présentées dans le chapitre Bibliographie.

Expertises de terrain

Les expertises de terrain ont permis de compléter l'analyse du contexte du projet, établie sur la base de la bibliographie et des consultations, et de préciser de façon plus détaillée les caractéristiques de l'environnement naturel à l'échelle du projet. Le détail de ces passages de terrain (dates et méthodologie appliquée) est présenté dans le volet suivant « Méthodologie spécifique à chaque thématique ».

Les expertises ont été réalisées durant le mois d'août 2019 (voir le tableau ci-dessous).

Type d'expertises	Experts	Dates d'intervention
Reconnaissance de la mangrove de Kawéni : transect embarqué (bateau)	Jean-Sébastien PHILIPPE Aymeric BEIN	27/08/2019
Caractérisation des habitats marins : reconnaissance vidéo et expertise	Jean-Sébastien PHILIPPE Aymeric BEIN	27/08/2019
Expertises des biocénoses marines des substrats durs	Benthos et habitats : Aymeric BEIN Poissons : JS PHILIPPE	28/08/2019
Expertise de la macrofaune benthique du substrat meuble	Collecte et tri : Jean-Sébastien PHILIPPE & Aymeric BEIN Analyse de la macrofaune benthique des substrats meuble : Equilibre (L. Bigot)	29/08/2019
Expertises de la mégafaune marine : transects embarqués (n=3)	Jean-Sébastien PHILIPPE Aymeric BEIN Nicolas Martineau (appui visuel)	27/08/2019 28/08/2019 29/08/2019
Logistique en mer	Société STMM (Nicolas Martineau)	

Synthèse des enjeux

A partir des inventaires réalisés dans l'état des lieux, il a été procédé pour chaque groupe inventorié à une bioévaluation des espèces. L'évaluation de la valeur patrimoniale des différentes espèces et différents habitats recensés est réalisée à l'aide de tous les référentiels existants (protection réglementaire, liste rouge UICN, endémicité, statut local de rareté...).

Une synthèse globale des enjeux rattachés à l'aire d'étude a été effectuée à partir du croisement des différentes bioévaluations, comportant :

- une bioévaluation des espèces observées, réalisée à partir des listes d'espèces protégées, des atlas de répartition, des livres/listes rouges, des référentiels internationaux (UICN...) et locaux, des listes d'espèces déterminantes de ZNIEFF,... Le degré de rareté (mondiale ou régionale) et la nature de la rareté (niveau local, départemental en fonction du nombre de station(s), couple(s) connue(s), importance numérique des populations, superficie actuelle par rapport à la superficie d'origine) des espèces et des habitats rencontrés sera ainsi évalué.
- une synthèse de la sensibilité écologique et de la valeur patrimoniale des différents éléments d'intérêt identifiés sur le site.

Cette évaluation objective des enjeux écologiques liés au site doit permettre de dégager quels sont les éléments majeurs à prendre en compte dans le cadre de l'évaluation environnementale. Sur la base des informations rassemblées dans le diagnostic, nous reportons sur cartographie les enjeux, les contraintes et les zones écologiquement sensibles. Les enjeux, pour tous les groupes étudiés, sont hiérarchisés selon trois niveaux (fort, moyen, faible). Cette classification est clairement présentée et lisible au sein d'une grille d'évaluation élaborée en conséquence. Ces enjeux découlent de l'intérêt écologique que ce soit sur le plan patrimonial ou fonctionnel. Cet intérêt est notamment évalué en fonction de la richesse spécifique et de l'intérêt écologique des milieux. Cette approche cartographique permet de localiser et de hiérarchiser les différentes unités qui composent la zone d'étude en fonction des sensibilités écologiques des espèces et des milieux en présence. Cette évaluation objective des enjeux naturels liés au site permet de dégager quels sont les éléments majeurs à prendre en compte en tant que contrainte pour le projet mais aussi dans le cadre de la définition précise des impacts potentiels de celui-ci et de la mise en œuvre des travaux.

Tableau de synthèse des niveaux d'enjeux et de sensibilité vis-à-vis du projet						
Secteurs	Milieu physique	Habitat naturel (formation d'intérêt)	Flore	Faune	Enjeux	Sensibilité vis-à-vis du projet
Partie haute - Plan inclinée -	Topographie : pente forte Pluviométrie : très importante en saison des pluies.	Constructions / Batiments EDF	Végétation secondaire exotique et rudérale	Population localisée de Lézard vert des Hauts (<i>Phelsuma borbonica</i>).	Moyen	Faible (Interaction peu importante avec ce secteur)
Emprise directe du plan incliné		Aucun habitat remarquable Végétation secondaire herbacée hydrophile Mauvais état de conservation	Espèces végétales indigènes (6) Espèces végétales remarquables (4) : <i>Belvisia spicata</i> , <i>Deparia petersenii</i> , <i>Peperomia goudotii</i> , <i>Polystachya cultriformis</i> .	Présence possible de nids d'espèces indigènes (Tec tec, Oiseau lunettes blanc) Présence potentielle du Lézard vert des Hauts	Faible (Moyen en considérant la présence possible de Lézard vert des Hauts)	Faible (Moyenne si présence avérée de Lézard vert des Hauts)
Abords des emprise et environnement général du plan incliné		Forêt hygrophile de basse et moyenne altitude et formations et faciès associés Falaises et remparts	Nombreuses espèces patrimoniales (arbres et arbustes endémiques, orchidées épiphytes...)	Zone de nidification des oiseaux forestiers endémiques Zone de nidification potentielle des oiseaux marins (falaises et remparts) Habitat potentiellement favorable au Lézard vert des Hauts (<i>Phelsuma borbonica</i>). Plantes hôtes d' <i>Antanartia borbonica borbonica</i>	Fort	Modéré
Partie haute - Plan inclinée -		Constructions / Batiments EDF	Végétation secondaire exotique et rudérale	Population localisée de Lézard vert des Hauts (<i>Phelsuma borbonica</i>).	Moyen	Faible (Interaction peu importante avec ce secteur)

du contexte socio-économique local = impact indirect positif / Disparition d'une espèce animale patrimoniale liée à la destruction de ses habitats = effet indirect négatif.

Les effets peuvent être temporaires ou permanents :

- Temporaires lorsqu'ils s'expriment uniquement durant une période donnée (la phase chantier par exemple) ;
- Permanents dès lors qu'ils persistent dans le temps.

La durée d'expression d'un effet n'est pas nécessairement liée à son intensité : des effets temporaires pouvant être tout aussi importants que des effets permanents.

Enfin, les effets, négatifs comme positifs, peuvent être :

- Forts : pour une composante donnée du milieu marin, un effet est qualifié de fort lorsque la perturbation engendrée détruit ou altère l'intégrité de cette composante de façon significative, c'est-à-dire d'une manière susceptible d'entraîner son déclin ou un changement notable.
- Modérés : la composante affectée du milieu marin peut être détruite partiellement, à condition que cela ne remette pas en cause son intégrité. Le changement occasionné n'est pas considéré comme significatif.
- Faibles : la perturbation à l'origine de l'effet n'altère l'intégrité de cette composante que de façon marginale. Il n'y a pas de destruction.
- Nuls ou négligeables : les modifications de la composante considérée sont réputées nulles ou négligeables.

NB : des effets positifs sont envisageables de la même façon que les effets négatifs.

La qualification des effets prend en compte l'évaluation des enjeux relatifs à chaque composante analysée. Concernant les milieux naturels, l'appréciation des enjeux pour chacun des éléments observés (taxons, habitats d'espèces, habitats naturels, groupes biologiques...) repose notamment sur :

- Les statuts de rareté/menace du taxon considéré, à différentes échelles géographiques (Monde, Europe, France, région administrative, département administratifs ou domaines biogéographiques équivalents) ;
- L'utilisation de l'aire d'étude par l'espèce ;
- La représentativité à différentes échelles géographiques de l'habitat et/ou de la population d'espèce utilisant l'aire d'étude ;
- La viabilité de cette population ou permanence de son utilisation de l'aire d'étude ;
- Le degré d'artificialisation/de naturalité du contexte écologique de l'aire d'étude

Proposition de mesures d'évitement, de réduction et pistes de compensation

Au regard des impacts du projet mis en exergue par l'analyse précédente et de leur intensité, des mesures doivent être prévues pour les éviter, les réduire ou les compenser. Ces mesures ont été élaborées dans un souci de cohérence d'échelle entre impact et mesure proposée. Là encore, les retours d'expérience sur les mesures les plus pertinentes à mettre en place jouent un rôle primordial dans leur définition et leur dimensionnement.

L'étude d'impact est tenue de présenter les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :

- Éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine
- Réduire les effets n'ayant pu être évités ;
- Compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.

NB : la description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des effets du projet sur les éléments pertinents, ainsi qu'une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et de leurs effets.

Chacune des mesures a fait l'objet d'une fiche précisant :

- Le type de mesure : ME = Mesure d'Évitement, MR = Mesure de Réduction, MC = Mesure de Compensation, MA = Mesure d'Accompagnement
- L'intitulé de la mesure ;
- Les objectifs ;
- Les communautés biologiques visées ;
- La localisation ainsi que, le cas échéant, les éléments liés aux surfaces concernées ;
- Les modalités de mise en œuvre ;
- Les périodes adaptées pour leur mise en œuvre ;
- Les mesures associées ;
- Une estimation des coûts.

Difficultés rencontrées pour la réalisation de la présente étude d'impact sur l'environnement

Les difficultés inhérentes à l'élaboration de cette étude concernent :

- les limites propres à chaque méthodologie d'investigation détaillées par la suite.
- à l'état d'avancement même du projet amenant des allers-retours multiples entre les différents intervenants dans la conception technique du projet.

Méthodologie spécifique d'étude du milieu marin

Habitats et biocénoses marines

Afin de procéder à l'expertise des communautés sous-marines vivantes dans la zone du projet, il est primordial de posséder à minima une vision large mais précise de son caractère morpho-sédimentaire et topographique, ainsi que la manière dont se structurent ses habitats. Pour cela, une analyse bibliographique couvrant le secteur de Mamoudzou est réalisée. En complément, une évaluation globale puis plus fine des biocénoses marines est effectuée. Cette évaluation s'intéresse à l'ensemble des habitats et espèces présentes dans la zone.

- Caractérisation des habitats marins par reconnaissance vidéo

Après consultation auprès du Parc Naturel Marin de Mayotte, une cartographie des habitats est en cours de réalisation par l'Agence Française pour la Biodiversité et le parc. Elle permet d'avoir une idée relativement précise des habitats présents dans la zone à proximité du projet (Figure 59). A l'aide de cette cartographie, des points de reconnaissance vidéo ont été définis afin de préciser cette cartographie (Figure 60). Cette analyse cartographique et vidéo permet d'analyser globalement les habitats sur une grande partie de la zone d'étude et de localiser les zones d'intérêt pour l'étude plus spécifique des peuplements marins.

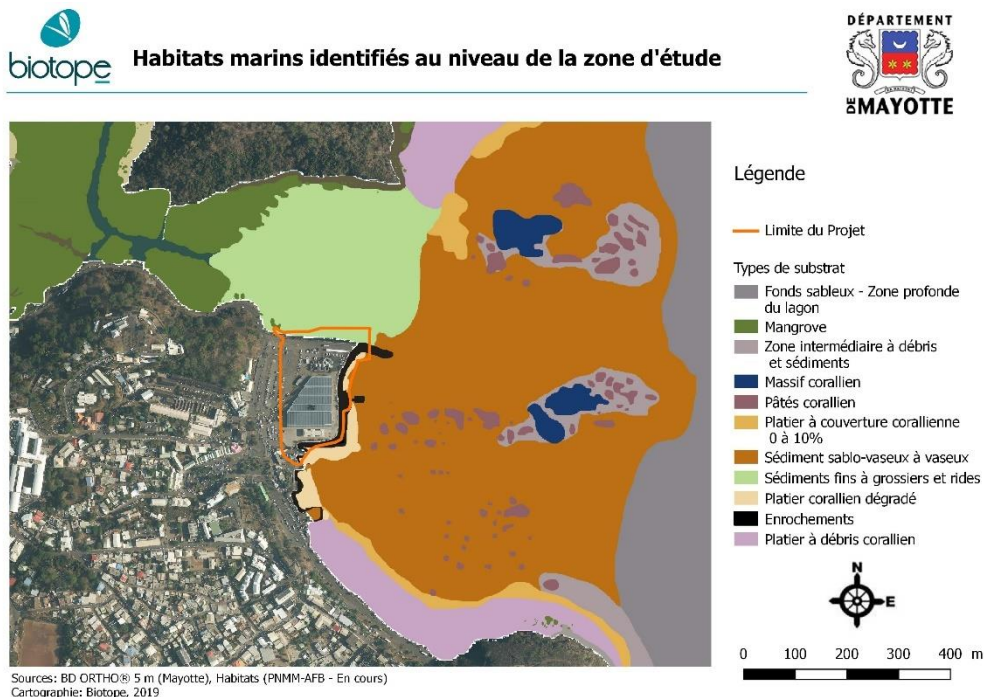


Figure 59 : Cartographie des habitats marins à proximité du projet. Travail de cartographie en cours par le Parc Naturel Marin de Mayotte (AFB), 2019.

A



Points de prospection vidéo pour l'étude des habitats



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotope, 2019

Figure 60 : Points de reconnaissance vidéo (vérité terrain suite à la cartographie du PNMM) pour cartographie de la nature des fonds et habitats (Biotope, 2019).

Plus en détail, la méthode de reconnaissance vidéo permet de définir les grands types d'habitats présents dans les zones bathymétriques peu profondes à proximité du projet. Des points de reconnaissance vidéo (Figure 60, n=43), sont réalisés sur l'ensemble de la zone d'étude à l'aide d'un navire munie d'un sondeur et d'un système vidéo avec retour en direct. Cette méthode permet d'identifier les grands types d'habitats marins dans les profondeurs comprises entre 0 et 20 mètres selon les conditions maritimes (visibilité réduite dans cette zone). L'ensemble des caractéristiques du milieu sont relevées systématiquement selon une grille de caractérisation (Tableau 17) définissant la nature du fond, la géomorphologie, le relief, le type de peuplement benthique et un indice simple pour la caractérisation du peuplement ichthyologique (absence, observations éparses, observations nombreuses). Ces points sont géoréférencés (Tableau 18) afin d'établir une cartographie par extrapolation de la nature des fonds et habitats.

Tableau 17 : Typologie utilisée pour la caractérisation des habitats à l'aide de la reconnaissance vidéo.

CATEGORIE DE GEOMORPHOLOGIE	
Dalle compacte	COMPACT
Dalle de fractions rocheuses agglomérées	ROCHES
Dalle compact sub-affleurante	COMP-SED
Dalle de fractions rocheuses agglomérées sub-affleurantes	ROCH-SED
Beach-rock aggloméré	BEACH
Blocs et galets (pluri-décimétrique)	BLOC
Blocs et galets fins	GRANUL
Sédiments plans	SED PLA
Sédiments à ripple-mark courts ($\lambda < 20\text{cm}$)	SED COURT
Sédiments à ripple-mark longs ($\lambda > 20\text{cm}$)	SED LONG
Banc corallien	BANC
Dépression pos-récifale	TOMBANT



CATEGORIE DE GEOMORPHOLOGIE	
Platier externe	EXTE
Platier externe à éperons-sillons.	EXTR-SILLON

CATEGORIE DU RELIEF	
Nul, Plan ; sans relief	0
Faible : relief sans cavité	1
Moyen : quelques cavités mais peu de formes	2
Fort : Nombreuses cavité mais mono-forme	3
Complexe : de nombreuses cavités et de nombreuses formes.	4

CATEGORIE PEUPELEMENT BENTHIQUE	
Absence de peuplement fixe	NU
Présence hydraire <5%	HYD
Présence hydraire 5-50%	HYD 5
Présence hydraire >50%	HYD 50
Turf algale <5%	TA +
Turf algal 5-50%	TA 5
Turf algal >50%	TA 50
Coraux 5%	HC
Coraux 5-50%	HC 5
Coraux 50%	HC 50
Invertébrés <5%	MOB
Invertébré>5%	MOB 5

CATEGORIE PEUPELEMENT ICHTYOLOGIQUE	
Absence	0
Observations éparses	1
Observation nombreuses	2

Tableau 18 : Points de reconnaissance vidéo échantillonnés pour la détermination des habitats (réalisé le 27/08/2019).

Points vidéos	Bathymétrie (m)	Longitude	Latitude
1	10,4	45,2417	-12,7753
2	16	45,2414	-12,7745
3	20,1	45,2402	-12,7757
4	1,6	45,2363	-12,7744
5	1,6	45,2354	-12,7742
6	2,3	45,2348	-12,7745
7	4,6	45,2355	-12,7753
8	9,2	45,2363	-12,7758
9	2,5	45,2348	-12,7753
10	1,2	45,2338	-12,7742
11	0,6	45,2327	-12,7742

13	0,9	45,2331	-12,7754
14	1,1	45,2337	-12,7759
16	5	45,2346	-12,7763
17	8	45,2357	-12,7762
18	11,7	45,2363	-12,7768
19	7,7	45,235	-12,7768
20	6,2	45,2341	-12,7768
21	5,8	45,2347	-12,7774
22	8,2	45,2354	-12,7774
23	7,5	45,2359	-12,7774
24	5,2	45,2371	-12,7776
25	12,5	45,2367	-12,7778
26	12,5	45,2364	-12,7778
27	13,1	45,2364	-12,7784
28	10,5	45,2357	-12,7781
29	5,6	45,235	-12,7779
30	6,1	45,2341	-12,7779
31	4,1	45,2333	-12,7786
32	6,7	45,2342	-12,7785
33	8,3	45,2349	-12,7787
34	10	45,2358	-12,7787
35	11,5	45,2364	-12,7789
36	9	45,2363	-12,7794
37	8,9	45,2357	-12,7794
38	2,7	45,2336	-12,7795
39	1,5	45,2339	-12,78
40	4,5	45,2349	-12,78
41	6,3	45,2355	-12,78
42	7,4	45,2362	-12,78

43	1,7	45,2366	-12,7805
44	4,2	45,2357	-12,7805
45	1,3	45,2348	-12,7807

- Caractérisation des biocénoses marines de substrats durs

Suite à la caractérisation des habitats (données cartographiques PNMM et à la reconnaissance vidéo), deux sites ont été retenus afin d'étudier et décrire les biocénoses marines semblant présenter les plus forts enjeux dans la zone. Pour chaque site, une plongée scientifique est réalisée. Les métadonnées associées à la station sont relevées par le chef d'opération. Conformément au Guide technique de la DCE « Benthos et substrats durs », les métadonnées et données seront à minima celles présentée dans la figure suivante. Les données de positionnement seront effectuées à l'aide d'un GPS Garmin GPSMAP64. La profondeur est établie en début de plongée par le sondeur du navire et notée en début de transect par le plongeur.

Métadonnées Stations (Passages au sens Q ²)				
Nom du site		N° échantillon		Heure début
Date		Température	Profondeur	Longitude (WGS84)
				Latitude (WGS84)
Nombre		Nom / Contact des observateurs		Commentaires Généraux
L.I.T. :		L.I.T. :		
Belt :		Belt :		
Quadrat :		Quadrat :		
Paramètres associés au passage				
Marées		Nébulosité		
<input type="checkbox"/> Haute <input type="checkbox"/> Basse		<input type="checkbox"/> Montante <input type="checkbox"/> Descendante <input type="checkbox"/> Pas de marées		<input type="checkbox"/> Ciel Clair <input type="checkbox"/> Couvert
<input type="checkbox"/> Nuageux <input type="checkbox"/> Très couvert		<input type="checkbox"/> Brise <input type="checkbox"/> Vent		<input type="checkbox"/> Brise modérée <input type="checkbox"/> Vent fort
<input type="checkbox"/> Nul <input type="checkbox"/> Moyen		<input type="checkbox"/> Faible <input type="checkbox"/> Fort		<input type="checkbox"/> Force : <input type="checkbox"/> Direction :
<input type="checkbox"/> Pollution (chimique, physique) <input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence		<input type="checkbox"/> Sédiment terrigène <input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence		<input type="checkbox"/> Destruction physique <input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence
<input type="checkbox"/> Visibilité (en mètres) <input type="checkbox"/> Excellente (>18)		<input type="checkbox"/> Bonne (11-18)		<input type="checkbox"/> Assez Bonne (2-10) <input type="checkbox"/> Mauvaise (<2)

Figure 61 : paramètres et métadonnées associées à la Station de relevés et aux conditions du passage (Extrait GT DCE Benthos été substrats durs).

Les communautés benthiques et ichthyologiques habituellement évaluées par des protocoles LIT et BELT transect (Global Coral Reef Monitoring Network [GCRMN]) ne sont ici pas pertinents du fait de l'absence de constructions coralliennes majeures, des faibles surfaces colonisables (majorité de substrats sablo-vaseux), des conditions environnementales en présence et de la visibilité réduite.

Les biocénoses benthiques sessiles ont donc été évaluées par photo-quadrat sur 2 stations. Des quadrats d'une taille de 50x50cm ont été placés aléatoirement et/ou sur les zones d'intérêts et photographiés. Pour chaque quadrat, le type et le taux de recouvrement sont évalués. Ainsi, les grandes catégories de benthos fixé sont estimées (algues, coraux, spongiaires, hydrides, recouvrement abiotique), selon une évaluation in-situ, puis précisées par une analyse photographique (mesure des aires par le logiciel CPCE).

Les peuplements benthiques mobiles sont également inventoriés pour chaque quadrat selon une approche quantitative, avec identification et dénombrement des espèces pour les groupes suivants : échinodermes et mollusques remarquables.

Enfin, les peuplements ichtyologiques sont étudiés par point fixe à 360° dans un rayon de 4 m durant 5 minutes selon la méthode UVC afin de dénombrer et caractériser les peuplements de poissons. Sur l'ensemble de la zone, 2 stations (identiques aux stations benthos) contenant chacune 4 points fixes sont inventoriés de façon exhaustive.

Par ailleurs, les prospections sur site ont permis d'évaluer de façon globale, les genres et espèces présentent et pouvant présenter un intérêt (ces espèces ne sont pas nécessairement présentes dans les quadrats exemple des échinodermes).

- Caractérisation des biocénoses de substrats meubles

Le substrat meuble permet le développement d'une macrofaune endogée. De façon à identifier et caractériser cette dernière, il a été prévu l'étude des peuplements d'invertébrés. La prise en compte de paramètres physico-chimiques en lien avec l'habitat (granulométrie et matière organique) provient des analyses du lot 2. Pour cela, des sédiments sont donc collectés par benne spécifique (benne Van Veen 250 cm²) selon le protocole standard défini pour La Réunion (cf. « Fascicule technique pour la mise en oeuvre du suivi "Benthos de Substrats Meubles" réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion ») sur quatre stations (Figure 62, Tableau 19). De façon à caractériser au mieux ces peuplements, les stations sont définies en lien avec les stations de prélèvements hydro-sédimentaire (lot 2), afin d'associer à l'étude de la faune de substrats meubles les éléments granulométriques. Trois réplicats indépendants sont collectés par station. Les échantillons sont ensuite élués sur un tamis de maille 1x1mm, conditionnés dans des flacons de dimensions adéquates puis fixés à l'éthanol 5% et conservés au frais.

Les échantillons sont transmis pour identification et quantification de la macrofaune endogée à un prestataire expert (Docteur Lionel BIGOT⁸, société Equilibre) dans la connaissance et l'analyse des communautés de substrat meuble.

⁸ Spécialiste reconnu des différents groupes taxonomiques des communautés des substrats meubles dans la région du sud-ouest de l'océan Indien



Figure 62 : Points de prélèvements de sédiments pour l'étude de la faune endogée de substrats meubles. Les stations 1 à 3 correspondent aux stations de l'analyse hydro-sédimentaire. La station 4 correspond à la position initiale de la station 4 dans les prélèvements hydro-sédimentaires (impossibilité de prélever au niveau de la station 4 modifiée).

Tableau 19 : Coordonnées et bathymétrie des points de prélèvements de faune de substrats meubles.

Stations	Profondeur	Longitude	Latitude
Station 1	6,2	45,2338	-12,7772
Station 2	7	45,2343	-12,7772
Station 3	8,2	45,2349	-12,7772
Station 4	6,8	45,235	-12,7765

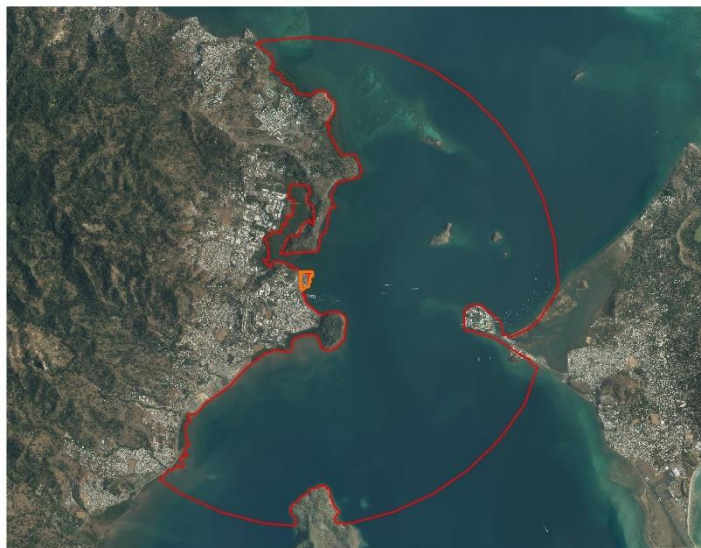
Mégafaune marine

Une analyse et synthèse bibliographique est réalisée de façon à identifier les enjeux liés aux mammifères marins, tortues marines et à l'avifaune. Pour cela, l'ensemble de la bibliographie a été exploité (ex. : Plan National d'actions des tortues marines, données consultables du PNMM – Réseau Tsiño, études historiques, Association Gepomay...) afin de récolter des informations dans un périmètre de 2 miles nautiques autour du projet (Figure 63). Cette distance représente l'incidence acoustique possible des travaux sur la mégafaune marine au vu des travaux de faibles envergures et de faible nuisance acoustique envisagé. Dans le cadre des expertises, des inventaires complémentaires sont réalisées dans la zone d'étude, en mutualisant les moyens

nautiques utilisés pour les autres types d'expertises, permettant ainsi de réaliser un état des lieux de la mégafaune marine présente dans la zone d'influence du projet. Un transect a donc été réalisé en ce sens (Figure 64). L'effort d'observation a été qualifié systématiquement (indice de 1 à 5, 1 présentant un effort d'observation médiocre suite à des conditions environnementales dégradées, 5 étant un effort d'observation optimal). A chaque observation, la position, l'heure, l'espèce, le nombre d'individus et le comportement ont été précisés.



Zone d'étude bibliographique de la mégafaune marine



Légende

- Limite du Projet
- Zone d'étude de 2 milles nautiques



Sources: BD ORTHO® 5 m (Mayotte)
Cartographie: Biotopé, 2019

Figure 63 : Zone d'étude bibliographique de la mégafaune marine. Le cercle représente une distance de 2 milles nautiques autour du projet d'aménagement du front de mer.



Figure 64 : Transect pour le suivi de la mégafaune marine. La limite la plus éloignée du projet a été définie à 1 mile nautique afin de permettre de couvrir toute la zone et de compiler ce suivi avec les autres suivis.

Méthodologie spécifique d'étude du milieu terrestre

Concernant le milieu terrestre, l'étude de la faune et de la flore va se faire sur une base bibliographique, portant spécifiquement sur la mangrove de Kawéni. Un ensemble de documents existe et permet de dresser un état des lieux pour l'environnement terrestre côtier, dont l'emprise terrestre du projet ne concerne pas directement les habitats naturels (cas de la mangrove de Kawéni).

Concernant l'étude de la mangrove, différentes études vont être prises en compte, telles que :

- Cartographie des habitats naturels des mangroves de Mayotte – DAF, 2010
- Plan de gestion des mangroves – ONF, 2018
- Fiche ZNIEFF « Mangrove de Kawéni » - DEAL, 2019

Pour la faune et la flore, un ensemble d'études sont également à valoriser :

- Etude des oiseaux de Mayotte (Rocamora, 2004),
- Plan national d'actions du Crabier blanc (Gepomay, 2018)
- Atlas des reptiles de Mayotte (Augros & al., 2019)
- Un ensemble d'études spécifiques portant sur différents groupes taxonomiques.

Outil d'évaluation patrimoniale des habitats et espèces (bioévaluation)

Protection des espèces

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation contraignante particulière. La protection des espèces s'appuie sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné.

Droit international

La France est signataire de nombreux traités internationaux visant à protéger les espèces sauvages, parmi lesquels :

- La Convention de Washington (CITES, 1973) sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction ;
- La Convention de Paris (1902) concernant la protection des oiseaux utiles à l'agriculture, toujours en vigueur.

Droit français

En droit français, la protection des espèces est régie par le code de l'Environnement (article L411-1) :

« I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine naturel justifient la conservation [...] d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ;

[...]. »

Ces prescriptions générales sont ensuite précisées pour chaque groupe par un arrêté ministériel fixant la liste des espèces protégées, le territoire d'application de cette protection et les modalités précises de celle-ci (article R. 411-1 du code de l'Environnement : liste des espèces floristiques protégées de la Réunion : arrêté du 19 juin 1987 ; liste des espèces faunistiques protégées de la Réunion : arrêté du 17 février 1989 modifié le 14 février 2008 ; liste des insectes protégés de la Réunion : arrêté du 14 février 2008).

Un régime de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées est possible dans certains cas listés à l'article R. 411-2 du code de l'Environnement. L'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié (NOR : DEVN0700160A) en précise les conditions de demande et d'instruction.

Outils de protection réglementaire des espèces et habitats

Groupe biologique	Réglementation en vigueur, applicable à Mayotte	
	Niveau local	Niveau national
MILIEU NATUREL TERRESTRE		
Flore	Arrêté préfectoral n° 042/DAF/2006)	/
Insectes	Arrêté 361/DEAL_SEPR/2018 protégeant la faune terrestre (dont les tortues marines à Mayotte)	/
Reptiles		
Oiseaux		/
Mammifères terrestres (dont chiroptères)		/
MILIEU NATUREL MARIN		
Tortues marines	Arrêté 361/DEAL_SEPR/2018	Arrêté du 14 octobre 2005 (JO du 06/12/2015)
Mammifères marins	/	Arrêté du 1er juillet 2011 (version consolidée du 05/03/2019)

Statut de rareté/menace des espèces

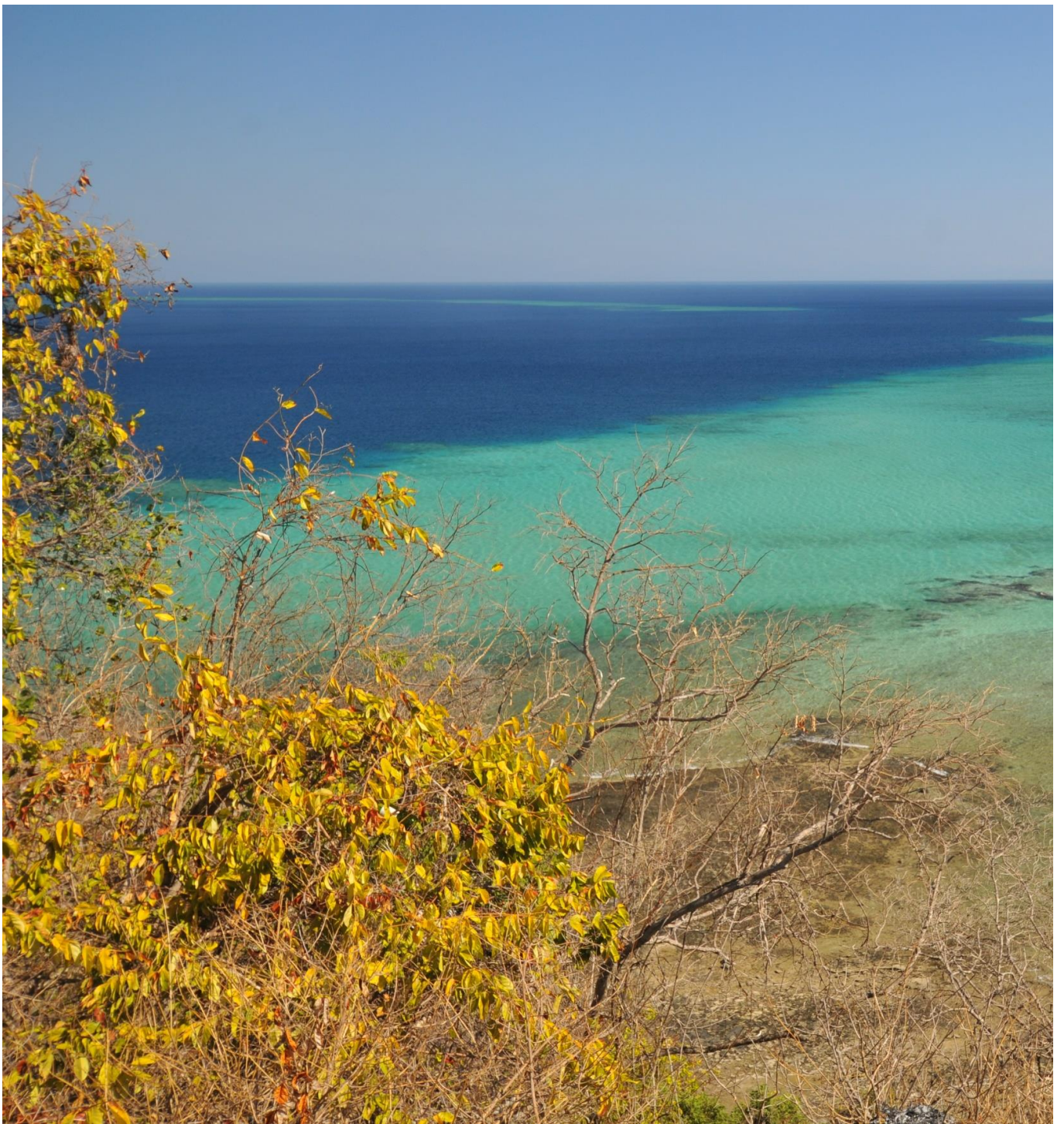
Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore, ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation nous amène à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste (cf. annexe) Ils rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel ils se réfèrent.

2 ANNEXE 2 – Résultats de l'analyse détaillée de la macrofaune benthique de la zone d'étude

Station =>	Stations de la zone d'étude au droit du projet												Station de référence DCE			
	Station 1			Station 2			Station 3			Station 4			Mamoudzou (M'Gombani large) B34	Mamoudzou (M'Gombani large) B34	Mamoudzou (M'Gombani large) B34	
Mnémorique Q ² =>														145-P-081	145-P-081	145-P-081
Code de la benne =>	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	B34-A	B34-B	B34-C	
<i>Linopherus microcephala / Hippo. Gaudich</i>	1		1		4	3	1	6			1	1	1			2
<i>Notomastus sp</i>																2
<i>Spiochaetopterus costarum</i>				1							1					
<i>Cirriformia sp</i>	1	1														
<i>Lumbrineris sp2 (+gros / irisé)</i>							1									
<i>Glycera lapidum</i>						1	1	1								
<i>Magelona crenulifrons</i>																2
<i>Aglaophamus dibranchis</i>							1									
<i>Phoronida indet</i>																1
<i>Synelmis glasbyi</i>																1
<i>Poecilochaetus serpens</i>													1			
<i>Aonides oxycephala</i>				2				1								1
<i>Prionospio ehlersi</i>					1	1				1	1		1	1	1	1
<i>Pista cristata</i>										2						
<i>Barbierella sp1 (coq échancrée)</i>												1				
<i>Atactodia glabrata (coq triangle)</i>										1						
<i>Musculus cumingianus</i>													1			
<i>Semele carnicolor</i>								1								
<i>Macoma sp</i>	1				1											
<i>Tellina sp (unifac)</i>	1				1										1	
<i>Edwardsia sp</i>																1

Station =>	Stations de la zone d'étude au droit du projet												Station de référence DCE			
	Station 1			Station 2			Station 3			Station 4			Mamoudzou (M'Gombani large) B34	Mamoudzou (M'Gombani large) B34	Mamoudzou (M'Gombani large) B34	
<i>Alpheus sp1</i>	1						1			1						
<i>Athanas sp</i>						1										
<i>Amphipholis sp1</i>																1
<i>Callianassa sp</i>					1								4	2		1
<i>Leptocheilia sp</i>										1	1					
<i>Macrophthalmus sp1</i>	1			5	3	7	3			1	1	1				1
<i>Macrophthalmus sp2 (épines +)</i>					1	1	1		1				1			
<i>Maera sp</i>	1	1			4	1					1					
<i>Processa sp1</i>										1						
<i>Cloridina chlorida</i>																1
<i>Amphiura sp1</i>			2		1	1		1		3	1	2				
<i>Amphiuridae ou Ophiocoma sp</i>					1			1								
<i>Nassarius concinnus</i>										2						
<i>Naticarius onca</i>												1				
<i>Cylichna sp1</i>				1		1					1					
<i>Subcancilla interlirata</i>	1															
<i>Nemertea sp1</i>				1	1	1		1	1				1			1
<i>Nemertea sp2 (plat)</i>										1						
<i>Aspidosiphon cf muelleri</i>				1		1										
<i>Golfingia sp</i>	1		1			1			1		1		2	1		2
TOTAL	9	2	4	11	19	20	10	11	3	14	9	7	12	4		18
S		12,0			18,0			13,0			18,0			17,0		
Moy (/0,1 m2)		5,0			16,7			8,0			10,0			11,3		
ec		3,6			4,9			4,4			3,6			7,0		



Siège social :
22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze
Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr