



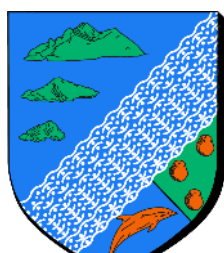
RAPPORT

REALISATION DU PONTON DE L'ILOT MTSAMBORO

Compléments au dossier de demande de dérogation des
espèces protégées suite à l'avis du CNPN – Projet 2022-11-18-
01128

Version de Mai 2023

COMMUNE DE MTSAMBORO



COMMUNE DE MTSAMBORO
REALISATION DU PONTON DE L'ILOT MTSAMBORO

CLIENT : COMMUNE DE MTSAMBORO

COORDONNÉES	Commune de Mtsamboro Mairie annexe de M'tsahara 97630 M'tsamboro
INTERLOCUTEUR	Suldine ABDALLAH Tél. : 02 69 63 74 05 E-mail : suldine.abdallah@mairie-mtsamboro.fr

CREOCEAN OCEAN INDIEN

COORDONNÉES	16 rue Albert Lougnon 97490 Sainte-Clotilde Tél. : 02 63 73 45 52 E-mail : creocean-oi@creocean-oi.fr
INTERLOCUTEUR	Mathilde FACON Tél. : 06 93 40 53 21 E-mail : facon@creocean-oi.fr

RAPPORT

TITRE	REALISATION DU PONTON DE L'ILOT MTSAMBORO Compléments au dossier de demande de dérogation des espèces protégées suite à l'avis du CNPN – Projet 2022-11-18-01128
N° DE COMMANDE	12 CP – MTS2022 DST
NOMBRE DE PAGES TOTAL	33
NOMBRE D'ANNEXES	0

VERSION

RÉFÉRENCE	VERSION	DATE	REDACTEUR	CONTRÔLE QUALITE
220480-REP-CNPN	V0	29/03/2023	MFA	JLA / ASN

La présente note apporte des précisions au dossier afin de répondre aux interrogations du CNPN dans l'avis rendu le 17 janvier 2023, au titre des articles L411-1 et L411-2 du livre IV du Code de l'Environnement.

Elle répond aux remarques émises dans l'avis, mentionnées en encadré bleu ci-dessous.

Description du projet et limitation de l'accès

En l'état des précisions du dossier et compte-tenu du risque important relevant de l'utilisation agricole et touristique du ponton, le CNPN considère les impacts écologiques du projet en phase d'exploitation comme non suffisamment évalués et recommande que soit pris en compte une utilisation agricole et touristique du projet dans l'évaluation des impacts de ce dernier, à moins que le porteur du projet ne fournisse toutes les garanties techniques nécessaires à la limitation de l'accès au ponton.

A la suite de la présentation de la phase d'Avant-Projet auprès des différents acteurs de l'îlot ainsi que des premiers retours des services instructeurs des études environnementales, le projet a été adapté moyennant les précisions suivantes avec les caractéristiques de l'aménagement maritime détaillées dans le document d'avant-projet:

- L'estacade ne sera pas « ouverte » à l'ensemble des plaisanciers. En effet, afin de limiter l'accès à l'îlot, des **panneaux d'informations ainsi qu'un portillon à serrure** seront mis en place (figure 1).
- L'estacade sera utilisée par les entités suivantes (avec de légères modifications possibles car tout n'est pas encore figé au niveau opérationnel):
 - o La **police municipale de Mtsamboro** à raison de 2 à 3 visites par semaine. A terme, la constitution par la Communauté d'Agglomération du Grand Nord de Mayotte d'une Police Environnementale pourrait prendre le relais de la Police municipale de Mtsamboro.
 - o L'**ADINM** à raison de 2 à 3 visites par semaine.
 - o Le **Parc Marin de Mayotte** à raison de 2 à 3 visites par mois.
 - o Le **Conservatoire du littoral** à raison de 2 à 3 visites par mois
 - o Les **Forces de sécurité et de secours** à raison de 2 à 3 visites par semaine.

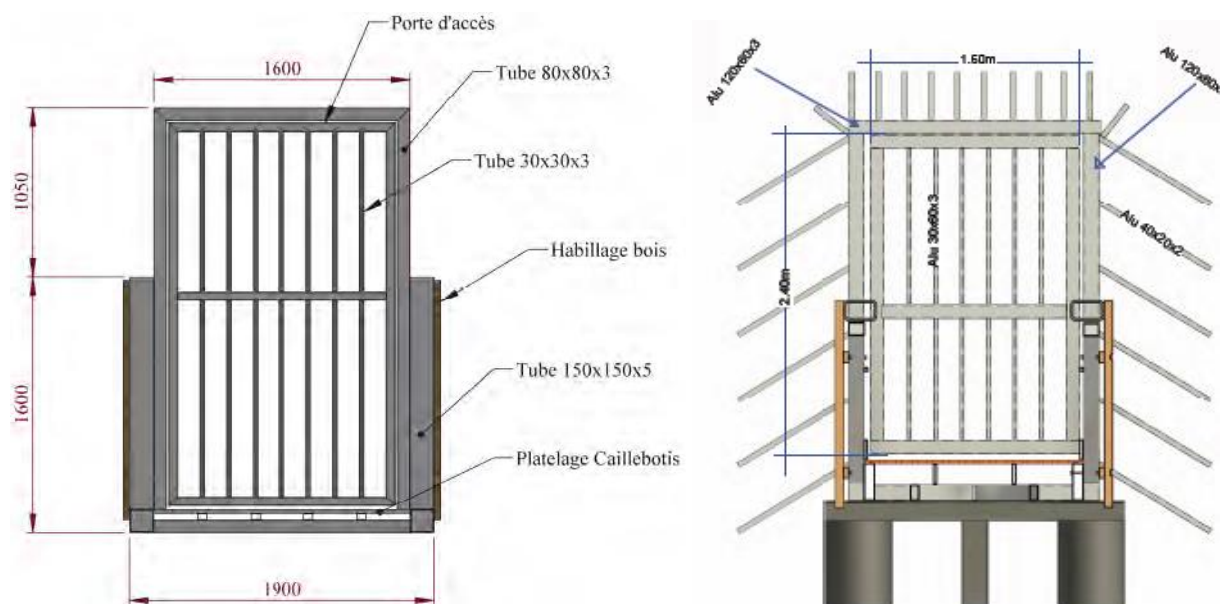


Figure 1: Détail du portique d'entrée à l'estacade

Etat initial sur la fréquentation des mammifères marins et tortues marines

Le CNPN note que cet état initial qui porte essentiellement sur l'analyse de la présence et l'impact des travaux sur huit espèces animales retenues et qui aborde succinctement leurs habitats, doit être élargi aux autres espèces et mieux prendre en compte les habitats et les lieux de pontes potentiels.

4.2.2.1 Espèces potentiellement présentes sur le secteur d'étude

Les huit espèces protégées étudiées dans le dossier de dérogation sont les seules susceptibles de fréquenter occasionnellement ou régulièrement la zone d'étude élargie.

Les autres espèces occasionnellement observées dans la zone économique exclusive (ZEE) de Mayotte le sont de manière très exceptionnelle ou bien au large de la zone d'étude élargie, en dehors des zones d'impact acoustique mises en évidence par la modélisation.

Une analyse rapide des données Tsiono fournies par le PNMM (2011 à 2022 pour les tortues et 2012 à 2023 pour les mammifères marins) est présentée dans les tableaux et cartes ci-dessous afin de justifier le choix des 8 espèces étudiées et pour lesquelles l'habitat et les lieux de ponte potentiels sont décrits plus en détail dans un autre paragraphe, selon la recommandation du CNPN.

4.2.2.1.1 Mammifères marins rares

Environ 230 observations des autres espèces de mammifères marins ont été recensées dans Tsiono sur 10 ans, entre 2012 et 2023. Plus d'un tiers (n=85) de ces observations concerne un unique individu de dauphin à bosse (*Sousa plumbea*) adopté par un groupe de grand dauphin de l'Indo-Pacifique. **Il n'y a donc pas de population de cette espèce, et son impact a été traité avec celui du grand dauphin de l'Indo-Pacifique**, les caractéristiques auditives des deux espèces étant identiques.

L'autre tiers des observations concerne le grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*). La validité des observations n'est pas avérée, car cette espèce est proche de *T. aduncus* et le nombre d'observations est étonnant. De rares observations seraient cependant effectués près des îlots Choizil (une observation en 2021) ou sur le banc de l'Iris.

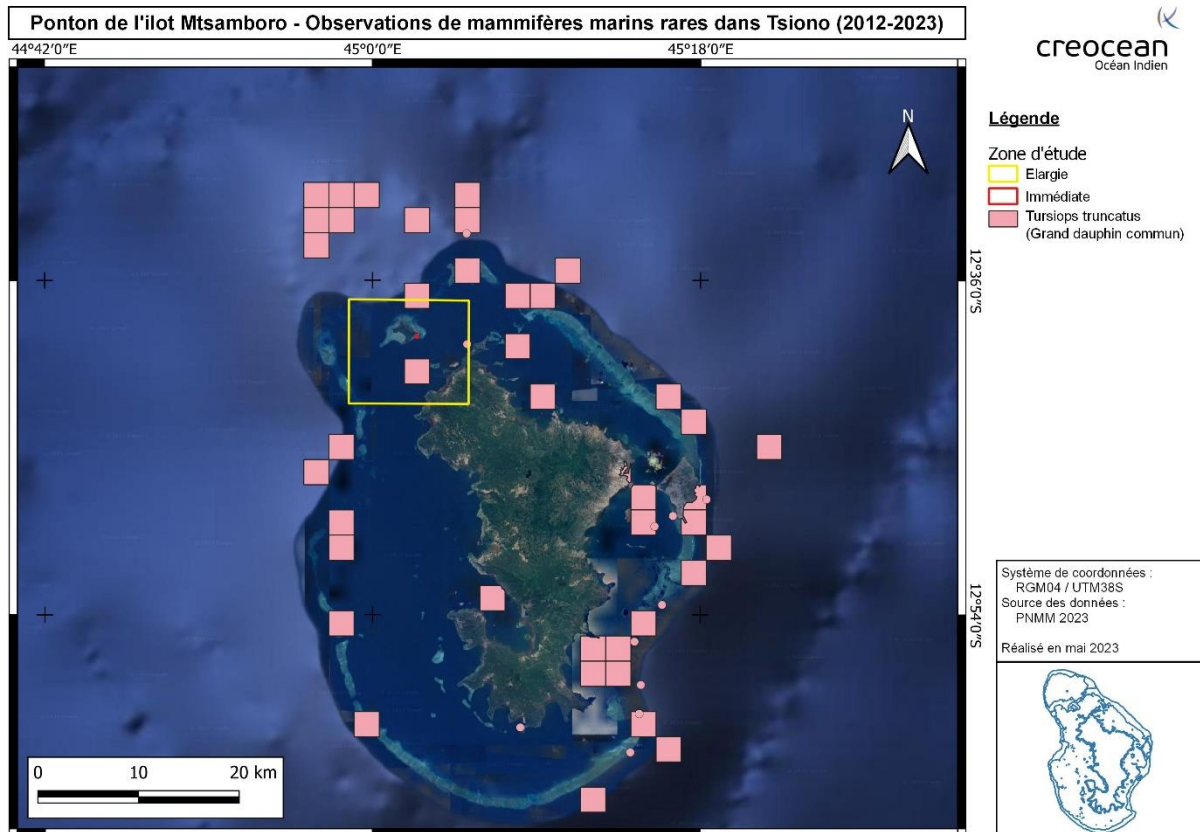
Les autres espèces n'ont pas été observées dans la zone d'étude élargie.

Tableau 1 : Observations de mammifères marins rares recensées dans Tsiono entre 2012 et 2023. Les observations concernant le nord-ouest de Mayotte sont précisées en gras

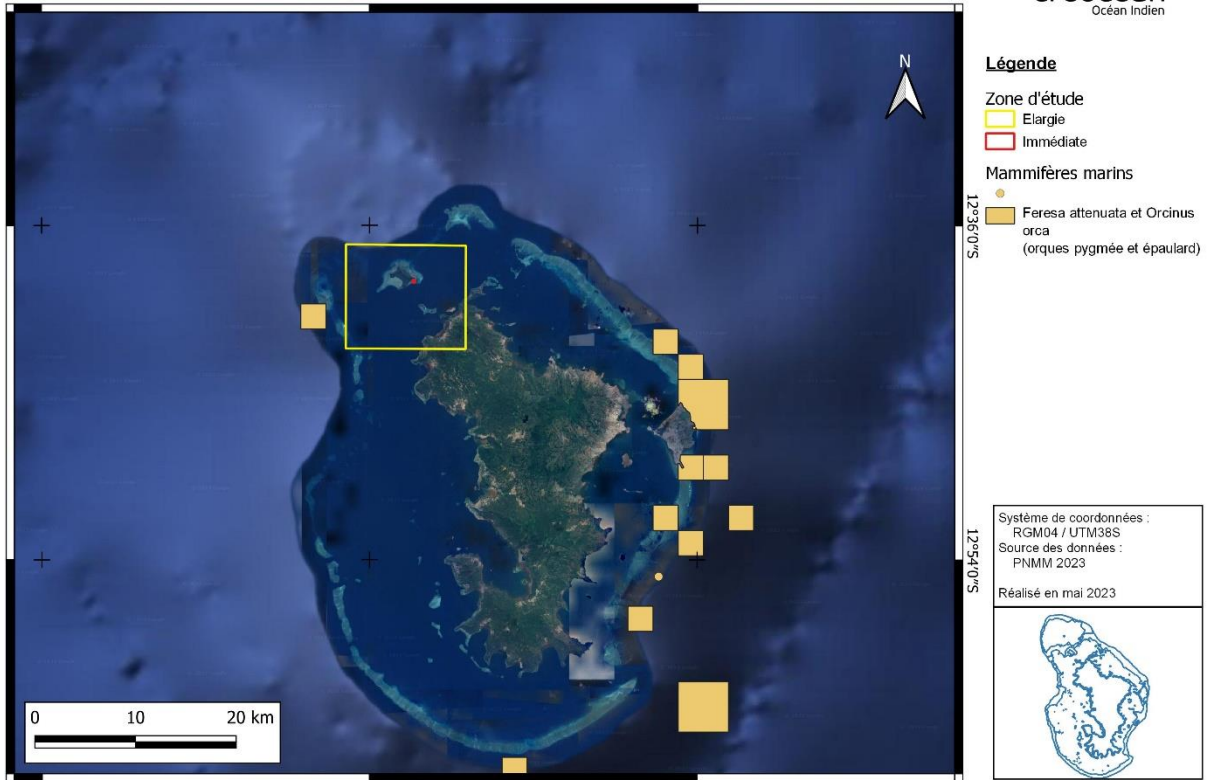
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Observations Tsiono 2012-2023
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Petit rorqual Antarctique	1 observation incertaine au sud-est du lagon
<i>Balaenoptera musculus</i>	Baleine bleue	3 observations (1 incertaine) dont 2 sur l'Iris (2 individus) en 2015 et 2021
<i>Feresa attenuata</i>	Orque pygmée	3 observations à l'est et au sud du lagon
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Globicéphale	9 observations dont 2 sur l'Iris en 2014 et 2019. Groupes de 5 à 50 individus.
<i>Grampus griseus</i>	Dauphin de Risso	2 observations à l'est du lagon
<i>Kogia sima</i>	Cachalot nain	6 observations (3 incertaines) à l'est du lagon
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Dauphin de Fraser	16 observations dont : 4 sur le banc de l'Iris en 2014, 2020 et 2021 (bancs de centaines d'individus)

COMMUNE DE MTSAMBORO
REALISATION DU PONTON DE L'ÎLOT MTSAMBORO

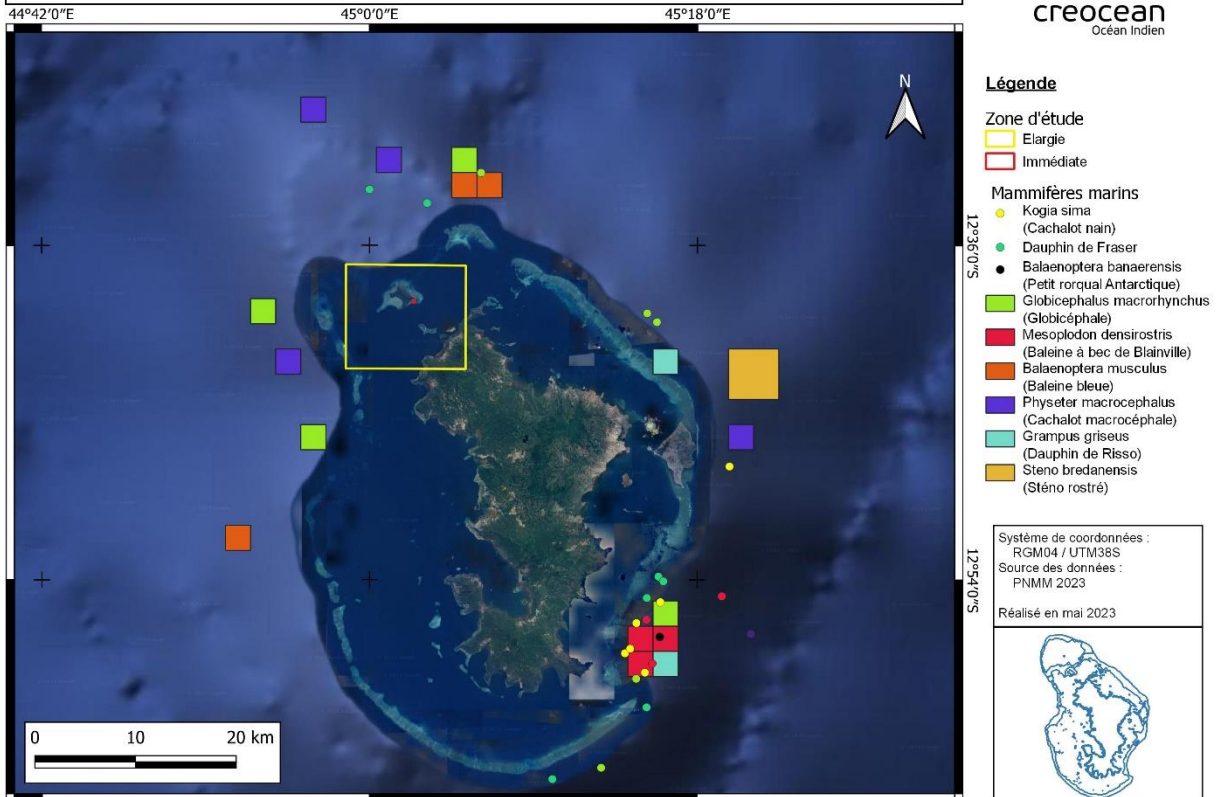
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Observations Tsiono 2012-2023
		2 à l'extérieur de la barrière au nord-ouest en 2015 et 2021 (10km du ponton)
<i>Mesoplodon densirostris</i>	Baleine à bec de Blainville	7 observations (2 incertaines) au sud-est du lagon
<i>Orcinus orca</i>	Orque épaulard	10 observations à l'est et au sud du lagon
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalot macrocéphale	6 observations dont 3 sur le banc de l'Iris en 2014, 2021 et 2022 (1 à 10 individus)
<i>Sousa plumbea</i>	Dauphin à bosse	85 observations (3 incertaines) au nord-est, est et sud à l'intérieur du lagon
<i>Steno bredanensis</i>	Sténo rostré	1 observation à l'est du lagon
<i>Tursiops truncatus</i>	Grand dauphin commun	72 observations (2 incertaines) dont : 1 près des îlots Choizil en 2021 11 sur le banc de l'Iris en 2014, 2015, 2016 et 2022 (groupes de 5 à 50 individus). <i>NB : les estimations à 50 individus sont douteuses.</i>



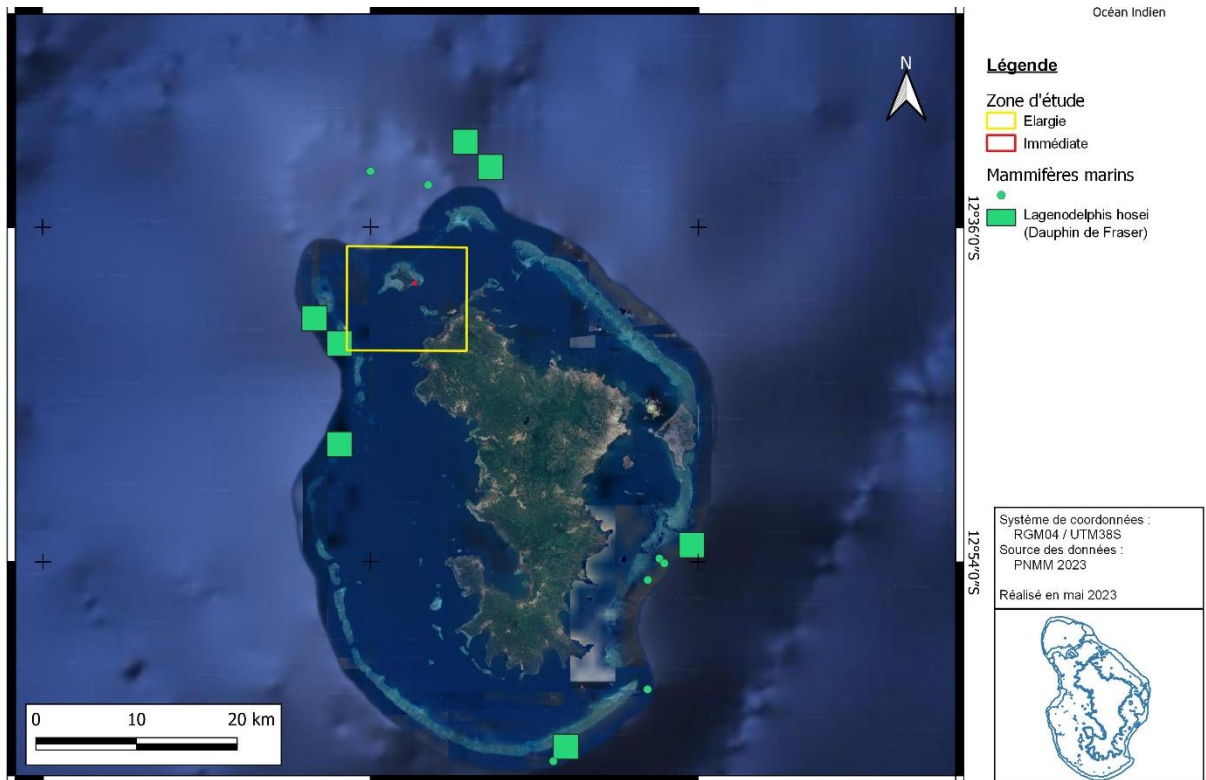
COMMUNE DE MTSAMBORO
REALISATION DU PONTON DE L'ÎLOT MTSAMBORO



Ponton de l'îlot Mtsamboro - Observations de mammifères marins rares dans Tsiono (2012-2023)



COMMUNE DE MTSAMBORO
REALISATION DU PONTON DE L'ÎLOT MTSAMBORO



Ponton de l'îlot Mtsamboro - Observations de mammifères marins rares dans Tsiono (2012-2023)

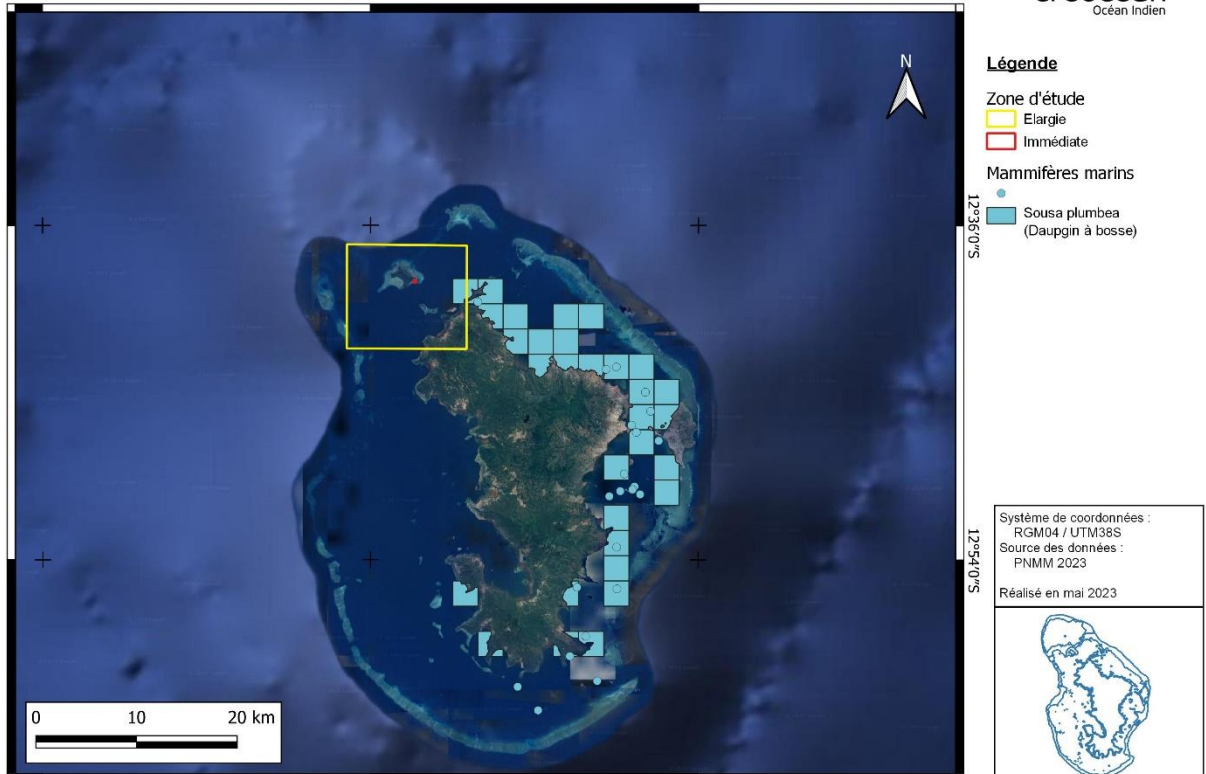


Figure 2 : Observations des espèces de mammifères marins rares dans les eaux de Mayotte

4.2.2.1.2 Tortues marines rares

Très peu d'observations de tortues marines autres que la tortue verte et la tortue imbriquée sont recensées à Mayotte. Les rares signalements concernent la tortue caouane (*Caretta caretta*) et la tortue luth (*Dermochelys coriacea*). Des tortues caouannes adultes sont rencontrées de manière isolées sur les récifs barrières et internes, et dans les eaux plus océanique, sans qu'aucune observation ne rapporte de comportement de nourrissage. Des tortues luth adultes sont observées de manière isolée aux abords des passes, dans le lagon ou les eaux du large (PNA 2015)..

En 11 ans, seules 2 observations ont été effectuées dans la zone d'étude élargie et dans des distances largement supérieures aux périmètres d'impact acoustique temporaire calculés dans la modélisation acoustique.

Une seule tortue olivâtre adulte a été observée en 2008, victime d'une capture accidentelle à la palangrotte (PNA 2015).

Tableau 2 : Observations de tortues rares recensées dans Tsiono entre 2011 et 2022. Les observations concernant le nord-ouest de Mayotte sont précisées

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Observations Tsiono 2011-2022
<i>Caretta caretta</i>	Tortue caouanne	34 observations, dont : 1 au nord-est des îlots Choizil en 2016 1 à l'extérieur de la barrière à l'ouest en 2017 1 sur le Banc de l'Iris en 2015
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Tortue olivâtre	1 observation (hors Tsiono)
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortue luth	4 observations, dont : 1 à plus de 2,5km au sud-ouest du ponton en 2016 1 à l'extérieur de la barrière à l'ouest en 2018

La carte ci-dessous présente les localisations des observations recensées sur Tsiono.

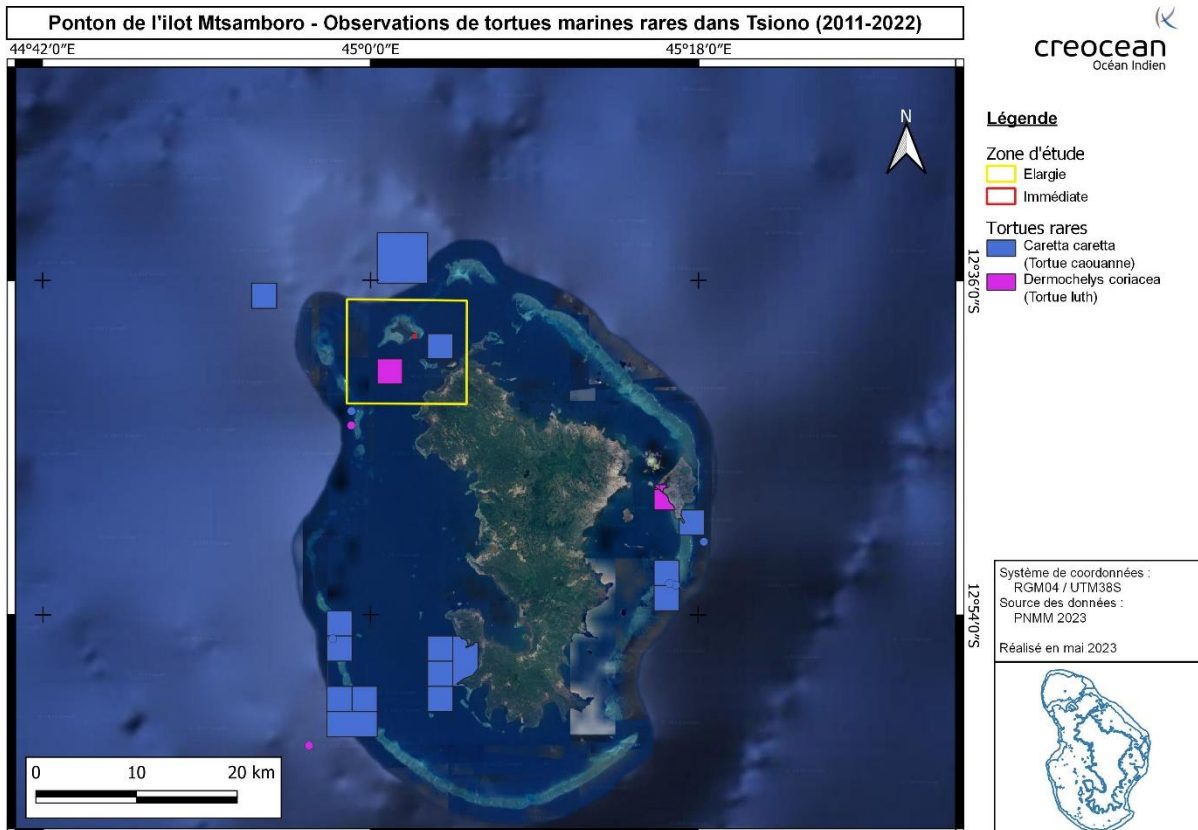


Figure 3 : Observations des espèces de tortues marines rares dans les eaux de Mayotte

5.2. Caractérisation de la fréquentation des cétacés

La note du CNPN demande de décrire plus en détail les habitats et zones de pontes des espèces protégées. Concernant les cétacés, toutes les informations disponibles (études sur la fréquentation des principales espèces entre 2006 et 2010, observations Tsiono) ont été étudiées et mentionnées dans le dossier de demande de dérogation.

Depuis l'établissement du dossier de dérogation, des observations additionnelles concernant le dugong ont été effectuées et sont présentées ci-dessous. Les rapports de stage effectués en 2017 sur le grand dauphin de l'Indo-Pacifique nous ont été fournis et les nouveaux éléments sont intégrés ci-dessous. Les données complémentaires disponibles via le réseau Tsiono sont également intégrées pour les espèces dont l'habitat est en partie recoupé par la zone d'impact potentielle du projet (baleine à bosse et grand dauphin de l'Indo-Pacifique). Les éléments ajoutés sont surlignés en **bleu**.

5.2.1. La Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)

Biologie et écologie à Mayotte

Mayotte est une zone de mise bas et d'élevage pour les baleines à bosse. Les groupes observés sont majoritairement constitués de femelles accompagnées de leur baleineau (autour de 60% ; Ersts et al. 2011). Viennent ensuite les paires (environ 20%) et les individus solitaires (11%). Les groupes actifs, composés d'adultes présentant des comportements de surface caractéristiques des scènes d'accouplement ou de pré-accouplement, ne représentent que 2% des groupes en 2004. Mayotte ne semble donc pas représenter une zone de reproduction majeure pour l'espèce. Ces grandes tendances peuvent varier ponctuellement selon les saisons (Wickel 2006).

Habitats préférentiels à Mayotte et sur la zone d'étude

L'aire d'occurrence de l'espèce à Mayotte n'a pas été estimée. Les zones de fréquentation varient selon les années, mais la majorité des observations est effectuée dans des eaux peu profondes (-20 à -80m) :

- Dans le nord, sur la pente externe du récif nord-est, le banc de l'Iris et le banc de la Prudente,
- A l'intérieur du lagon dans le sud-est, aux abords de la passe de Saziley. Cette zone semble privilégiée par les couples mère-petit, probablement par son aspect abrité. Les mères se rapprochent également de la côte pour allaiter le baleineau et le protéger contre les prédateurs du large (requins, orques).

Le peu d'observations Tsiono dans l'ouest pourrait s'expliquer par le faible effort de recherche.

Le détail des activités observées n'est pas précisé par les suivis scientifiques. Il est cependant admis que les baleines de cette région s'alimentent exclusivement dans la zone Antarctique. Aucune observation d'une baleine en activité d'alimentation n'a été notée autour de Mayotte jusqu'à aujourd'hui. Ainsi, **le projet n'aura pas d'impact sur l'alimentation de l'espèce.**

La majorité des observations effectuées entre l'îlot Mtsamboro et la côte, dans la zone d'étude élargie, concernaient des activités de déplacement. Seule une observation concernait une activité de repos.

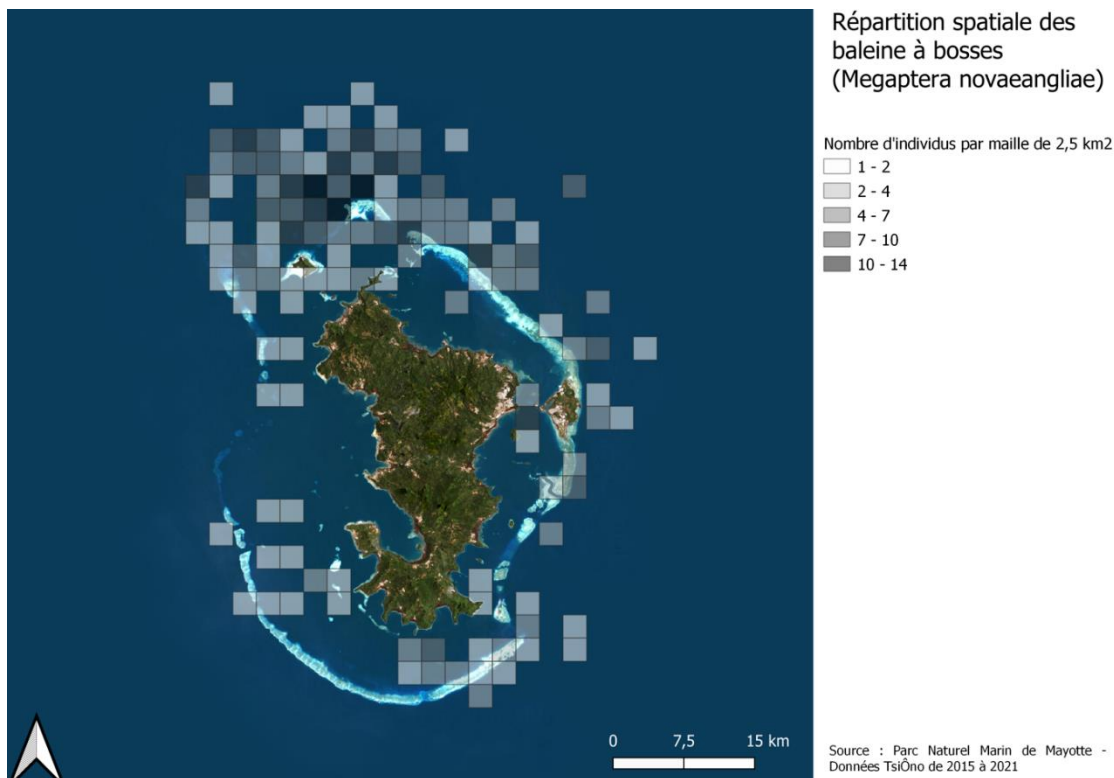


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..4 : Fréquence d'observation des *Megaptera novaeangliae* de 2015 à 2021 (PNMM, 2022)

La baleine à bosse fréquente les eaux de Mayotte de juillet à novembre, principalement sur le banc de l'Iris, le sud-est et l'extérieur du récif barrière nord. Des observations moins abondantes mais régulières sont effectuées entre l'îlot Mtsamboro et Grande Terre, dans la zone d'étude élargie.

5.2.2. Le Grand dauphin Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*)

Biologie et écologie à Mayotte

L'espèce est présente toute l'année dans le lagon de Mayotte. Elle a une alimentation variable composée de poissons et de céphalopodes côtiers de surface comme de fond.

L'aire d'occurrence de l'espèce à Mayotte a été estimée à 948 km² et son aire d'occupation de 104 km².

A Mayotte, les grands dauphins Indopacifique sont observés en petits groupes, en général moins d'une dizaine d'individus, bien que des groupes d'une centaine d'individus aient été observés dans certaines régions. **La taille moyenne des groupes est de 4 individus entre 2014 et 2016, avec une diminution significative entre 2004-2009 et 2014-2016 (Duvauchelle 2017).**

En 2009, la population locale est faible et estimée à 82±19 individus, avec un taux de survie annuel de 0,937±0,059. Le modèle appliqué aux suivis effectués entre 2005 et 2015 indique une population stable de 60±19 individus.

La distribution locale de l'espèce varie en fonction de la saison et de l'horaire (Pusineri et al. 2010, Duvauchelle 2017) :

- **Durant la saison sèche, les individus s'observent en général plus loin du récif que durant la saison des pluies, avec une répartition homogène sur tout le lagon. En saison humide, les individus sont majoritairement répartis au nord et à l'est du lagon.**

- Le domaine vital est plus important en hiver austral (577 km²) qu'en été (345 km²).
- Les individus semblent fréquenter des zones moyennement profondes (20-40m) en début de journée (7h-10h), avec essentiellement des comportements de chasse. Ils fréquentent des zones peu à moyennement profondes en milieu de journée (10h-14h), et de profondeurs variables en fin de journée (14h-17h) avec une dominance de sociabilisation.
- Les comportements ne varient pas significativement en fonction des saisons.

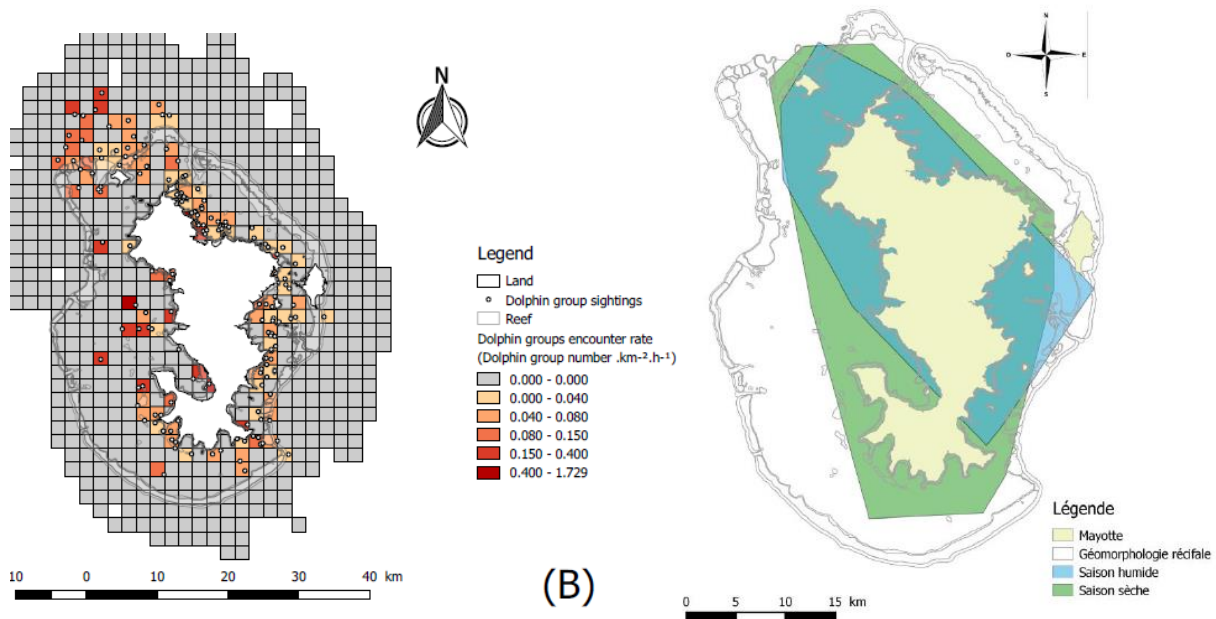


Figure 5 : Taux de rencontre de *Tursiops aduncus* en fonction de l'effort de recherche (gauche ; Brevet 2018) et domaine vital par saison (droite ; Duvauchelle, 2017).

Mayotte représente à la fois une zone d'alimentation, de repos, de déplacement et de socialisation. Ces comportements sont observés tout autour du lagon mais semblent privilégiés sur certaines zones, avec :

- Un comportement de chasse dominant près des côtes et des récifs (banc de l'Iris, récifs frangeants du sud, récif frangeant d'Handrema notamment).
- Un comportement de socialisation et de milling au nord de l'îlot Mtsamboro, sur le banc de l'Iris, qui constitue une zone de reproduction majeure.
- Des comportements de repos et de déplacement importants plus au large sur le banc de l'Iris.

Les observations Tsiono effectuées entre l'îlot Mtsamboro et la côte, dans la zone d'étude élargie, concernaient à parts égales des activités de déplacement et de sociabilisation. Duvauchelle (2017) a montré une diminution du comportement de repos et une augmentation des déplacements significatives entre la période 2004-2010 et 2014-2016. Ce changement de comportement pourrait être lié aux interactions avec les bateaux et impacter la demande en énergie des individus, et donc la population.

Habitats préférentiels à Mayotte et sur la zone d'étude

Le grand dauphin Indo-Pacifique est **principalement distribué sur deux zones** :

- **Dans le lagon en zone côtière**
- **A l'extérieur du lagon au nord, sur le banc de l'Iris.**

Ces deux zones semblent abriter deux communautés aux préférences d'habitat différentes, sans variation génétique (Kiszka et al. 2012). Les couples mère-petit se distribuent préférentiellement dans les milieux côtiers protégés, à l'est et l'ouest du lagon (Pusineri et al. 2010, Duvauchelle 2017).

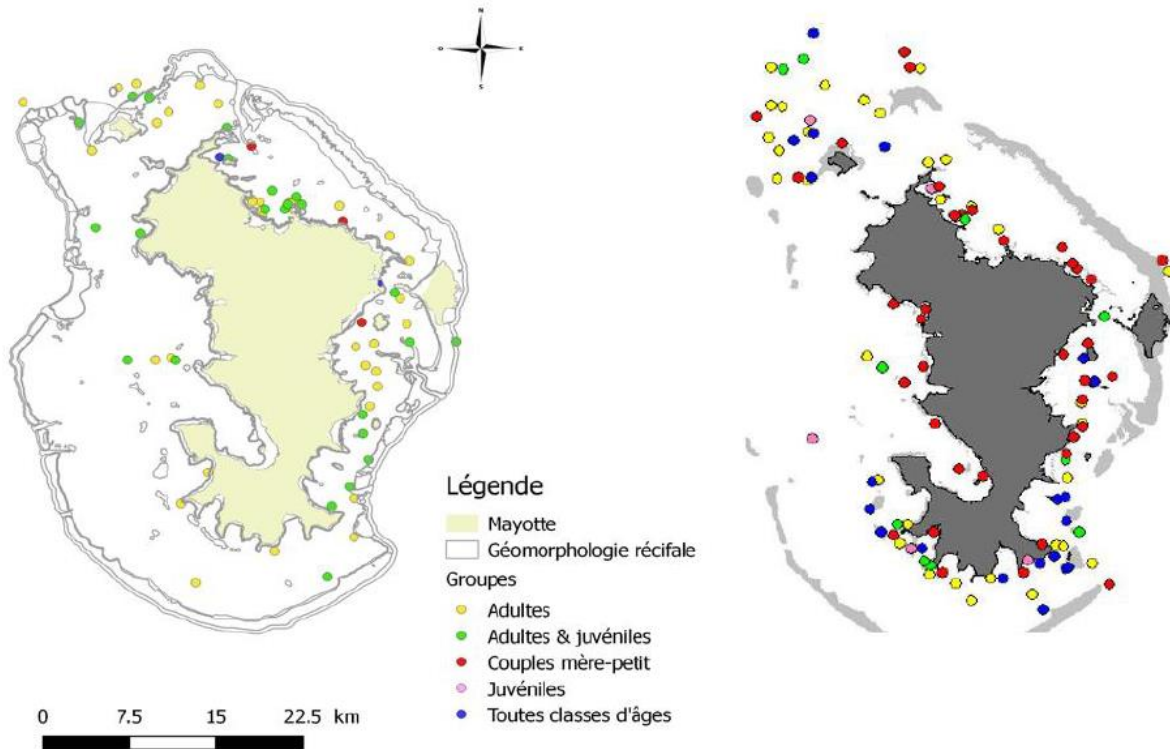


Figure 6 : Distribution des catégories de groupes de *T. aduncus* en 2014-2016 (gauche) et 2004-2009 (droite). Duvauchelle 2017, Pusineri et al. 2009.

La population de *T. aduncus* de Mayotte est structurée en 10 petites unités sociales en 2014-2016. La cartographie des domaines vitaux montre que certaines unités sociales ont des domaines vitaux plus restreints et sont inféodés à certaines zones du lagon. C'est le cas de petites zones au bord du récif frangeant au nord-est et à l'ouest de Mayotte. **La zone d'étude élargie ne représente pas un domaine vital exclusif, mais est comprise dans de grands domaines vitaux de certaines unités sociales.**

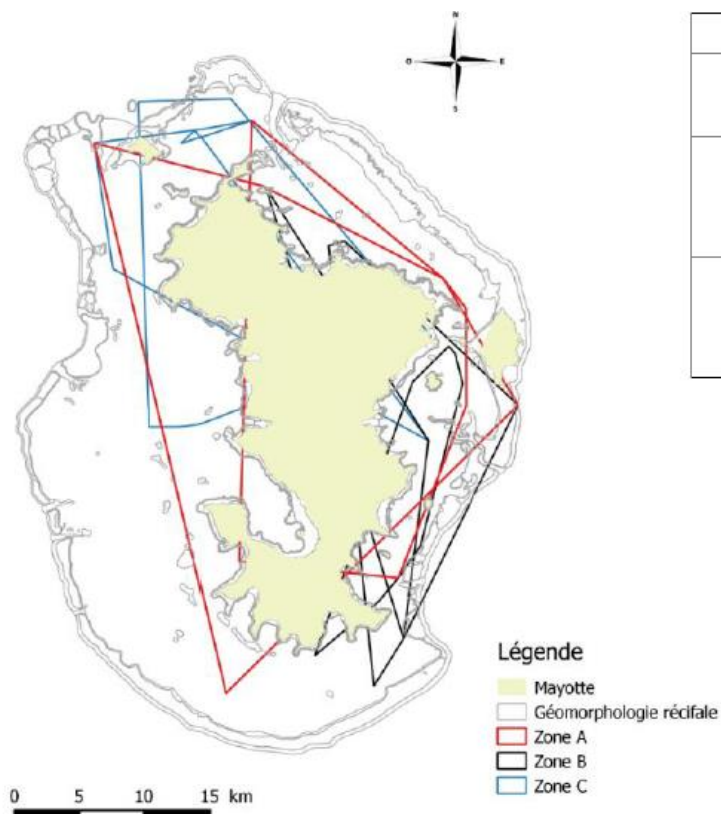


Figure 7 : Domaines vitaux de *T. aduncus* à Mayotte sur 2014-2016 (Duvauchelle 2017).

La zone d'étude élargie fait partie l'habitat préférentiel mais non exclusif du grand dauphin Indo-Pacifique. L'espèce est observée tout autour de l'îlot Mtsamboro et se déplace parfois entre les îlots Mtsamboro et Choizil. La surface relativement réduite de son habitat le rend vulnérable aux dérangements.

5.2.3. Le dugong (*Dugong dugon*)

À Mayotte, le dugong est observé tout au long de l'année. Il a pour habitat critique les herbiers (sites de nourrissage) aussi bien de la côte que du récif barrière. Il se nourrit exclusivement d'herbiers de phanérogames marines du genre *Halodule* ou *Halophila* (Kiszka et al., 2011). Chassé et braconné, le dugong fait aujourd'hui face à la destruction de son habitat et à la raréfaction des ressources. Il ne resterait que quelques individus à Mayotte, malgré les mesures de protection mises en place.

L'état de conservation à Mayotte est considéré comme défavorable du fait du fort impact des menaces, et d'une forte pression sur les zones d'alimentation (PNA Dugong 2021-2025).

Le dugong est principalement observé en alimentation sur les zones d'herbier suivantes :

- Le Tombant des Aviateurs, au large de Petite Terre,
- L'herbier de la plage de l'aéroport,
- L'herbier du platier de la Passe en S,
- L'intérieur de la Passe de Bandré et du récif barrière de Bambo Ouest où des herbiers profonds abondants sont recensés,
- La côte et l'intérieur du récif barrière de Saziley au sud-est, où des herbiers profonds abondants sont recensés,

- La baie de Kani-Kéli et le récif frangeant de la presqu'île de Bouéni, identifiés comme sites d'observation préférentiels par l'enquête auprès des pêcheurs effectuée dans le cadre du PNA Dugong 2021-2025. L'îlot Mtsamboro, les récifs frangeants d'Acoua et Mtsangamouji ont également été mentionnés.
- L'intérieur du récif interne de Lepoe (LAGONAVENTURE, comm. pers., corroborée par l'enquête auprès des pêcheurs), où des herbiers profonds peu abondants sont recensés.

Historiquement, des observations ont été effectuées autour de l'îlot Mtsamboro (Plan de gestion du PNMM, 2012, enquête auprès des pêcheurs en 2022). Depuis, seules 3 observations ont été recensées dans Tsiono à proximité de l'îlot :

- 2 observations en décembre 2022 sur le platier d'Antakoudja. A chaque fois, un individu isolé était en phase d'alimentation dans l'herbier.
- 1 observation en 2018 sur le platier au nord de l'îlot

Aucune observation n'a été effectuée sur l'herbier du ponton.

L'association Naturalistes de Mayotte, en charge de l'animation du PNA 2021-2025, a inclut l'îlot dans les zones de surveillance pour le suivi et la conservation de la population. Une action de suivi par drone est en cours depuis 2022. A ce jour, aucune observation de dugong n'a été effectuée, près de l'îlot Mtsamboro ou sur les autres sites suivis (Naturalistes de Mayotte, comm. pers 2023).

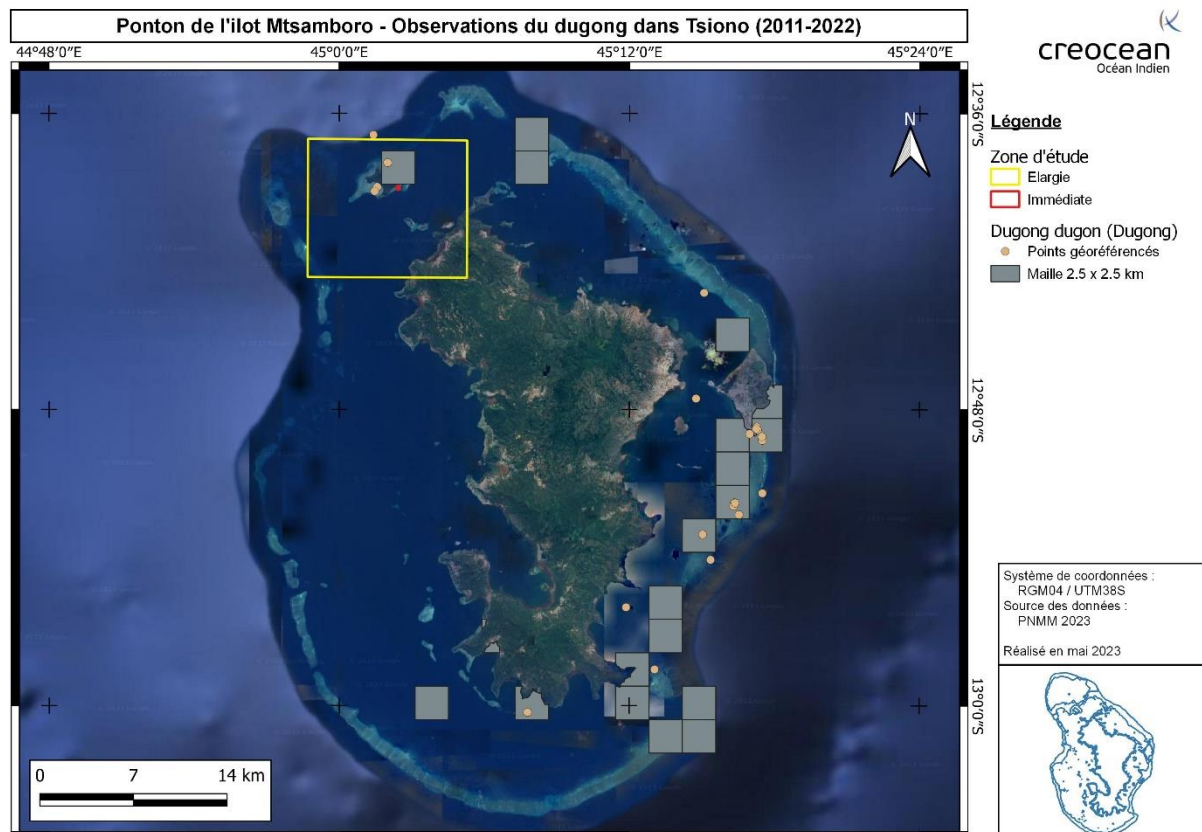


Figure 8 : Observations de dugong recensées dans Tsiono (données confidentielles à ne pas diffuser)

Le dugong ne semble pas fréquenter la zone d'étude stricte. L'espèce se nourrit occasionnellement sur le platier d'Antakoudja ou l'herbier au nord de l'îlot, dans la zone d'étude élargie. Il est également possible qu'elle transite entre les herbiers du récif barrière nord-est et l'îlot Mtsamboro.

5.3. Caractérisation de la fréquentation des tortues marines

Les éléments ci-dessous sont ajoutés au dossier initial.

Zones de ponte

Le seul suivi actuel des zones de ponte est celui effectué par ULM par le PNMM. Les deux plages au nord de l'îlot (Safari et Mlima) sont des plages de ponte majeures et représentent environ 2% du nombre de traces recensées sur l'ensemble des plages. Elles sont à l'opposé du projet.

Le choix du site s'appuie sur l'absence de pontes de tortue observée récemment, alors que des pontes avaient été observées antérieurement et que le projet vise à favoriser le retour de la ponte des tortues.

Sur l'ensemble des suivis effectués depuis 2003, seule une trace de ponte a été observée sur la plage devant accueillir le ponton (au sud-est de l'îlot ; Figure 10), en 2008.

La plage sur laquelle des pontes ont été observées antérieurement, et qui est ciblée par des mesures de compensation visant à favoriser le retour de la ponte (voir plus loin) est la grande plage d'Antakoudja, à l'ouest de l'îlot. Celle-ci n'est pas impactée par le projet.

Cette plage était identifiée depuis 1994 comme site de ponte prioritaire pour la tortue imbriquée. Quelques pontes y ont été observées en 2006 et 2008, mais pas en 2003, 2005, 2007 ou lors des années suivantes. Ce constat pourrait être lié à l'augmentation de la fréquentation ou au braconnage. La surveillance de la plage et la limitation des aménagements devrait ainsi avoir un impact positif à moyen et long terme.

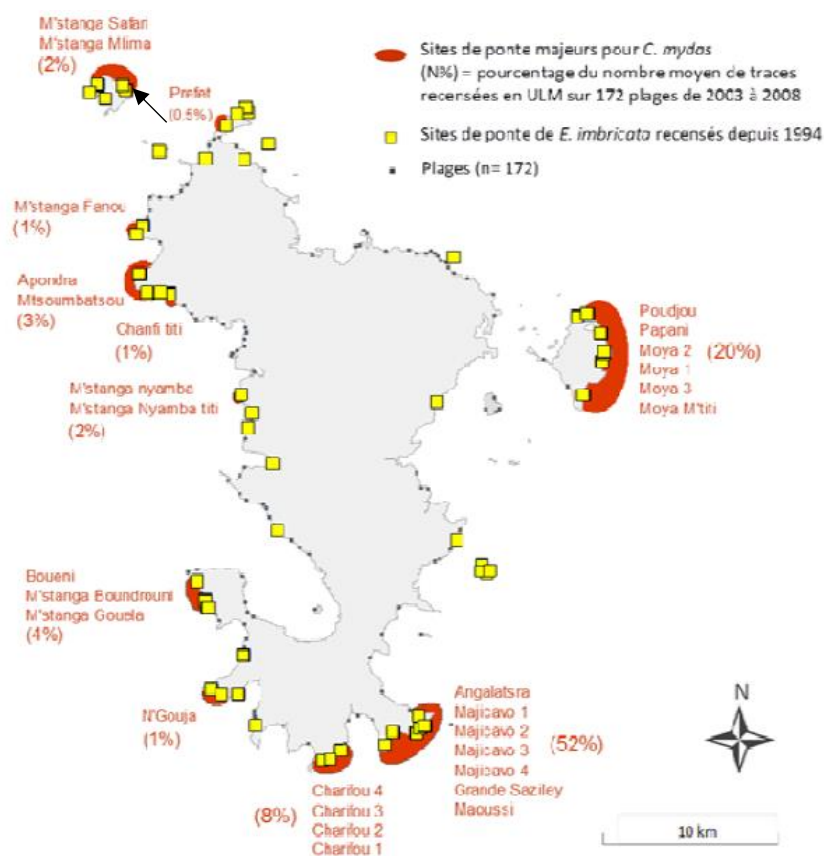


Figure 9 : Sites de ponte prioritaires des tortues vertes et imbriquées (PNA 2015). Flèche : site du projet

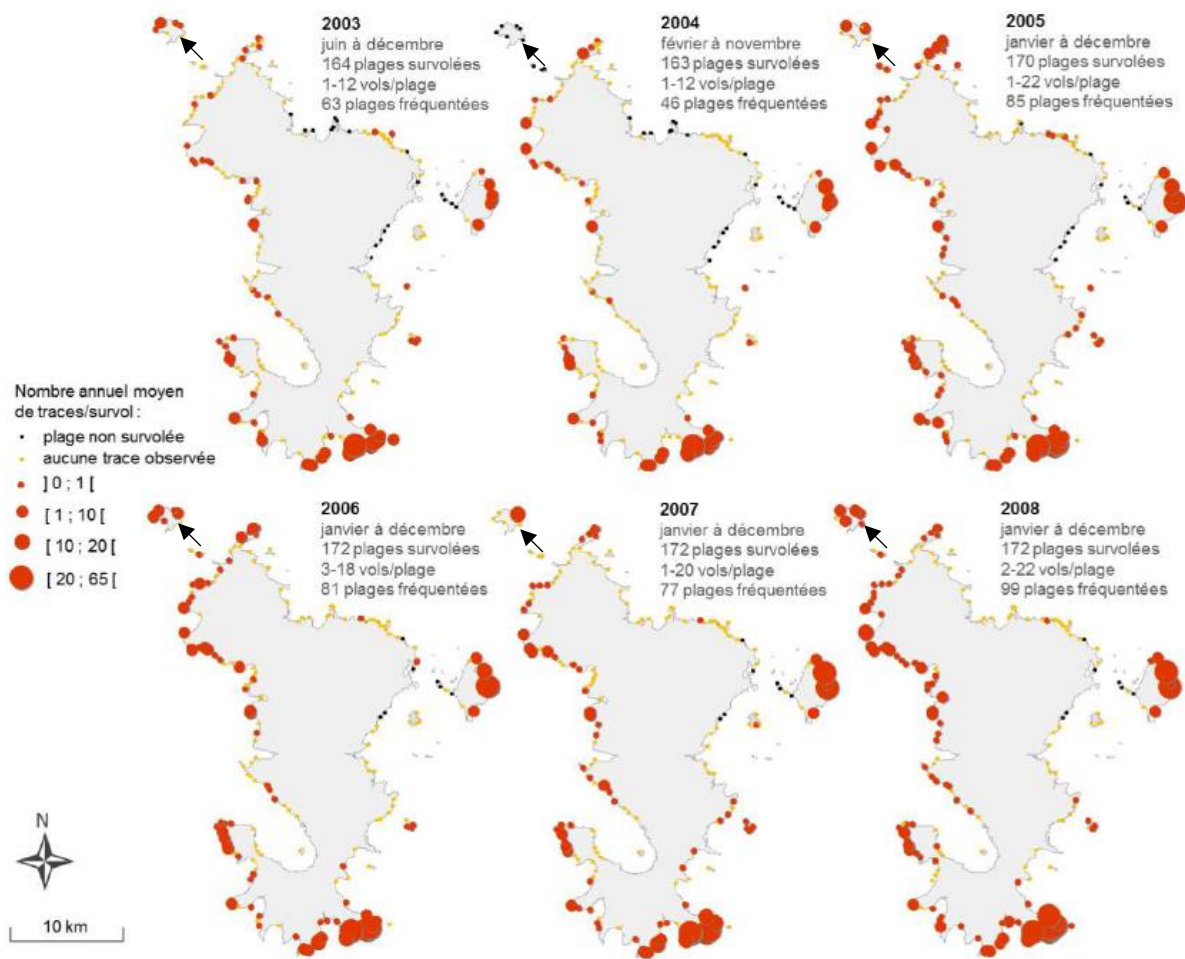


Figure 10 : Fréquentation des plages de ponton par les tortues marines entre 2003 et 2008

La fidélité au site de ponton est discutable à Mayotte puisque plus de 35% des tortues vertes marquées sur les plages de Saziley et Moya, les principales plages de ponton du territoire, n'ont jamais été recapturées. Cette alternance de plages peut se produire au cours d'une même saison de ponton.

COMMUNE DE MTSAMBORO
REALISATION DU PONTON DE L'ÎLOT MTSAMBORO

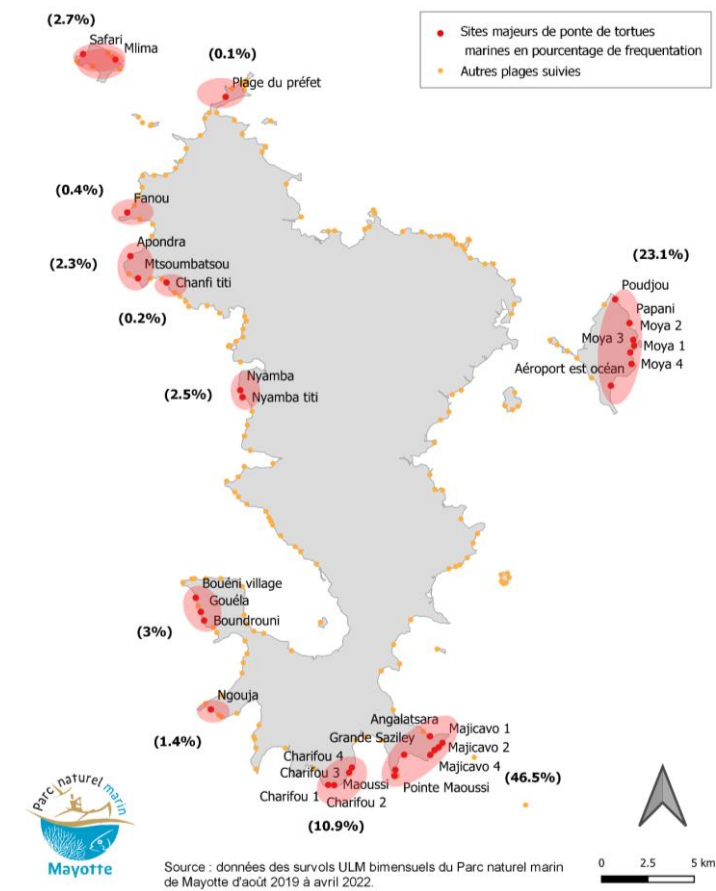


Figure 11 : Fréquentation relative des plages de ponte de Mayotte entre 2019 et 2022 (PNMM, 2022)

L'irrégularité des pontes de tortues imbriquées au cours de l'année et des recensements ne permet pas de documenter plus précisément la fréquentation des zones de ponte par cette espèce. La période de ponte s'étend de fin août à mai (PNA 2015), mais la fréquence des pontes au cours de cette période est irrégulière et non détaillée. La ponte a été arbitrairement qualifiée de « rare » dans le tableau ci-dessous par comparaison avec la tortue verte, puisque les effectifs nidifiant à Mayotte sont moyens à faibles pour *E. imbricata* et importants pour *C. mydas*.

Zones de reproduction

Les zones de reproduction des tortues sont principalement observées au droit des plages de ponte majeures (PNMM, comm. pers. 2022).

Les périodes de reproduction de chaque espèce de tortue marine à Mayotte sont précisées ci-dessous.

- : Ponte régulière à cette période
- : Ponte moins fréquente à cette période
- : Ponte rare à cette période
- : Absence de ponte

Scientifique	Vernaculaire	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<i>Chelonia mydas</i>	Tortue verte												
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortue imbriquée												
<i>Caretta caretta</i>	Tortue caouanne												
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortue luth												

Zones d'alimentation

Les zones d'alimentation varient en fonction de l'espèce.

Les zones d'alimentation des tortues vertes concernent tous les herbiers intertidaux de Mayotte.

Les tortues sont plus abondantes sur les herbiers de grande taille et en bonne santé, comme celui de Ti Moya, que sur les herbiers de récifs frangeants peu denses et étroits (CREOCEAN OI, observations opportunistes 2022 et 2023). Ces observations sont cohérentes avec le résultat des survols ULM entre 2008 et 2012 (PNA tortues marines SWIO 2015) qui indiquait une fréquentation préférentielle des herbiers de Petite Terre et des récifs frangeants de N'Gouja, la presqu'île de Bouéni et la côte ouest.

Les herbiers autour de l'îlot Mtsamboro sont également fréquentés, mais dans des proportions moindres.

Les zones d'alimentation des tortues imbriquées concernent tous les récifs coralliens du lagon

(frangeant, interne et barrière). Aucune étude dédiée au recensement des tortues imbriquées en phase d'alimentation n'a été réalisée à l'échelle de Mayotte. Les jeunes individus semblent affectionner les récifs frangeants et des îlots, y compris ceux en état dégradés avec une turbidité importante (CREOCEAN OI, observations opportunistes 2016-2023). Il est possible que ces conditions limitent la prédation. Des taux de rencontre particulièrement élevés ont été observés au nord-est de l'îlot Pouhou (îlots Hajangoua), avec 7 individus différents en 30 minutes de nage le long du récif frangeant en 2023.

Le récif frangeant de l'îlot Mtsamboro représente donc une zone d'alimentation adéquate mais non préférentielle pour cette espèce.

COMMUNE DE MTSAMBORO
REALISATION DU PONTON DE L'ÎLOT MTSAMBORO

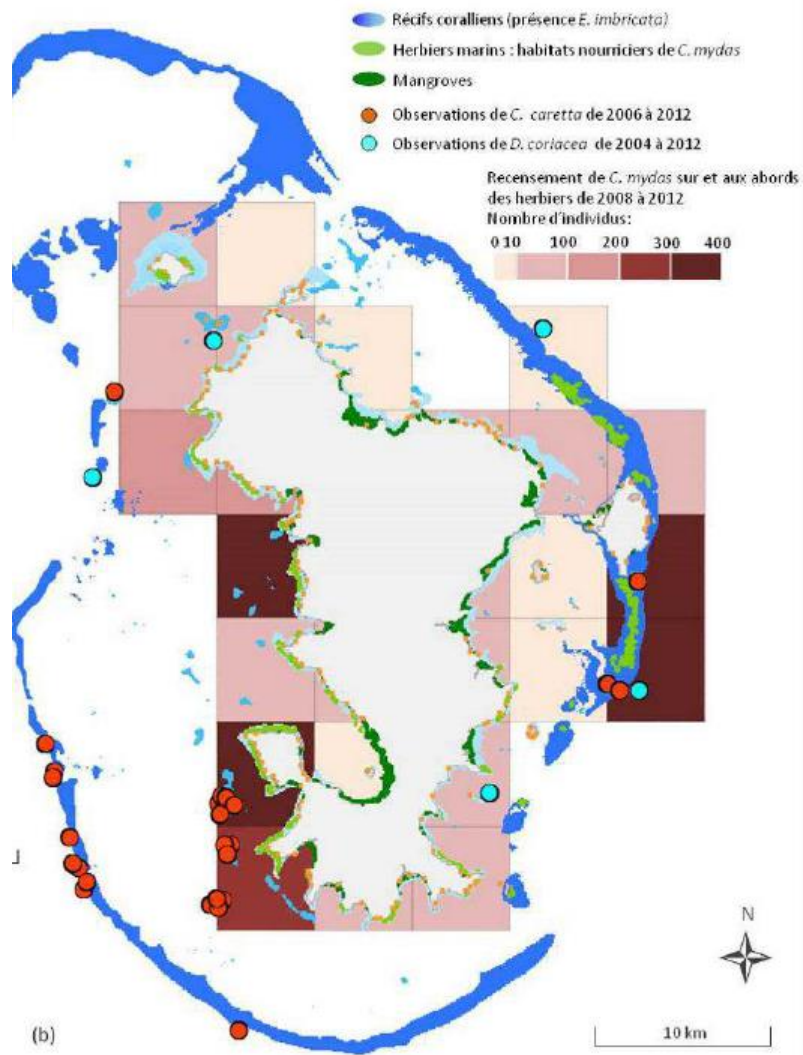


Figure 12 : Recensement par ULM de tortues vertes et observations opportunistes des autres espèces de tortues

Evaluation des incidences

Les aspects liés aux impacts sur l'habitat, au comportement des animaux, à la pollution lumineuse, à la bioturbation due au battage et à la qualité des eaux nécessitent une meilleure prise en compte.

7.2 Impact en phase travaux

L'élargissement de l'état initial aux autres espèces de mammifères marins et tortues marines a montré que celles-ci fréquentaient la zone d'étude élargie de manière exceptionnelle. Les impacts ne sont donc pas étudiés spécifiquement sur ces espèces. Il est à noter que l'évaluation des impacts acoustiques couvre l'ensemble des groupes d'audition des cétacés fréquentant la zone, et donc également les espèces rares.

7.2.1 Impact acoustique

La méthodologie mise en place pour évaluer l'impact acoustique sur les espèces protégées est conforme à :

- ▶ La norme AFNOR ISO 18406 d'avril 2017 et ISO 18405-2017 en acoustique sous-marine et relative au mesurage du son sous-marin
- ▶ La décision UE n°2017/848 de la commission du 17/05/2017 établissant des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines ainsi que des spécifications et des méthodes normalisées de surveillance et d'évaluation, et abrogeant la décision n° 2010/477/UE du 01/09/2010 relative aux critères et aux normes méthodologiques concernant le bon état écologique des eaux marines
- ▶ La directive n°2008/56/CE du 17/06/2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre « stratégie pour le milieu marin »), transposée dans le Code de l'Environnement (articles L.219-9 à L.219-18 et R.219-2 à R.219-10)
- ▶ L'arrêté du 9 septembre 2019 relatif à la définition du bon état écologique des eaux marines et aux normes méthodologiques d'évaluation du 27 septembre 2019
- ▶ **Le guide du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES), 2020 : Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine.**

Comme indiqué dans le dossier de demande d'autorisation environnementale unique (DAEU), **cette méthode d'évaluation ne prend pas en compte les éventuelles réactions comportementales** (fuite, plongée, arrêt des activités, panique, etc.) qui pourraient être liées aux émissions sonores. Des seuils de bruit susceptibles d'engendrer des réactions comportementales ont déjà été proposés mais sont fortement remis en question aujourd'hui (Southall et al., 2021). Il est en effet très difficile de relier une réaction comportementale à une cause en particulier, et une forte variabilité interindividuelle existe. Il n'existe donc malheureusement pas de seuil défini par un protocole scientifique rigoureux et faisant consensus permettant d'évaluer une modification du comportement des animaux.

À l'inverse, les pertes d'audition consécutives à une exposition au bruit ont fait l'objet de mesures directes sur plusieurs espèces et les seuils font consensus au sein de la communauté scientifique. Ces seuils de tolérance au bruit ont été définis en 2007 (Southall et al., 2007) et ont récemment été mis à jour (NMFS, 2018 ; Southall et al., 2019). Ils intègrent les dernières connaissances scientifiques en matière de bioacoustique et sont considérés aujourd'hui comme les plus robustes pour évaluer l'effet du bruit sur les mammifères marins.

Le rapport complet de la modélisation acoustique, fourni en annexe de la DAEU, est remis en annexe de la note de réponse afin de détailler la méthodologie mise en œuvre.

7.2.2 Perte d'habitat

La surface d'habitat occupée correspond à la surface du périmètre d'exclusion (rayon de 500m) de la ME02 autour du point de battage le plus au large. Cette surface est l'hypothèse la plus pénalisante.

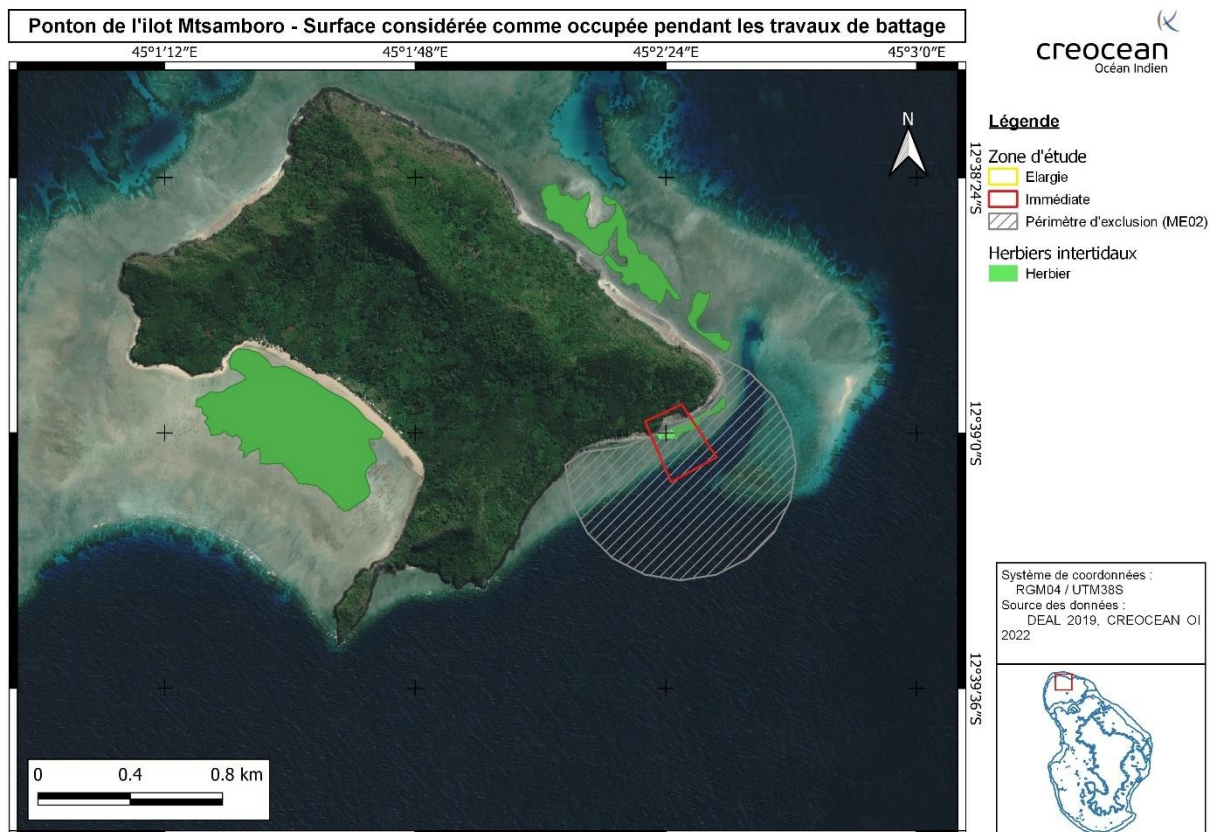


Figure 13 : Surface d'habitat occupée pendant le battage correspondant au périmètre d'exclusion de 500m de rayon à compter du point du battage le plus au large, soit la position la plus pénalisante

Comme indiqué plus haut, il existe peu de connaissances sur les préférences géographiques de fréquentation d'un habitat par espèces protégées ciblées. Pour les tortues, il est uniquement avéré une fréquentation préférentielle des herbiers de Petite-Terre, N'Gouja et des récifs frangeant de l'ouest de la presqu'île de Bouéni par les tortues vertes.

L'évaluation de la perte d'habitat est donc réalisée d'une manière strictement mathématique, en comparant les surfaces occupées pendant les travaux aux surfaces totales de l'habitat disponibles dans le lagon de Mayotte.

Tableau 3 : Surface d'habitat impactée pour les deux espèces de tortues marines considérées

Espèce	Habitat	Surface occupée (m ²)	Proportion impactée à l'échelle de Mayotte
<i>C. mydas</i>	Platier de récif à herbiers intertidaux	7294	0.096%
<i>E. imbricata</i>	Platier de récif frangeant à couverture corallienne faible	5131	0.013%
	Platier externe de récif frangeant	5784	0.073%

Tableau 4 : Surface d'habitat impactée pour les 5 espèces de mammifères marins considérées

Espèce	Habitat	Surface occupée (m ²)	Proportion impactée à l'échelle de Mayotte
<i>D. dugon</i>	Platier de récif à herbiers intertidaux	7294	0.096%
	Herbiers subtidaux	0	0%
<i>T. aduncus</i>	Domaine vital en saison sèche	578 042	0,10%
	Domaine vital en saison humide		0,16%
<i>S. attenuata</i>	Domaine vital en saison humide non quantifié mais nettement supérieur à celui de <i>T. aduncus</i>		<0,1%
<i>S. longirostris</i>			
<i>P. electra</i>			

La perte d'habitat pour les espèces protégées fréquentant la zone d'étude est donc limitée.

L'impact est considéré comme moyen pour les tortues vertes compte-tenu de la diminution globale des herbiers à l'échelle de Mayotte et de la possible surestimation de la surface totale d'herbiers, par manque de cartographie récente actualisée.

L'impact est considéré comme faible pour les autres espèces qui disposent de sites d'alimentation plus variés et sont rarement observés en phase d'alimentation, de reproduction ou de repos sur la zone d'étude.

7.2.3 Pollution lumineuse

La pollution lumineuse peut avoir des conséquences néfastes sur les écosystèmes marins et la faune associées telle que les tortues, les mammifères marins et les oiseaux.

Pour atténuer les effets de la pollution lumineuse, les mesures suivantes seront mises en place

- En phase travaux, aucune opération de nuit sera conduite sur le site. Il subsistera uniquement le balisage lumineux des engins de travaux (jack-up,...) pour des raisons de sécurité. De plus une sensibilisation des parties prenantes sera conduite sur l'importance de réduire la pollution lumineuse et à ses impacts sur les écosystèmes marins
- En phase opérationnelle, le balisage sera minimisé à un point lumineux blanc en bout de ponton en conformité à la réglementation maritime

7.2.4 Qualité des eaux

Le battage est susceptible d'entraîner une légère bioturbation par remise en suspension du substrat. Les impacts d'une remise en suspension importante sur les herbiers et les récifs coralliens peuvent être directs et indirects :

- Une augmentation de la turbidité entraînant une diminution de la lumière disponible et de la photosynthèse,
- Un étouffement des peuplements par dépôt de particules fines. La plupart des coraux réagissent à ce phénomène en sécrétant un mucus, permettant aux particules fines de « glisser » à leur surface. Ce phénomène est cependant énergivore pour les espèces fragiles non habituées aux milieux turbides.

La remise en suspension sera cependant légère et limitée à un périmètre d'une dizaine de mètres au maximum compte-tenu des éléments suivants :

- Un substrat formé de sables grossiers d'origine lagonaire, qui sédimentent rapidement sans se disperser.
- Une faible hauteur d'eau sur le platier (3m à marée haute) et sur le haut de la pente (6m à marée haute) du récif frangeant, qui limite le transport des particules.
- Les travaux sont prévus en période calme, pour des raisons (i) de sécurité des équipes de chantier et de manœuvre de la plateforme de battage et (ii) d'évitement de la période de fréquentation des baleines à bosse. En mode calme, le risque de dispersion des matières remises en suspension est d'autant plus faible. Le projet de caractérisation des processus hydro-sédimentaires et d'envasement du lagon (ENVALAG, Jeanson et al. 2021) ont en effet mis en évidence que la dispersion des particules terrigènes avait lieu principalement en hiver austral (juin-septembre), sous l'action des vents.

La remise en suspension sera donc limitée aux environs immédiats du battage, et sur un court laps de temps. L'incidence est considérée comme faible.

Une mesure de suivi quotidien de la turbidité en période de battage (MA06) a été ajoutée sur demande de la DEALM, afin de confirmer l'absence d'incidence sur les peuplements sensibles. Elle est précisée plus loin.

habitats pendant la phase des travaux mais essentiellement du point de vue perte d'habitat lié aux engins de travaux pas sur les autres espèces et la modification à long terme des habitats.

7.3 Impact en phase d'exploitation

L'emprise physique d'un ponton sur pieux de cette envergure est extrêmement faible et n'est pas de nature à modifier à long terme le transit hydro-sédimentaire ou les habitats marins, qu'il s'agisse des herbiers ou des récifs coralliens.

De plus, pour limiter les effets induits par la mise en place des pieux, la recherche d'une solution technique permettant de diminuer le nombre de pieux est à l'étude. En première analyse, le nombre de pieux pourra être diminué par 2 mais cette solution ne pourra être validé qu'après la réalisation des essais géotechnique. Cette réduction du nombre de pieux aura pour conséquence de réduire de manière significative l'incidence physique sur les habitats.

Étant donné la limitation de l'accès au ponton, les impacts chroniques des pollutions liées à la fréquentation des navires sont faibles. Ils seront compensés par les impacts positifs liés à l'enrayement de la déforestation illégale de l'îlot et la plantation de bananeraies, qui engendrent une pollution terrigène déjà notable en 2022, et dont les premiers effets sur les peuplements ont été observés à -6 et -10m.

En phase d'exploitation, il est donc prévu une modification positive des habitats.

Il est surprenant que le projet indique p.73 qu'une telle évaluation dépasse le champ d'une étude d'impact sous prétexte qu'aux pressions générées par le projet se combinent les pressions anthropiques déjà existantes dans le milieu. Que ce soit le bruit ambiant déjà généré par les activités humaines (trafic maritime, pêche, ...), le braconnage, les collisions avec les navires ou la pollution lumineuse, de nombreuses pressions pèsent sur les mammifères marins et les tortues marines à Mayotte.

7.4 Impacts cumulés

L'évaluation des impacts cumulés avec la circulation des navires, les activités de whale-watching, la pollution lumineuse ou le braconnage suppose de connaître au préalable les impacts liés à ces activités sur l'ensemble du lagon de Mayotte. Ces informations quantifiées ne sont pas disponibles à ce jour et nécessiteraient une étude de grande ampleur, dédiée à ces thématiques.

Différents suivis (voir plus haut) attestent cependant d'un impact avéré de certaines activités sur les espèces protégées :

- Le braconnage sur les tortues marines : il n'est pas prévu d'impact cumulé négatif avec le projet puisque la plage concernée n'est pas un site de ponte. En revanche, la mesure compensatoire MC01 doit avoir un impact positif avec la limitation du braconnage à l'échelle de l'îlot.
- La fréquentation du lagon par les navires et le whale-watching sur le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique. L'ajout de la fréquentation du ponton par les navires des services publics est susceptible d'ajouter un léger dérangement sonore pour cette espèce. Cependant cette fréquentation permettra également de surveiller le respect des règles du whale-watching et l'interdiction de mise à l'eau avec les cétacés, qui est aujourd'hui peu respectée. L'impact cumulé est donc considéré comme nul.

Les impacts acoustiques et d'occupation de l'habitat peuvent également être cumulés avec les autres projets de pontons de pêche autour de Mayotte. L'état d'avancement de chaque projet est indiqué ci-dessous. Il est à noter que l'ensemble de ces projets sont pilotés par le même bureau d'étude technique. Le planning annoncé tient donc compte de l'ensemble des projets.

Localisation	Etat d'avancement	Date prévisionnelle des travaux
Kani-Kéli (ponton flottant)	Terminé	-
Nyambadao (ponton flottant)	En cours de construction	Doit être terminé en juillet 2023
Petite-Terre (ponton sur pieux)	Etudes environnementales en cours	
Koungou (ponton sur pieux)	Etudes environnementales en cours	
Chiconi (ponton sur pieux)	Etudes environnementales en cours	
Mtsahara (ponton sur pieux)	Dossier réglementaire déposé	Début 2024
Mamoudzou (ponton sur pieux)	Etudes environnementales en cours	

Au vu de la faible disponibilité du matériel de travaux à Mayotte, la machine de battage de pieux sera commune à tous ces projets de sorte qu'il n'y aura **pas de battages simultanés**, et seule une zone limitée sera occupée à chaque période de travaux.

Le planning (cf ci-dessous) prévoit par ailleurs des périodes relativement longues entre deux projets de battage de pieux, ce qui permet aux mammifères marins et tortues marines de retrouver un habitat habituel.

Mesures d'évitement et de réduction

Les mesures d'évitement sont réduites à ME01 (l'adaptation de la période de battage pour la baleine à bosse) et ME02 (la mise en place d'un périmètre d'exclusion des espèces protégées autour du point de battage).

Les mesures ME01/ ME02 devraient être ajustées à toutes les espèces dans leurs phases sensibles (reproduction, alimentation, ...).

Concernant la pollution lumineuse, le CNPN suggère que la période des périodes des travaux avec balisage lumineux ne soit réalisé qu'en dehors des périodes de ponte.

Les espèces sensibles aux opérations de battage sur le site du projet sont la baleine à bosse, le grand dauphin de l'Indo-Pacifique, le dugong, la tortue verte et la tortue imbriquée.

Concernant la ME01, les espèces protégées, autres que la baleine à bosse, fréquentent le lagon toute l'année. Afin de réduire la période des travaux sur le meilleur compromis, les périodes sensibles pour les espèces citées ci-dessus sont rappelées :

- Baleine à bosse : juillet à octobre
- Grand dauphin de l'Indo-Pacifique : saison humide. L'aire de fréquentation de l'espèce est en effet plus restreinte à la saison humide, et plus proche des côtes.
- Dugong : absence de données sur la saisonnalité et la fréquentation.
- Tortue verte : mars à octobre pour la reproduction. Absence de données sur une saisonnalité pour l'alimentation.
- Tortue imbriquée : septembre à mai pour la reproduction, avec des effectifs de ponte bien plus faibles que la tortue verte. Absence de données sur une saisonnalité pour l'alimentation.

Le meilleur compromis pour affiner la ME01 semble donc la période de novembre à décembre pour les travaux de battage. Cette période permet d'éviter la présence des baleines à bosse et le pic de ponte des tortues vertes. Il s'agit par ailleurs du début de la saison des pluies (ou la fin de la saison sèche suivant les années), ce qui permet de limiter l'impact sur le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique.

La ME02 est bien prévue pour l'ensemble des espèces protégées, à l'exception de la baleine à bosse qui est exclue grâce à la ME01. Le périmètre d'exclusion proposé (500m), basé sur la modélisation acoustique, est supérieur à la valeur la plus pénalisante pour tous les groupes d'audition présents.

COMMUNE DE MTSAMBORO
REALISATION DU PONTON DE L'ÎLOT MTSAMBORO

Dans le dossier, les mesures de réduction de bruit sont basées sur des moyennes des différents impacts pour déterminer le niveau à mettre en œuvre. Il serait plus logique de retenir la valeur de l'indice maximal et non une moyenne pour ajuster les niveaux sonores.

Il faut mieux intégrer aussi les mesures en lien avec les comportements qui sont écartés dans la méthode d'évaluation des risques.

Les mesures de réduction de bruit sont basées sur le seuil de perturbation physique temporaire qui donc plus pénalisant que le seuil de perturbation physique permanente.

Afin de surveiller l'absence d'impact comportemental visible, la mesure MA07 suivante a été ajoutée.

CODE	MA07	OBJET	SURVEILLANCE QUOTIDIENNE DU COMPORTEMENT DES ESPECES PROTEGEES A L'EXTERIEUR DU PERIMETRE D'EXCLUSION PENDANT LES TRAVAUX DE BATTAGE.
PHASE	<input type="checkbox"/> Conception <input checked="" type="checkbox"/> Construction <input type="checkbox"/> Démantèlement <input type="checkbox"/> Pré-construction <input type="checkbox"/> Exploitation <input type="checkbox"/> Post-démantèlement		
OBJECTIF			
Vérifier l'absence d'impact des travaux sur le comportement des animaux potentiellement présent autour de l'îlot Mtsamboro, en dehors du périmètre d'exclusion.			
DESCRIPTION			
Suite à la mise en place de la mesure ME02, il est attendu l'absence d'espèces protégées dans le périmètre d'exclusion de 500m tout au long de la journée de battage.			
Cependant compte-tenu du manque de données scientifiques déjà discuté, l'impact comportemental des nuisances sonore ne peut à l'heure actuelle pas être quantifié ni prédit géographiquement. Afin de vérifier l'absence d'impact, l'observateur de la faune marine présent au démarrage de chaque journée de battage effectuera une surveillance supplémentaire au milieu du battage, durant 30min :			
<ul style="list-style-type: none"> • Dans le périmètre d'évitement afin de vérifier qu'aucun individu n'a pénétré cette zone durant la journée. En cas d'observation, les travaux seront arrêtés immédiatement et la procédure de pre-watch (ME02) et soft-start (MR04) seront à reprendre intégralement. • A l'extérieur du périmètre, afin de vérifier que le comportement d'éventuels individus n'est pas modifié par les coups de battage. Pour ce faire, les fiches de surveillance des MMO comportant l'ensemble des informations nécessaires (comportement initial, nouveau comportement, ...) seront remplies. 			
SUIVI DE LA MESURE	Rapports journaliers des MMO		
COÛT PREVISIONNEL	Intégré au coût global du projet.		

Mesures de compensation

NB : le premier paragraphe de l'avis du CNPN portant sur les mesures de compensation est repris d'un projet de piste terrestre en forêt et ne s'applique pas au présent projet. Ce paragraphe n'est donc pas traité.

La seule mesure de compensation, la transplantation d'herbier, mérite d'avoir une approche plus développée avec un suivi accru, une durée plus longue et des opérations de regarnissage pour déterminer les périodes et les méthodes plus favorables.

15.4 MA05 : Transplantation expérimentale d'herbiers

Préalablement à la transplantation expérimentale et donc aux travaux de battage, un diagnostic complet de la zone cible, non impactée par le projet (le platier d'Antakoudja) sera réalisé. Ce diagnostic doit permettre de :

- Fournir une cartographie des herbiers présents sur le platier, avec une évaluation de la densité selon les secteurs.
- Identifier les zones sans herbier, susceptibles d'accueillir la transplantation.

Une fois les zones de transplantation potentielles identifiées, une étude de faisabilité doit être effectuée afin de vérifier :

- Les conditions environnementales, qui doivent être similaires aux zones avec herbier et à la zone source (la zone d'étude du ponton)
- La pression d'herbivorie potentielle, et le cas échéant la faisabilité de mesures de protection (grillages, ...)
- Le risque de dégradation par les activités humaines (piétinement par les plaisanciers, la pêche à pied, ...) et le cas échéant, la faisabilité de mesures de protection.

Cette étude doit permettre d'identifier des zones de transplantation adaptées. En cas d'incompatibilité du site d'Antakoudja, d'autres sites récepteurs devront être étudiés selon la même méthodologie.

A l'issue du choix des zones cibles, un plan de transplantation sera rédigé, détaillant :

- La cartographie des zones sources
- Les méthodes d'identification des zones d'herbier à transplanter, en concertation avec l'entreprise de travaux afin de cibler précisément les surfaces physiquement dégradées par la plateforme de battage, et ne pas extraire des herbiers non impactés.
- La méthode d'extraction des herbiers.
- Les moyens de protection éventuels à mettre en place

Un suivi de l'évolution des patchs transplantés sera réalisé à T+1, T+3, T+12, T+24 et T+36 mois.

Coût estimatif : 10k€ pour l'étude de faisabilité, 25 k€ pour la transplantation et 60 k€ pour les suivis

Par ailleurs, un suivi de la turbidité en phase de battage sera ajouté, sur recommandation de la DEALM. Les autres mesures de compensation, qui visent à contribuer à des actions du PNA Dugong, sont rappelées dans le tableau récapitulatif final.

15.6. MA06 : Suivi de la turbidité

Un suivi quotidien de la turbidité sera effectué lors des opérations de battage, selon les caractéristiques suivantes demandées par la Police de l'Eau :

- 3 mesures par jour : avant les travaux, 1h après le démarrage du battage, au milieu des opérations de battage
- Chaque mesure est effectuée sur 3 stations : à proximité immédiate des travaux (le plus proche possible tout en respectant les conditions de sécurité), à proximité moyenne (10-20m) et sur un point de référence environ 50m en amont du courant.
- Chaque mesure est une moyenne de 3 mesures effectuées en sub-surface, à mi-profondeur et au-dessus du fond. Lors du battage sur le platier, la mesure à mi-profondeur ne sera pas effectuée du fait de la faible hauteur d'eau.

Chaque jour, les seuils d'alerte et d'arrêt seront définis de la manière suivante :

- 1,3 fois la mesure effectuée avant les travaux pour le seuil d'alerte,
- 1,5 fois la mesure effectuée avant les travaux pour le seuil d'arrêt des travaux.

Le coordinateur environnemental de l'équipe de travaux sera informé en temps réel des résultats des mesures de turbidité. En cas de dépassement du seuil d'arrêt, les travaux seront arrêtés jusqu'au retour à des valeurs normales.

L'ensemble des mesures sont consignées quotidiennement dans un registre dédié et transmises sur demande à la DEAL.

Synthèse des mesures

Les tableaux de synthèse des mesures présentées dans le résumé non technique sont actualisés suite aux préconisations du CNPN, de la DEAL et du PNMM.

Tableau 5 : Synthèse des mesures E & R

Mesure n°	Description	Durée	Coût
ME01	Adaptation de la période de battage pour la baleine à bosse et les autres espèces protégées sensibles sur la zone d'étude – Battage effectué en novembre et décembre	Battage (2 mois)	Intégré au coût total
ME02	Mise en place d'un périmètre d'exclusion des espèces marines protégées autour du point de battage	Battage (2 mois)	Intégré au coût total
ME03	Stockage des matériaux à l'abri de la houle et en dehors de l'îlot Mtsamboro	Travaux (3 mois)	Intégré au coût total
MR01	Adaptation du tracé du ponton pour réduire la destruction d'écosystèmes récifaux et d'herbiers	Conception	Intégré au coût total – 900 k€
MR02	Réduction de la vitesse de navigation	Travaux (3 mois)	Intégré au coût total
MR03	Respect de la charte d'approche, de l'arrêté ministériel de 2021 et des arrêtés préfectoraux de 2018 et 2019	Travaux (3 mois)	Intégré au coût total
MR04	Mise en place d'une procédure de soft start pour les travaux de battage	Battage (2 mois)	Intégré au coût total
MR05	Prévention et gestion des pollutions accidentelles	Travaux (3 mois)	Intégré au coût total

Tableau 6 : Synthèse des mesures C & A

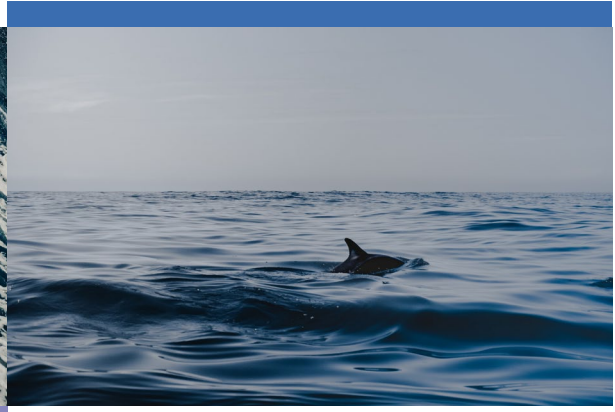
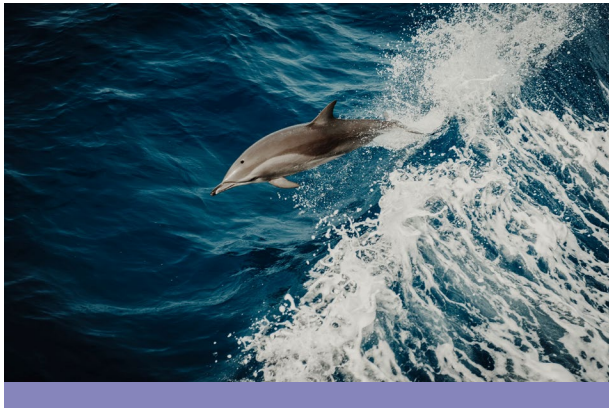
Mesure	Description	Durée	Coût
MC01	Formation des agents à la préservation et la surveillance des plages de ponte, réalisation de suivis mensuels sur 10 ans et participation au pacte de sauvegarde des tortues	10 ans	A déterminer
MC02	Amélioration de la connaissance sur l'habitat des dugongs à Mayotte	3 ans	70 k€
MC03	Amélioration de la connaissance sur les dugongs à Mayotte	3 ans	60 k€
MA01	Autosurveillance du chantier	3 mois	Intégré au coût total
MA02	Mise en place d'un comité de suivi des mesures	3 ans	Intégré au coût total
MA03	Suivi des sources acoustiques des travaux de battage	1 semaine	10 k€
MA04	Suivi de l'état de santé du front récifal pendant les travaux	1 semaine	3 k€
MA05	Transplantation des herbiers sur le platier d'Antakoudja et suivi	3 ans	95 k€
MA06	Suivi quotidien de la turbidité lors des opérations de battage	2 mois	Intégré aux travaux
MA07	Surveillance quotidienne du comportement des espèces protégées à l'extérieur du périmètre d'exclusion	2 mois	Intégré aux travaux



www.creocean.fr



[GROUPE KERAN](#)



RAPPORT

Évaluation de l'impact sonore et mesures de mitigation pour le chantier de battage de de l'ilot Mtsamboro

220480

Juillet 2022

CREOCEAN OCÉAN INDIEN

CLIENT

RAISON SOCIALE	CREOCEAN OCÉAN INDIEN
INTERLOCUTEUR	Monsieur Alexandre SNEESSENS

CREOCEAN

COORDONNÉES	Équipe internationale Les Belvédères – Bâtiment B 128 avenue de Fès 34080 MONTPELLIER Tél. : 04.99.23.31.65 E-mail : montpellier@creocean.fr
INTERLOCUTEUR	Monsieur Vincent MAHAMADALY Tél. : 06 49 65 25 75 E-mail : vincent.mahamadaly@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Évaluation de l'impact sonore et mesures de mitigation pour le chantier de battage de de l'ilot Mtsamboro
NOMBRE DE PAGES	52
NOMBRE D'ANNEXES	0

VERSION

RÉFÉRENCE	VERSION	DATE	RÉDACTEUR
220480	V1	29/07/2022	CVMA

Sommaire

Préambule	7
1. Méthodologie globale de l'étude	8
2. État initial bibliographique, enjeux et sensibilités	9
2.1. Méthodologie	9
2.2. Les mammifères marins.....	9
2.2.1. Cadres réglementaires	9
2.2.2. Contexte.....	10
2.2.3. La baleine à bosse (<i>Megaptera novaeangliae</i>)	11
2.2.4. Le grand dauphin de l'Indo Pacifique (<i>Tursiops aduncus</i>)	12
2.2.5. Le dauphin à long bec (<i>Stenella longirostris</i>)	13
2.2.6. Le dauphin tacheté pantropical (<i>Stenella attenuata</i>)	13
2.2.7. Le dauphin à bosse de l'Indo Pacifique (<i>Sousa chinensis</i>)	14
2.2.8. Le péponocéphale (<i>Peponocephala electra</i>)	14
2.2.9. Le dugong (<i>Dugong dugon</i>).....	15
2.3. Les tortues de mer.....	15
2.3.1. Cadres réglementaires	15
2.3.2. Contexte.....	16
2.3.3. Tortue verte (<i>Chelonia mydas</i>)	17
2.3.4. Tortue imbriquée (<i>Eretmochelys imbricata</i>)	17
2.4. Focus sur la zone du projet	18
2.4.1. Les mammifères marins	18
2.4.2. Les tortues marines.....	19
2.5. Définition des enjeux et sensibilités	21
2.5.1. Enjeux.....	21
2.5.2. Sensibilités	23
2.6. Bilan	25
3. Modélisation de propagation sonore	26
3.1. Choix des indicateurs et conformité avec les normes acoustiques	26
3.2. Méthodologie	27
3.3. Définition du scénario de propagation sonore.....	27
3.3.1. Bathymétrie	27
3.3.2. Nature des fonds	28
3.3.3. Bathycélérimétrie	29

3.3.4. Conditions environnementales	30
3.3.5. Données du projet et source sonore.....	30
3.3.6. Algorithmes de propagation du son	31
3.4. Synthèse des données d'entrée	32
3.5. Carte de modélisation de propagation sonore.....	34
4. Évaluation des impacts sonores sur la faune marine	35
4.1. L'audition chez les mammifères marins	36
4.2. Seuils de tolérance au bruit pour les mammifères marins	38
4.3. L'audition chez les tortues de mer	38
4.4. Seuils de tolérance au bruit pour les tortues de mer	39
4.5. Cartes d'impact du bruit sous-marin sur la faune marine.....	40
4.6. Évaluation des effets sonores sur la faune marine	43
4.7. Évaluation du risque d'impact acoustique	44
5. Recommandations de mesures de mitigation.....	45
5.1. Méthodologie	45
5.2. Recommandations.....	45
6. Références bibliographiques.....	48

Préambule

L'intensité des pressions exercées sur les îlots de Mayotte diffère selon leur position dans le lagon (proche ou non de Grande Terre ou Petite Terre). Certains îlots, comme celui de Mtsamboro, subissent une pression, notamment touristique, importante et non régulée engendrant de multiples problématiques telles que le dérangement de la faune, la destruction des habitats naturels, l'érosion des pentes...

La commune de Mtsamboro porte actuellement un projet de valorisation du patrimoine naturel et culturel en soutien aux activités traditionnelles et écologiquement exemplaires sur l'îlot de Mtsamboro, selon les grands axes suivants :

1. Valorisation écotouristique en développant des aménagements pour permettre aux visiteurs de découvrir les richesses naturelles du site sans dégrader les milieux (sentiers balisés, aires de pique-nique, observatoire...)
2. Professionnalisation des agriculteurs vers des cultures traditionnelles, rentables et respectueuses de l'environnement
3. Implication et mobilisation des acteurs locaux dans cette démarche

Dans ce contexte, la commune de Mtsamboro a conduit une étude de faisabilité pour identifier les enjeux et proposer les solutions d'aménagements adéquates suivantes :

- ▶ La construction d'un ponton d'accès au nord-est de l'îlot
- ▶ La réalisation de sentiers
- ▶ L'élévation d'abris de style « faré »
- ▶ La construction d'un observatoire

Notre étude s'est focalisée sur l'impact sonore du chantier de battage prévu pour la construction du ponton au sud-est de l'île sur la faune marine (mammifères marins et tortues de mer en présence ou susceptibles de l'être).

1. Méthodologie globale de l'étude

Notre méthodologie s'est déclinée en trois étapes :

- ▶ La première étape a consisté en l'**acquisition et la synthèse de données bibliographiques** et l'**établissement des enjeux et sensibilités** des espèces cibles, en présence ou susceptible de l'être, pendant la phase de travaux
- ▶ Puis, la seconde étape a consisté en l'**évaluation des impacts sonores par modélisation de propagation** et l'**évaluation des effets potentiels** sur ces espèces
- ▶ Enfin, la troisième étape a consisté en l'**établissement de mesures de mitigation** en accord avec le client et les contraintes techniques et budgétaires du projet

Ces étapes ont permis de remplir l'objectif principal fixé en préambule à savoir :

D'évaluer l'impact sonore et de proposer des mesures de mitigation pour le chantier de battage de l'ilot Mtsamboro

La méthodologie proposée est conforme à :

- ▶ La norme AFNOR ISO 18406 d'avril 2017 et ISO 18405-2017 en acoustique sous-marine et relative au mesurage du son sous-marin
- ▶ La décision UE n°2017/848 de la commission du 17/05/2017 établissant des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines ainsi que des spécifications et des méthodes normalisées de surveillance et d'évaluation, et abrogeant la décision n° 2010/477/UE du 01/09/2010 relative aux critères et aux normes méthodologiques concernant le bon état écologique des eaux marines
- ▶ La directive n°2008/56/CE du 17/06/2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre « stratégie pour le milieu marin »), transposée dans le Code de l'Environnement (articles L.219-9 à L.219-18 et R.219-2 à R.219-10)
- ▶ L'arrêté du 9 septembre 2019 relatif à la définition du bon état écologique des eaux marines et aux normes méthodologiques d'évaluation du 27 septembre 2019
- ▶ Le guide du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES), 2020 : Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine.

2. État initial bibliographique, enjeux et sensibilités

2.1. Méthodologie

Une étude bibliographique a été réalisée sur le bruit sous-marin et ses effets sur les mammifères marins et les tortues de mer à l'échelle de l'aire d'étude prédéterminée (emprise acoustique du projet) et a permis de :

- ▶ **Dresser un état des données disponibles et des lacunes potentielles en termes de données à acquérir**
- ▶ **Définir les enjeux et la sensibilité des espèces présentes**
- ▶ **Définir, décrire et justifier l'impact du projet sur les mammifères marins au niveau acoustique sous-marine**

Pour ce faire, **une synthèse bibliographique des données existantes et accessibles a été réalisée** pour (1) évaluer les espèces potentiellement présentes dans la zone de projet, (2) caractériser leur fréquentation du secteur, (3) leur saisonnalité et (4) l'utilisation de la zone.

Il s'agit de **compiler les informations issues des publications scientifiques, de la littérature grise (rapports d'étude, etc.) et de données de distribution**. Les données des programmes nationaux ont été utilisées (campagnes d'observation, échouages) ainsi que d'éventuels autres jeux de données disponibles et accessibles issus de bases comme Tsiono, Plans Nationaux d'Actions (PNA), ou de suivis divers.

La sensibilité est le risque de perte ou de dégradation d'une composante environnementale avec la réalisation d'un projet. Les enjeux liés aux espèces présentes dans la zone de projet et leurs sensibilités ont été définis et étudiés en prenant en considération leur fréquentation, leur distribution, leur statut de vulnérabilité et la probabilité de ces espèces à être exposées à l'implantation du projet.

L'ensemble de ces informations est présenté dans le contexte plus global des mammifères marins et des tortues de mer à Mayotte afin de bien comprendre les enjeux et spécificités de la zone du projet.

2.2. Les mammifères marins

Les mammifères marins regroupent les cétacés, les pinnipèdes et les siréniens, soit plus d'une centaine d'espèces au total.

Parmi les cétacés, on distingue généralement, les odontocètes ou cétacés à dents (regroupant les delphinidés, les marsouins, les cachalots et autres grands plongeurs) des mysticètes ou cétacés à fanons (dont les rorquals, les baleines à bosse, grise ou franche).

Le groupe des pinnipèdes est constitué des phoques, des otaries et des morses. Enfin, le groupe des siréniens est constitué des lamantins et des dugongs.

2.2.1. Cadres réglementaires

Les mammifères marins bénéficient de statuts de protection stricte à l'échelle nationale, communautaire et internationale et sont listés dans bon nombre d'accords internationaux ([CITES](#), [OSPAR](#), [ASCOBANS](#)...). Ils sont protégés contre toute exploitation commerciale, de toute destruction intentionnelle ou capture pour la vente. **Au niveau européen et applicable en Métropole uniquement, le marsouin commun, le grand dauphin, le phoque gris et le phoque veau-marin sont listés dans l'Annexe II de la Directive Habitats Faune Flore (Natura 2000), ce qui peut justifier la désignation de Zone Spéciale de Conservation (ZSC) pour ces espèces. Les autres espèces sont listées dans l'Annexe IV de la Directive Habitats Faune Flore (Natura 2000), ce qui implique la protection et le maintien de leurs habitats.**

L'ensemble de ces réglementations trouve leur application dans le droit français à travers les deux arrêtés suivants :

- ▶ L'arrêté du 9 juillet 1999, fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département, modifié par l'arrêté du 27 mai 2009
- ▶ L'arrêté ministériel du 11 juillet 2011 NOR : DEVL1110724 A, fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection, ainsi qu'un plan national de protection des cétacés. Les mammifères marins présents sur les côtes françaises y sont listés comme espèces strictement protégées contre « *la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement intentionnels incluant les prélèvements biologiques, la perturbation intentionnelle incluant la poursuite ou le harcèlement des animaux dans le milieu naturel* ». Il est également acté que sont interdits « *La destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux* »
- ▶ Le Plan National d'Actions Dugong spécifique à Mayotte (2020-2025).

La France est également signataire de deux textes communautaires au niveau européen :

- ▶ Le règlement (CE) n° 812-2004 du Conseil du 26 avril 2004 établissant des mesures relatives aux captures accidentelles de cétacés dans les pêcheries
- ▶ La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, applicable en Métropole uniquement (DCSMM, 2008) (2008/56/CE) qui considère le milieu marin comme un patrimoine précieux qu'il convient de protéger et de préserver. Les principaux objectifs de la directive sont de maintenir la diversité biologique, de préserver la diversité et le dynamisme des océans et des mers, et d'en garantir la propreté, le bon état sanitaire et la productivité végétale et animale. Le déclin de la biodiversité dû à l'intervention de l'homme doit être évité afin de garantir les objectifs de bon état écologique défini dans la DCSMM

En complément des textes ci-dessus, plusieurs cadres légaux internationaux règlementent les impacts sur le milieu marin et plus particulièrement sur les espèces marines. Ces cadres peuvent porter sur des espèces spécifiques, en fonction de leur statut de conservation, de leur vulnérabilité, de leur rareté (espèces endémiques, protégées...) ou être liés à des espaces maritimes ou des zones de protections comme les Aires Marines Protégées (AMP) dont font partie les parcs naturels et les Zones Marines Particulièrement Vulnérables (ZMPV) où sont mises en place des mesures spécifiques de gestion, de protection, de conservation.

La France a également ratifié plusieurs textes internationaux :

- ▶ La convention de Washington relative à la réglementation de la chasse à la baleine et la Commission Baleinière Internationale (CBI) qui en est son organe décisionnel (1946)
- ▶ La convention de Washington sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction ou CITES (1973)
- ▶ La convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (1979)
- ▶ La convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage CMS (1979)

2.2.2. Contexte

Le lagon de Mayotte et ses eaux océaniques adjacentes abritent une importante communauté de mammifères marins avec plus de 20 espèces identifiées (Kiszka et al., 2006 ; Pusineri, 2007 ; PNMM 2011 - Tableau 1). Parmi ces espèces, on rencontre des mysticètes, dont la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) lors de ses migrations et des espèces dont la présence est plus aléatoire comme le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*). Le dugong (*Dugong dugon*) y est aussi observé (Kiszka et al., 2007). Mais l'essentiel de la diversité est surtout représenté par des odontocètes, notamment le grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*), le dauphin à bosse (*Sousa chinensis*), le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*), le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*), le globicéphale tropical (*Globicephala macrorhynchus*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*) et le dauphin d'Electre (*Peponocephala electra*) (Kiszka et al., 2007 ; PNMM, 2011). Il convient de noter que certaines espèces comme le grand dauphin, la baleine à bosse et le dauphin à bosse sont fréquemment observées dans le lagon alors que d'autres, plus océaniques, sont généralement observées à l'extérieur du lagon (Gross et al., 2009).

La baleine à bosse, le grand dauphin de l'Indopacifique, le dauphin tacheté pantropical, le dauphin à long bec, le dauphin à bosse de l'Indopacifique, le péponocéphale et le dugong, sont considérés dans cette présente étude comme les espèces principales en raison de leur présence régulière dans le lagon et/ou leur statut de conservation.

Tableau 1 : Liste des mammifères marins observés à Mayotte (PNMM, 2011)

	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Common name	Statut IUCN ver. 3.1	Observation à Mayotte
Cétacés (S. Ordre Odontocètes)					
1	<i>Stenella longirostris</i>	Dauphin à long bec	Spinner dolphin	Données insuffisantes	C
2	<i>Stenella attenuata</i>	Dauphin tacheté	Pantropical spotted dolphin	Préoccupation mineure	C
3	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Dauphin bleu et blanc	Striped dolphin	Préoccupation mineure	E
4	<i>Tursiops aduncus</i>	Grand dauphin de l'Indo-Pacifique	Indo-Pacific bottlenose dolphin	Données insuffisantes	C
5	<i>Tursiops truncatus</i>	Grand dauphin	Common bottlenose dolphin	Préoccupation mineure	F
6	<i>Peponocephala electra</i>	Dauphin d'Electre	Melon-headed whale	Préoccupation mineure	C
7	<i>Sousa chinensis</i>	Dauphin à bosse	Indo-Pacific humpback dolphin	Quasi menacé	C
8	<i>Mesoplodon densirostris</i>	Mésoplodon de Blainville	Blainville's beaked whale	Données insuffisantes	F
9	<i>Indopacetus pacificus</i>	Mésoplodon de Longman	Longman's beaked whale	Données insuffisantes	R
10	<i>Grampus griseus</i>	Dauphin de Risso	Risso's dolphin	Préoccupation mineure	R
11	<i>Orcinus orca</i>	Orque	Killer whale	Données insuffisantes	R
12	<i>Pseudorca crassidens</i>	Pseudorque	False killer whale	Données insuffisantes	R
13	<i>Feresa attenuata</i>	Orque pygmée	Pygmy killer whale	Données insuffisantes	R
14	<i>Kogia sima</i>	Cachalot nain	Dwarf sperm whale	Données insuffisantes	F
15	<i>Kogia breviceps</i>	Cachalot pygmée	Pygmy sperm whale	Données insuffisantes	F
16	<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalot	Sperm whale	Vulnérable	F
17	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Globicéphale tropical	Short-finned pilot whale	Données insuffisantes	C
18	<i>Lagenodelphis hosei</i>	Dauphin de Fraser	Fraser's dolphin	Préoccupation mineure	F
19	<i>Steno bredanensis</i>	Dauphin à dents rugueuses	Rough-toothed dolphin	Données insuffisantes	R
20	<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleine à bec de Cuvier	Cuvier's beaked whale	Données insuffisantes	R
Cétacés (S. Ordre Mysticètes)					
21	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleine à bosse	Humpback whale	Préoccupation mineure	C
22	<i>Balaenoptera musculus</i>	Baleine bleue	Blue whale	En danger	R
23	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Petit rorqual antarctique	Antarctic minke whale	Données insuffisantes	R
Siréniens					
24	<i>Dugong dugon</i>	Dugong	Dugong	Vulnérable	C (mais moins de 10 individus estimés)

Statut IUCN Eteinte Menacé Préoccupation mineure

(EX) (EW) (CR) (EN) (VU) (NT) (LC)

Observation à Mayotte C= espèces communes, plusieurs observations par an/mois
F= espèces fréquentes, quelques observations par an (1-10)
R= espèces rares
E= espèces seulement observées échouées

2.2.3. La baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)

La baleine à bosse mesure entre 11 et 19m, pour un poids de 25 à 35 tonnes. Elle possède une petite nageoire dorsale, surmontant 2 bosses (d'où son nom), mais on la reconnaît surtout à ses grandes nageoires pectorales grises et blanches, pouvant mesurer jusqu'à 5m.

Les baleines à bosse observées à Mayotte proviennent des zones de nourrissage situées dans les eaux froides de l'océan Antarctique, où elles se nourrissent de krill et de poissons. Durant l'hiver austral, les baleines effectuent des migrations d'environ 8000 km vers leurs zones d'hivernage tropical pour se reproduire et mettre bas dans les eaux chaudes et moins hostiles (Whitehead & Moore, 1982). Depuis 1996, Mayotte est reconnue comme site d'importance pour les baleines à bosse. Son large lagon peu profond offre des conditions environnementales particulièrement favorables pour l'élevage des nouveau-nés (Wickel et al., 2004 ; Ersts et al., 2011).

La baleine à bosse semble avoir pour habitat préférentiel la pente externe du récif nord et le parc marin de Saziley (sud-est). Les baleines à bosse s'alimentent rarement en période de reproduction (Slijper, 1962 ; Lockyer, 1981). Aucune observation d'une baleine en activité d'alimentation n'a été notée autour de Mayotte jusqu'à aujourd'hui. La baleine à bosse est observée dans le lagon durant sa période de reproduction de juillet

à novembre. Les individus hivernants de baleines à bosse du lagon de Mayotte présenteraient une faible fidélité au site, les individus observés n'étant pas les mêmes d'une année sur l'autre (Pusineri, 2007).



Figure 1: Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)

2.2.4. Le grand dauphin de l'Indo Pacifique (*Tursiops aduncus*)

Le grand dauphin de l'Indo-Pacifique a une taille moyenne d'environ 2.50m pour un poids de 180 à 230 kg. Relativement massif, le grand dauphin se caractérise par sa nageoire dorsale falciforme. Globalement grisâtre, le corps s'assombrit sur la face dorsale et s'éclaircit sur la face ventrale. Grégaire, il forme des groupes de 15 à 25 individus (Leatherwood & Reeves, 1983). Cette espèce est souvent confondue avec *T. truncatus*, bien que globalement plus petite.

T. aduncus se rencontre dans les eaux côtières tropicales et subtropicales de l'Australie au golfe Persique. À Mayotte, on le trouve principalement à l'intérieur du lagon, où il s'alimente (Kiszka et al., 2011). Sa population est estimée à 70 individus, mais aucune indication de tendance n'est disponible (Pusineri, 2007). Le grand dauphin est observé toute l'année dans le lagon, la population serait donc semi-résidente avec une résidence forte pour certains individus au moins (Pusineri, 2007).

Le grand dauphin a une alimentation relativement opportuniste, et peut même chercher à tirer parti des activités humaines (Leatherwood & Reeves, 1983) notamment en Australie (Wells & Scott, 2002).

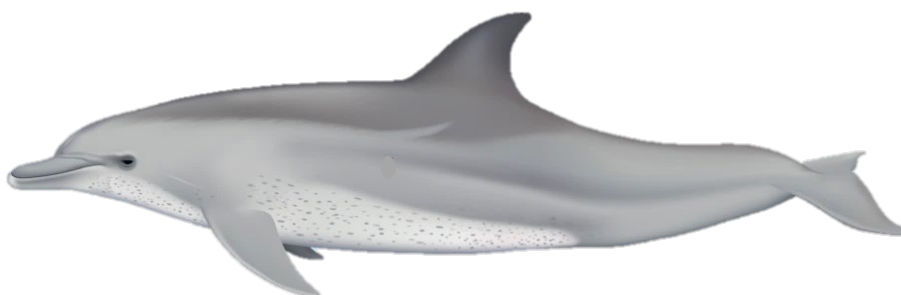


Figure 2: Grand dauphin de l'Indo Pacifique (*Tursiops Aduncus*)

2.2.5. Le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*)

Le dauphin à long bec est probablement le delphinidé le plus commun dans les milieux pélagiques tropicaux (Perrin, 2002). Il a une taille moyenne de 2m pour un poids entre 60 et 80 kg. Comme la plupart des espèces du genre *Stenella*, *S. longirostris* a un corps fuselé.

La caractéristique principale de cette espèce est son rostre, relativement long, et sa dorsale triangulaire. Sa coloration varie, mais la population observée à Mayotte est généralement grisâtre, avec la face dorsale sombre et la face ventrale claire. Il vit en groupe de plusieurs centaines d'individus voire plusieurs milliers. Le dauphin à long bec se retrouve souvent associé au dauphin tacheté, ou avec des thons albacores (*Thunnus albacares*), notamment dans l'Est du Pacifique. Cette espèce se rencontre dans les eaux tropicales et subtropicales (Leatherwood & Reeves, 1983). Très démonstratif, il doit son nom anglo-saxon (*spinner dolphin*) aux sauts vrillés qu'il exécute fréquemment (Perrin, 2002). Plusieurs centaines d'individus seraient ainsi présents dans les eaux de Mayotte, essentiellement à l'extérieur du lagon (Pusineri, 2007 ; Gross et al., 2009). L'espèce semble également s'alimenter en dehors du lagon (Kiszka et al., 2011).

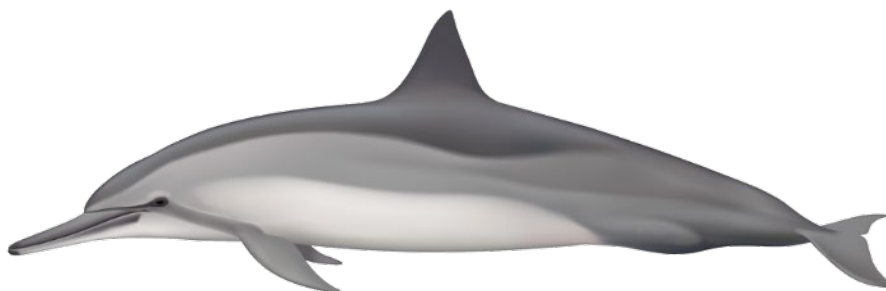


Figure 3: Dauphin à long bec (*Stenella longirostris*)

2.2.6. Le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*)

Un peu plus grand que *S. longirostris*, le dauphin tacheté pantropical mesure environ 2.10 m pour 100 à 120 kg. Doté également d'un corps fuselé, la caractéristique principale est sa coloration. À Mayotte, les animaux sont grisâtres sur les flancs et foncés sur le dos. Le corps est parcouru de taches grises et blanches. Ces dauphins vivent en groupe pouvant atteindre plusieurs centaines d'individus. Les groupes côtiers sont généralement plus petits (Perrin, 2002). On le rencontre dans les eaux océaniques tropicales et subtropicales, souvent associés à des complexes récifaux (Leatherwood & Reeves, 1983). À Mayotte, l'espèce est souvent observée avec le dauphin à long bec à l'extérieur du lagon, sur les abords peu profonds de la pente insulaire (Pusineri, 2007 ; Gross et al., 2009). L'espèce ne semble pas s'alimenter dans le lagon (Kiszka et al., 2011)

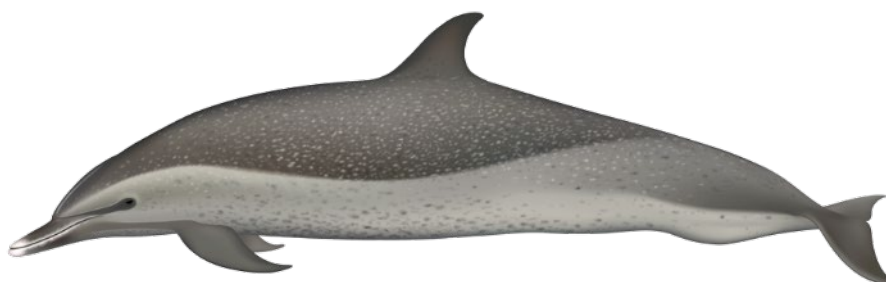


Figure 4: Dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*)

2.2.7. Le dauphin à bosse de l'Indo Pacifique (*Sousa chinensis*)

Mesurant entre 1,80 et 3,20m pour un poids allant jusqu'à 300kg, le dauphin à bosse de l'Indo Pacifique présente un corps robuste, avec une bosse au niveau de la nageoire dorsale. Il vit dans les eaux chaudes et côtières des eaux tropicales et subtropicales des océans Indien et Pacifique. À Mayotte, 3 individus sont présents depuis au moins 2004 dans le lagon (PNMM, 2011). Les observations de l'espèce suggèrent qu'elle se distribue au niveau des récifs frangeants et barrières, et qu'elle soit présente toute l'année. Il semble donc que cette population soit résidente à Mayotte (Pusineri, 2007). Toutefois, le faible nombre d'individus et l'isolement de la population rendent impossible la survie de ce groupe à terme, malgré des cas d'hybridations constatées avec les grands dauphins (PNMM, 2011).

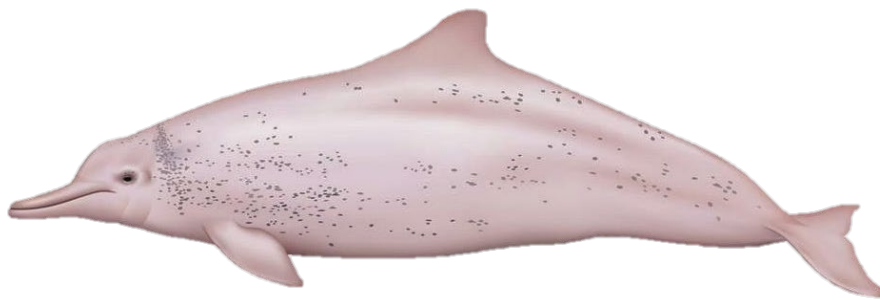


Figure 5: Dauphin à bosse de l'Indo Pacifique (*Sousa chinensis*)

2.2.8. Le péponocéphale (*Peponocephala electra*)

Le péponocéphale mesure environ 2.60m à 2.80m pour un poids moyen de 210kg. Cette espèce ne présente pas de rostre apparent. La coloration est uniformément foncée avec les lèvres blanches. Les pectorales sont longues et fines, la dorsale est haute et falciforme. Grégaire, le péponocéphale vit en groupe de plusieurs centaines voire milliers d'individus.

Il est souvent observé en association avec des dauphins de Fraser (*Lagenodelphis hosei*), ou les stenelles (*S. attenuata* et *S. longirostris*). C'est un nageur rapide et probablement un chasseur diurne (Leatherwood & Reeves, 1983). À Mayotte, il est généralement observé à l'extérieur du lagon (Pusineri, 2007), où il présente une fidélité importante au site : plus de 250 individus ont pu être photo-identifiés entre 2004 et 2006 (Kiszka et al., 2008). Il est fréquemment observé en groupes de 200 à 400 animaux lors de ses incursions irrégulières au niveau de la barrière externe du lagon.



Figure 6: Péponocéphale (*Peponocephala electra*)

2.2.9. Le dugong (*Dugong dugon*)

Le dugong est un sirénien, rencontré dans les eaux tropicales et subtropicales de l'Indo-Pacifique (Perrin, 2002). Il peut mesurer jusqu'à 4m et peser près de 500kg. Le dugong présente une coloration grise, une tête massive et un pédoncule caudal faisant penser à celui d'un cétacé, contrairement à son cousin le lamantin. L'espèce est strictement herbivore, et inféodée au milieu marin. Elle est généralement observée dans des zones d'herbiers marins côtiers peu profondes où les individus passent le plus clair de leur temps à brouter, pour ingurgiter les près de 40kg de nourriture quotidienne qui leur sont nécessaires.

À Mayotte, le dugong est observé tout au long de l'année. Le dugong a pour habitat critique les herbiers (sites de nourrissage) aussi bien de la côte que du récif barrière. Il se nourrit exclusivement d'herbiers de phanérogames marines du genre *Halodule* ou *Halophila* (Kiszka et al., 2011). Chassé et braconné, le dugong fait aujourd'hui face à la destruction de son habitat et à la raréfaction des ressources. Il ne resterait que quelques individus à Mayotte, malgré les mesures de protection mises en place (PNMM, 2011).



Figure 7: Dugong (*Dugong dugon*)

2.3. Les tortues de mer

Les tortues marines sont des espèces migratrices, à sang-froid, dotées de poumons, à longue durée de vie et à maturité sexuelle tardive. Elles présentent un cycle de vie complexe où de nombreux changements vont s'opérer au niveau de leur alimentation, des habitats utilisés et de leur comportement. Ainsi, les individus juvéniles se développent dans des zones éloignées des côtes, les individus subadultes utilisent des habitats côtiers et les adultes effectuent des migrations entre les zones d'alimentation et les zones de reproduction et interponde (Musick, 1997), n'hésitant pas à traverser les océans. Il existe à l'heure actuelle sept espèces de tortues marines réparties en deux groupes : les Cheloniidés comptant 6 espèces et les Dermochelyidés comptant une seule espèce.

2.3.1. Cadres réglementaires

Les tortues marines sont également protégées par plusieurs réglementations et conventions.

L'ensemble de ces réglementations trouve leur application dans le droit français à travers les trois textes suivants :

- ▶ L'Arrêté ministériel du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection, assure la protection des tortues marines au niveau national.
- ▶ Le code de l'environnement (Articles L.411- 1 à L.411-2) définissant la protection des espèces non domestiques.
- ▶ Le Plan National d'Actions Tortues Marines sud-ouest de l'océan Indien (2015-2020) [qui remplace le Plan National d'Actions 2013 Tortues Marines](#).

La France a également ratifié plusieurs textes internationaux :

- ▶ Convention de Washington (1973) sur le commerce international des espèces de faunes et de flores sauvages menacées d'extinction (CITES) : Annexe I
- ▶ Convention de Berne (1979) relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe : Annexe II
- ▶ Convention de Bonn (1979) sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS) : Annexes I & II
- ▶ Convention RAMSAR sur la conservation des zones humides (1971) pour la protection des zones humides d'intérêt mondial qui présentent des caractéristiques écologiques exceptionnelles
- ▶ Convention de Rio (1992) sur la diversité biologique
- ▶ Convention de Nairobi (1985) relative à la protection, à la gestion et la mise en valeur des milieux marins et côtiers de la région de l'Afrique orientale et son protocole relatif aux aires protégées ainsi qu'à la faune et la flore sauvage
- ▶ Mémoire d'accord sur la conservation et la gestion des tortues marines et de leurs habitats de l'océan Indien et de l'Asie du Sud-Est (2001) pour la protection et la conservation des tortues marines dans l'ensemble de l'océan Indien
- ▶ Résolution 12/04 concernant les tortues marines dans le Recueil des Mesures de conservation et de gestion actives de la Commission des Thons de l'océan Indien définissant les bonnes pratiques à adopter pour atténuer l'impact de la pêche hauturière sur les tortues marines

Enfin, il existe un arrêté préfectoral territorial :

- ▶ Arrêté préfectoral du 3 décembre 2018 fixant la liste des tortues marines intégralement protégées et les mesures de protection de ces espèces animales représentées dans la collectivité départementale de Mayotte et complétant la liste nationale [qui remplace et abroge les trois arrêtés préfectoraux visant spécifiquement la protection des tortues marines au sein du Parc de Saziley \(n°518/SG du 08 avril 1991\), sur le site de N'Gouja \(n°40/DAF du 11 juin 2001\) et sur la plage de Papani \(n°42/DAF du 05 août 2005\).](#)

2.3.2. Contexte

Cinq espèces sont répertoriées : la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*), la tortue verte (*Chelonia mydas*), la tortue caouanne (*Caretta caretta*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue luth (*Dermochelys coriacea*). La tortue verte est l'espèce la plus abondante, suivie, dans une moindre mesure de la tortue imbriquée, Mayotte représentant à la fois un site important de reproduction et d'alimentation (PNMM, 2011). La plupart des plages de Mayotte sont des plages de ponte pour les tortues marines, tout au long de l'année. De rares observations rapportent la présence de la tortue caouanne sur les récifs barrières et internes du lagon, de la tortue luth aux abords des passes et dans les eaux extérieures au lagon et de la tortue olivâtre dans les eaux plus océaniques (PNMM, 2011).

Les espèces principales considérées pour la présente étude sont donc la tortue verte et la tortue imbriquée en raison de leur plus forte probabilité de présence.

Tableau 2 : Liste des tortues de mer observées à Mayotte

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut UICN mondial
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortue imbriquée	CR
<i>Chelonia mydas</i>	Tortue verte	EN
<i>Caretta caretta</i>	Tortue caouanne	EN
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Tortue olivâtre	VU
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortue luth	CR

2.3.3. Tortue verte (*Chelonia mydas*)

La tortue verte (Cheloniidés) est rencontrée dans les océans tropicaux et subtropicaux. Ce sont des migratrices qui vivent en larges groupes souvent issus de la même plage natale vers laquelle elles retourneront presque toujours pour la ponte. Elle mesure 80 à 120 cm pour 130 à 300 kg. La dossière est verte, noire, grise, marron et jaune et le plastron blanc jaunâtre (MNHN & OFB, 2022).

À Mayotte, la tortue verte est présente toute l'année, l'île constituant une aire d'alimentation et de reproduction importante pour l'espèce. La saison de ponte s'étale sur toute l'année avec un pic de fréquentation d'avril à août. Entre 1998 et 2005, l'état de la population reproductrice de tortues vertes était qualifié de stable et sa taille estimée à plus de 2000 femelles par an, principalement sur les plages de Saziley et de Petite-Terre (Bourjea et al., 2007 ; PNA 2015-2020). L'ensemble des herbiers sont exploités toute l'année par des populations de tortues vertes en phase d'alimentation et de développement (Ciccione & Rolland, 2005 ; Ballorain, 2010).



Figure 8: Tortue verte (*Chelonia mydas*)

2.3.4. Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*)

La tortue imbriquée (Cheloniidés) est rencontrée dans les zones tropicales des océans Atlantique et Pacifique. C'est une espèce migratrice qui vit en eau peu profonde au niveau de fonds durs comme les récifs. Seuls les juvéniles étendent leur milieu de vie aux régions subtropicales. La tortue imbriquée mesure 65 à 90 cm pour 45 à 130 kg. La dossière est foncée à marron doré avec des traces d'orange, rouge et noir et un plastron jaune pâle (MNHN & OFB, 2022).

La tortue imbriquée est la seconde espèce la plus présente à Mayotte. Elle se reproduit et de fin août à avril sur les plages mahoraises. Les récifs coralliens (barrières, internes, et frangeants) constituent l'habitat d'alimentation préférentiel pour l'espèce, qui se nourrit essentiellement d'algues, d'éponges et de coraux mous (PNMM, 2011).



Figure 9: Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*)

2.4. Focus sur la zone du projet

2.4.1. Les mammifères marins

Peu de données standardisées existent ou sont accessibles sur ce secteur. Il en est de même pour les données opportunistes pouvant être collectées. L'essentiel des informations provient des campagnes REMMOA de l'Observatoire PELAGIS (La Rochelle Université) menées en 2009 et des campagnes OMM menées entre 2004 et 2007, puis 2007 et 2010 par l'ONCFS de Mayotte. Les données existantes concernent surtout les façades est et sud de Mayotte, le nord est l'ouest étant moins prospecté. Des observations ont néanmoins été répertoriées autour de l'îlot Mtsamboro, notamment des grands dauphins de l'Indo Pacifique, des baleines à bosse et des sténelles (dauphins tachetés et à long bec) (Figure 10).

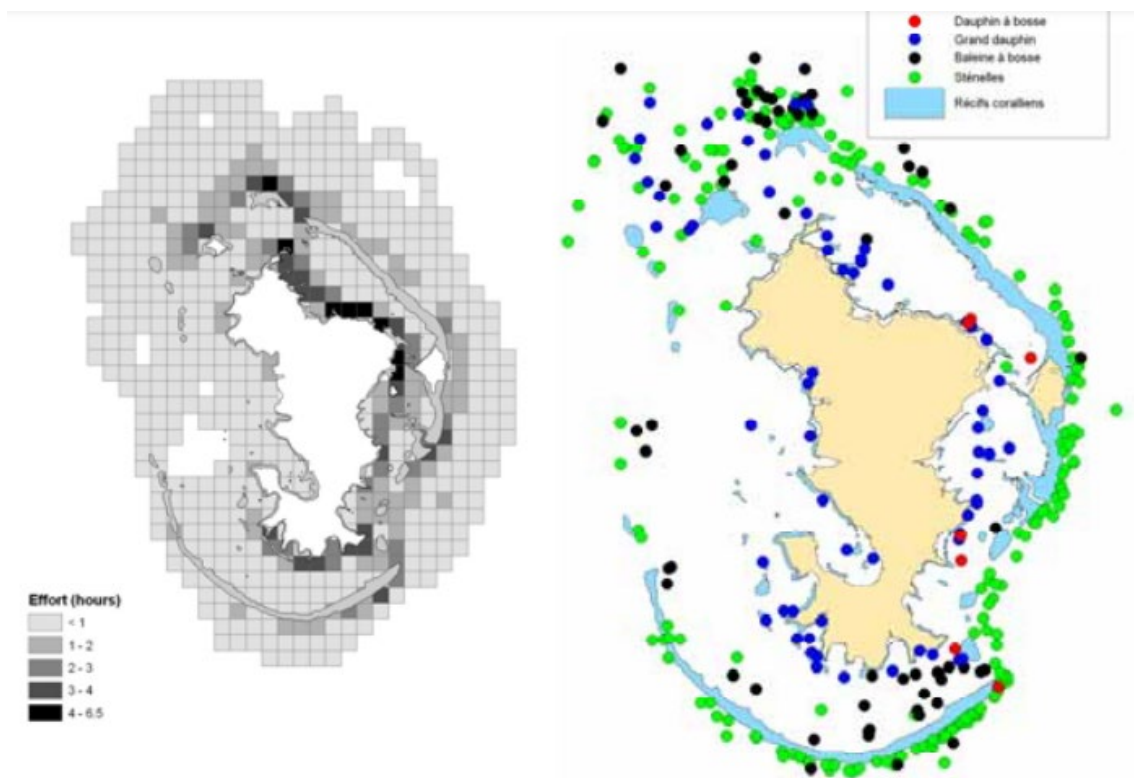


Figure 10 : Localisation des observations de mammifères marins lors des campagnes OMM 2004-2006 et effort d'observation associé (Pusineri, 2007 ; Kiszka et al., 2007). En rouge, les dauphins à bosse, en bleu les grands dauphins de l'Indo Pacifique, en noir les baleines à bosse et en vert les sténelles (dauphins tachetés et dauphins à long bec).

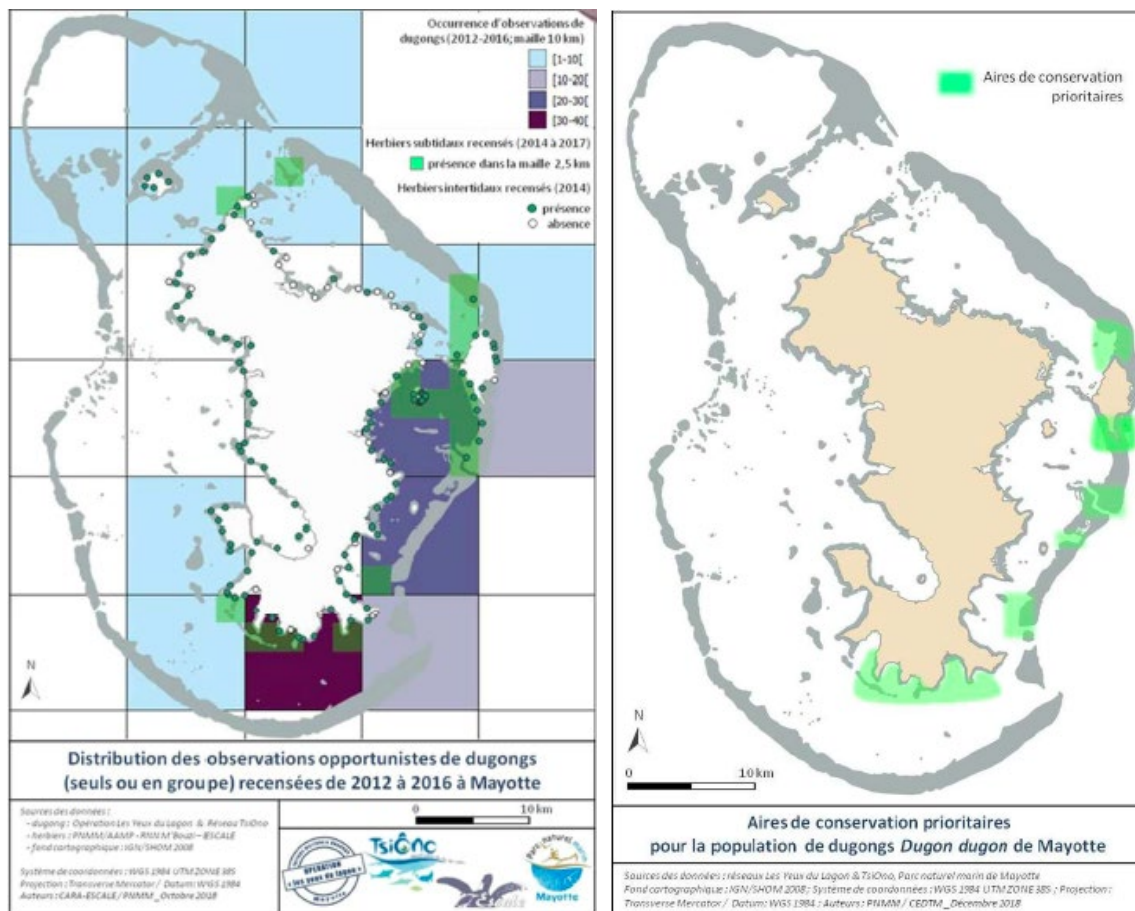


Figure 11 : Distribution des observations opportunistes de dugongs recensée de 2012 à 2016 à Mayotte (gauche) et Délimitation des aires de conservation prioritaires pour la population de Dugong de Mayotte (droite) (PNA 2021–2025)

2.4.2. Les tortues marines

À l'échelle de l'îlot Mtsamboro, les plages au nord-ouest et au nord-est sont très fréquentées par les deux espèces (PNMM 2022 - Figure 12). La plage des Pêcheurs était moyennement fréquentée entre 2003 et 2008 (PNA 2015-2020), mais n'a pas fait l'objet de ponte entre 2019 et 2021. Le braconnage et l'augmentation de la fréquentation du site pourraient être en cause. La zone d'étude du présent projet, située au sud-est de l'îlot, n'est pas un site de ponte majeur. De 2003 à 2008, seule une trace y a été observée en 2008 (PNA 2015-2020), et aucune entre 2019 et 2021.

Carte de la répartition des traces de tortues marines en
 fréquentation relative sur l'ensemble des plages de Mayotte

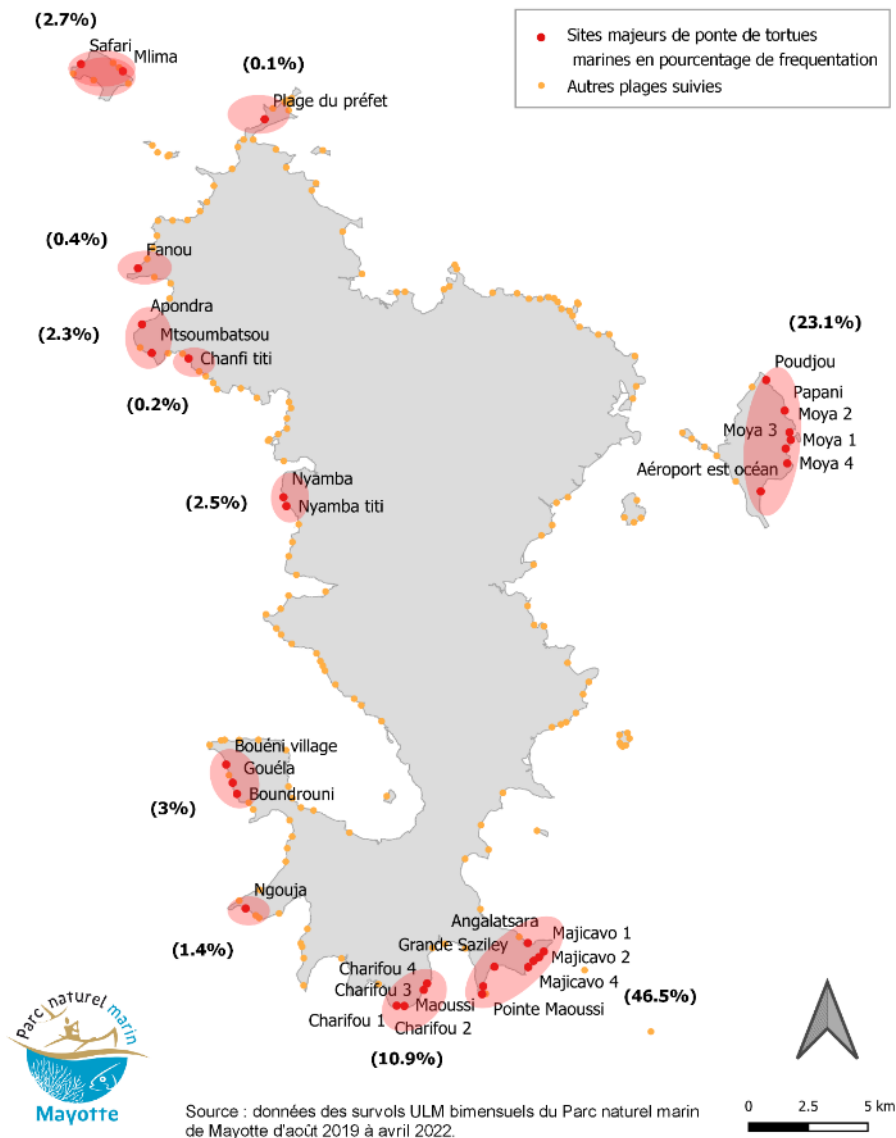


Figure 12 : Sites de ponte prioritaires pour les deux espèces de tortues marines (PNMM, 2022)

2.5. Définition des enjeux et sensibilités

2.5.1. Enjeux

Un enjeu environnemental est « la valeur prise par une fonction ou un usage, un territoire ou un milieu au regard de préoccupations écologiques, patrimoniales, paysagères, sociologiques, de qualité de la vie et de santé [...], dont il faut éviter la dégradation et la disparition. C'est également se fixer des cibles, des objectifs à atteindre pour la protection des populations, des écosystèmes et des zones à risque... » ([Guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens - Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer, 2017](#)). Un enjeu est caractérisé par sa valeur intrinsèque. Ainsi, un enjeu est totalement indépendant du projet.

Définir le niveau d'enjeu pour chacune des espèces est essentiel pour évaluer les impacts potentiels du projet de la façon la plus juste possible et envisager des mesures de mitigation qui soient cohérentes et adaptées. En effet, une menace forte sur une espèce à faible enjeu est une chose tout à fait différente d'une menace faible sur une espèce à fort enjeu.

La définition des enjeux pour les mammifères marins et les tortues de mer s'inspire de la méthodologie développée par l'OFB et appliquée notamment dans le cadre des synthèses de connaissances pour les futurs projets de parcs éoliens¹. La méthode de base a pour objectif de spatialiser les enjeux à l'échelle d'une vaste zone d'étude pour définir les zones de fort intérêt écologique et celles plus propices à accueillir des projets d'énergies marines.

Étant donné l'objectif différent du présent projet et la quantité/qualité des données disponibles, il n'est ni possible ni pertinent de chercher à spatialiser les enjeux dans notre aire d'étude. La philosophie de la méthode sera toutefois conservée afin d'évaluer les enjeux selon les mêmes critères et tendre ainsi vers une standardisation des pratiques.

La méthode consiste ainsi à combiner plusieurs informations :

- ▶ **La probabilité de présence des espèces considérées à l'échelle de l'aire d'étude**
- ▶ **La vulnérabilité de l'espèce**
- ▶ **La représentativité de l'espèce au sein de l'aire d'étude**

La **représentativité** est généralement la part relative de la population dans la zone d'étude par rapport à la répartition totale de la population à l'échelle de la façade ou à l'échelle nationale. En l'absence de ce niveau d'information dans la zone d'étude concernée, une approche alternative a été utilisée ici, basée sur le degré de résidence des espèces (depuis une résidence stricte jusqu'à une simple zone de passage) et le rôle fonctionnel de la zone d'étude pour l'espèce (zone d'alimentation/reproduction à simple zone de passage).

La **vulnérabilité** est la probabilité d'extinction ou d'effondrement d'une espèce, en se fondant sur son statut UICN le plus défavorable et/ou sur l'état connu de la population si elle est exploitée et/ou suivie.

La **vulnérabilité** et la **représentativité** sont moyennées pour calculer la **responsabilité**, c'est-à-dire l'importance de la zone d'étude pour l'espèce considérée au regard des paramètres pris en compte. La responsabilité est ensuite multipliée par la probabilité de présence de la zone pour évaluer l'enjeu.

Responsabilité

La responsabilité est calculée à partir de l'indice de vulnérabilité (statut IUCN le plus conservateur et tendance d'évolution en France ou état écologique issu de la DCSMM) et l'indice de représentativité (à partir des informations sur le degré de résidence des espèces concernées).

La moyenne de ces deux indices donne un résultat entre 1 et 3 (du plus faible au plus fort).

¹<https://eolbretsud.debatpublic.fr/wp-content/uploads/DMO-projet-eoliennes-flottantes-sud-bretagne.pdf>
<https://eolmernormandie.debatpublic.fr/images/documents/dmo/DMO-complet.pdf>
<https://eos.debatpublic.fr/wp-content/uploads/EOS-DMO-Etude-bibliographique-Environnement-Maritime.pdf>

Probabilité de densité de présence

La probabilité de densité de présence est estimée à partir de la synthèse bibliographique préalablement effectuée. Une note de 1 à 3 a été attribuée à chaque espèce/groupes d'espèces. Une espèce pour laquelle la zone correspond à un préférentiel écologique, présente de façon permanente et signalée chaque année dans la zone, obtient une note de 3.

Une espèce dont la zone correspond à un préférentiel écologique, mais présente de façon saisonnière et/ou non signalée chaque année obtient la note de 2. Une espèce pour laquelle la zone est hors habitat préférentiel, présente de façon occasionnelle et non signalée chaque année, obtient la note de 1.

Enjeux

L'enjeu est ensuite calculé en multipliant la responsabilité et la probabilité de présence. On obtient ainsi une note sur 9. L'enjeu peut ensuite être qualifié de faible, moyen ou fort à partir de la matrice suivante.

Tableau 3 : Matrice de qualification des enjeux

Note enjeu	Qualification Enjeu
1 - 3	Faible
4 - 6	Moyen
7 - 9	Fort

Tableau 4 : Définition des enjeux pour les principales espèces

Espèce	Responsabilité	Probabilité présence	Note enjeu	Qualification enjeu
Baleine à bosse	1,75	2	3,5	Moyen
Grand dauphin de l'Indo Pacifique	2,8	3	8,4	Fort
Dauphin tacheté pantropical	1,5	2	3	Faible
Dauphin à long bec	1,5	2	3	Faible
Dauphin à bosse de l'Indopacifique	3	3	9	Fort
Péponocéphale	1,5	2	3	Faible
Dugong	2	2	4	Moyen
Tortue verte	2,75	3	8,25	Fort
Tortue imbriquée	2,5	3	7,5	Fort

Le grand dauphin de l'Indo Pacifique, le dauphin à bosse, et les tortues représentent un enjeu fort pour la zone d'étude considérée en raison de leur présence à l'année à l'intérieur du lagon et/ou de leur statut de conservation défavorable.

La baleine à bosse présente un enjeu moyen en raison de leur présence saisonnière. Le dugong présente également un enjeu moyen en raison d'une présence peu probable sur la zone, mais d'un statut de vulnérabilité fort. Le dauphin tacheté, le dauphin à long bec et le péponocéphale représentent des enjeux faibles en raison de leur présence principalement à l'extérieur du lagon, mais également de statut de conservation peu préoccupant.

2.5.2. Sensibilités

La sensibilité est la faculté de réaction face à une modification d'une composante environnementale, à la suite de la réalisation d'un projet. Pour déterminer la sensibilité, plusieurs éléments sont pris en compte comme le contexte local, les caractéristiques du projet et la tolérance du milieu ou des espèces vis-à-vis des pressions. La sensibilité est donc dépendante des caractéristiques du projet.

La sensibilité d'une espèce exprime sa capacité de tolérance et de résilience à une pression. L'approche choisie pour l'évaluer dans le cadre de ce projet est une version adaptée de celle développée par [Garthe & Hüppop \(2004\)](#) et [Bradbury et al. \(2004\)](#) pour les oiseaux dans le contexte des parcs éoliens en mer du Nord, et reprise ensuite pour d'autres applications et d'autres compartiments ([Halpern et al., 2008](#) ; [Stelzenmüller et al., 2010](#) ; [Certain et al., 2015](#)).

Dans le cadre de la présente étude, les principaux risques de pressions identifiés sont :

- ▶ **La perturbation acoustique**
- ▶ **La modification d'habitat et réseaux trophiques**

Des indices descripteurs ont été définis pour évaluer la sensibilité des mammifères marins et des tortues de mer à chacune des pressions identifiées. Une note a alors été attribuée pour chaque descripteur à chaque espèce en se basant sur les retours d'expérience, la bibliographie ou le dire d'expert. Les différentes sensibilités sont ensuite cumulées pour obtenir un indice global de sensibilité. Cet indice devient une valeur qui s'échelonne entre 1 et 6, et vient multiplier la valeur de l'enjeu. Cette méthode vient donner du poids à une espèce sensible, mais n'enlève pas de point à la patrimonialité de l'espèce si celle-ci est peu sensible aux pressions générées par le projet.

Il convient cependant de rappeler que la sensibilité a été évaluée à partir des effets connus et mesurables. Certains effets n'ont pu être pris en compte faute de données et de méthodologies suffisamment robustes pour les évaluer. C'est notamment le cas pour les effets à long terme et les effets cumulés. Il est aujourd'hui avéré qu'un "dérangement" peut avoir des conséquences énergétiques et démographiques : des animaux contraints de quitter une zone écologiquement importante peuvent être dans l'incapacité de s'alimenter de façon satisfaisante et de se reproduire, ce qui à terme peut avoir des effets sur la démographie de leur population. Le cumul des effets avec ceux des activités préexistantes peut également modifier la capacité de tolérance et résilience des populations considérées. Néanmoins, nous ne disposons pas de connaissances suffisantes à ce jour pour évaluer ces effets sur les cétacés de la zone d'étude.

Sensibilité acoustique

L'ouïe est le sens prépondérant chez les mammifères marins, en particulier les cétacés. Ils utilisent le son à tous les stades de leur cycle de vie, pour communiquer, s'orienter, chasser ou se reproduire. Ils sont donc particulièrement sensibles aux perturbations acoustiques ([Tyack, 2008](#)). [Southall et al. \(2019\)](#) proposent une classification des mammifères marins en fonction de leur gamme d'audition : cétacés très haute fréquence (marsouins, cachalots nains et pygmées, dauphin d'eau douce, etc.) ; cétacés haute fréquence (delphinidés, baleines à bec, cachalots...) ; cétacés basse fréquence (grandes baleines) ; siréniens (lamantins, dugong) ; phocidés (phoques) ; autres carnivores (otaries, loutres...).

Les différents groupes de cétacés adoptent des réactions différentes en réponse aux perturbations sonores : les petits cétacés ont tendance à nager très vite loin de la source, tandis que les grands cétacés ont plutôt tendance à regagner la surface, étant incapables de fuir rapidement un secteur bruyant ([Nowacek et al., 2007](#), [Stone & Tasker, 2006](#)).

Afin d'évaluer la sensibilité des mammifères marins et des tortues de mer aux perturbations acoustiques, deux critères sont pris en compte :

- ▶ La sensibilité des espèces dans les fréquences concernées par le bruit généré durant les travaux selon trois catégories : espèces peu sensibles (1), espèces moyennement sensibles (2), espèce très sensible (3)
- ▶ La capacité à quitter la zone lors des travaux selon trois catégories : vitesse de nage élevée (1), vitesse de nage moyenne (2), vitesse de nage faible (3)

Sensibilité à la modification d'habitats

Pour évaluer la sensibilité à la modification d'habitat, deux principaux descripteurs sont à considérer :

- ▶ La plasticité alimentaire de l'espèce/groupe d'espèce, c'est-à-dire la capacité à changer de proies selon trois catégories : espèce opportuniste (1), espèce moyennement spécialisée (2), espèce très spécialisée (3)
- ▶ La capacité à trouver des zones alternatives en cas de modifications rendant l'habitat non favorable aux espèces/groupe d'espèces selon trois catégories : espèce très mobile (1), espèce moyennement mobile (2), espèce peu mobile/résidente (3)

La sensibilité à la perturbation acoustique et à la modification d'habitat sont alors sommées pour obtenir un indice de sensibilité, multiplié ensuite par la note d'enjeux préalablement obtenue. Le tout est ramené à une note sur 10. La sensibilité est alors qualifiée grâce à la matrice suivante :

Tableau 5 : Matrice de qualification des sensibilités

Note sensibilité	Qualification sensibilité
1 – 3,3	Faible
3,3 – 6,6	Moyen
> 6,6	Fort

Tableau 6 : Définition des sensibilités pour les principales espèces

Espèce	Perturbation acoustique	Modification habitat	Indice sensibilité globale	Enjeux	Note sensibilité (sur 10)	Qualification sensibilité
Baleine à bosse	3	1,5	4,5	3,5	3	Faible
Grand dauphin de l'Indo Pacifique	1,25	2	3,25	8,4	5,1	Moyenne
Dauphin tacheté pantropical	1	1,5	2,5	3	1,4	Faible
Dauphin à long bec	1	1,5	2,5	3	1,4	Faible
Dauphin à bosse de l'Indopacifique	2,25	3	5,25	9	8,75	Forte
Péponocéphale	1	1,5	2,5	3	1,4	Faible
Dugong	2,5	3	5,5	4	4,1	Moyenne
Tortue verte	1,5	2,5	4	8,25	6,1	Moyenne
Tortue imbriquée	1,5	2,5	4	7,5	5,6	Moyenne

Le dauphin à bosse présente une sensibilité forte du fait de sa sensibilité importante aux perturbations acoustiques et à la modification d'habitat et à son statut de vulnérabilité.

Le grand dauphin et le dugong présentent une sensibilité globale moyenne, malgré une sensibilité forte aux perturbations acoustiques ou un statut de vulnérabilité important (l'un est un cétacé haute fréquence, l'autre a une faible capacité à fuir une zone bruyante) et à la modification d'habitat (tous deux sont des espèces résidentes, de surcroît très spécialisées pour le dugong). Les tortues présentent également une sensibilité moyenne, en raison de leur note d'enjeu et de leur faible résilience à la modification d'habitat (espèces très spécialisées également).

La baleine à bosse, le dauphin tacheté, le dauphin à long bec et le péponocéphale présentent tous les quatre une sensibilité faible du fait de leur faible probabilité de présence dans la zone (sauf pour la baleine qui est saisonnière et moins sensible à la modification d'habitat).

2.6. Bilan

Mayotte présente une diversité d'espèces marines importante avec plus de 20 espèces de mammifères marins régulièrement observées et 5 espèces de tortues. Plusieurs espèces sont résidentes, à l'instar du grand dauphin de l'Indo Pacifique, du dugong et des tortues vertes et imbriquées, et rencontrées toute l'année dans le lagon. D'autres sont semi-résidentes, présentes de façon saisonnière et/ou ne présentant pas de réelle fidélité au site, comme la communauté de delphinidés océaniques (dauphin tacheté, dauphin à long bec, péponocéphale) ou la baleine à bosse. De nombreuses autres espèces peuvent être rencontrées de façon plus ponctuelle comme le cachalot, le dauphin de Fraser, le globicéphale tropical ou encore le grand dauphin.

L'évaluation des enjeux révèle des enjeux forts pour le grand dauphin de l'Indopacifique, le dauphin à bosse, et les tortues en raison de leur caractère résident et de statuts de conservation défavorables. La baleine à bosse présente un enjeu moyen : même si l'espèce n'est présente que saisonnièrement, la zone joue toutefois un rôle important dans le cycle de vie de l'espèce (reproduction/mise bas). Le dugong présente également un enjeu moyen en raison de son statut de vulnérabilité mais il possède une probabilité plutôt faible de présence. Enfin les enjeux concernant les dauphins tachetés et à long bec et le péponocéphale sont faibles en raison du caractère océanique/pélagique de ces espèces.

L'évaluation des sensibilités s'est principalement basée sur la capacité de résilience/tolérance à la perturbation acoustique et à la modification d'habitat. **Le dauphin à bosse présente une sensibilité forte. Toutes les autres espèces présentent des sensibilités moyennes ou faibles.**

3. Modélisation de propagation sonore

L'objectif des modélisations de propagation est d'établir des cartes de bruit sous-marin qui traduisent les niveaux de bruit prévisionnels ainsi que leurs variations sur la zone d'étude durant la phase de travaux, mais aussi **sur les espèces en présence en fonction de leur sensibilité auditive**. Pour la phase de travaux, le planning des opérations, les méthodes et matériels mis en œuvre ont été identifiés afin d'établir **le scénario acoustique représentatif le plus impactant** à modéliser.

3.1. Choix des indicateurs et conformité avec les normes acoustiques

Pour évaluer le niveau de bruit ambiant, un certain nombre d'indicateurs ont été calculés. Les indicateurs acoustiques retenus, présentés dans le Tableau 7 sont conformes aux recommandations du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire² (MTES) et à la norme ISO-18405 2017 *Acoustique sous-marine - Terminologie*.

Tableau 7. Indicateurs acoustiques retenus pour l'étude

Indicateur		Notation ISO	Notation courante	Unité	Utilisation
Bruit émis	Niveau d'émission	L_s	SL	dB re 1 μ Pa @ 1 m	Établit le niveau d'émission d'une source sonore
	Densité spectrale de puissance	-	DSP (ou PSD)	dB re 1 μ Pa ² /Hz	Établit le spectre acoustique d'une source de bruit (distribution du niveau de bruit en fonction de la fréquence)
Bruit reçu	Niveau de pression sonore (niveau peak)	$L_{p, pk}$ ou $L_{p, 0-pk}$	SPL peak	dB re 1 μ Pa @ X m	Quantifie le niveau de pression reçu par un récepteur à une distance donnée de la source émettrice (différence de pression maximale ou minimale par rapport à la pression de référence)
	Densité spectrale de puissance	-	DSP (ou PSD)	dB re 1 μ Pa/ \sqrt Hz @ X m	Quantifie le niveau de pression reçu par un récepteur à une distance donnée de la source émettrice par bande de fréquence et sur une période donnée.
	Densité spectrale de puissance	-	DSP (ou PSD)	dB re 1 μ Pa ² /Hz	Établit le spectre acoustique du bruit reçu par un hydrophone (distribution du niveau de bruit en fonction de la fréquence) sans prendre en compte la distance entre l'émetteur et le récepteur
	Niveau équivalent continu	$L_{eq, T}$	Leq	dB re 1 μ Pa	Quantifie le niveau large bande moyenné sur toute la période d'enregistrement
	Niveau d'exposition sonore	$L_{E, p}$	SEL _{ss}	dB re 1 μ Pa ² .s	Évalue la quantité d'énergie reçue lors d'une impulsion sonore en intégrant également sa durée
	Niveau d'exposition sonore cumulée	$L_{E, p}$	SEL _{cum}	dB re 1 μ Pa ² .s	Évalue la quantité d'énergie cumulée reçue lors de plusieurs impulsions en intégrant également leur durée

² MTES, 2020. Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine, 209 p.

3.2. Méthodologie

Un logiciel de propagation des ondes sonores a été utilisé pour modéliser le bruit ambiant sur la zone d'étude sur base des données disponibles. **Le modèle réalisé répond aux critères définis par le Laboratoire CMST** (Centre for Marine Science and Technology) de l'Université de Curtin (Perth, Australie) et décrit par [Jensen et al., 2011](#). Les algorithmes de modélisation utilisés sont définis en fonction des caractéristiques géoacoustiques du milieu et des caractéristiques acoustiques des sources sonores (algorithmes adaptés notamment à la hauteur d'eau et à la nature du fond) :

- ▶ Théorie des rayons sonores classique basée sur les algorithmes du modèle de propagation KRAKEN, utilisés pour les environnements marins par petit fond et/ou pour les basses fréquences des spectres acoustiques à modéliser
- ▶ Méthode par approximation parabolique basée sur les algorithmes RAM/RAMS, utilisés dans le cadre d'un environnement marin à petit fond
- ▶ Méthode de tracé des rayons sonores basée sur les algorithmes BELLHOP utilisés pour modéliser la propagation acoustique de sources sonores en milieu océanique par grand fond

3.3. Définition du scénario de propagation sonore

Pour définir le scénario de propagation des ondes sonores le plus représentatif, des données d'entrée fiables et robustes sont indispensables. Ces données d'entrée sont :

- ▶ La bathymétrie de la zone d'étude
- ▶ La nature du fond
- ▶ Les conditions météo-océaniques moyennes
- ▶ Les données du projet (planning, type de marteau, de pieux)
- ▶ Les pertes acoustiques associées à la zone d'étude
- ▶ L'audiogramme des espèces marines potentiellement présentes

Certaines de ces données ont été collectées par CREOCEAN, d'autres ont été fournies par le client.

Les données d'entrée du scénario modélisé sont synthétisées dans le Tableau 10 et explicitées ci-dessous :

3.3.1. Bathymétrie

La bathymétrie joue un rôle important dans la modélisation, car la profondeur de l'eau et la topographie du fond marin agissent sur la propagation des ondes sonores. Par exemple, les zones plutôt plates ou en pente douce comme les plateaux sous-marins peuvent favoriser la propagation à longue distance, alors qu'au contraire, les morphologies sous-marines plus complexes ou les tombants peuvent entraîner des réflexions ou absorptions. De la même manière, les profondeurs plus importantes favorisent largement la propagation des ondes sonores, alors qu'en eau peu profonde, les ondes sont réfléchies entre la surface et le fond.

La bathymétrie se comporte également comme un filtre passe-haut, ce qui signifie que les fréquences inférieures à une "fréquence de coupure (fc)" subissent de fortes pertes. Cette fréquence de coupure (fc) est définie par la formule suivante ([Jensen et al., 2011](#)) :

$$f_c \text{ (Hz)} = c_w / (4h\sqrt{1-(c_w/c_b)^2})$$

Avec

h : profondeur de l'eau (m)

c_w : célérité du son dans l'eau (m.s⁻¹)

c_b : célérité du son dans le substrat (m.s⁻¹)

La fréquence de coupure fc (Hz) a été calculé de manière dynamique en fonction de la profondeur de propagation.

Avant de réaliser une modélisation de propagation des ondes sonores, il est important de choisir l'étendue spatiale et la résolution du modèle, pour cela des données bathymétriques doivent être disponibles avec une résolution suffisante.

Plusieurs jeux de données ont été comparés afin de sélectionner la bathymétrie présentant la meilleure résolution (GEBCO, SHOM, ...). **Ce sont les données CARMAY (Mouquet & Bajjouk, 2018) qui ont été retenues dans le cadre de cette étude (Figure 13).**

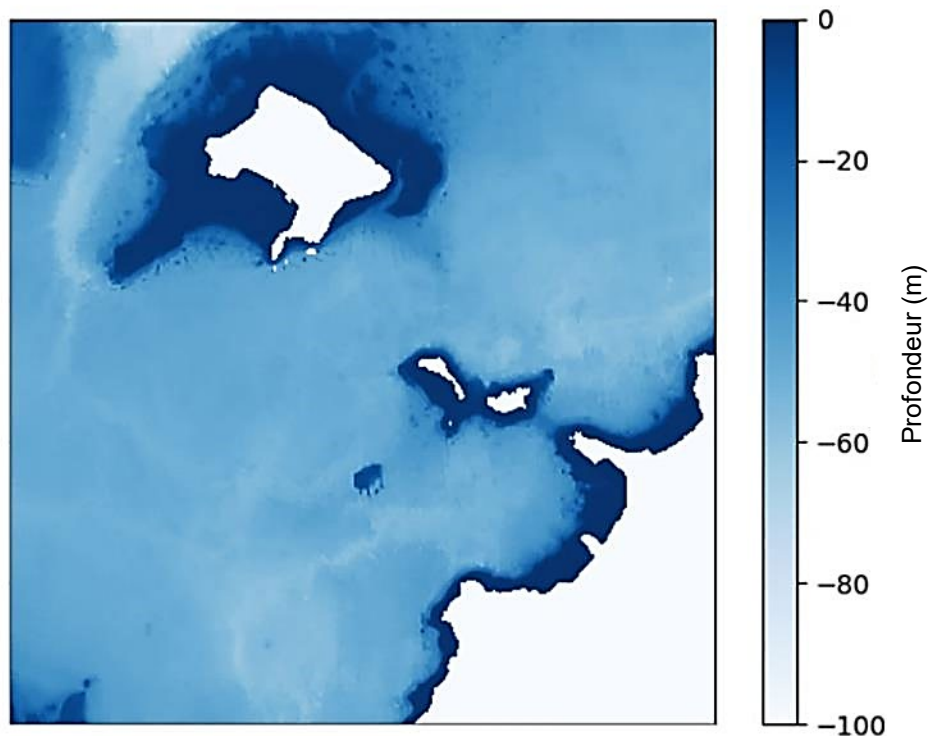


Figure 13 : Données bathymétriques CARMAY sur la zone d'étude (Mouquet & Bajjouk, 2018)

3.3.2. Nature des fonds

Les couches du fond marin et plus particulièrement les caractéristiques des sédiments jouent également un rôle important dans la modélisation des ondes sonores. Comme les caractéristiques des sédiments influencent les réflexions, l'absorption et la transmission à travers le fond marin, les données à prendre en compte sont la densité des sédiments, la vitesse du son et l'atténuation acoustique pour modéliser les effets des pertes de propagation du fond.

De nombreuses approches théoriques nécessitent l'entrée de plus de 10 paramètres géophysiques qui sont difficiles à obtenir (même dans des conditions de laboratoire Etter, 2013). Un modèle empirique, développé par Hamilton et basé sur des mesures, est largement utilisé à des fins pratiques (Hamilton, 1972, 1976, 1980, 1987 ; Hamilton et Bachman, 1982).

Dans le cadre de cette étude, aucune donnée géotechnique n'a été fournie, un profil générique simple a donc été utilisé pour alimenter le modèle de propagation. **Les données des cartes géologiques de Mayotte et du document RP-61803-FR NOTICE MAYOTTE (Nelig et al., 2013) ont été consultées. Les cartes sédimentaires présentes sur data.SHOM montrent que la zone d'étude possède un sol de type sableux vers le large.** Ainsi, la nature du fond a été considérée comme une seule couche sédimentaire de ce type. Cette couche est considérée homogène dans la zone et sans évolution en fonction de la profondeur vers les zones favorisant la propagation des ondes sonores.

Les paramètres caractérisant la propagation acoustique au travers de cette couche sableuse sont issus d'une moyenne entre différentes données bibliographiques et sont présentés dans le Tableau 8 ci-dessous :

Tableau 8. Données d'entrée de la nature du fond

Vitesse des ondes de compression (ondes P) dans le sol [m/s]	1798
Densité du sol [g/cm³]	2.008
Atténuation des ondes de compression dans le sol [dB/ λ]	1.3

3.3.3. Bathycélérimétrie

La vitesse du son et son atténuation sont les deux principaux mécanismes qui affectent la propagation des ondes sonores dans la colonne d'eau. Les conditions océanographiques locales exercent une influence sur la température et la salinité et ces variations peuvent être mesurées dans la colonne d'eau pour établir un profil vertical de la vitesse du son.

L'impact de ces deux mécanismes est également renforcé par la position de la source sonore et des organismes récepteurs dans la colonne d'eau étant donné que, lorsque les ondes acoustiques se propagent sous l'eau rencontrent des changements dans la vitesse du son, ces ondes peuvent être réfractées ou « pliées », ce qui peut entraîner un gain ou une atténuation de niveau. Cependant la plupart des évaluations d'impact du bruit dans l'environnement sont réalisées en eaux peu profondes et à courte distance, où l'influence de la vitesse du son est faible puisque les variations de la profondeur de l'eau sont réduites.

Aucune donnée de sonde CTD n'a été fournie pour établir un profil bathycélérimétrique, **le profil utilisé pour le scénario modélisé est extrait de la littérature (Colborn, 1976)**. Ce profil correspond à un profil générique établi sur une large zone comprise entre Madagascar et la côte africaine (Figure 14), pour les mois de décembre à février (planning prévisionnel des travaux). Le profil bathycélérimétrique a été ensuite ajusté aux données des stations DCE accessibles sur [Surval IFREMER](#) (surface et fond).

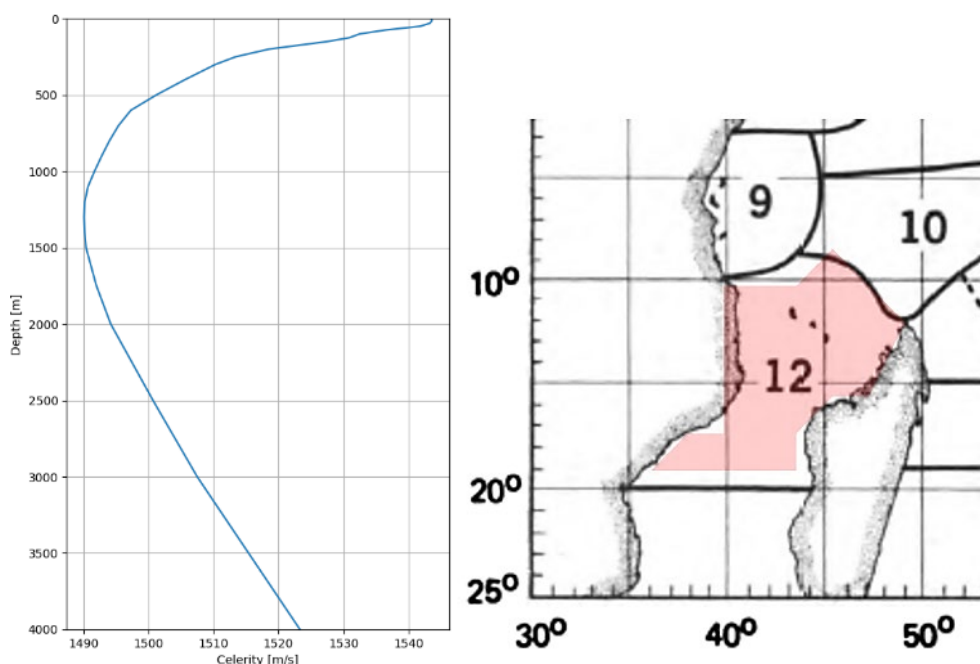


Figure 14 : Profil bathycélérimétrique – Zone 12 (Colborn, 1976)

3.3.4. Conditions environnementales

Lorsque les ondes sonores se propagent dans des eaux peu profondes, elles interagissent non seulement avec le fond marin, mais aussi avec la surface de la mer. Une surface de mer parfaitement calme favorise la réflexion des ondes sonores (l'énergie est facilement transmise) alors qu'au contraire une surface rugueuse (en fonction des conditions météorologiques locales) peut disperser les réflexions et conduire à des atténuations. Il est toutefois important de noter que les pertes acoustiques dues à la surface sont moins importantes que les interactions avec le fond marin.

L'état de mer 0 a été considéré pour cette étude puisqu'il favorise les conditions de propagation sonore dans la zone d'étude.

3.3.5. Données du projet et source sonore

L'une des données les plus importantes pour obtenir une modélisation de propagation du bruit la plus précise est la signature de la source sonore (niveau et fréquences). C'est pourquoi il est important d'obtenir les spécifications du projet, par exemple l'équipement utilisé, le type de navire, les spécifications des pieux et des marteaux, car de petites variations peuvent conduire à des résultats sensiblement différents. Trois approches courantes sont généralement utilisées pour établir un spectre sonore de la source :

- ▶ Utilisation de mesures in situ pour rétrocalculer le niveau de la source sonore
- ▶ Utilisation de mesures provenant d'études antérieures
- ▶ Utilisation d'une source de bruit physique ou numérique

Des modèles ont été développés pour plusieurs sources de bruit courantes, notamment le battage de pieux (par exemple, [Reinhall et Dahl, 2011](#) ; [Zampolli et al., 2013](#) ; [Lippert et von Estorff, 2014](#) ; [Fricke et Rolfes, 2015](#)), les canons à air sismiques et le bruit du trafic maritime.

Les spectres acoustiques sources considérés pour cette étude sont extraits de [Ruggerone et al., 2008](#) à travers l'analyse de [Jiménez-Arranz, et al., 2020](#). Ces données sont issues de mesures réalisées à trois distances différentes sur le terrain permettant ainsi de caractériser la propagation du bruit sur le site d'étude. Ces mesures ont été réalisées lors d'un battage de pieux en eau peu profonde en utilisant un marteau à percussion diesel, avec un pieu creux de diamètre similaire à ceux du chantier prévu. Un comparatif entre les conditions considérées pour cette étude et les conditions les plus pénalisantes prévues (données fournies par le client) est présenté dans le Tableau 9 ci-dessous.

Tableau 9. Données de la source sonore et du chantier

	Conditions pour les niveaux de référence [<i>Ruggerone et al., 2008</i>]	Conditions les plus pénalisantes attendues lors des travaux de Mtsamboro
Type de pieu	Pieu métallique creux	Pieu métallique creux
Diamètre du pieu	0.5 m	0.5 m
Poids du marteau	3 tonnes	2.7 tonnes
Hauteur d'eau	4 à 5 m	6 m
Type de fond	Boue molle	Sable
Cadence		90 / min
Durée de battage		7h / jour

Ainsi, les niveaux considérés lors de la modélisation sont :

- ▶ Niveau $L_{p,pk}$ non pondéré de 215 dB (re 1 μPa) @1m
- ▶ Niveau $L_{E,p}$ non pondéré de 182 dB (re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) @1m

La Figure 15 représente le spectre de la source de bruit utilisé pour l'étude de propagation. Ce spectre est issu de la littérature scientifique et normalisé afin d'obtenir les niveaux cités précédemment.

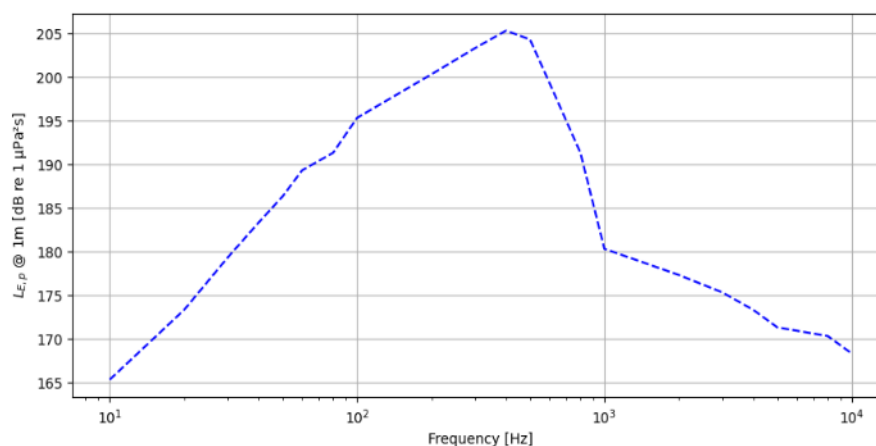


Figure 15 : Spectre acoustique de la source sonore @1m (en dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$)

3.3.6. Algorithmes de propagation du son

De nombreux algorithmes de propagation ont été développés, car aucun modèle de propagation unique n'est applicable à tous les environnements acoustiques et à toutes les gammes de fréquences. Ces modèles sont basés sur des méthodes mathématiques telles que la théorie des rayons, les modes normaux, l'expansion par trajets multiples, l'intégration du nombre d'onde ou l'équation parabolique (Porter, 1992 ; Collins, 1993 ; Porter et Liu, 1994 ; Etter, 2009, 2013 ; Jensen et al., 2011).

L'identification du bon modèle de perte de propagation du son est l'un des paramètres les plus importants qui permet de réduire les incertitudes lors de la modélisation des ondes sonores.

En fonction des fréquences, de la profondeur de l'eau, de la portée et des conditions environnementales, des algorithmes combinés sont couramment utilisés à des fins pratiques, en particulier lorsque la bathymétrie est hétérogène. Cependant, cette stratégie suppose que la portée d'utilisation des algorithmes de propagation choisis et en particulier la fréquence de croisement entre les deux algorithmes soit bien établie au préalable. Cette fréquence doit évoluer en fonction de la bathymétrie et suppose donc des ajustements dynamiques complexes.

Applicability of the most common propagation models according to water depth, acoustic frequency, and range dependence (RI = range independent; RD = range dependent). Black cells indicate modelling approach is applicable and computationally efficient; grey cells indicate limitations in accuracy or computational efficiency; white cells indicate that the modelling approach is neither applicable nor practicable. Adapted from [Etter \(2009\)](#).

Model approach	Example algorithm	Applications							
		Shallow water				Deep water			
		Low frequency		High frequency		Low frequency		High frequency	
		RI	RD	RI	RD	RI	RD	RI	RD
Ray	BELLHOP (Porter and Liu, 1994)								
Normal mode	KRAKEN (Porter, 1992)								
Parabolic equation	RAM (Collins, 1993)								

Figure 16. Applicabilité des algorithmes de propagation (Farcas et al., 2016)

Dans le cadre de cette étude, la hauteur d'eau présente dans la zone de travaux est inférieure à 10 m, le type de source sonore est un battage de pieux entre 10 Hz et 10 kHz présentant un maximum d'énergie entre 400 et 500 Hz et la nature du fond considéré est sableuse.

Le modèle de propagation choisi est le modèle RAM (équation parabolique). Ce modèle est un modèle de propagation en 2D permettant pour un transect donné et à une fréquence précise d'estimer le champ de propagation dans l'ensemble de la colonne d'eau pour différentes distances à la source. Pour chaque champ de propagation, les pertes de propagation sont estimées en considérant la perte minimale observée dans la colonne d'eau à une distance donnée.

Les paramètres utilisés pour le paramétrage de ce modèle sont :

- ▶ Une résolution selon d'axe de la distance : 10 m
- ▶ Une résolution selon l'axe de la profondeur : 1 m
- ▶ Une distance maximale de propagation correspondant à la zone d'étude acoustique

Afin d'établir une carte associée à la propagation du son dans l'ensemble de la zone, les pertes de propagation sont estimées pour différentes fréquences et différents transects en considérant les caractéristiques qui suivent :

- ▶ Une estimation des pertes pour les fréquences comprises entre 0 Hz et 10 kHz avec une résolution fréquentielle linéaire de 100 Hz (fréquence de coupure dynamique)
- ▶ Une décomposition linéairement répartie entre 0 et 360° autour de la source, en 800 transects présentant ainsi une résolution angulaire de 0.45°

3.4. Synthèse des données d'entrée

La synthèse des données d'entrée compilées pour établissement du scénario de propagation le plus représentatif est présentée dans le Tableau 10 ci-dessous :

Tableau 10. Données d'entrée du scénario de propagation et leurs sources

Type de données	Format	Source	Donnée d'entrée	Intérêt
Bathymétrie	Carte	Données CARMAY Mouquet & Bajjouk, 2018	Carte raster bathymétrique	Nécessaire à la modélisation de la propagation des ondes sonores.

Type de données	Format	Source	Donnée d'entrée	Intérêt
Nature du fond	Carte	RP-61803-FR NOTICE MAYOTTE + Carte géologique de Mayotte + data.shom	Tableau 8	Nécessaire pour évaluer les propriétés de réflexion/absorption des ondes sonores
Bathycélérimétrie	Bibliographie	Colborn, 1976	Figure 14	Nécessaire pour le calcul des pertes acoustiques en fonction de la distance à la source
Température	Base de données DCE - Station 006 et 011	Surval Ifremer		
Salinité	Base de données DCE - Station 006 et 011	Surval Ifremer		
Descriptif des ateliers du chantier	Données sur les opérations : types d'engin, cadencements des opérations, diamètres des pieux, positions des ateliers	Client + ETG	Tableau 9	Descriptif des ateliers du chantier
Données sur les pieux	Document PDF et mail	20201207-FAISA V2 + ETG	500mm	Descriptif des ateliers du chantier
Données sur le marteau	Document PDF	Fiche technique EB	2 700 kg 90 coups / min 7h / jour	Descriptif des ateliers du chantier
Spectre sonore du battage	Spectre acoustique	Ruggerone et al., 2008 à travers l'analyse de Jiménez-Arranz, et al. 2020	Figure 15	
Conditions météorologiques et océaniques	Données quantitatives moyennes (vitesse et direction du vent, pluviométrie, niveau d'eau)		État de mer 0	Permet d'intégrer la géophonie au bruit ambiant
Période des travaux	Mail	Client	Décembre 2022	Permet d'intégrer le marnage et les marées
Durée des travaux	Mail	ETG	2 mois	Permet d'intégrer le marnage et les marées
Modèle de perte par propagation	Équation	Farcas et al., 2016	RAM (équation parabolique)	Nécessaire pour le calcul des pertes acoustiques en fonction de la distance à la source
Audiogramme des espèces à enjeux	Courbe niveau/fréquence	Southall et al., 2019 Popper et al., 2014	Figure 19 et 20	Permet de prendre en compte la capacité auditive de chaque espèce afin d'évaluer le niveau de bruit effectivement perçu
Seuils de risque de perte d'audition	Niveaux en dB pondérés	Southall et al., 2019 Popper et al., 2014	Tableau 12 et 13	Permet de définir des périmètres associés aux risques de dommages physiologiques

3.5. Carte de modélisation de propagation sonore

L'objectif de la modélisation a été d'établir à l'échelle de la zone d'étude prédéterminée (emprise acoustique du projet) une carte de bruit ambiant sous-marin représentative de la contribution des sources sonores présentes lors de la phase de construction (battage).

Le scénario le plus représentatif a été déterminé en bout de ponton puisque la bathymétrie favorise la propagation des ondes sonores. Il a donc ainsi été réalisé en fonction des conditions techniques et environnementales, du planning des opérations et de l'état de la mer déterminé précédemment, afin de dimensionner les mesures de mitigations en conséquence. Une carte de propagation non pondérée (propagation physique du son) a ainsi été réalisée (Figure 17).

Afin de faciliter la lecture, la carte de bruit est présentée avec une répartition du bruit par pas de 10 dB. Elle est établie en considérant en tous points le niveau maximum quel que soit le niveau l'immersion dans la colonne d'eau.

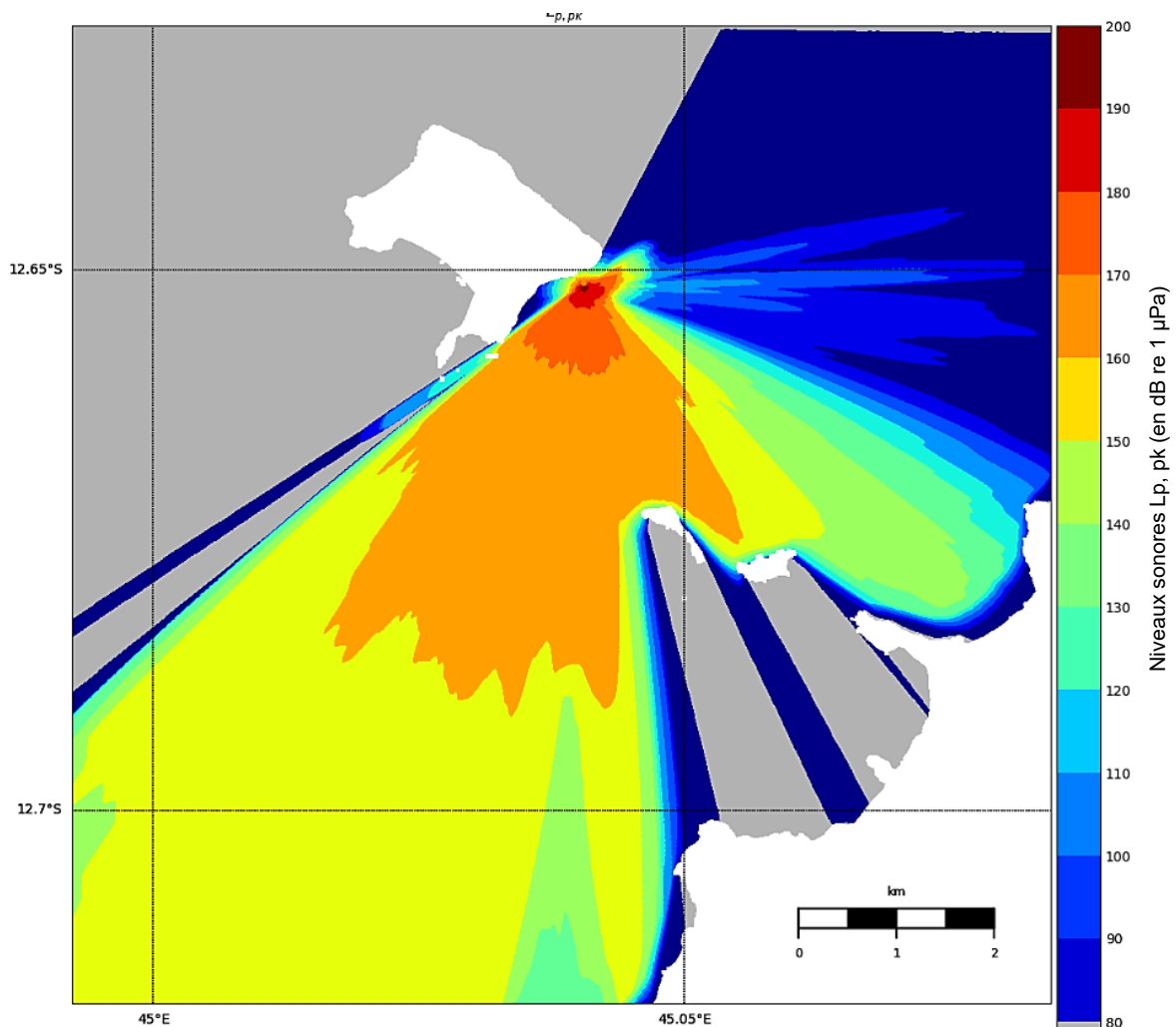


Figure 17 : Carte de modélisation de propagation sonore non pondérée (L_p , peak en dB re 1 μ Pa) pour 1 coup de battage de pieu

4. Évaluation des impacts sonores sur la faune marine

L'étude bibliographique réalisée a permis d'établir une liste principale de mammifères marins et tortues de mer présents ou susceptibles d'être présents à proximité du chantier. **Les mammifères marins et les tortues sont regroupés par groupe d'audition pour lesquels des seuils de tolérance au bruit ont été définis.** Ces seuils sont décrits dans la littérature scientifique par [Southall et al. \(2019\)](#) pour les mammifères marins et [Popper et al. \(2014\)](#) pour les poissons et les tortues de mer. Ils constituent à ce jour la référence en matière d'évaluation de l'impact du bruit sur ces espèces cibles et correspondent aux recommandations du MTES³.

Ces seuils ont donc été utilisés afin de modéliser l'effet attendu du battage de pieux sur chaque groupe d'audition, en fonction de leur capacité auditive. **Pour chaque groupe d'audition, une carte pondérée* a donc été réalisée, représentant les périmètres à l'intérieur desquels les espèces du groupe d'audition considéré sont susceptibles de subir une perte d'audition** temporaire (TTS pour Temporary Threshold Shift) ou permanente (PTS pour Permanent Threshold Shift).

* On appelle carte pondérée, une carte de propagation sonore qui tient compte de la perception et de la sensibilité acoustique d'un groupe d'audition. En effet le niveau reçu par l'animal (Figure 17 - non pondéré) est différent de celui qui sera effectivement perçu (pondéré) par celui-ci (Figure 18).

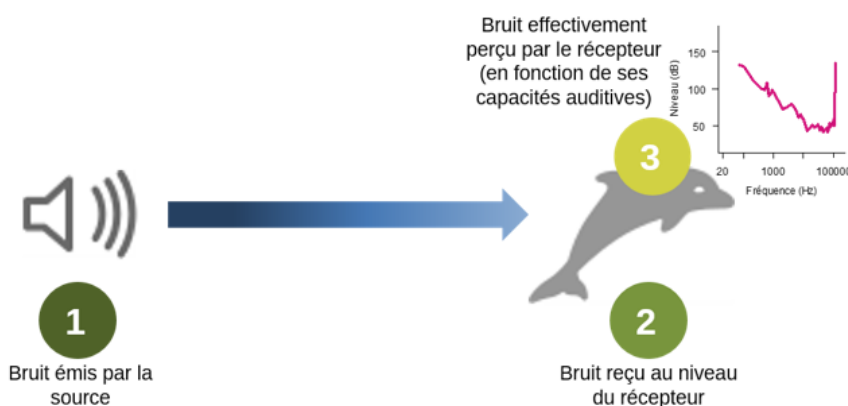


Figure 18. Différence entre les bruits émis, reçu et perçu. (MTES, 2020).

L'étendue de ces périmètres TTS et PTS (risques physiologiques) a donc été calculée et a permis de quantifier l'effet attendu du bruit généré par le battage de pieux. **Le croisement de ces effets avec la sensibilité définie pour chaque espèce a enfin permis d'évaluer l'impact du bruit sur la faune marine.**

Cette méthode d'évaluation se base uniquement sur le risque de dommage physiologique encouru. Elle ne prend pas en compte les éventuelles réactions comportementales (fuite, plongée, arrêt des activités, panique, etc.) qui pourraient être liées aux émissions sonores. Des seuils de bruit susceptibles d'engendrer des réactions comportementales ont déjà été proposés dans la littérature ([NMFS, 1995](#) ; [Nedwell et al., 2007](#) ; [David, 2011](#) par exemple), mais ces seuils sont fortement remis en question aujourd'hui ([Southall et al., 2021](#)). Il est en effet très difficile de relier une réaction comportementale à une cause en particulier et une forte variabilité interindividuelle existe ([Nowacek et al., 2007](#)). À l'inverse, les pertes d'audition consécutives à une exposition au bruit ont fait l'objet de mesures directes sur plusieurs espèces et les seuils disponibles aujourd'hui dans la littérature font consensus au sein de la communauté scientifique.

³ MTES, 2020. Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine, 209 p.

4.1. L'audition chez les mammifères marins

En milieu marin, où la visibilité est souvent réduite à quelques mètres, l'audition est un sens particulièrement important pour les organismes vivants. Ceux-ci ont développé des adaptations physiologiques leur permettant de percevoir les ondes acoustiques. Ces adaptations diffèrent sensiblement selon les espèces.

Les mammifères marins utilisent le son pour se nourrir, se reproduire, communiquer et s'orienter. Leur audition est donc particulièrement bien développée et adaptée au milieu marin. Dans l'eau, les mammifères marins sont capables de percevoir les sons sur une très large plage de fréquences allant de 10 Hz à 200 kHz. Cependant, **tous les mammifères marins n'ont pas la même sensibilité auditive et sont répartis en six « groupes d'audition »** notés HG (Hearing Group - [Southall et al., 2019](#) - Figure 19) :

- ▶ Les Cétacés basse fréquence (LF) qui comprennent notamment les baleines à fanons (ou mysticètes) perçoivent les sons entre 10 Hz à 30 kHz avec une sensibilité maximale entre 1000 et 8000 Hz. Dans cette plage de sensibilité maximale, leur seuil d'audition est d'environ 60 dB re 1 μ Pa.
- ▶ Les Cétacés haute fréquence (HF) qui regroupent la plupart des delphinidés (dauphins, globicéphales et orques), les ziphiidés (baleines à bec), les monodontidés (béluga et narval) et le grand cachalot. Ces espèces perçoivent les sons entre 100 Hz et 180 kHz avec une sensibilité maximale entre 10 et 100 kHz. À l'intérieur de cette plage de sensibilité maximale leur seuil d'audition est inférieur à 60 dB re 1 μ Pa
- ▶ Les Cétacés très haute fréquence (VHF), qui incluent les phocoenidés (marsouins), quelques petits delphinidés, les dauphins d'eau douce et les kogiidés (cachalots nain et pygmée). Comme les Cétacés haute fréquence, ils sont capables de percevoir les sons de 100 Hz à 180 kHz, mais ils sont plus sensibles aux très hautes fréquences, avec des seuils d'audition minimum inférieurs à 50 dB re 1 μ Pa autour de 100 kHz
- ▶ Les Siréniens (SI) qui comprennent les lamantins et dugongs perçoivent les sons entre 250 Hz et 60 kHz avec une sensibilité maximale entre 10 et 20 kHz. Dans cette plage plus restreinte leur seuil d'audition maximale se situe autour de 60 dB re 1 μ Pa
- ▶ Les Phocidés (PCW), qui comprennent les phoques et les éléphants de mer. Ces espèces, dépourvues d'oreille externe, sont capables de percevoir les sons aussi bien sous l'eau que dans l'air. Dans l'eau, elles perçoivent les sons entre 100 Hz et 100 kHz. Leur seuil d'audition est inférieur à 60 dB re 1 μ Pa dans leur plage de sensibilité maximale, comprise entre 2 et 30 kHz
- ▶ Les autres carnivores (OCW), qui regroupent les otaries, les lions de mer, le morse, les loutres et l'ours polaire. Contrairement aux phocidés, ces espèces possèdent une oreille externe (à l'exception du morse) et leur seuil d'audition est plus élevé (environ 70 dB re 1 μ Pa au minimum). Dans l'eau, elles perçoivent les sons entre 100 Hz et 60 kHz et leur sensibilité maximale se situe autour de 10 kHz.

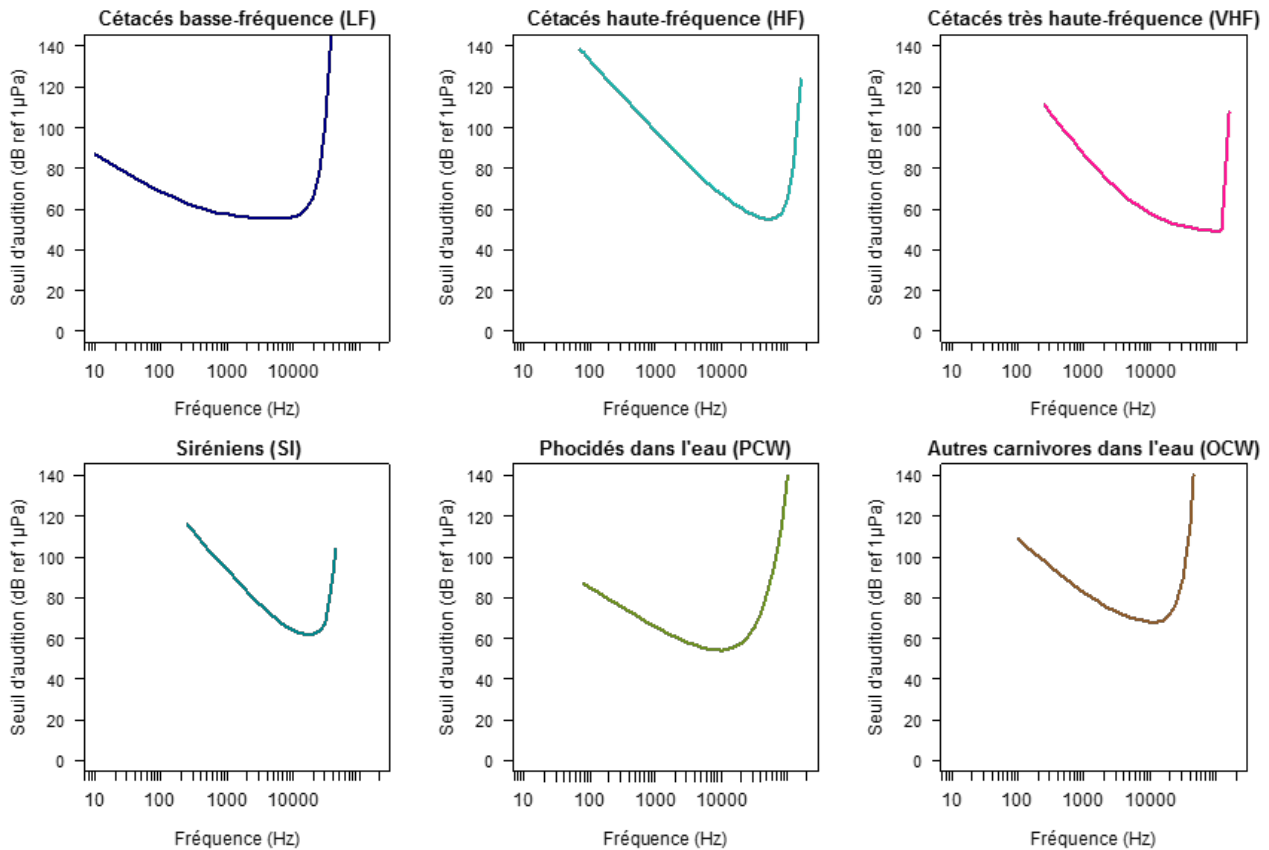


Figure 19 : Audiogrammes médians des différents groupes de mammifères marins (Southall et al., 2019).

Sept espèces de mammifères marins ont été identifiées dans l'étude bibliographique comme susceptibles d'être présentes à proximité du chantier : la baleine à bosse, le grand dauphin de l'Indopacifique, le dauphin tacheté pantropical, le dauphin à long bec, le dauphin à bosse, le péponocéphale et le dugong. Les groupes d'audition ainsi que les capacités auditives (plage d'audition et sensibilité maximale) propres à ces sept espèces sont résumés dans le Tableau 11 ci-dessous.

Tableau 11 : Groupe d'audition des espèces de mammifères marins (Southall et al., 2019).

Espèce	Groupe d'audition	Plage d'audition	Sensibilité maximale
Baleine à bosse	Cétacés basse fréquence (LF)	10 Hz-30 kHz	~60 dB re 1 µPa entre 1 et 8 kHz
Grand dauphin de l'Indopacifique	Cétacés haute fréquence (HF)	100 Hz-180 kHz	~60 dB re 1 µPa entre 10 et 100 kHz
Dauphin tacheté pantropical			
Dauphin à long bec			
Dauphin à bosse de l'Indopacifique			
Péponocéphale			
Dugong	Siréniens (SI)	250 Hz - 60 kHz	~60 dB re 1 µPa entre 10 et 20 kHz

4.2. Seuils de tolérance au bruit pour les mammifères marins

Pour chaque groupe d'audition précédemment cité, des seuils de tolérance au bruit ont été définis en 2007 (Southall et al., 2007) et ont récemment été mis à jour (NMFS, 2018 ; Southall et al., 2019). Ces seuils intègrent les dernières connaissances scientifiques en matière de bioacoustique et sont considérés aujourd'hui comme les plus robustes pour évaluer l'effet du bruit sur les mammifères marins. Ce sont donc ces seuils qui ont été retenus dans la présente étude. **Ces seuils permettent d'établir à partir de quel niveau de bruit un mammifère marin, en fonction de sa sensibilité auditive, est susceptible de subir une perte d'audition temporaire (TTS) ou permanente (PTS). Ils sont déclinés selon le type de bruit considéré : impulsionnel ou continu.**

En effet, dans le cas d'une exposition à un son continu, il est important de prendre en compte la durée d'émission de ce son. De ce fait, les indicateurs TTS et PTS pour un son continu sont exprimés en $LE_{p, 24h}$ ou SEL cumulé sur 24 heures (SEL_{24h}). Ces indicateurs sont pondérés (leurs calculs intègrent la fonction de pondération du groupe d'espèces considéré) afin de prendre en compte la sensibilité auditive de chaque groupe d'audition chez les mammifères marins. Les indicateurs TTS et PTS définis pour les sons de nature impulsionnelle sont exprimés en $LE_{p, HG^4, 24h}$, SEL_{24h} pondéré, mais également en $L_{p, peak}$ ou SPL_{pk} (Sound Pressure Level zero to peak) non pondéré, ce qui correspond au niveau de bruit reçu par l'animal, indépendamment de sa capacité auditive (Tableau 12).

Tableau 12 : Seuils de perte temporaire (TTS) et permanente (PTS) d'audition pour chaque groupe de mammifères marins exposés à un bruit impulsionnel. (Southall et al., 2019).

Son impulsionnel	TTS		PTS	
	$LE_{p, 24h}$ (Pondéré)	$L_{p, pk}$ (Non pondéré)	$LE_{p, 24h}$ (Pondéré)	$L_{p, pk}$ (Non pondéré)
Cétacés basse fréquence (LF)	168	213	183	219
Cétacés haute fréquence (HF)	170	224	185	230
Siréniens (SI)	175	220	190	226

Les niveaux d'exposition sonore cumulés sur 24 heures ($LE_{p, 24h}$ SEL_{24h}) sont exprimés en dB re $1 \mu Pa^2 \cdot s$. Les niveaux de pression sonore ($L_{p, pk}$ ou SPL_{pk}) sont exprimés en dB re $1 \mu Pa$

4.3. L'audition chez les tortues de mer

Les tortues marines possèdent un système auditif développé, comprenant une oreille moyenne (avec un tympan) et une oreille interne. L'oreille moyenne conduit le son via la columelle (petit os équivalent à l'étrier chez les mammifères), tandis que l'oreille interne le réceptionne et détecte la position et l'accélération.

Même si son fonctionnement est encore mal connu, les études suggèrent que l'appareil auditif des tortues marines est adapté à la détection des sons aériens et sous-marins. Le tympan est renforcé par une épaisse couche de graisse, ce qui est propre aux reptiles aquatiques. Les tortues marines sont capables de capter les stimuli acoustiques, mais également les vibrations via le squelette (os de la tête et colonne vertébrale notamment) et la carapace de l'animal qui joueraient le rôle de récepteurs des ondes sonores à terre comme en mer. Cependant, ce processus de perception des vibrations n'est pas encore très bien connu. La présence d'une oreille moyenne (cavité remplie d'air) suggère que les tortues marines sont également capables de percevoir les variations de pression.

Les tortues marines seraient capables de percevoir des sons sous-marins basse fréquence, entre 30 et 2 000 Hz, avec une sensibilité maximale située entre 200 et 600 Hz (Figure 20), **cette sensibilité maximale étant**

⁴ HG pour "Hearing Group" : dépend du groupe d'audition auquel appartient l'animal considéré ; 24h, car le niveau est calculé pour une exposition sur 24 h.

toutefois variable d'une espèce à l'autre, et d'un individu à l'autre, notamment en fonction de son âge. L'appareil auditif des tortues marines est également impliqué dans les déplacements et l'équilibre.

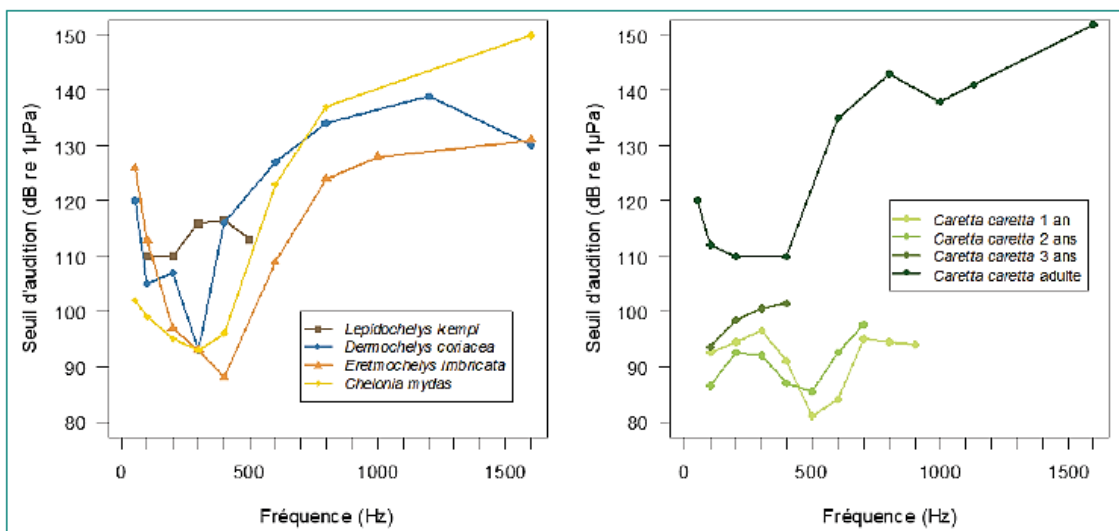


Figure 20 : À gauche, audiogrammes de quatre espèces de tortues marines : la tortue de Kemp (*Lepidochelys kempii*), la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*). À droite, audiogramme de la tortue caouanne (*Caretta caretta*) à différents stades du cycle de vie (Ketten & Bartol, 2006 ; Dow Piniak, 2012).

4.4. Seuils de tolérance au bruit pour les tortues de mer

Pour les poissons et tortues marines, des seuils de tolérance au bruit ont été définis en 2014 (Popper et al., 2014). Ces seuils intègrent les dernières connaissances scientifiques en matière de bioacoustique et sont considérés aujourd'hui comme les plus robustes pour évaluer l'effet du bruit sur les tortues de mer. Ce sont donc ces seuils qui ont été retenus dans la présente étude. **Ces seuils permettent d'établir à partir de quel niveau de bruit une tortue de mer est susceptible de subir une perte d'audition permanente (PTS) (les seuils TTS pour les tortues de mer sont indisponibles par manque de connaissances).**

Les indicateurs PTS définis pour les sons de nature impulsionnelle sont exprimés en $LE_{p,HG^5,24h}$, SEL_{24h} pondéré, mais également en Lp_{peak} ou SPL_{pk} (Sound Pressure Level zero to peak) non pondéré, ce qui correspond au niveau de bruit reçu par l'animal, indépendamment de sa capacité auditive (Tableau 13).

Tableau 13 : Seuils TTS et PTS pour les tortues de mer exposées à un son impulsionnel. (Popper et al., 2014).

Son impulsionnel	TTS		PTS	
	$LE_{p, 24h}$ (Pondéré)	Lp_{pk} (Non pondéré)	$LE_{p, 24h}$ (Pondéré)	Lp_{pk} (Non pondéré)
Tortues de mer (TU)	Non disponible		210	207

Les niveaux d'exposition sonore cumulés sur 24 heures ($LE_{p, 24h}$, SEL_{24h}) sont exprimés en dB re $1 \mu Pa^2 \cdot s$. Les niveaux de pression sonore (Lp_{pk} ou SPL_{pk}) sont exprimés en dB re $1 \mu Pa$

⁵ HG pour "Hearing Group" : dépend du groupe d'audition auquel appartient l'animal considéré ; 24h, car le niveau est calculé pour une exposition sur 24 h.

4.5. Cartes d'impact du bruit sous-marin sur la faune marine

La modélisation a permis de déterminer les distances maximums d'impact physiologique et de réaliser des cartes de bruit perçu par les espèces marines principales et susceptibles d'être présentes dans la zone d'étude (emprise acoustique du projet).

Les cartes acoustiques réalisées permettent d'estimer en fonction des données acoustiques disponibles le bruit perçu (donc pondéré, après correction en fonction de la sensibilité auditive du groupe considéré) ou non pondéré pour chaque espèce précédemment identifiée regroupée par groupe d'audition.

Afin de faciliter la lecture, la carte de bruit est présentée avec une répartition du bruit par pas de 10 dB. Elle est établie en considérant en tous points le niveau maximum quel que soit le niveau l'immersion dans la colonne d'eau.

Pour rappel, seul le scénario de propagation sonore le plus représentatif (en bout de ponton) a été modélisé, puisque la bathymétrie favorise la propagation des ondes sonores.

Tableau 14 : Seuils TTS et PTS et distances maximales d'impact associées

Son impulsionnel	LE, p, 24h (pondéré)			
	TTS		PTS	
	Seuil	Distance max	Seuil	Distance max
Cétacés basse fréquence (LF)	168 dB	8 km	183 dB	765 m
Cétacés haute fréquence (HF)	170 dB	290 m	185 dB	30 m
Siréniens (SI)	175 dB	330 m	190 dB	40 m
Tortues de mer (TU)	-	-	210 dB	Non atteint

Son impulsionnel	Lp, pk (non pondéré)			
	TTS		PTS	
	Seuil	Distance max	Seuil	Distance max
Cétacés basse fréquence (LF)	213 dB	< 10 m	219 dB	Non atteint
Cétacés haute fréquence (HF)	224 dB	Non atteint	230 dB	Non atteint
Siréniens (SI)	220 dB	Non atteint	190 dB	10 m
Tortues de mer (TU)	-	-	207 dB	< 10 m

Figure 21 : Carte de propagation pondérée et zones d'impacts TTS et PTS pour les cétacés LF (, 24h, en dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) pour 7h de battage avec une cadence de 90 coups / min

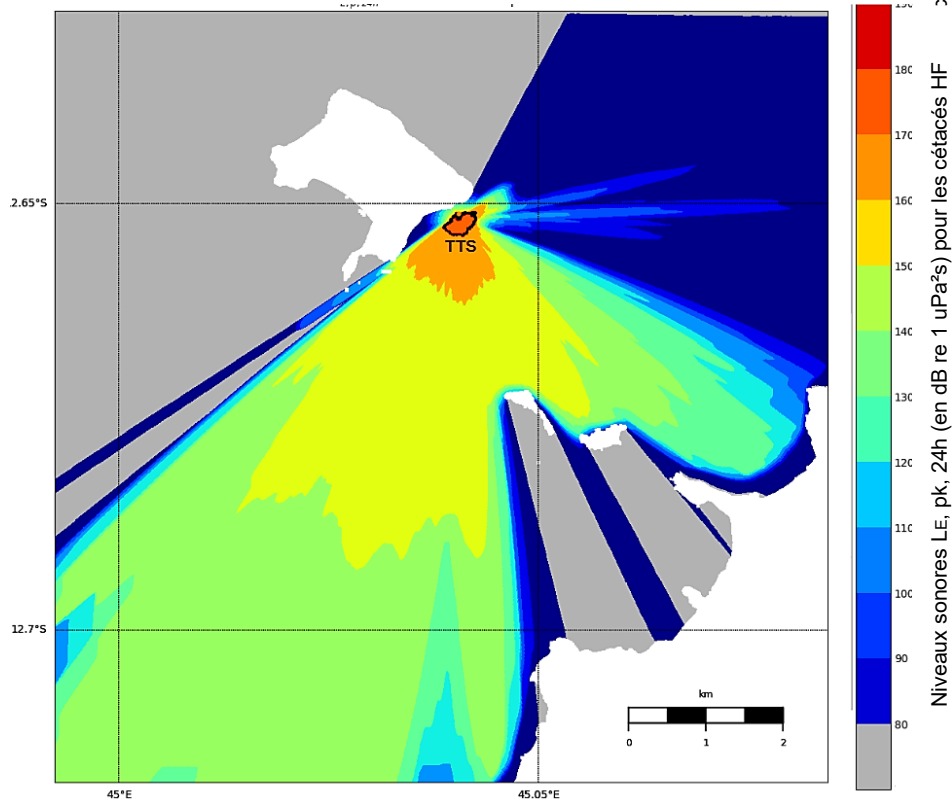


Figure 22 : Carte de propagation pondérée et zones d'impacts TTS pour les cétacés HF (LE, p, 24h, en dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) pour 7h de battage avec une cadence de 90 coups / min

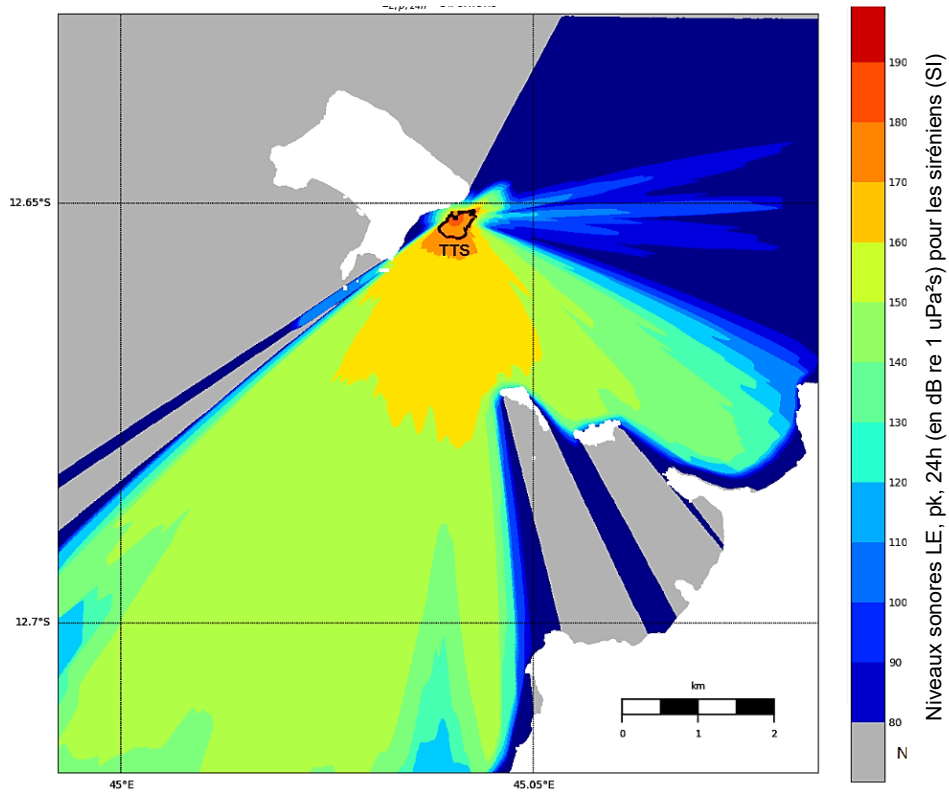


Figure 23 : Carte de propagation pondérée et zones d'impacts TTS pour les siréniens SI (LE, p, 24h, en dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) pour 7h de battage avec une cadence de 90 coups / min

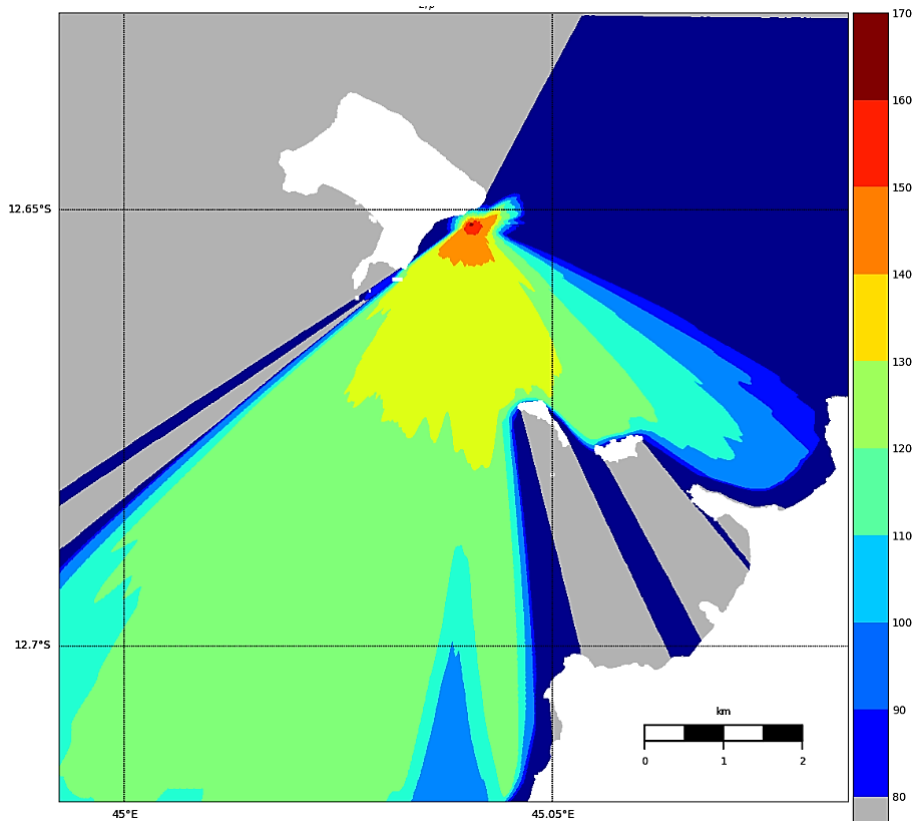


Figure 24 : Carte de propagation pondérée pour les tortues de mer TU (LE, p, en dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$)

4.6. Évaluation des effets sonores sur la faune marine

L'effet se définit comme la conséquence objective d'un projet ou d'une activité sur son environnement (MEEDDM, 2010). Cet effet peut être positif ou négatif, direct ou indirect, temporaire ou permanent, à court, moyen ou long terme. Le degré d'effet varie selon l'espèce considérée et le type d'activité : ces effets pourront être nuls ou négligeables, faibles, moyens ou forts.

Pour évaluer l'effet du bruit sur la faune marine, nous avons considéré l'étendue du périmètre à l'intérieur duquel un individu est susceptible de subir un dommage physiologique (TTS ou PTS) afin d'évaluer le niveau d'effet selon la grille présentée dans le Tableau 15 ci-dessous. Ce périmètre est défini par la valeur du rayon en mètre qui détermine cette zone à risque auditif autour de la source émettrice.

Tableau 15 : Grille d'évaluation des effets liés aux bruit sous-marin

Effet	Absence de TTS	TTS uniquement	PTS ≤ 500 m	PTS > 500 m
Niveau d'effet	Nul ou Négligeable	Faible	Moyen	Fort

Le Tableau 16, quant à lui, présente une synthèse des effets sonores potentiels en fonction des espèces ciblées pour le scénario modélisé.

Tableau 16 : Détermination des effets sonores potentiels sur les espèces principales (mise en évidence des rayons en mètres associés aux périmètres TTS et PTS).

Cétacés basse fréquence (LF)		Cétacés haute fréquence (HF)		Siréniens (SI)		Tortues de mer (TU)
Baleine à bosse		Grand dauphin de l'Indopacifique Dauphin tacheté pantropical Dauphin à long bec Dauphin à bosse de l'Indopacifique Péponocéphale		Dugong		Tortue verte Tortue imbriquée
TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	PTS
8 km	765 m	290 m	30 m	330 m	40 m	Non atteint
Effet fort		Effet moyen		Effet moyen		Effet nul

L'évaluation des effets sonores associée au scénario représentatif (fin de ponton) met en évidence un effet fort sur les cétacés basse fréquence (LF), moyen pour les cétacés haute fréquence (HF) et les siréniens, mais nul pour les tortues de mer (TU).

Pour rappel seuls les effets physiologiques sont considérés dans le Tableau 16, cependant, de fortes réactions comportementales des espèces ciblées seraient potentiellement attendues compte tenu des niveaux de bruit modélisés si une espèce considérée était positionnée à proximité du chantier de battage de pieux.

4.7. Évaluation du risque d'impact acoustique

Le risque d'impact se définit comme la transposition de l'effet sur une échelle de valeurs (MEEDDM, 2010). Il s'évalue en croisant l'effet et la sensibilité (la sensibilité des espèces principales a été évaluée en Chap 2.5 : Définition des enjeux et sensibilités). Ainsi, le croisement des sensibilités, précédemment définies pour chaque espèce, avec les effets déterminés pour chacune des phases de travaux a permis d'évaluer les risques d'impact du bruit généré par les travaux d'ancrage des pieux sur les mammifères marins potentiellement présents sur la zone d'étude. Pour cela, la matrice suivante a été appliquée (Tableau 17).

Tableau 17 : Matrice d'évaluation des risques d'impact en fonction de la sensibilité et des effets.

Sensibilité \ Effet	Nulle ou négligeable	Faible	Moyenne	Forte
Nul ou négligeable	Nul Négligeable	Nul Négligeable	Nul Négligeable	Nul Négligeable
Faible	Nul Négligeable	Faible	Moyen	Moyen
Moyen	Nul Négligeable	Faible	Moyen	Fort
Fort	Nul Négligeable	Moyen	Moyen	Fort

Cette matrice donne un poids plus important à la sensibilité par rapport à l'effet. Celle-ci apparait effectivement plus importante, puisqu'elle définit le niveau de risque. Ainsi, même si l'effet est fort (ex. : risque de perte d'audition permanente), si l'espèce n'y est pas sensible (parce qu'elle n'est pas présente sur la zone par exemple), le risque d'impact sera faible ou nul.

Les résultats du croisement des sensibilités et des effets pour les espèces potentiellement présentes sur la zone d'étude pour le battage de pieu sont présentés dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Synthèse du risque d'impact acoustique

Cétacés basse fréquence (LF)	Cétacés haute fréquence (HF)				
	Baleine à bosse	Grand dauphin de l'Indopacifique	Dauphin tacheté pantropical	Dauphin à long bec	Dauphin à bosse de l'Indopacifique
Moyen	Moyen	Faible	Faible	Fort	Faible

Siréniens (SI)	Tortues de mer (TU)
Dugong	Tortue verte Tortue imbriquée
Moyen	Nul

Le dauphin à bosse présente des risques forts étant donné sa sensibilité et son statut de vulnérabilité défavorable. La baleine à bosse, le grand dauphin et le dugong présentent des risques moyens étant donné les seuils TTS <500m et leur sensibilité. Le dauphin tacheté, le dauphin à long bec, le péponocéphale présentent des risques faibles malgré des seuils TTS < 500m mais leur présence est moins probable dans la zone. Les tortues de mer quant à elle ne présentent pas de risque puisque les effets sonores prévisionnels sont nuls.

5. Recommandations de mesures de mitigation

5.1. Méthodologie

Les mesures de mitigation peuvent consister à éviter les impacts ou à les réduire s'ils ne peuvent être évités. **L'évaluation des impacts du projet sur les espèces marines a permis de définir et de dimensionner des mesures d'atténuation appropriées.**

Les mesures d'évitement ou de réduction peuvent en général comprendre :

- ▶ L'adaptation du calendrier pour tenir compte de la présence des espèces ciblées
- ▶ La définition d'une zone d'exclusion (c'est-à-dire une zone à l'intérieur de laquelle les espèces subiront des dommages physiologiques) sur la base de cartes de modélisation de la propagation
- ▶ L'utilisation de méthodes de suivi en temps réel (visuel et/ou acoustique) pendant la construction pour détecter la présence de mammifères marins dans des zones potentiellement dangereuses
- ▶ La mise en place de procédures en cas de présence d'animaux dans une zone dangereuse
- ▶ La mise en place de dispositifs pour réduire le bruit à sa source (ex. : rideaux à bulles)
- ▶ Le déploiement de dispositifs pour éloigner les animaux (ex. : soft, start, ramp up, pingers)

Ces mesures sont des exemples de solutions pouvant être proposées.

5.2. Recommandations

L'étude bibliographique a permis d'établir une liste d'espèces principales présentes ou susceptibles de l'être dans la zone d'emprise acoustique du projet ainsi que leur sensibilité. La modélisation de propagation sonore et la réalisation des cartes pondérées ont permis de définir les zones d'impact physiologique et ainsi évaluer les effets potentiels sur les espèces marines si elles venaient à être présentes dans ces périmètres. Les mesures d'atténuation proposées ont été étudiées et sélectionnées en fonction des contraintes techniques, environnementales et budgétaires. **Des protocoles ont été établis conformément à la réglementation en vigueur et adaptés aux conditions locales.**

Les procédures recommandées, décrites ci-après, se basent sur les standards habituellement préconisés dans le cadre de travaux de battage [JNCC, 2010 Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of injury to marine mammals from piling noise Joint Nature Conservation Committee 14 p](#) et ont été adaptées aux risques et enjeux liés aux travaux d'installation du ponton, évalués lors de l'étude des impacts sonores de cette étude.

Nos recommandations sont les suivantes :

- ▶ **Adaptation du calendrier en fonction de la saisonnalité/présence des espèces.** L'évaluation des enjeux a démontré que la zone joue un rôle important dans le cycle de vie des baleines à bosse (mise bas / reproduction) pendant l'hiver austral. Les autres espèces à fort et moyen enjeux présentent un caractère résident, il ne sera donc pas possible d'adapter le calendrier des travaux en fonction. La mise en place d'une surveillance visuelle ou acoustique permanente permettra de détecter leur présence à proximité du chantier et de déterminer les actions à mener. **Nous recommandons donc de ne pas réaliser les travaux durant la période migratrice des baleines à bosse.**
- ▶ **Définition d'une zone dite d'« exclusion » autour de la source sonore.** Ce périmètre est généralement déterminé par la zone d'impact la plus grande, à savoir l'impact TTS pour les cétacés basse fréquence (LF) avec pour centre la position du pieu qui est battu (la position centrale évolue donc en fonction de l'avancée du chantier). La définition de ce périmètre permet d'établir une zone maximale de risque physiologique toutes espèces confondues pour les procédures qui suivent. Étant donné que seule la baleine à bosse est un cétacé basse fréquence (LF) et qu'une adaptation du planning est recommandée, **nous préconisons alors une zone d'exclusion comprenant au minima l'impact TTS des cétacés haute fréquence (HF) à savoir un minimum de 330m. De manière général une zone d'exclusion de 500m est préférable.**

- **La mise en place d'une surveillance prétravaux (ou pre-watch).** La surveillance avant travaux, ou pre-watch, consiste en général à définir un périmètre d'exclusion et à réaliser une surveillance minutieuse afin de s'assurer qu'aucun animal n'est présent à l'intérieur de ce périmètre avant les travaux et, le cas échéant, de définir les actions à mener en cas de présence avérée. **Nous préconisons la mise en place de ce protocole pendant 30 minutes tous les jours avant le démarrage des travaux. La surveillance devra être réalisée** depuis la terre ou un support maritime **par un opérateur formé** à l'observation de la faune marine. Attention le protocole pre-watch est généralement adapté aux mammifères marins, mais peu aux tortues de mer, du fait de leur plus faible capacité à s'éloigner. Un protocole pre-watch adapté est proposé ci-dessous :

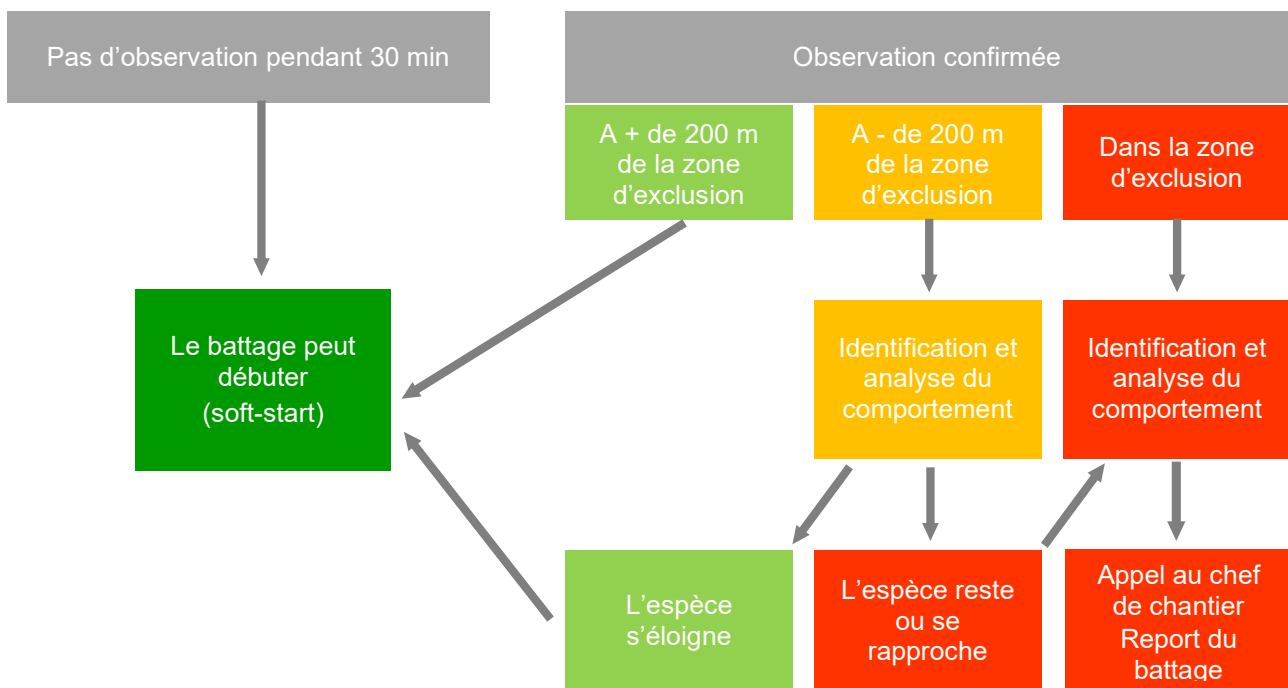


Figure 25 : Protocole pre-watch

- **La mise en place d'une procédure d'augmentation progressive du niveau sonore (ou soft-start).** Le soft-start consiste à augmenter progressivement le niveau sonore généré par les travaux afin de permettre aux espèces marines potentiellement présentes aux alentours de s'éloigner de la zone de travaux et éviter ainsi tous dommages liés au bruit. Dans le cas de battage de pieux, le soft start consiste à augmenter progressivement la cadence de frappe du marteau jusqu'à atteindre le niveau maximum d'émission. **Nous recommandons la mise en place d'un soft start si celui-ci est techniquement réalisable** en produisant une montée en niveau sonore par étapes durant 20 min (20% par 20%) jusqu'au niveau nominal de travail. Un protocole soft-start adapté est proposé ci-dessous :

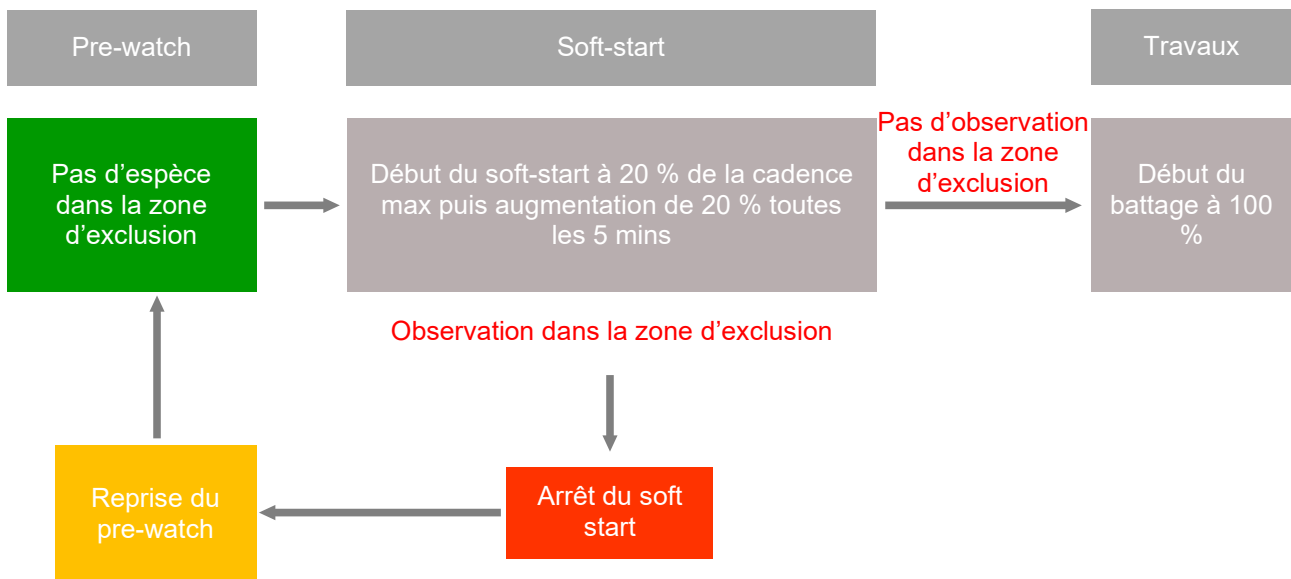


Figure 26 : Protocole soft-start

- ▶ **La mise en place d'une procédure d'arrêt ou de réduction de la puissance du battage (ou work stoppage).** Ce protocole permet de définir les actions à mener en cas de présence d'un animal dans la zone d'exclusion par l'arrêt ou la réduction du niveau sonore du battage. **Nous préconisons la surveillance de la zone d'exclusion** depuis la terre ou un support maritime **par un opérateur formé** à l'observation de la faune marine afin de prévenir de l'entrée d'un animal dans la zone d'impact durant les phases de travaux. NB : En cas d'arrêt du battage supérieur à 15 min en raison de la présence d'un animal ou pour des raisons techniques, il est recommandé de réaliser un pre-watch + soft-start depuis le début.
- ▶ **La mise en place de mesures de convenance.** Les mesures de convenance sont réalisées en début de chantier par enregistrement et mesure des niveaux de bruits initiaux et au démarrage des opérations de battage (en général sur 2-3 jours). Les niveaux mesurés *in situ* sont ensuite corrélés avec la modélisation pour affinage des distances d'impact et de la zone d'exclusion.
- ▶ **La formation / sensibilisation des équipes de chantier.** Pour des raisons économiques, si la surveillance par un opérateur formé à l'observation de la faune marine était impossible à mettre en place pendant la durée des travaux, une formation / sensibilisation devra être réalisée pour permettre aux parties prenantes présentes d'alerter et de réaliser les bonnes actions précédemment recommandées en cas de détection d'un animal dans la zone d'exclusion.

6. Références bibliographiques

Ballorain K., Ciccione S., Bourjea J., Grizel H., Enstipp M., Georges J. Y., 2010. Habitat use of a multispecific seagrass meadow by green turtles *Chelonia mydas* at Mayotte Island. *Marine Biology*. 157(12) : 2581-2590

Bourjea J., Frappier J., Quillard M., Ciccione S., Ross D., Hugues G., Grizel H., 2007. Mayotte Island: another important green turtle nesting site in the southwest Indian Ocean. *Endang Species Res* 3:273-282.

Certain, G, Jørgensen LL, Christel I, Planque B, Bretagnolle V, 2015, Mapping the vulnerability of animal community to pressure in marine systems: disentangling pressure types and integrating their impact from the individual to the community level. *ICES Journal of Marine Science*, fsv003. doi:10.1093/icesjms/fsv003

Ciccione, S., Taquet, M. Roos, D., Barde, J. 2002. Assistance à la DAF de Mayotte pour la mise en place d'une étude sur les tortues marines CEDT/Ifremer. CEDT, Mamoudzou.

Ciccione S., Bourjea J., Quillard M., 2004. Evolution de la fréquentation des plages de Mayotte par les femelles en ponte. Assistance à la DAF de Mayotte pour l'encadrement scientifique et la formation des agents sur les programmes d'étude et de conservation des tortues marines et de leurs habitats à Mayotte. Rapport de Convention, Conseil Général, Observatoire des Tortues Marines. pp. 8-10

Colborn, J.G. (1976). Sound-speed distribution in the western indian ocean. Report NUC TP 502, Undersea Surveillance Department of the Naval Undersea Center, San Diego.

Collins, M.D., 1993. A split-step Padé solution for the parabolic equation method. *J. Acoust. Soc. Am.* 93, 1736–1742. <http://dx.doi.org/10.1121/1.406739>

David, A., 2011. Underwater environmental impact assessments on marine mammals and fish by high power anthropogenic radiated sound. *Proceedings of Acoustics 2011*, The 2011 Conference of the Australian Acoustical Society, Gold Coast.

Dow Piniak, W. E., 2012. Acoustic Ecology of Sea Turtles: Implications for Conservation. Dissertation, Duke University, 114 p.

Etter, P.C., 2009. Review of ocean-acoustic models. *Proc. IEEE Oceans 2009*.

Etter, P.C., 2013. Underwater Acoustic Modeling and Simulation. CRC Press, FL <http://dx.doi.org/10.1201/b13906>

Ersts, P., Kiszka J., Vély M., Rosenbaum H. C., 2011. Density, group composition, and encounter rates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the eastern Comoros Archipelago (C2). *Journal of Cetacean Research Management* 3:175-182.

Farcas, A., Thompson, P. M., & Merchant, N. D. (2016). Underwater noise modelling for environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 57, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.11.012>

Fricke, M.B., Rolfes, R., 2015. Towards a complete physically based forecast model for underwater noise related to impact pile driving. *J. Acoust. Soc. Am.* 137, 1564–1575. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4908241>

Garthe, Stefan & Hüppop, Ommo. (2004). Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: Developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology*. 41. 724 - 734. 10.1111/j.0021-8901.2004.00918.x.

- Gross A., Kiszka J., Van Canneyt O., Richard P., Ridoux V., 2009. A preliminary study of habitat and resource partitioning among co-occurring tropical dolphins around Mayotte, southwest Indian Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84:367–374.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R., 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319, 948–952. doi:10.1126/science.1149345
- Hamilton, E.L., 1972. Compressional-wave attenuation in marine sediments. *Geophysics* 37, 620–646. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1440287>
- Hamilton, E.L., 1976. Sound attenuation as a function of depth in the sea floor. *J. Acoust. Soc. Am.* 59, 528–535. <http://dx.doi.org/10.1121/1.380910>
- Hamilton, E.L., 1980. Geoacoustic modeling of the sea floor. *J. Acoust. Soc. Am.* 68, 1313–1340. <http://dx.doi.org/10.1121/1.385100>
- Hamilton, E.L., 1987. Acoustic properties of sediments. *Acoust. Ocean Bottom* 3–58.
- Hamilton, E.L., Bachman, R.T., 1982. Sound velocity and related properties of marine sediments. *J. Acoust. Soc. Am.* 72, 1891–1904. <http://dx.doi.org/10.1121/1.388539>
- Jensen, F. B., Kuperman, W. A., Porter, M. B., & Schmidt, H. (2011). “Computational ocean acoustics”, Springer Science & Business Media
- Jiménez-Arranz, G., Banda, N., Cook, S. and Wyatt, R. (2020). Review on existing data on underwater sounds from pile driving activities.
- JNCC, 2010 Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of injury to marine mammals from piling noise Joint Nature Conservation Committee 14 p
- Ketten, D. R. & Bartol, S. M., 2006. Functional Measures of Sea Turtle Hearing. Woods Hole Oceanographic Institution, ONR Award No: N00014-02-1-0510, Report No: 13051000, 6 p.
- Kiszka J., Vély M., Bertrand N., Breyse O., Wickel J., Maleck-Bertrand N., 2003. Le dugong (*Dugong dugon*, Müller 1776) autour de l'île de Mayotte (Océan Indien occidental) : bilan récent des connaissances acquises et préconisations pour sa conservation. DAF, Megaptera. 28 pp. + annexes
- Kiszka J., Ersts P., Ridoux V. 2006. Cetacean diversity in the lagoon and surrounding waters of Mayotte, Comoros Archipelago. Report No. SC/58/O13, 58th International Whaling Commission
- Kiszka J., Muir C., Poonian C., Cox T., Amir O. A., Bourjea J., Razafindrakoto Y., Wambiji N., Bristol N., 2008a. Marine Mammal Bycatch in the Southwest Indian Ocean: Review and Need for a Comprehensive Status Assessment. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 7:119-136
- Kiszka, J., B. Simon-Bouhet, L. Martinez, C. Pusineri, P. Richard, and V. Ridoux. 2011a. Ecological niche segregation within a community of sympatric dolphins around a tropical island. *Marine Ecology Progress Series* 433:273-288.
- Leatherwood S, Reeves RR, 1983, *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*, Sierra Club Books, San Francisco, 302p.

- Lippert, T., von Estorff, O., 2014. On a hybrid model for the prediction of pile driving noise from offshore wind farms. *Acta Acust. United Acust.* 100, 244–253. <http://dx.doi.org/10.3813/aaa.918717>
- Lockier, C.H. 1981. Growth and energy budgets of large baleen whales from the southern hemisphere. *Food Agric. Organ. U.N. Fish. Ser.* 5:379-487.
- MNHN & OFB [Ed]. 2003-2022. Fiche de *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). Site web : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/77338 - Le 18 juillet 2022
- MTES, 2020. Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine. 209 p.
- Nedwell, J. R., Turnpenny, A. W. H., Lovell, J., Parvin, S. J., Workman, R., Spinks, J. A. L. & Howell, D., 2007. A validation of the dB_{HL} as a measure of the behavioural and auditory effects of underwater noise. Subacoustech Ltd., Subacoustech Report No. 534R1231, 74 p.
- Nehlig P., Lacquement F., Bernard J., Caroff M., Deparis J., Jaouen T., Pelleter A.-A., Perrin J., Prognon C., Vittecoq B. (2013) – Notice de la carte géologique de Mayotte, BRGM/RP-61803-FR, 135 p., 45 ill., 1 ann.
- NMFS, 1995. Small Takes of Marine Mammals Incidental to Specified Activities; Offshore Seismic Activities in Southern California. *Federal Register* **60** (200), 53753-53760.
- Nowacek, D. P., Thorne, L. H., Johnston, D. W. & Tyack, P. L., 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review* 37 (2), 81-115.
- OSPAR Commission, 2016. OSPAR inventory of measures to mitigate the emission and environmental impact of underwater noise (2016 update). OSPAR, report n°706/2016, 61 p.
- Perrin WF, 2002a, Spinner Dolphin *Stenella longirostris* In *Encyclopedia of Marine Mammals* (eds. : Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM), Academic Press, San Diego : 1174-1177.
- Perrin WF, 2002b, Pantropical Spotted Dolphin *Stenella attenuata* In *Encyclopedia of Marine Mammals* (eds. : Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM), Academic Press, San Diego : 865-867.
- Popper, A. N., Hawkins, A. D., Fay, R. R., Mann, D. A., Bartol, S., Carlson, T. J., Coombs, S., Ellison, W. T., Gentry, R. L., Halvorsen, M. B., Løkkeborg, S., Rogers, P. H., Southall, B. L., Zeddis, D. G., & Tavolga, W. N. (2014). Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI. In Springer (Issue May). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06659-2>
- Porter, M.B., 1992. The KRAKEN Normal Mode Program. Tech. Rep. NRL/MR/5120–92- 6920. Naval Research Laboratory, Washington, DC.
- Porter, M.B., Liu, Y.-C., 1994. Finite-element ray tracing. *Theor. Comput. Acoust.* 2, 947–956.
- Pusineri C., Caceres S., Kiszka J., Ridoux V., 2007. *Conservation des mammifères marins de Mayotte : état des connaissances et premières mesures de gestion*. ONCFS, 37 pp.
- Reinhall, P. G. & Dahl, P. H., 2011. Underwater Mach wave radiation from impact pile driving: Theory and observation. *The Journal of the Acoustical Society of America* 130(3), 1209-1216.

Ruggerone, G.T., Goodman, S., and Miner, R. (2008). Behavioral response and survival of juvenile Coho salmon exposed to pile driving sounds. Natural Resources Consultants, Inc., p. 46.

Southall, B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Nowacek, D. P. & Tyack, P. L., 2019. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals* 45(2), 125-232.

Southall, B. L., Nowacek, D. P., Bowles, A. E., Senigaglia, V., Bejder, L., & Tyack, P. L. (2021). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Assessing the Severity of Marine Mammal Behavioral Responses to Human Noise. *Aquatic Mammals*, 47(5), 421–464. <https://doi.org/10.1578/am.47.5.2021.421>

Slijper E.J. 1962. Whales. Cornell University Press, New York

Stelzenmüller V, Ellis JR, Rogers SI, 2010, Towards a spatially explicit risk assessment for marine management: Assessing the vulnerability of fish to aggregate extraction. *Biological Conservation*, 143, 230–238. doi:10.1016/j.biocon.2009.10.007

Stone, C. J. & Tasker, M. L., 2006. The effect of seismic airguns on cetaceans in UK waters. *Journal of Cetacean Research and Management* 8 (3), 255-263.

Tyack, P. L., 2008. Implications for Marine Mammals of Large-Scale Changes in the Marine Acoustic Environment. *Journal of Mammalogy* 89 (3), 549-558.

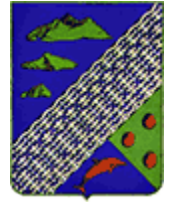
Wells RS, Scott MD, 2002, Bottlenose Dolphins *Tursiops truncatus* and *T. aduncus*, In *Encyclopedia of Marine Mammals* (eds. : Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM), Academic Press, San Diego : 122-127.

Whitehead H., Moore M.J. 1982. Distribution and movements of West Indian humpback whales in winter. *Canadian Journal of Zoology* 60(9):2203-2211.

Zampolli, M., Nijhof, M.J.J., de Jong, C.A.F., Ainslie, M.A., Jansen, E.H.W., Quesson, B.A.J., 2013. Validation of finite element computations for the quantitative prediction of underwater noise from impact pile driving. *J. Acoust. Soc. Am.* 133, 72–81. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4768886>



Commune de M'Tsamboro



REALISATION DU PONTON DE L'ILOT DE M'TSAMBORO ET D'AMENAGEMENT ECOTOURISTIQUE

Phase avant-projet

Dossier 202212006-AVP
Contrat n°
Rendu le 22 mai 2023

Identification & Visa du document

INTITULÉ DE L'OPÉRATION				723
Réalisation du ponton de l'îlot Mtsamboro et d'aménagements écotouristiques				
OBJET DE L'ÉLÉMENT DE MISSION (exigences fonctionnelles)				
<ul style="list-style-type: none"> État des lieux : cette partie précise l'environnement naturel et économique du projet ainsi que les différentes contraintes conditionnant le projet Description des aménagements : cette partie détermine les principales caractéristiques des ouvrages Cadrage réglementaire et planification opérationnelle Estimation des coûts des travaux et d'opération 				
MAÎTRE D'OUVRAGE				
Commune de M'Tsamboro				
IDENTIFICATION DU LIVRABLE				753
Type	Phase avant-projet			
Référence	Rendu le		Nombre de pages	
202212006	22/05/2023		76	
Chef de Projet - Référent	Julien PHILIPPE	734-735	Rédacteur	JBo
Version document	Finale	824	Visa	JPh
DESTINATAIRES				
Entité	Destinataire			
Commune de M'Tsamboro	M. Le Maire			
	M. Le Chargé d'opération			
CADRE RÉGLEMENTAIRE & LEGAL APPLICABLE				722
Textes	Domaine d'application			
Codes de l'urbanisme et de l'environnement				
PLU	Planification de l'urbanisme communal			
SDAGE	Mise en œuvre locale de la Loi sur l'Eau			
Loi MOP	Maitrise d'œuvre publique			
CORPUS DOCUMENTAIRE				732
Référence de la commande initiale (Numéro de contrat Moe/ de convention)				
Compléments, modifications, avenants éventuels				737
Document	Impact sur la mission			
Sans objet				
Documents, études et données de référence fournis par les parties prenantes				754
Document	Émetteur			
Plan de gestion de l'îlot Mtsamboro 2017	CELRL			
CONTRIBUTEUR(S) EXTERNE(S)				
Entité	Contribution			
RÉVISION(S)				753
Révision	Date	Rédacteur	Visa	

Sommaire

1.	INTRODUCTION	6
1.1.	CADRE ET CONTEXTE GENERALE DE LA MISSION	6
1.2.	OBJET DE L'ETUDE	8
2.	CONTEXTE	9
2.1.	CONTEXTE MARITIME	9
2.2.	CONTEXTE MORPHOLOGIQUE	9
2.3.	SITUATION AU PLU	9
2.3.1.	ZONAGE	9
2.4.	CONTEXTE NATUREL.....	10
2.4.1.	LE CLIMAT.....	10
2.4.2.	GEOLOGIE.....	12
2.4.3.	ALEAS NATURELS.....	12
2.4.4.	LES VENTS.....	14
2.4.5.	LES MAREES	14
2.4.6.	CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES.....	15
2.4.7.	LES NIVEAUX MARINS.....	16
2.4.8.	LES HOULES CYCLONIQUES.....	18
2.5.	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	20
2.5.1.	LE ZONAGE ZNIEFF MARINES.....	20
2.5.2.	ZNIEFF CONTINENTALES.....	21
3.	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS	23
3.1.	EN COHERENCE AVEC LE PLAN DE VALORISATION ET DE PRESERVATION DE L'ILOT MTSAMBORO 2017 (CELRL) 23	
3.1.	DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS TERRESTRES	24
3.2.	DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS MARITIMES	59
3.2.1.	IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMETRIQUE DU PONTON.....	59
3.2.2.	LES MATERIAUX DU PONTON	60
3.2.3.	LES PIEUX DU PONTON	60
3.2.4.	LES EQUIPEMENTS POUR ACCOSTAGE.....	61
4.	CADRAGE REGLEMENTAIRE.....	62
4.1.	CODE DE L'URBANISME	62
4.2.	CODES ENVIRONNEMENTAUX	63
5.	COUT D'OPERATION ET PLANIFICATION	64
5.1.	COUT DES TRAVAUX.....	64
5.1.1.	DES AMENAGEMENTS TERRESTRES	64
5.1.2.	DES AMENAGEMENTS MARITIMES.....	68
5.1.3.	RECAPITULATIF	69
5.2.	COUT D'OPERATION.....	69
5.2.1.	MISSIONS GEOTECHNIQUES	69
5.2.2.	ETUDES ENVIRONNEMENTALES	69
5.2.3.	CSPS.....	69
5.2.4.	CT.....	69
5.2.5.	DETAIL DU COUT D'OPERATION.....	70

5.1.	PLANIFICATION DE L'OPERATION	71
6.	<u>CONCLUSION.....</u>	72
7.	<u>OUVERTURE VERS LA PHASE PROJET</u>	73
8.	<u>LISTE DES PLANS</u>	75
8.1.	PONTON-MASSE ET PROFIL EN LONG	75

Liste des figures

Figure 1 : localisation de la zone d'étude	7
Figure 2 : plan d'aménagement de l'ilot (Conservatoire du littoral).....	7
Figure 3 : morphologie de l'ilot.....	9
Figure 4 : Zonage PLU	10
Figure 5 : Températures moyennes mensuelles à Pamandzi (1949-1998) et pluviométrie moyenne mensuelle à Dzoumogné (1961-1998) (source Météo France)	11
Figure 6 : Figure 7 : Données climatiques annuelles de Mayotte (Source Météo France)	11
Figure 7 : Carte géologique (BRGM)	12
Figure 8 : Extrait des PPRN de la Commune de Mtsamboro - Aléa mouvement de terrain	13
Figure 9 : Localisation des vents dominants	14
Figure 10 : Extrait de l'étude de la morpho-dynamique des littoraux (BRGM, 2003)	16
Figure 11 : Emprise du littoral concernée par chaque point de référence.....	18
Figure 12 : Cartographie des ZNIEFF marines	21
Figure 13 : Cartographie des ZNIEFF continentales	22
Figure 14 Page de garde du plan (CELRL).....	23
Figure 15 Carte des enjeux d'habitats (CELRL)	24
Figure 16 Circuits et aires touristiques (CELRL)	24
Figure 17 Repérage du niveau du ponton à la cote 4mNGM	59
Figure 18 Structure en aluminium	60
Figure 19 Caillebotis en PE	60
Figure 20 Repérage des sentiers.....	64
Figure 21 Calendrier opérationnel mise à jour au 22/09/2022.....	71
Figure 22 : Exemple de faré à mettre en place	73
Figure 23 : Détail du portique d'entrée à l'estacade	74

Liste des tableaux

Tableau 1 Coût estimatif des sentiers	64
Tableau 2 Coût estimatif des aménagements divers	66
Tableau 3 Coût estimatif des aménagements terrestres	67
Tableau 4 : coût des travaux du point de débarquement	68
Tableau 5 : Coût total des travaux	69
Tableau 6 : Coût d'opération	70

1. Introduction

1.1. Cadre et contexte générale de la mission

Cette opération s'inscrit dans le cadre de la réalisation d'un atterrage sur l'îlot de Mtsamboro et des aménagements annexes à vocation touristique.

La commune de M'tsamboro souhaite confier au Maître d'oeuvre une mission permettant de réaliser les études techniques et le suivi des travaux pour la réalisation des éléments de programme validés et présentés dans son étude de faisabilité, à savoir :

- Mettre en place un ponton afin d'accéder à l'îlot sans dégradation supplémentaire du platier, permettant l'accès sécurisés aux agents du Conservatoire National du Littoral, du Parc Naturel Marin de Mayotte, aux agents de la future Brigade Nautique Environnementale de la commune de Mtsamboro et aux Forces de sécurité et de secours.
- la conception deux boucles pédestres, confortables et durables par la pose de main courante, emmarchement, épaulement, gestion de l'eau, aménagement de sur largeur de repos et de contemplation.
- Prévoir un balisage simple au norme FFRP et programmer un jalonnement de signalétique directionnelle.
- Implanter deux farés à vocations touristiques en arrière-plage d'Antakoudja et une aire de bivouac aménagée, ainsi qu'un faré à proximité immédiate du ponton.
- Aménager un point de vue sur une crête à l'ouest de l'îlot desservie par l'une deux boucles pédestres.



Figure 1 : localisation de la zone d'étude

Le plan d'aménagement retenu par le maître d'ouvrage est le suivant :

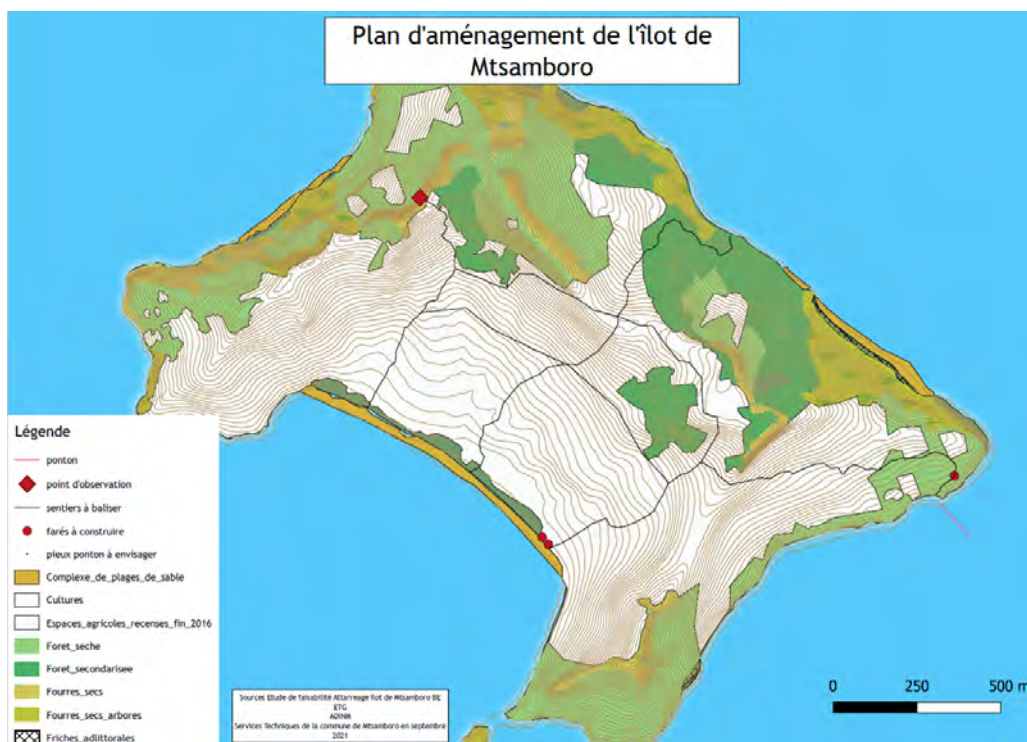


Figure 2 : plan d'aménagement de l'îlot (Conservatoire du littoral)

1.2. Objet de l'étude

L'étude d'avant-projet a pour objet de :

- Déterminer les contraintes rencontrées sur le secteur d'étude,
- Concevoir les aménagements,
- Cadrer réglementaire les démarches nécessaires à la réalisation du projet,
- Planifier l'opération,
- Etablir l'estimation du coût et des délais prévisionnels des travaux.

Le présent rapport est établi selon la chronologie suivante :

- Description du contexte du projet,
- Proposition d'aménagement en adéquation avec le programme du maître d'ouvrage et les besoins des usagers,
- Estimation du coût des travaux et d'opération.

2. Contexte

2.1. Contexte maritime

La zone d'étude concerne l'ensemble de l'îlot Mtsamboro & son littoral. Sa façade maritime nord-ouest est directement ouverte sur le canal du Mozambique, protégée du grand large par le banc de la Prudente à 3km suivant un cap au 280°. Sa façade maritime sud-ouest regarde le lagon et la grande barrière effondrée de l'ouest. Sa façade maritime sud-est est en vis-à-vis de la côte de grande terre, en face du village de M'Tsahara. Enfin, la façade maritime nord-est s'aligne avec la barrière prolongeant le récif nord.

2.2. Contexte morphologique

Le point culminant de l'îlot est atteint à l'altitude 273m (repère rouge sur la figure ci-après), dans la partie nord-ouest. Ce versant nord-ouest est d'ailleurs le plus escarpé et compte de nombreuses barres rocheuses. La ligne de crête principale est orientée selon un axe nord-ouest/sud-est et relie le point culminant au deuxième sommet de l'îlot, s'élevant à 218m d'altitude (axe marron foncé). Enfin deux crêtes orientées sud-ouest/nord-est ferment le cirque de la plage Mtsanga Antakoudja.



Figure 3 : morphologie de l'îlot

2.3. Situation au PLU

2.3.1. Zonage

Le secteur d'étude est concerné par une unique zone du PLU :

• Zone NL : il s'agit d'un sous-secteur de la zone naturelle à protéger strictement contre la construction de bâtiments nouveaux, notamment au niveau la bande littorale (ZPG) qui doit toutefois pouvoir accueillir ponctuellement des installations liées à sa découverte et à sa mise en valeur.



Figure 4 : Zonage PLU

Sont admis dans la zone NL :

- Les installations et équipements publics et d'intérêt collectif ou techniques nécessaires au fonctionnement des services publics sous réserve qu'ils ne dénaturent pas le caractère des sites, ne compromettent pas leurs qualités paysagères et ne portent pas atteinte à la préservation des milieux.
- Des mesures compensatoires devront alors être mises en oeuvre permettant le maintien de l'équilibre du milieu marin et terrestre. Ces installations organisent ou préservent l'accès et la libre circulation le long du rivage.

2.4. Contexte naturel

2.4.1. Le climat

Le climat de Mayotte est de type tropical humide insulaire à deux saisons marquées, liées aux déplacements de la ZCIT entre les latitudes 15° et 20° sud. La saison des pluies s'étale de décembre à mars (voir graphique ci-dessous) et est caractérisée par des vents humides et chauds de secteur nord nord-ouest. Les pluies orographiques sont alors abondantes. L'humidité atmosphérique varie de 85% le jour à 95% la nuit. Les températures moyennes sont de 27°C le jour et 23-25°C la nuit. La saison sèche qui s'étale de juin à septembre est

caractérisée par des vents de secteurs sud-est, les précipitations sont alors faibles et les températures moyennes sont de 24°C le jour, descendant à 20°C la nuit.

Ces deux saisons sont encadrées par deux intersaisons : Matoulai d'avril à mai où l'on observe une baisse des précipitations et l'établissement progressif des alizés sud, Miombéni d'octobre à novembre où les vents du nord-est apportent chaleur et humidité.

La pluviométrie totale moyenne est de 1795.3 mm répartis en moyenne sur 100,2 jours de pluie par an. Le risque cyclonique pour Mayotte correspond à une fréquence de 10-12 ans, l'île étant protégée par la présence de Madagascar. Cependant, les précipitations associées à un cyclone peuvent être de 500 mm en 24 heures.

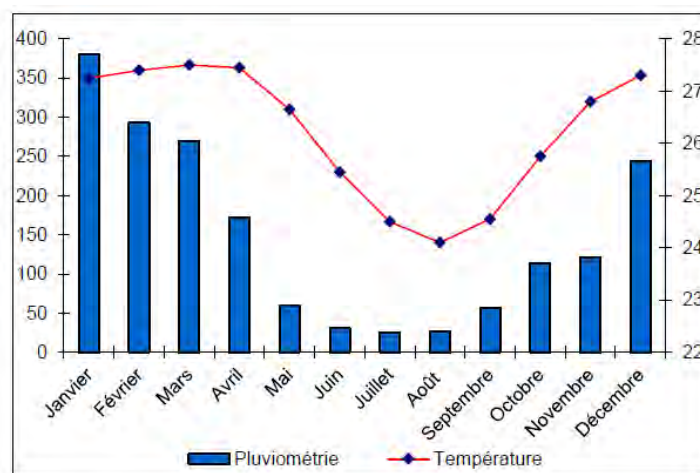


Figure 5 : Températures moyennes mensuelles à Pamandzi (1949-1998) et pluviométrie moyenne mensuelle à Dzoumogné (1961-1998) (source Météo France)

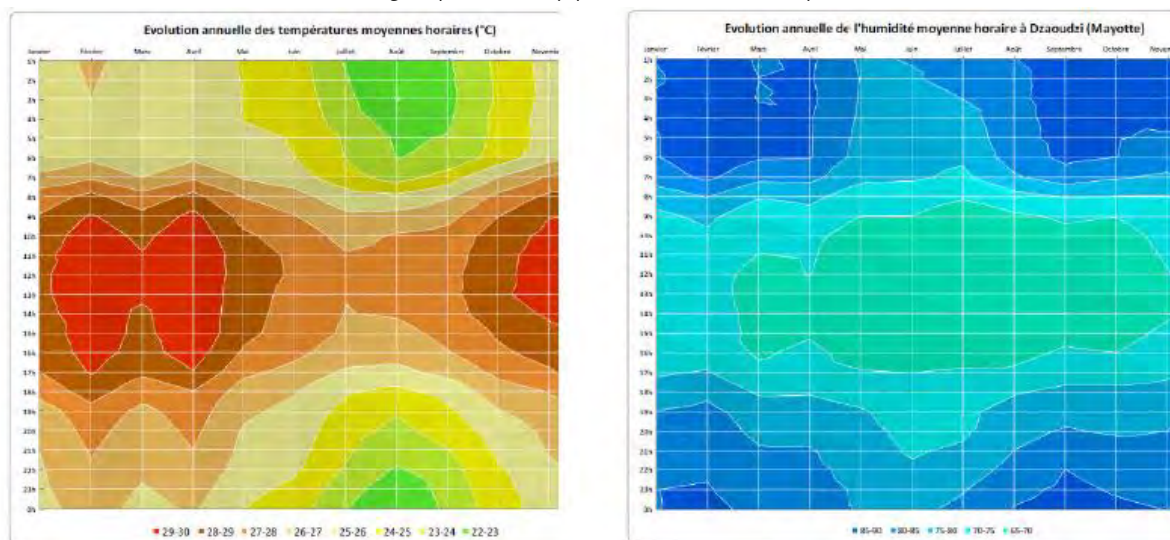


Figure 6 : Figure 7 : Données climatiques annuelles de Mayotte (Source Météo France)

2.4.2. Géologie

La géologie du secteur d'étude recense majoritairement :

- Des formations superficielles composées de Colluvions, formations de pente.
- Des formations volcaniques, laviques de type Basalte sl., sur les crêtes.



Figure 7 : Carte géologique (BRGM)

2.4.3. Aléas naturels

D'après le règlement du PPRN, les occupations et utilisations du sol décrites dans la suite de ce chapitre sont, par dérogation à la règle commune, autorisées, sans préjudice des autres réglementations applicables, à condition :

- Qu'elles n'aggravent pas les risques,
- Qu'elles n'en provoquent pas de nouveaux,
- Qu'elles n'augmentent pas la vulnérabilité existante,
- Qu'elles respectent les principes de prévention et de sauvegarde des personnes et des biens,
- Qu'elles respectent les « PRESCRIPTIONS GENERALES » et les prescriptions figurant dans la rubrique « PRESCRIPTIONS » des tableaux ci-après.

2.4.3.1. Aléa mouvement de terrain

D'après le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) applicable sur la commune, l'îlot Mtsamboro est surtout concerné par un aléa fort chute de blocs sur les versants principaux orientés nord-ouest, nord-est et sud-est.



Figure 8 : Extrait des PPRN de la Commune de Mtsamboro - Aléa mouvement de terrain

Les prescriptions dans le cas de l'aléa mouvement de terrain sont les suivantes :

	Aléa fort	Aléa moyen	Aléa faible
Les aménagements de plein air, de sport et de loisirs, et les bâtiments associés	<p>Limiter la surface de plancher totale du bâtiment à 20 m² pour les bâtiments.</p> <p>Ne pas créer d'espace de sommeil.</p> <p>Fourniture d'une attestation.</p> <p>Limiter à une seule fois par unité foncière à compter de l'approbation du PPRN initial</p>	<p>Fourniture d'une attestation si la surface de plancher totale du bâtiment dépasse les 150 m² ou si le bâtiment dépasse le R+1 pour l'unité foncière.</p> <p>Les bâtiments à vocation sportive ne pourront pas servir à la gestion de crise s'ils sont implantés dans cette zone.</p>	<p>Limiter la surface de plancher totale du bâtiment à 100 m² pour les bâtiments.</p> <p>Limiter à une seule fois par unité foncière à compter de l'approbation du PPRN initial.</p>

2.4.3.2. Aléa inondation

Non concerné

2.4.4. Les vents

Les caractéristiques des vents à Mayotte, issues de l'analyse des données Météo France de la station météorologique de Pamandzi, peuvent être synthétisées comme suit:

- Une direction de provenance des vents se décomposant de la façon suivante :

- 50% provenant du secteur Sud-Est à Sud-Ouest
- 19% provenant du secteur Nord-Ouest à Nord-Nord-Est
- 14,5% provenant du secteur Nord-Est à Est-Sud-Est
- 16,5% provenant du secteur Sud-Ouest à Ouest-Nord-Ouest

- En moyenne les vents les plus fort proviennent des secteurs :

- SE-SSO où ils atteignent 4,3m/s
- NO-ONO où ils atteignent 3,7m/s

L'îlot Mtsamboro a 3 de ses façades maritimes exposés aux vents dominants.



Figure 9 : Localisation des vents dominants

2.4.5. Les marées

Les variations du niveau de la mer sont principalement le fait de la marée astronomique et de phénomènes océano-météorologiques tels que les vents, les vagues et les variations de

pression atmosphérique. Mais ils sont aussi le fait de variations à plus long terme tels que les phénomènes de subsidence et de réchauffement climatique.

Mayotte est soumise à des marées semi-diurnes dont le marnage varie généralement entre 1 et 3 m. Le tableau suivant récapitule les différents niveaux de marée à Dzaoudzi (SHOM 2008)

:

Tableau 1 : Niveau de marée à Dzaoudzi

Niveau	Cote m CM	Cote m NGM	Marnage
Pleine Mer de Vive-Eau Exceptionnelle (PMVEE)	+4,20	+2,42	4,20 m
Basse Mer de Vive-Eau Exceptionnelle (BMVEE)	+0,00	-1,78	
Pleine Mer de Vive-Eau Moyenne (PMVE)	+3,65	+1,87	3,25 m
Basse Mer de Vive-Eau Moyenne (BMVE)	+0,40	-1,38	
Pleine Mer de Morte-Eau Moyenne (PMME)	+2,70	+0,92	1,35 m
Basse Mer de Morte-Eau Moyenne (BMME)	+1,35	-0,43	
Niveau moyen	2,03	+0,25	

Nota : On remarque que la marée à Mayotte est semi-diurne : on observe 2 marées hautes et 2 marées basses par jour. A noter que les hauteurs d'eau varient légèrement entre 2 marées hautes ou 2 marées basses sur une même journée.

2.4.6. Conditions hydrodynamiques

L'hydrodynamique marine est fonction de la houle, de la marée et de leurs courants associés. L'hydrodynamique littorale est totalement conditionnée par la présence du récif barrière autour de l'îlot Mtsamboro. Cependant au-delà du récif frangeant, une représentation schématique des quelques données existantes a été proposée par le BRGM en 2003 :

- La façade nord-ouest de l'îlot est exposée à la houle du large.
- La façade nord-est est plutôt protégée du fait de sa position dans le prolongement du récif nord.
- Les façades sud-est et sud-ouest sont longées par des courants de masse dominant dans le lagon et par une zone de fetch importante, toutes ses actions conduisant à des courants ou des houles se propageant dans une direction sud-ouest/nord-est.

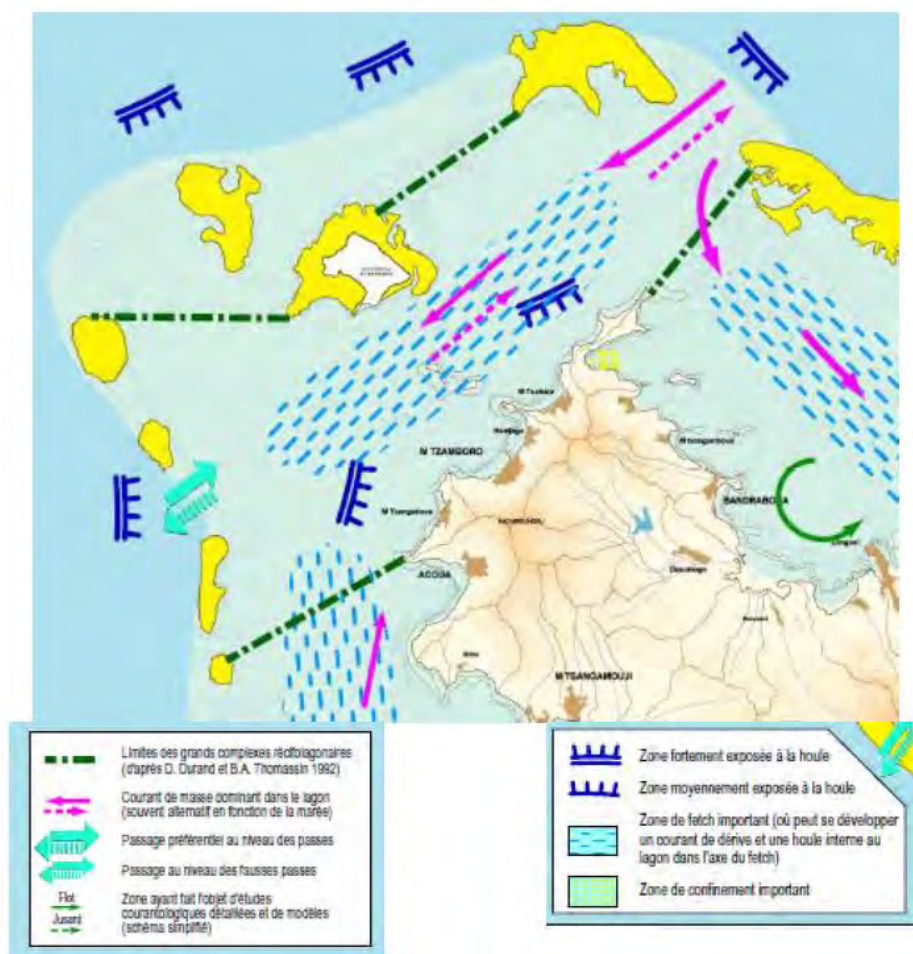


Figure 10 : Extrait de l'étude de la morpho-dynamique des littoraux (BRGM, 2003)

2.4.7. Les niveaux marins

Les variations du niveau de la mer sont principalement le fait de la marée astronomique et de phénomènes météo-océanographiques tels que les variations de pression atmosphérique, vent, courant, vagues...

Les niveaux de référence pour les cotes d'altitudes marines et terrestres sont définis par rapport au :

✓ zéro du nivellement général de Mayotte (NGM) ;

✓ zéro des cartes marines (zéro CM) calé à 1,78m en-dessous du zéro NGM : zéro des cartes S.H.O.M correspond au niveau des plus basses mers de vives eaux (B.M.V.E),

Mayotte est soumise à des marées semi-diurnes dont l'amplitude moyenne (marnage) varie généralement entre 1 à 3 m.

Issu du projet CYCLOREF, la caractérisation des niveaux marins pour différentes périodes de retour sur le littoral de Mayotte a été établie selon 4 scénarios :

✓ Scénario 1 / configuration non cyclonique actuelle : Ce niveau commun à tout le littoral de Mayotte consiste à prendre un niveau de pleine mer de probabilité d'occurrence de 1/5 auquel on rajoute une marge d'incertitude de 25 cm en lien avec la méthode de prédiction du

niveau de pleine mer conformément aux instructions du guide PPRL MEDDE (2014) ainsi que 20 cm lié à l'impact du changement climatique. Ce niveau marin est alors de 2,29 m IGN50 pour l'ensemble de l'île.

✓ Scénario 2 / configuration non cyclonique à échéance 2100 : Ce scénario reprend le même niveau de référence que celui du scénario 1 en intégrant cette fois-ci non plus 20 cm de surélévation de la mer due à l'impact du changement climatique mais 60 cm à échéance 2100. Ce niveau marin est alors de 2,69 m IGN50 pour l'ensemble de l'île.

✓ Scénario 3 / configuration cyclonique actuelle basée sur le résultat des tempêtes historiques : Pour ce scénario, il n'est plus possible d'utiliser un niveau d'eau commun à l'ensemble de l'île compte-tenu de l'exposition des différentes façades et des effets locaux sur les phénomènes de surcotes (atmosphériques et celles liées aux vagues). Il est donc proposé de différencier les façades. Les niveaux marins de période de retour centennale pour un scénario de référence actuel sont répertoriés dans le Tableau 3 et la Figure 11.

Tableau 3 : Scénarios proposés pour chacune des façades en conditions cycloniques

Point d'étude	Tempête historique	Ntot (m IGN50)	Référence actuelle (IGN50) = Ntot+ 0,25 + 0,20
Pt NE	DOLORESSE	2,05	2,50
Pt NO	DOLORESSE	2,05	2,50
Pt 1 Sud	HELLEN	2,44	2,89
Pt 3 Ouest	HELLEN	2,14	2,59
Pt 7 Est	HELLEN	2,29	2,74

✓ Scénario 4 / configuration cyclonique à échéance 2100 basée sur le résultat des tempêtes historiques : Ce scénario reprend les niveaux d'eau proposés dans le scénario 3 en intégrant cette fois-ci non plus 20 cm de surélévation de la mer due à l'impact du changement climatique mais 60 cm à échéance 2100 (Tableau 4 & Figure 11).

Tableau 4 : Scénarios proposés pour chacune des façades en conditions cycloniques

Point d'étude	Tempête historique	Ntot (m IGN50)	Référence actuelle (IGN50) = Ntot+ 0,25 + 0,60
Pt NE	DOLORESSE	2,05	2,90
Pt NO	DOLORESSE	2,05	2,90
Pt 1 Sud	HELLEN	2,44	3,29
Pt 3 Ouest	HELLEN	2,14	2,99
Pt 7 Est	HELLEN	2,29	3,14

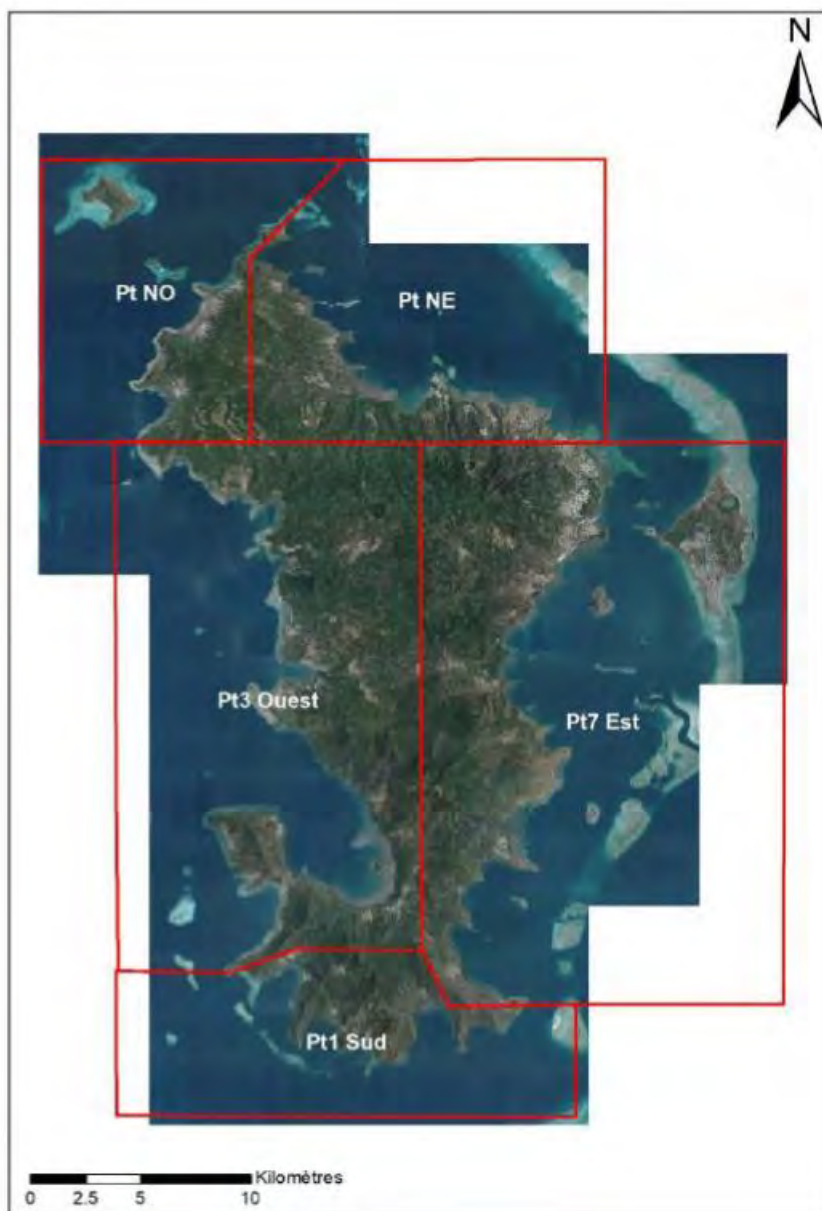
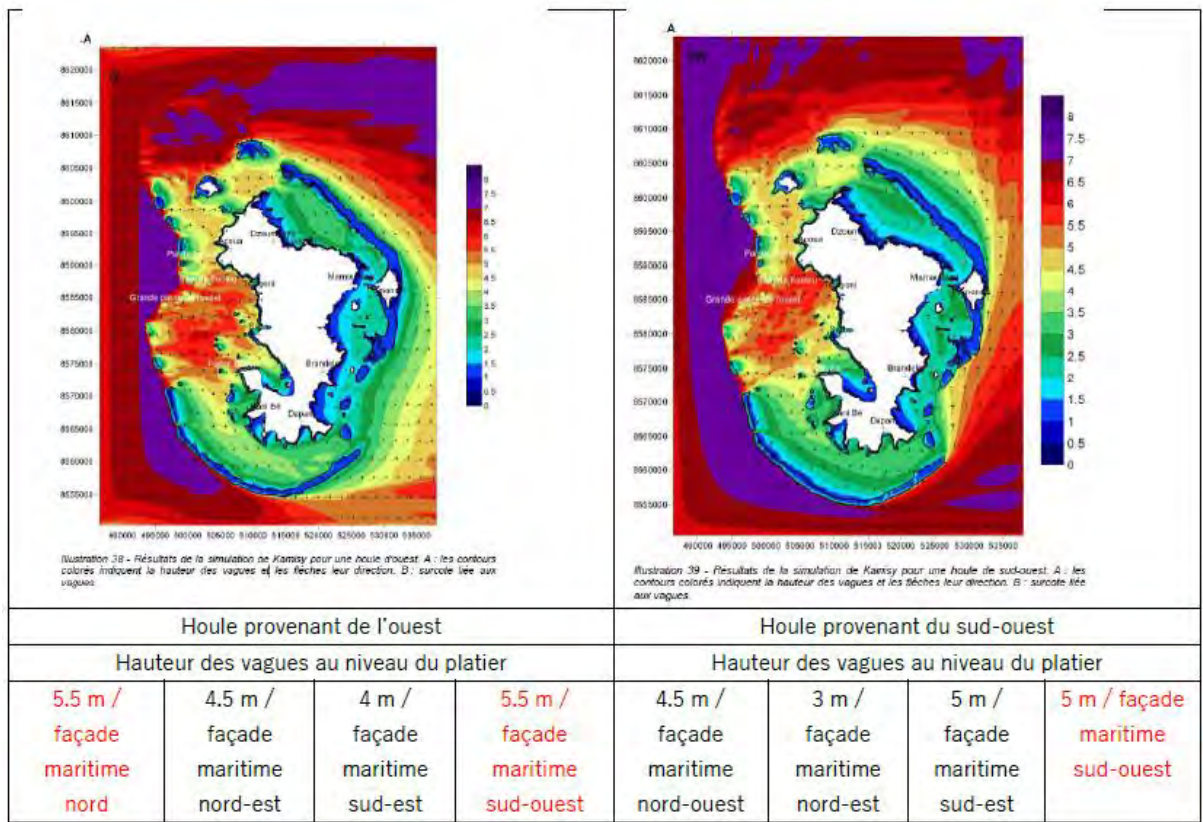
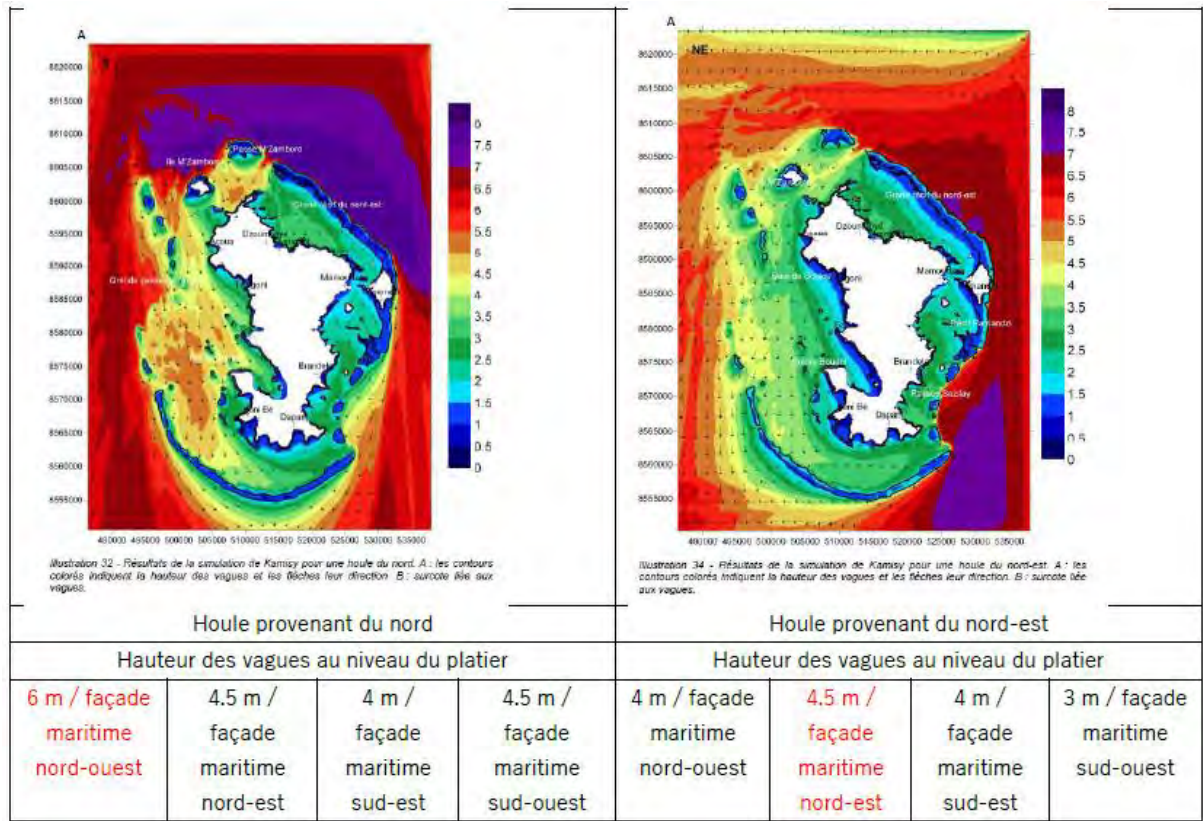


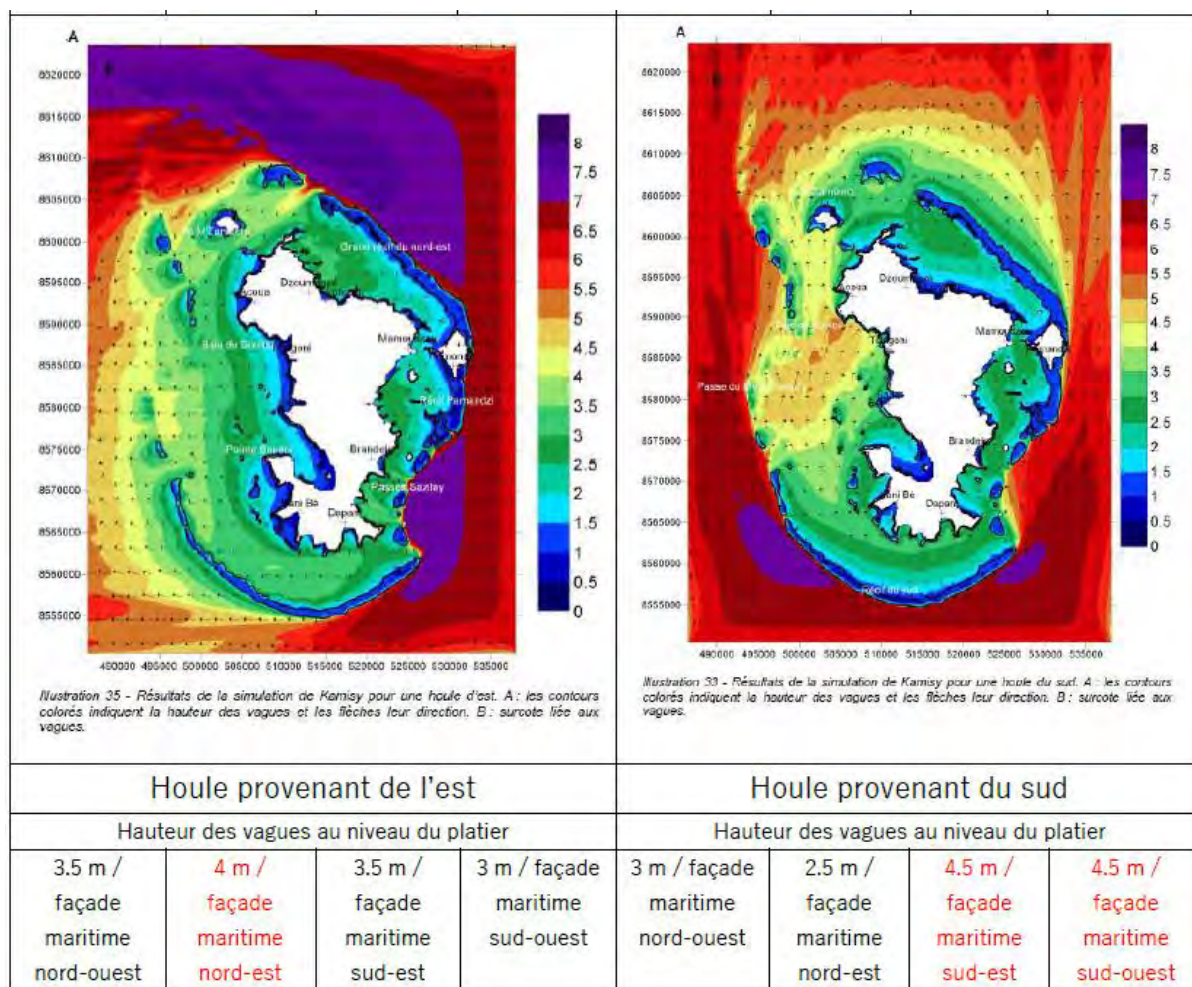
Figure 11 : Emprise du littoral concernée par chaque point de référence

2.4.8. Les houles cycloniques

D'après le rapport final « Modélisation des houles d'origine cyclonique à Mayotte (BRGM/RP-55981-FR / Novembre 2007), les résultats de la simulation d'un cyclone type « Kamisy », provenant de différents secteurs montrent :

- Que les vagues de plus fortes hauteurs (5.5 à 6m) impactent les façades nord-ouest & sud-ouest. La façade nord-ouest étant ouverte sur le canal du Mozambique et celle sud-ouest sur le lagon de la côte ouest de grande terre.
- Que peu importe le secteur d'origine du cyclone et la façade maritime de l'îlot Mtsamboro considérée, il en résulte des vagues atteignant le platier frangeant avec une hauteur minimale de 2.5-3 m de hauteur.





2.5. Contexte environnemental

2.5.1. Le zonage ZNIEFF marines

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) sont des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. Cet inventaire est devenu aujourd'hui un des éléments majeurs de la politique de protection de la nature. Cet inventaire n'équivaut en aucun cas à une protection réglementaire, ou à un espace protégé. L'îlot Mtsamboro cumule 2 types de ZNIEFF marines (figure 26) :

- ZNIEFF marine de Type 1 de « M'Tsamboro pointes sud » (identifiant national : 06M000019) : Cette zone, qui peut s'apparenter à un récif frangeant d'îlot présente un tombant bien développé par endroits et également des pâtés coralliens sur zone sableuse. Elle contient une richesse spécifique (276) et un nombre d'espèces déterminantes (29) élevés.

- ZNIEFF marine de type 2 « récif frangeant d'îlot » (identifiant national : 06M000005) : Les récifs frangeant d'îlot sont, d'un point de vue géomorphologique et du relief, assez semblables au récif frangeant de Grande Terre. Ils ont toutefois des faciès qui peuvent être différents, notamment étant donné leur plus faible exposition aux pressions des bassins versants, leur

caractère plus "lagonnaire" et un mode hydrodynamique pouvant être plus agité. La richesse spécifique (456) et le nombre d'espèces déterminantes (47) sont moyens à élevés.

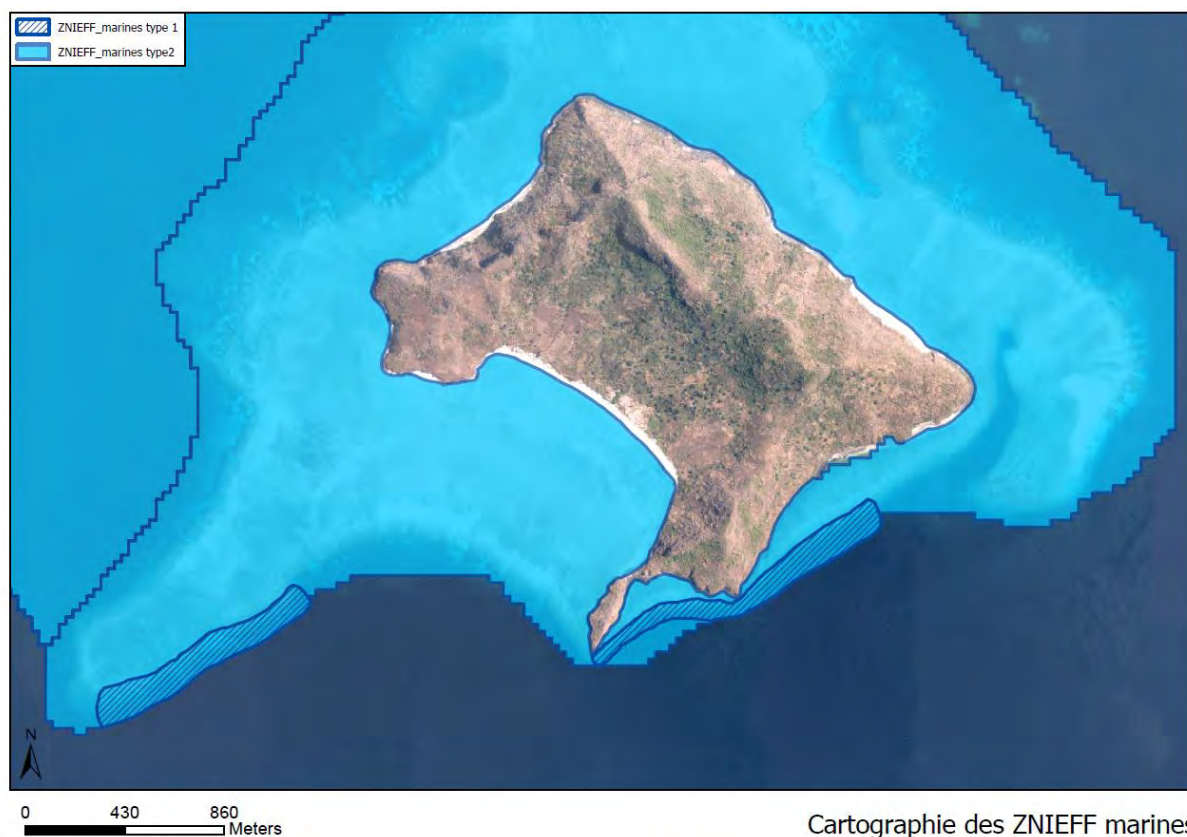


Figure 12 : Cartographie des ZNIEFF marines

2.5.2. ZNIEFF continentales

L'îlot est concerné sur une majeure partie de sa surface par une ZNIEFF continentale de type 1 (Identifiant national : 060000046) dû à son couvert d'habitats xérophiles reliques, l'autre sur la moitié de sa superficie. La ZNIEFF qui recouvre uniquement tous les habitats naturels est documentée principalement sur la flore avec 40 espèces déterminantes, sur son avifaune avec le phaéton à bec jaune qui est nicheur et deux espèces de tortues marines qui pondent sur les plages.



Figure 13 : Cartographie des ZNIEFF continentales

3. Propositions d'aménagements

3.1. En cohérence avec le plan de valorisation et de préservation de l'ilot Mtsamboro 2017 (CELRL)

- > Le plus grand ilot de Mayotte (240 ha), devenu « l'ilot de l'orange sucrée » depuis 1970, affecté au CELRL en 2009 et sous gestion ADINM depuis 2018
- > Un site très fréquenté (7 000 visiteurs/ans 134/wk) et une forte dynamique de construction (+47 bangas récents)
- > Un très fort attachement des habitants un site de pratiques agricoles traditionnelles et de rassemblement culturels/familiaux, des habitants à associer au projet pour rassurer face à la crainte de dépossession
- > Une richesse socio-culturelle et des pratiques agricoles/touristique à améliorer afin de les rendre pleinement compatible à une conservation des milieux naturels de l'îlot : développement durable de l'îlot
- > Un site lié à des enjeux de toutes échelles celle de la commune (pêcheurs et agriculteurs) de l'île (destination touristique et hébergement) et de la région (immigration clandestine et LIC)



Figure 14 Page de garde du plan (CELRL)



Figure 15 Carte des enjeux d'habitats (CELRL)

Selon le plan de gestion îlot Mtsamboro, une **sectorisation de l'îlot est préconisée** entre zone de protection stricte (1), zone de restauration active (2), zone à activité réglementée (3) et zone d'activités écotouristiques (4)

Des dispositifs d'accueil du public cantonnés (aire de pique-nique, d'observation des pontes et sentiers de randonnées) seront **contrôlés par le gestionnaire**.

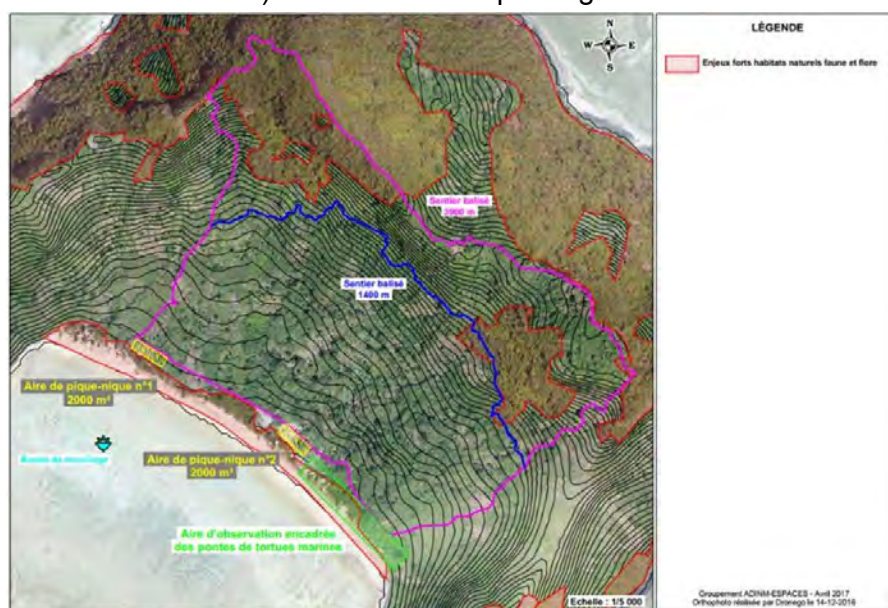


Figure 16 Circuits et aires touristiques (CELRL)

3.1. Description des aménagements terrestres

Proposition de répartition des zones/usages sur l'ilot



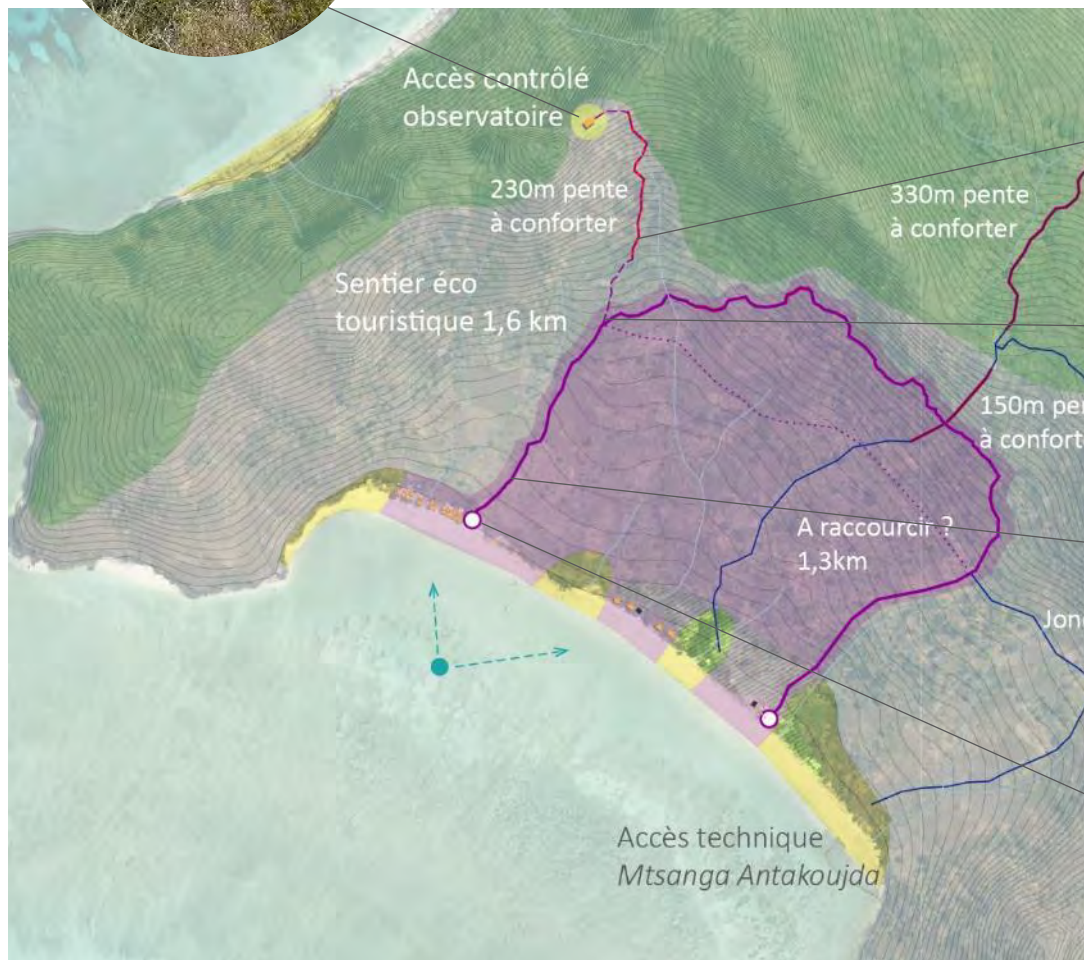
- > Une hiérarchisation des usages entre zones de protection terrestre, zones de surveillance des plages, zone de développement agro/éco-touristique et zone agricole avec restauration des milieux naturels
- > Des plages de ponte de tortues à préserver et des usages nocturnes à concentrer sur *Mtsanga Antakoudja*

Proposition de répartition des usages sur l'îlot



- > Une distinction entre sentier de découvertes agro/éco touristiques et sentier d'accès technique aux plages surveillées
- > Un balisage régulier (tous les 100m) de l'ensemble des sentiers
- > Des panneaux et points de vues/arrêts aménagés sur le sentier touristique
- > Une boucle qui pourrait être raccourcie
- > Des départs de sentiers techniques en recul des plages Antakoudja/Mwéou

Aménagement des sentiers touristiques de l'îlot



Point de vue à aménager



Bifurcation à signaler

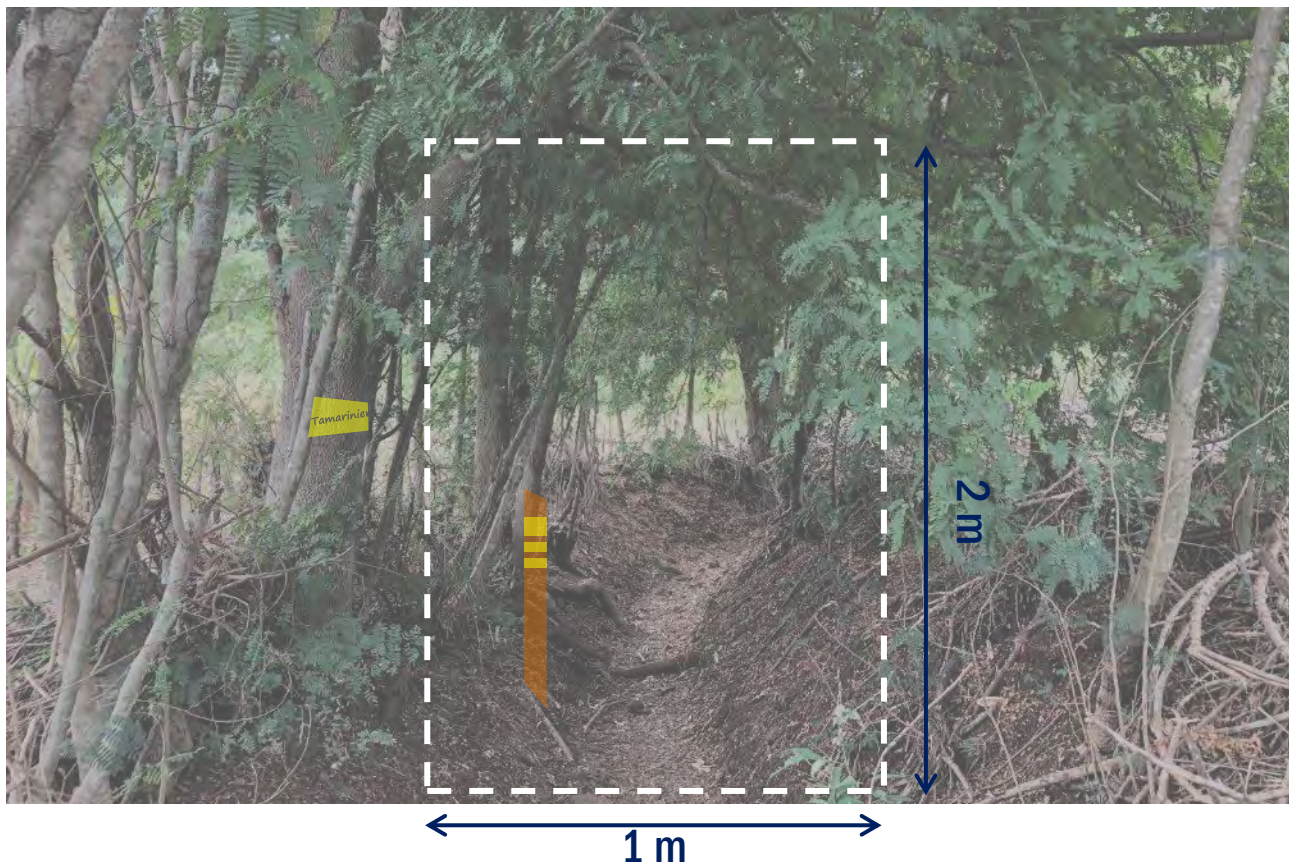


Epierrage ponctuel



Départ sentier à signaler

Aménagement des sentiers touristiques de l'ilot



- > *Elargissement ponctuel à 1m de large et taille des branches basses jusqu'à 2m*
- > *Balisage régulier et information milieux naturels/espèces*

Aménagement des sentiers touristiques de l'ilot

- > Réorganisation des pierres et main courante bois pour faciliter la montée jusqu'à l'observatoire et sécuriser les jeunes boisements

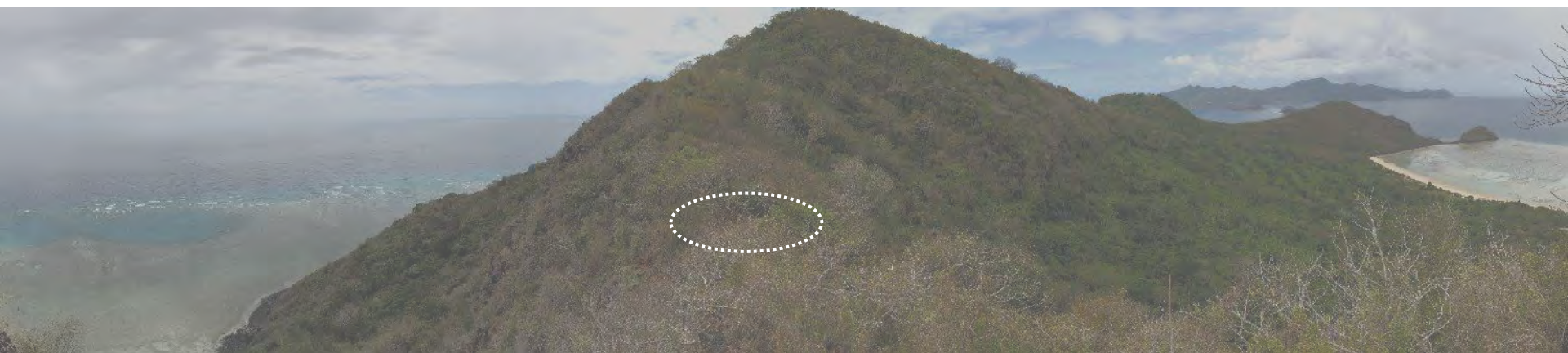
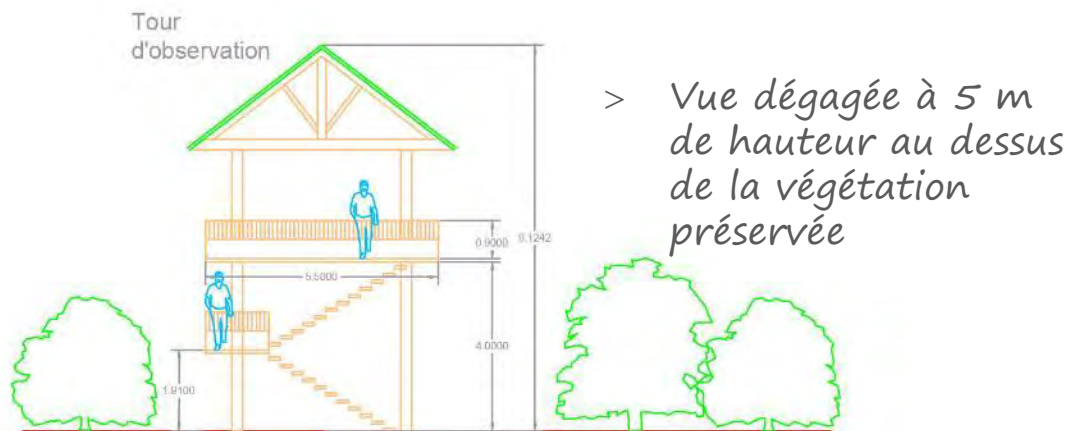


Aménagement des sentiers touristiques de l'ilot Quantitatif

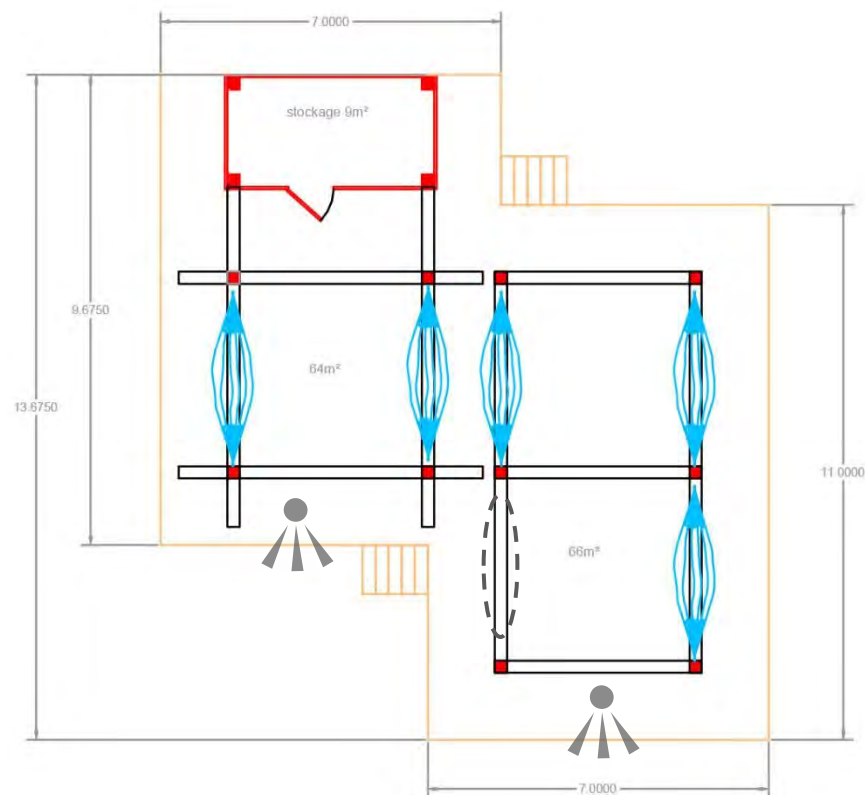


Sentiers	1. Boucle touristique	2. Accès observatoire	3. Accès Majiméouni - Antakoudja	4. Jonction Ouest	5. Accès Antakoudja - Mwéou	6. Jonction crête	TOTAL
Longueur ml	1680	400	1526	255	1316	802	5979
Reprofilage ml	270	240	245		320	202	1277
Main courante ml	45	75	45		140	40	345
Balisage U	17	4	15	3	13	8	60
Panneaux règlement accès U	2	1	2		2		7
Panneaux info milieux U	12	2					14
Confortement point de vue U	3						3

Aménagement observatoire crête Ouest



Aménagement de *Mtsanga Majiméouni* Ponton et faré de repos

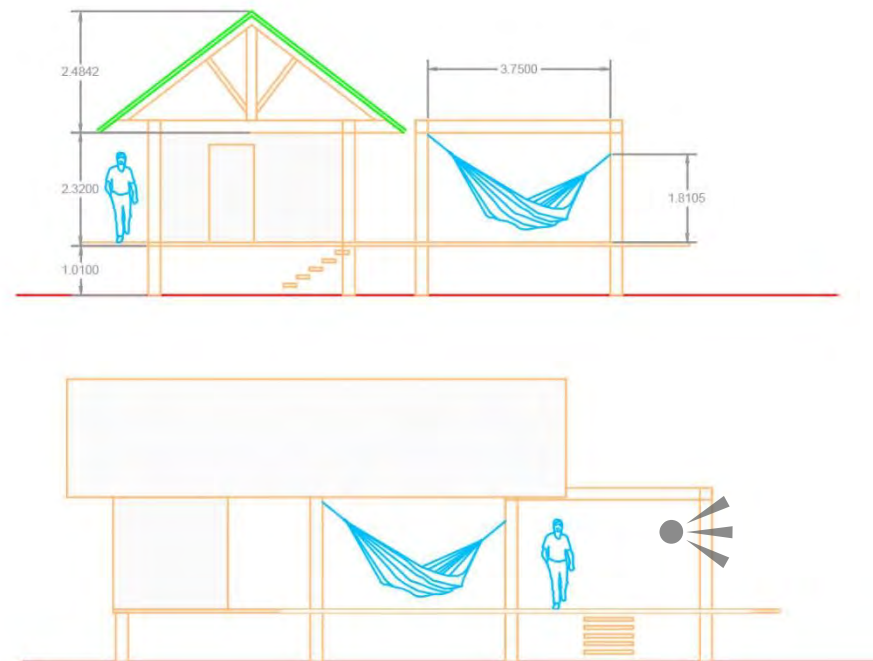


Module surélevé (rattrapage niveau) pour 5-6 hamacs avec espace de stockage pour matériel (9m²)

Aménagement de *Mtsanga Majiméouni* Ponton et faré de repos

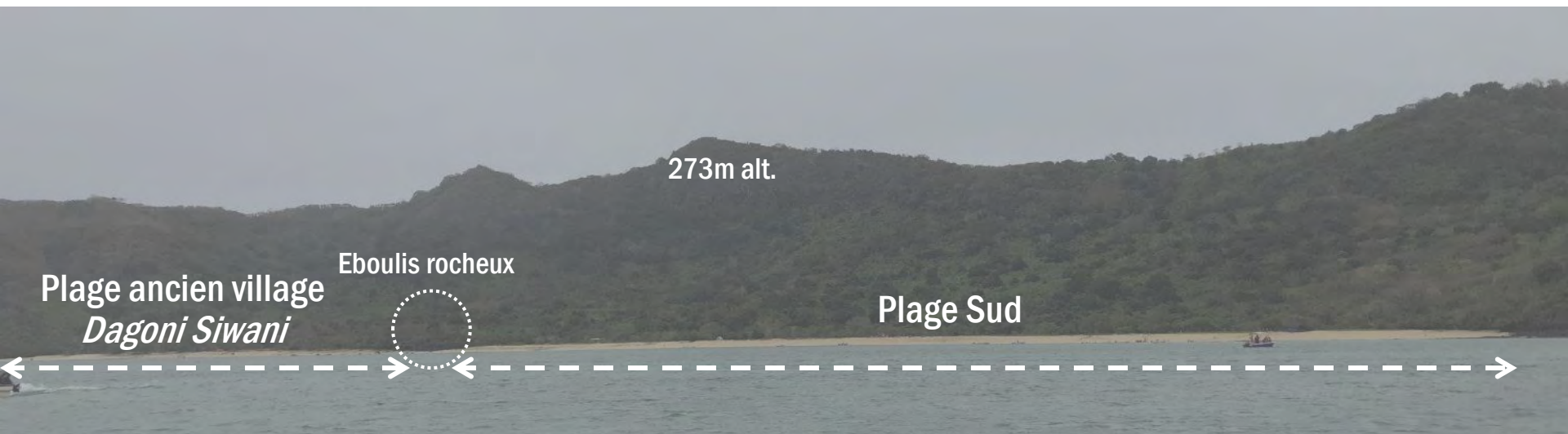


*Toiture végétalisée
pour une insertion discrète*



Mtsanga Antakoudja

Une plage divisée en 2 parties



Mtsanga Antakoudja



1km de plage au total

= équivalent aux littoraux de
Mtsahara (955m)
Hamjagou (1,2km jusqu'à Jiva)
Mtsamboro (1km jusqu'à Foumbouni)

(Sakouli = 660m)

Eléments à mettre en valeur sur *Mtsanga Antakoujda*



Eboulis rocheux et beach-rock

Eléments à mettre en valeur sur *Mtsanga Antakoujda*



Grand baobab et vestiges village

Éléments conservés sur *Mtsanga Antakoujda*



Mosquée Est et panneaux CELRL



Éléments conservés sur *Mtsanga Antakoujda*



*Mosquée centre en surplomb
d'une petite ravine*



Éléments conservés sur *Mtsanga Antakoujda*



Mobilier bois « fait maison »



Éléments conservés sur *Mtsanga Antakoujda*



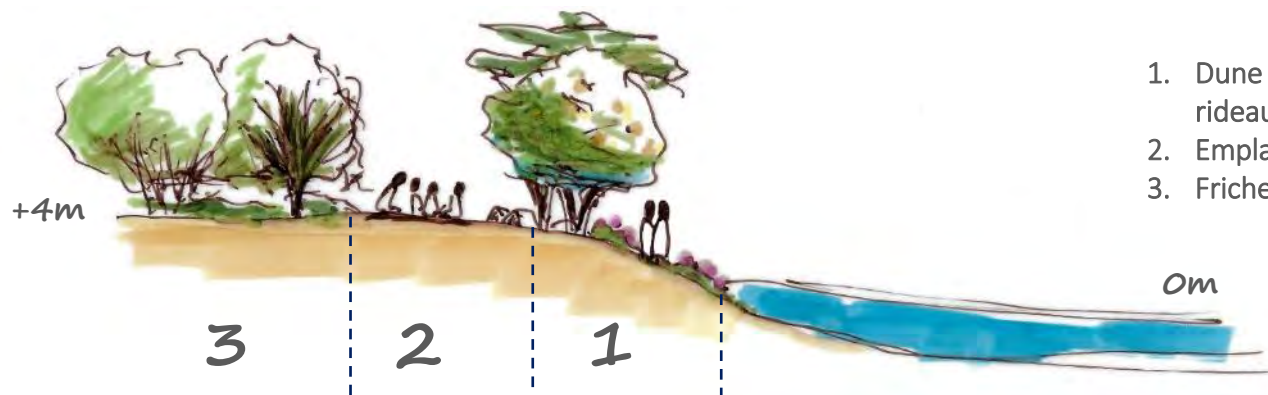
*Vestiges village de gratte Dagoni
Siwani et puits à sécuriser
/valoriser à l'Ouest*



Placettes en arrière-plage de *Mtsanga Antakoujda*



Des emplacements de 40 à 400 m² laissés à nu après la démolition des bangas en haut de plage

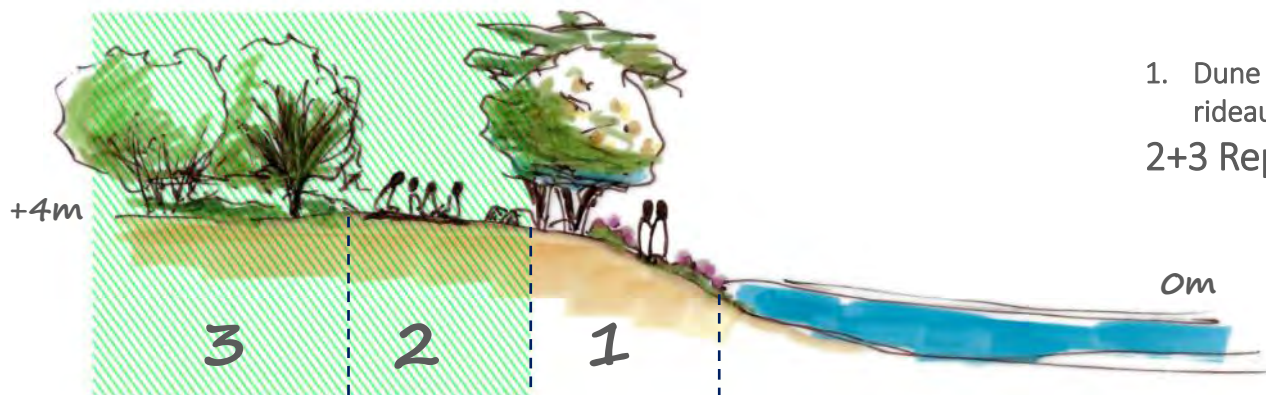


1. Dune à Ipomée/liane avec passage et rideau arbustif à conserver
2. Emplacement anciens bangas
3. Friche agricole à EEE

Placettes en arrière-plage de *Mtsanga Antakoujda*

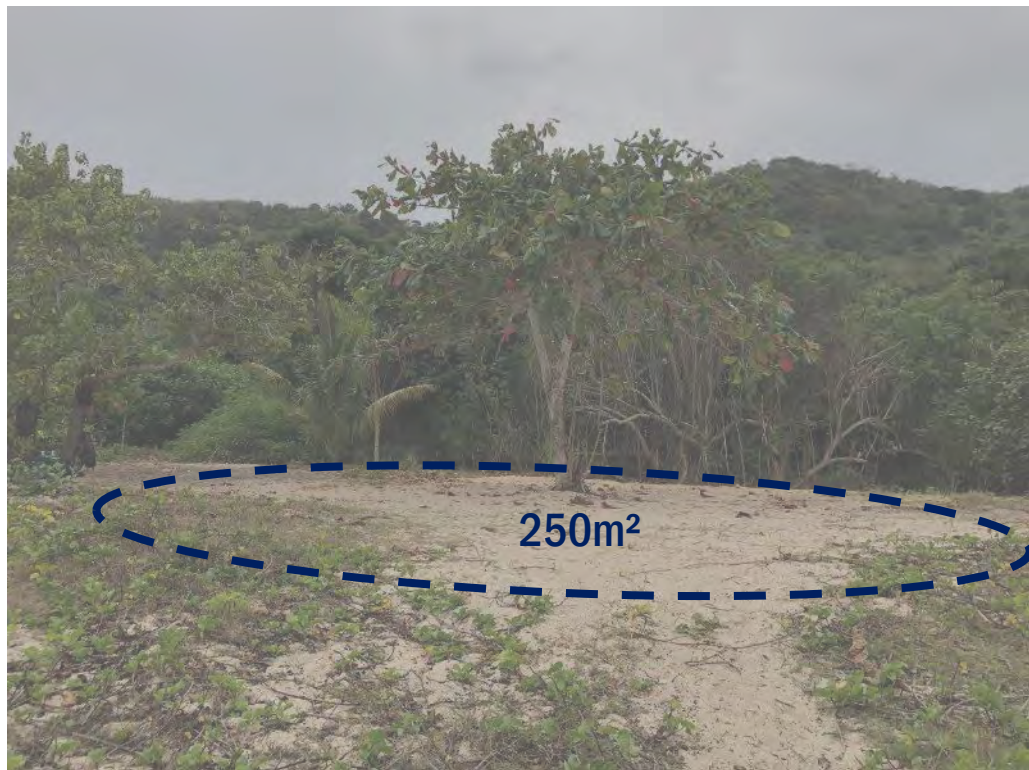


Des emplacements de 40 à 400 m² laissés à nu après la démolition des bangas en haut de plage



1. Dune à Ipomée/liane avec passage et rideau arbustif à conserver
- 2+3 Replantation arrière-plage

Placettes à reboiser en arrière-plage de *Mtsanga Antakoujda*



1



Placettes à reboiser en arrière-plage de *Mtsanga Antakoujda*



2

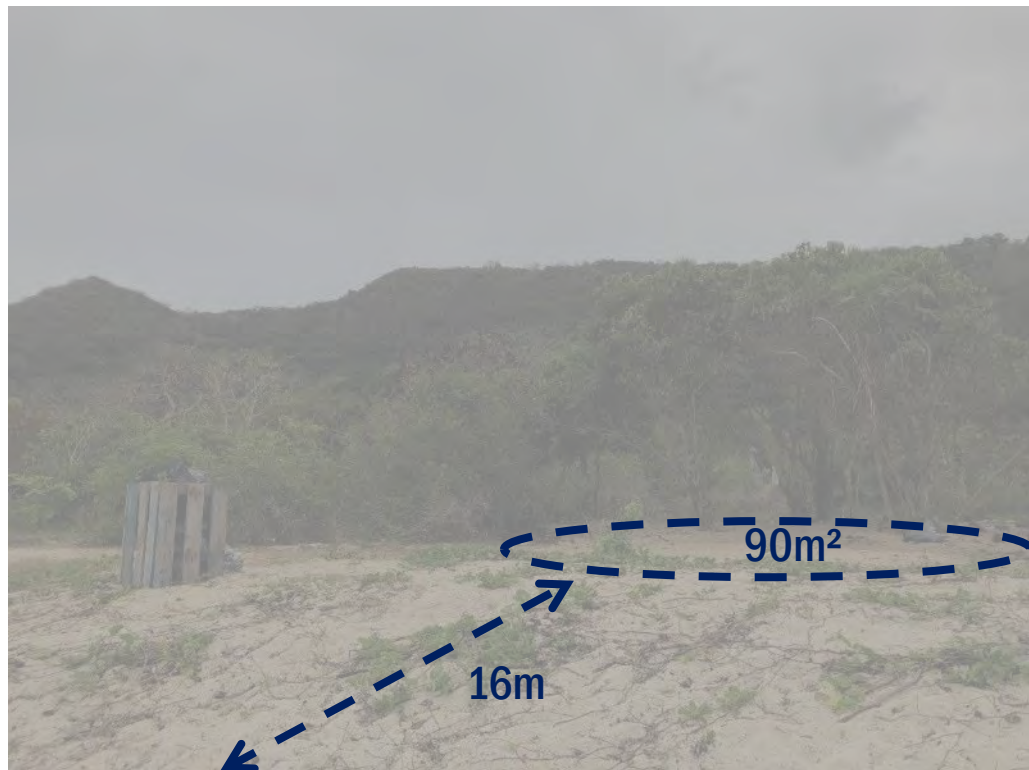
Placettes à reboiser en arrière-plage de *Mtsanga Antakoujda*



3

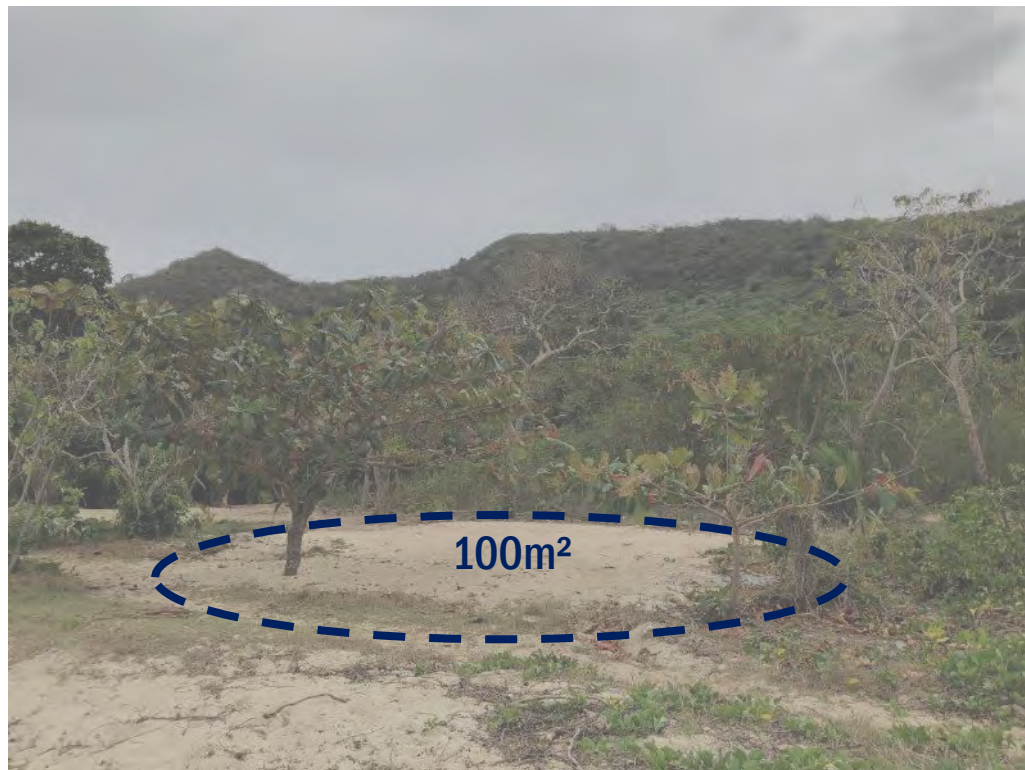


Placettes à reboiser en arrière-plage de *Mtsanga Antakoujda*



4

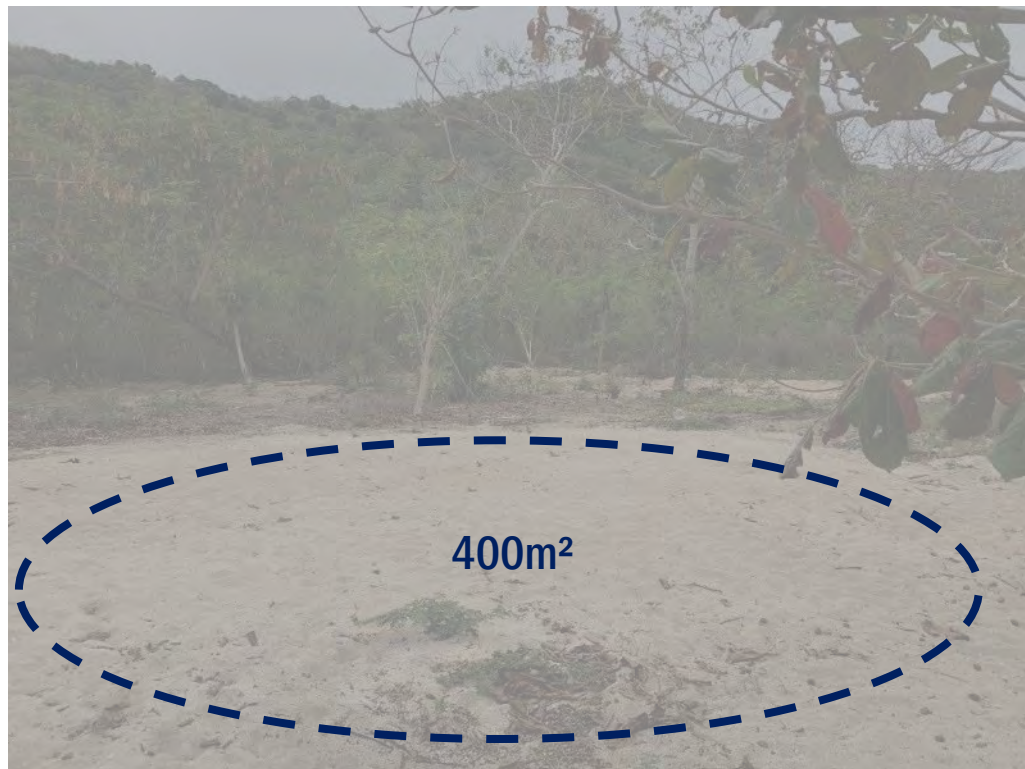
Placettes à reboiser en arrière-plage de *Mtsanga Antakoujda*



5



Placette réinvestie en aire de bivouac (hamacs + tentes)



6

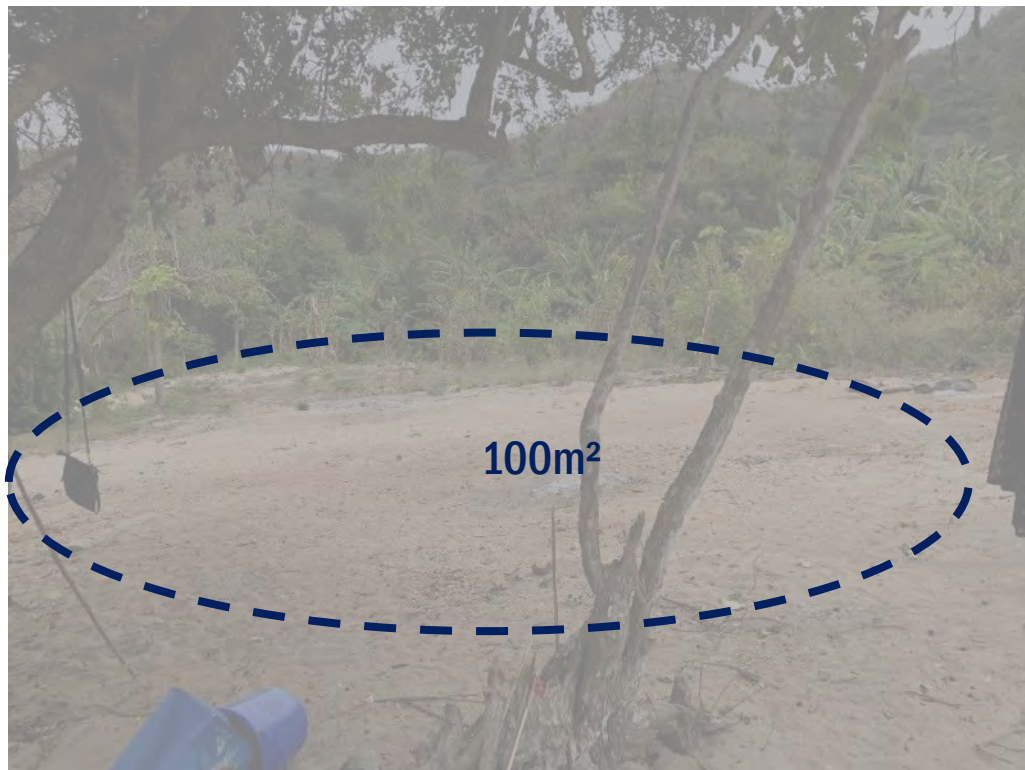


Placette réinvestie en aire de bivouac (hamacs + tentes)



7

Placette réinvestie en aire de bivouac (hamacs + tentes)



8

Placette réinvestie en aire de bivouac (hamacs + tentes)



9

Aménagement de *Mtsanga Antakoudja*



Une ré-exploitation partielle des placettes

Des espaces voués aux usages de jour (pique-nique) et de nuit (bivouac, village) entrecoupés de portions de plage préservées

Aménagement de *Mtsanga Antakoudja*



Une ré-exploitation partielle des placettes

Des espaces voués aux usages de jour (pique-nique) et de nuit (bivouac, village) entrecoupés de portions de plage préservées

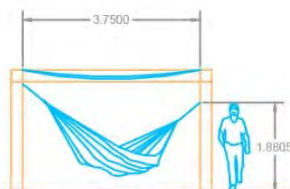
Aménagement de *Mtsanga Antakoudja* conception aire de bivouac hamac et tente

Support hamac plage

avec toiture végétale



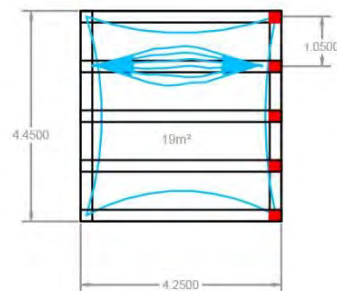
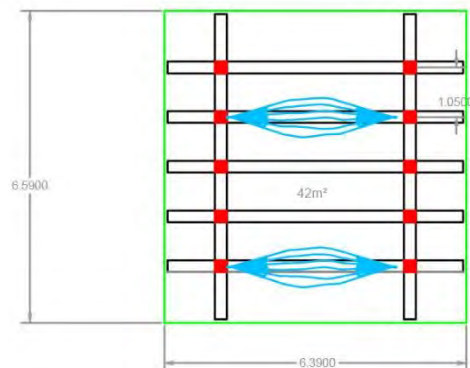
sans toiture
(voile tendue)



*Toiture végétale ou
toile tendue*

*Des modules pour 5
hamacs plus ou moins
imposants/discrets*

PC

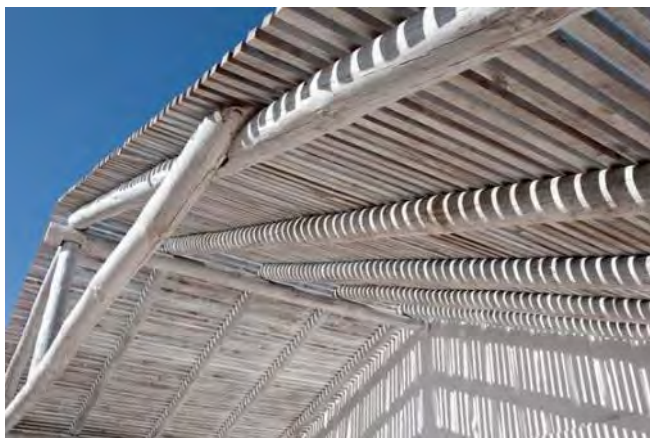


Version sans PC



Aménagement de *Mtsanga Antakoudja* références aire de bivouac hamac et tente

Toiture végétale ou toile tendue



Aménagement de *Mtsanga Antakoudja* références aire de pique-nique et restauration haut de plage



*Services touristiques depuis
le village traditionnel*



*Aménagements réemploi
pré démolition ADINM*

Aménagement de *Mtsanga Antakoudja* références aire de pique-nique et restauration haut de plage



*Aménagements réemploi
pré démolition ADINM*

*Restauration plage ilot
Bandrélé : Ipomée et
contention légère*

3.2. Description des aménagements maritimes

3.2.1. Implantation et calage altimétrique du ponton

Le programme du Maitre d'ouvrage prévoyait le besoin d'accostage au ponton pour deux navires d'un gabarit pouvant aller jusqu'à 7 tonnes et 1,5m de tirant d'eau. A ceci, nous ajouterons un pied de pilote à 1m.

Il faudra donc garantir une hauteur d'eau de 2m quel que soit le niveau marin pour l'accostage au ponton. Nous avons représenté cette isobathe autour de l'îlot Mtsamboro (niveau bathymétrique -4.5mNGM), garantissant un tirant d'eau suffisant pour un atterrissage en condition de marée de basse mer de vives eaux exceptionnelles.

Cela se traduit par une longueur nécessaire du ponton d'environ 200m.

Cf. Ponton-masse et profil en long

Le niveau marin le plus haut étant défini à 2.90mNGM selon le scénario 4 du projet CYCLOREF, en tenant compte également de la configuration du rivage rocheux, nous retiendrons un niveau de platelage à 4mNGM pour le ponton.

Position du ponton et niveau approximatif de 4mNGM



Figure 17 Repérage du niveau du ponton à la cote 4mNGM

3.2.2. Les matériaux du ponton

Le ponton sera construit à base de métaux et de bois :

- une structure en aluminium appuyée directement sur les têtes de pieux en acier,

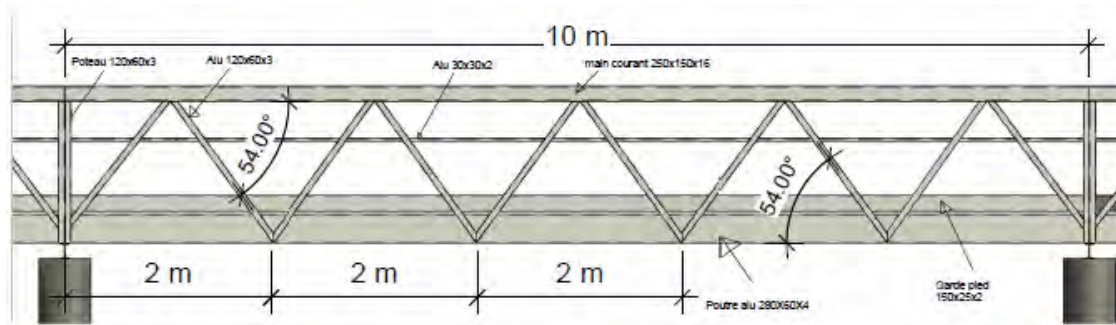


Figure 18 Structure en aluminium

- un plancher réalisé en caillebotis en PE.

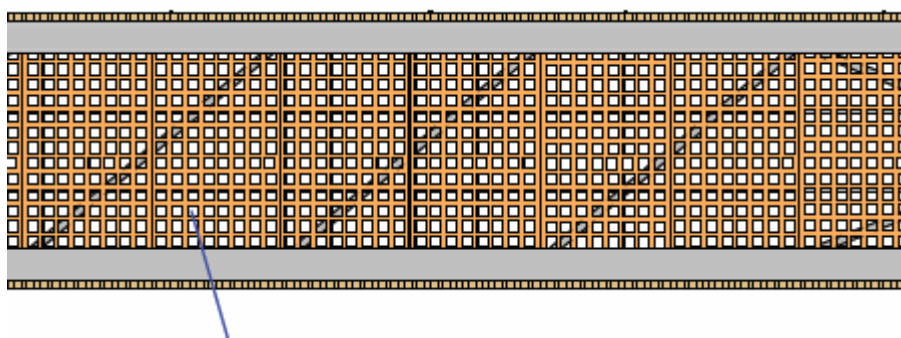
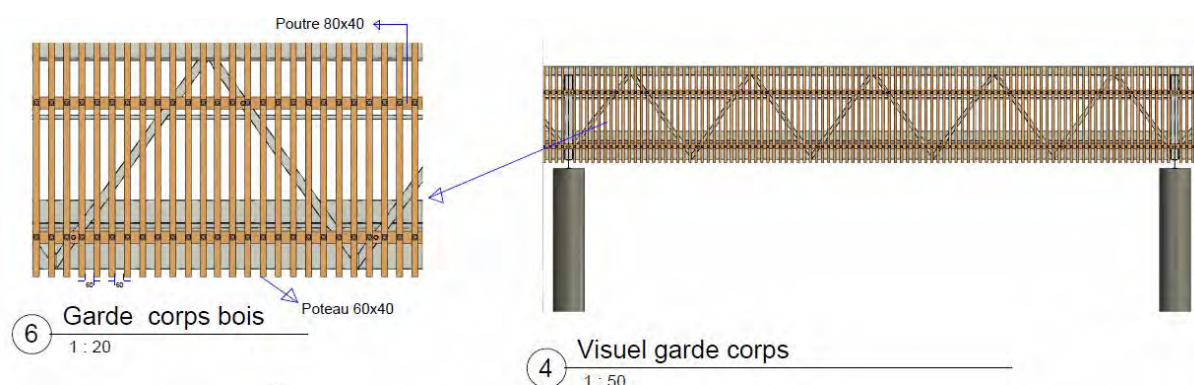


Figure 19 Caillebotis en PE

Afin de réduire l'impact visuel des matériaux métalliques, l'ouvrage préserve un esprit naturel par l'usage du bois en garde-corps. Cet ouvrage est réalisé en clairevoie de carrelats de bois 60mmx40mm.



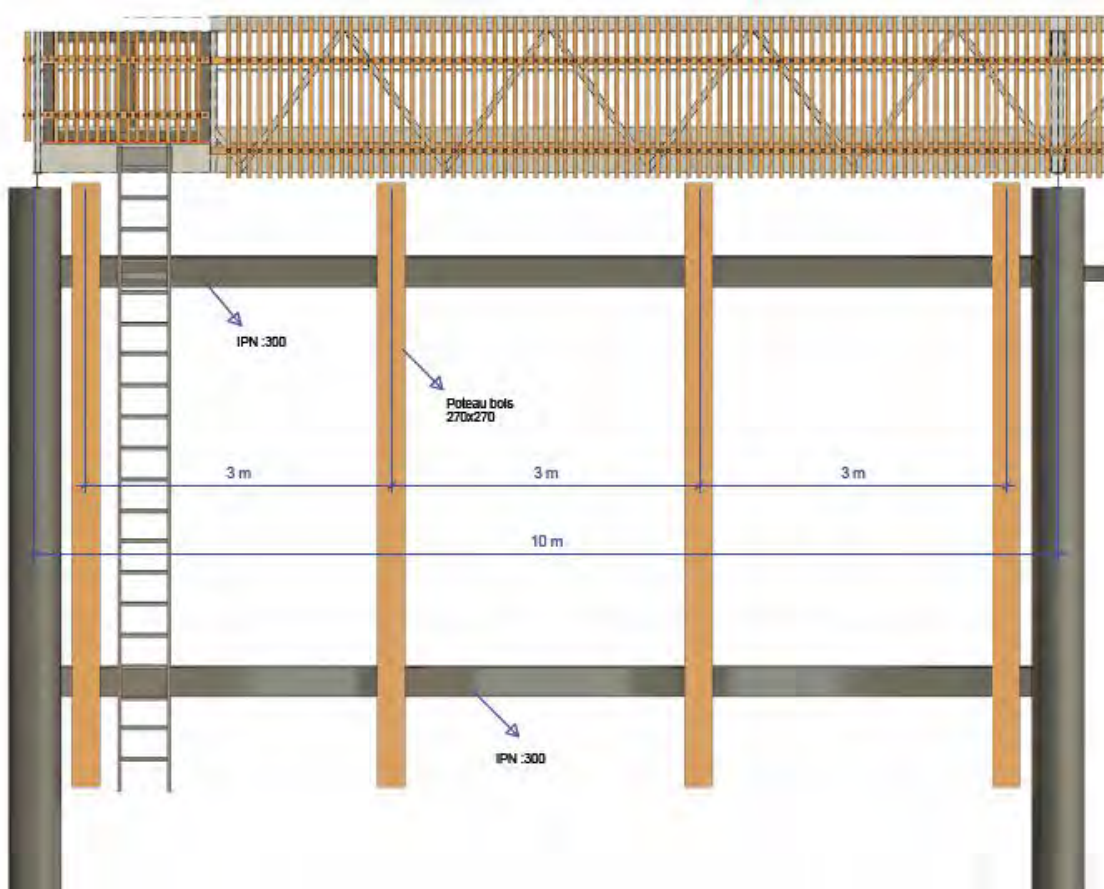
3.2.3. Les pieux du ponton

A ce stade d'étude (avant-projet), nous n'avons pas encore les résultats des reconnaissances géotechniques. Le diamètre, le nombre et la profondeur d'ancrage des pieux ne peuvent être calculés. En première approximation, nous avons pris comme hypothèse :

- Des pieux de diamètre 500mm,
- Deux pieux en portique espacés de 10m,
- Une longueur de fiche équivalente à la partie hors sol pour chacun des pieux.

3.2.4. Les équipements pour accostage

En bout de ponton, afin de permettre l'accostage et de faciliter les phases de chargement ou de déchargement des navires, un ensemble de poteaux bois seront fixé sur la structure métallique pour arrimer les navires et des échelles serviront à la montée ou descente du ponton en fonction du niveau marin.



4. Cadrage réglementaire

D'après l'analyse des codes nationaux en vigueur, le projet sera soumis à différentes réglementations

4.1. Code de l'urbanisme

- Permis de construire ou d'aménager
 - Faré de repos ponton Majiméouni : 134 m² / Demande de permis de construire (PC)
 - Tour d'observation : 19,25 m² / Demande de permis d'aménager (PA)
 - Support hamac Antakoudja :
 - Avec toiture : 42 m² / PC
 - Sans toiture : 19 m² / PA
 - Le ponton est soumis à permis d'aménager
- Loi littoral et Espaces Remarquables du Littoral (ERL): espaces terrestres et marins, sites et paysages remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel et culturel du littoral, et les milieux nécessaires au maintien des équilibres biologique
 - Article L121-24: Des aménagements légers (définis selon art. R.121-5) peuvent être implantés dans ces espaces et milieux lorsqu'ils sont nécessaires à leur gestion, à leur mise en valeur notamment économique ou, le cas échéant, à leur ouverture au public, et qu'ils ne portent pas atteinte au caractère remarquable du site
 - Projet d'aménagement soumis, préalablement à leur autorisation, à enquête publique et à l'avis de la Commission Départementale de la Nature, des Paysages et des Sites (CDNPS)
- **Zone des 50 pas géométriques (ZPG)** : inconstructible à l'exception de certaines activités nécessitant la proximité immédiate de l'eau
- PLU de Mtsamboro : sous-secteur de la zone naturelle NL « secteur naturel strict de protection forte »
 - Zone à protéger strictement contre la construction de bâtiments nouveaux, notamment au niveau de la ZPG / Terrains de camping et structures démontables d'hébergement interdites :
 - Aire de bivouac Antakoudja ? Faré de repos ponton Majiméouni ?

- Possibilité d'accueillir ponctuellement des installations liées à la découverte et à la mise en valeur des paysages/milieux
- Possibilité d'accueillir des équipements nécessaires au bon fonctionnement des services publics s'ils ne dénaturent pas le caractère des lieux, les paysages ou les milieux
 - Plages de ponte tortue à préserver
- Mesures compensatoires à mettre en œuvre : maintien équilibres littoraux et continuité littorale
 - Réaménagement et restauration plage Antakoudja

Eventuellement **déclaration de projet au titre du code de l'urbanisme** nécessaire au regard du PLU actuel (structures d'hébergement) et en anticipation du futur PLUi-Hm de la CAGNM

4.2. Codes environnementaux

- Au sens de l'article R122-2 du code de l'environnement, le projet sera soumis à étude cas par cas :

9. Infrastructures portuaires, maritimes et fluviales. ;

- Au sens de l'article L214-1 à L214-3 du code de l'environnement, le projet sera soumis à autorisation au titre de la loi sur l'eau :

4.1.2.0. Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu : 1° D'un montant supérieur ou égal à 1 900 000 euros

- Dérogation espèces protégées

La présence de ces espèces protégées déclenche une procédure réglementaire spécifique, à savoir la réalisation d'un dossier de demande de dérogation au titre de l'article L.411-2 du code de l'environnement. Ce dossier, instruit par la DEAL, sera soumis au Conseil National du Patrimoine Naturel (CNPN)

5. Coût d'opération et planification

5.1. Cout des travaux

L'estimation du coût des travaux est basée sur une base de prix actualisée au premier semestre 2022.

5.1.1. Des aménagements terrestres

5.1.1.1. Les sentiers



Figure 20 Repérage des sentiers

L'estimation des coûts d'aménagements de sentiers a été subdivisée en 6 sentiers.

Tableau 1 Coût estimatif des sentiers

1. Boucle touristique	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage ml	1680	10.00 €	16 800.00 €
Reprofilage ml	270	50.00 €	13 500.00 €
Main courante ml	45	400.00 €	18 000.00 €
Balisage U	17	500.00 €	8 500.00 €
Panneaux règlement accès U	2	350.00 €	700.00 €
Panneaux info milieux U	12	600.00 €	7 200.00 €
Confortement point de vue U	3	250.00 €	750.00 €
TOTAL			65 450.00 €

2. Accès observatoire	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage ml	400	10.00 €	4 000.00 €
Reprofilage ml	240	50.00 €	12 000.00 €
Main courante ml	75	250.00 €	18 750.00 €
Balisage U	4	500.00 €	2 000.00 €
Panneaux règlement accès U	1	350.00 €	350.00 €

Panneaux info milieux U	2	600.00 €	1 200.00 €
TOTAL			38 300.00 €

3. Accès Majiméouni - Antakoudja	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage ml	1526	10.00 €	15 260.00 €
Reprofilage ml	245	50.00 €	12 250.00 €
Main courante ml	45	250.00 €	11 250.00 €
Balisage U	15	500.00 €	7 500.00 €
TOTAL			46 260.00 €

4. Jonction Ouest	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage ml	255	10.00 €	2 550.00 €
Reprofilage ml		50.00 €	0.00 €
Main courante ml		250.00 €	0.00 €
Balisage U	3	500.00 €	1 500.00 €
TOTAL			4 050.00 €

5. Accès Antakoudja - Mwéou	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage ml	1316	10.00 €	13 160.00 €
Reprofilage ml	320	50.00 €	16 000.00 €
Main courante ml	140	250.00 €	35 000.00 €
Balisage U	13	500.00 €	6 500.00 €
TOTAL			70 660.00 €

6. Jonction crête	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage ml	802	10.00 €	8 020.00 €
Reprofilage ml	202	50.00 €	10 100.00 €
Main courante ml	40	250.00 €	10 000.00 €
Balisage U	8	500.00 €	4 000.00 €
TOTAL			32 120.00 €

TOTAL ensemble sentiers			256 840.00 €
--------------------------------	--	--	---------------------

5.1.1.2. Les aménagements divers

Les aménagements divers comprennent les farés, la tour d'observation et les ouvrages du programme d'aménagements de la plage d'Antakoudja.

Tableau 2 Coût estimatif des aménagements divers

Observatoire	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage m ²	300	10.00 €	3 000.00 €
Tour d'observation U	1	250 000.00 €	250 000.00 €
TOTAL			253 000.00 €

Faré repos Majiméouni	Quantité	Prix unitaire	Montant
Débroussaillage/nettoyage m ²	500	10.00 €	5 000.00 €
Faré de repos U	1	180 000.00 €	180 000.00 €
TOTAL			185 000.00 €

Plage Antakoudja	Quantité	Prix unitaire	Montant
Table banc U	12	5 000.00 €	60 000.00 €
Structure hamac <u>sans toiture</u> U	5	20 000.00 €	100 000.00 €
<i>Option toiture</i> U	5	8 000.00 €	40 000.00 €
Replantation arrière-plage	10000	10.00 €	100 000.00 €
Clôture basse ml	350	45.00 €	15 750.00 €
Panneaux règlement usages U	3	350.00 €	1 050.00 €
Panneaux info milieux U	2	600.00 €	1 200.00 €
TOTAL hamac sans toiture			278 000.00 €
TOTAL hamac avec toiture			318 000.00 €
TOTAL aménagement terrestres			716 000.00 €

5.1.1.3. Coût global des aménagements terrestres

Il en ressort le coût global des aménagements terrestres suivant :

Tableau 3 Coût estimatif des aménagements terrestres

1. Boucle touristique	Montant
TOTAL	65 450.00 €
2. Accès observatoire	Montant
TOTAL	38 300.00 €
3. Accès Majiméouni - Antakoudja	Montant
TOTAL	46 260.00 €
4. Jonction Ouest	Montant
TOTAL	4 050.00 €
5. Accès Antakoudja - Mwéou	Montant
TOTAL	70 660.00 €
6. Jonction crête	Montant
TOTAL	32 120.00 €
TOTAL ensemble sentiers	256 840.00 €
Observatoire	Montant
TOTAL	253 000.00 €
Faré repos Majiméouni	Montant
TOTAL	185 000.00 €
Plage Antakoudja	Montant
TOTAL hamac sans toiture	278 000.00 €
TOTAL hamac avec toiture	318 000.00 €
TOTAL aménagement terrestres (hamac sans toiture)	716 000.00 €
TOTAL ensemble	972 840.00 €

5.1.2. Des aménagements maritimes

Tableau 4 : coût des travaux du point de débarquement

LIBELLE	UNITE	QUANTITES	PU	MONTANT
INSTALLATION ET REPLIEMENT DE CHANTIER	Frft	1.00	250 000.00 €	250 000.00 €
DOSSIER D'EXECUTION	U	1.00	18 000.00 €	18 000.00 €
DOSSIER DES OUVRAGES EXECUTES (DOE)	U	1.00	7 000.00 €	7 000.00 €
PLAN PARTICULIER DE PROTECTION ET DE PREVENTION DE LA SANTE (P.P.S.P.S.)	Frft	1.00	1 350.00 €	1 350.00 €
PLAN D'ASSURANCE QUALITE (P.A.Q.)	Frft	1.00	950.00 €	950.00 €
PLAN DE GESTION DES DECHETS DE CHANTIER (P.G.E.D.)	Frft	1.00	950.00 €	950.00 €
PIEU METALLIQUE DE 6M	U	2.00	18 000.00 €	36 000.00 €
PIEU METALLIQUE DE 10M	U	24.00	24 000.00 €	576 000.00 €
PIEU METALLIQUE DE 12M	U	6.00	28 800.00 €	172 800.00 €
PIEU METALLIQUE DE 16M	U	4.00	38 400.00 €	153 600.00 €
PIEU METALLIQUE DE 22M	U	2.00	52 800.00 €	105 600.00 €
RENFORT ACIER (IPN300/200)	m	170.00	210.00 €	35 700.00 €
MODULE ALUMINIUM - PORTEE 10M AVEC PLATELAGE PE	U	19.00	28 000.00 €	532 000.00 €
STRUCTURE BOIS GARDE-CORPS	m ³	22.80	4 500.00 €	102 600.00 €
MODULE DE LIAISON ENTRE PONTON-ILOT	U	1	45 000.00 €	45 000.00 €
EQUIPEMENT ACCOSTAGE (POTEAUX-EHELLE)	Frft	1.00	6 500.00 €	6 500.00 €
PORTIQUE ENTREE	U	1	12 500.00 €	12 500.00 €
			TOTAL	2 056 550.00 €

5.1.3. Récapitulatif

Le tableau ci-dessous reprend le montant travaux par type d'ouvrage.

Tableau 5 : Coût total des travaux

Désignation	Montant
<i>Les sentiers</i>	256 840.00 €
<i>Les aménagements terrestres divers</i>	716 000.00 €
<i>Les aménagements maritimes</i>	2 056 550.00 €
TOTAL	3 029 390.00 €

Le montant total des travaux est estimé en phase d'avant-projet à

Trois millions vingt-neuf mille trois cent quatre-vingt-dix euros

5.2. Coût d'opération

5.2.1. Missions géotechniques

Nous préconisons de réaliser des missions géotechniques de type G01-G02_PRO et une mission G03 sera confiée à l'entreprise.

Pour la mission G01-G02_PRO, le programme de reconnaissance sera a minima la réalisation de 2 essais pressiométriques descendus à 20 m au droit du ponton. Au droit des farés et autres constructions, nous baserons les études de structure sur des hypothèses. Les fondations seront essentiellement de type pieux de petits diamètres, adaptés à ces constructions légères.

5.2.2. Etudes environnementales

Les études environnementales marines sont confiées à CREOCEAN.

5.2.3. CSPS

Les ouvrages étant séparés géographiquement, le recours à une mission CSPS n'est pas nécessaire.

5.2.4. CT

Les ouvrages nécessitent le recours à un contrôleur technique. La mission que nous vous proposons de confier à ce dernier sera la mission LP, relative à la solidité des ouvrages.

5.2.5. Détail du coût d'opération

Le coût d'opération estimé est arrondi à Trois millions trois cent Trente-cinq mille euros.

Tableau 6 : Coût d'opération

DESIGNATION	MONTANT
COUT DES TRAVAUX	3 029 390.00 €
MAITRISE D'ŒUVRE	177 826.00 €
ETUDE GEOTECHNIQUE	85 000.00 €
ETUDE ENVIRONNEMENTALE	27 595.60 €
CT	15 146.95 €
TOTAL	3 334 958.55 €

5.2 Planification de l'opération

Le calendrier opérationnel ci-dessous permet de visualiser l'enchaînement des différentes phases nécessaires au bon déroulement de l'opération. La mission géotechnique est sur le chemin critique pour la réalisation des études de niveau projet.

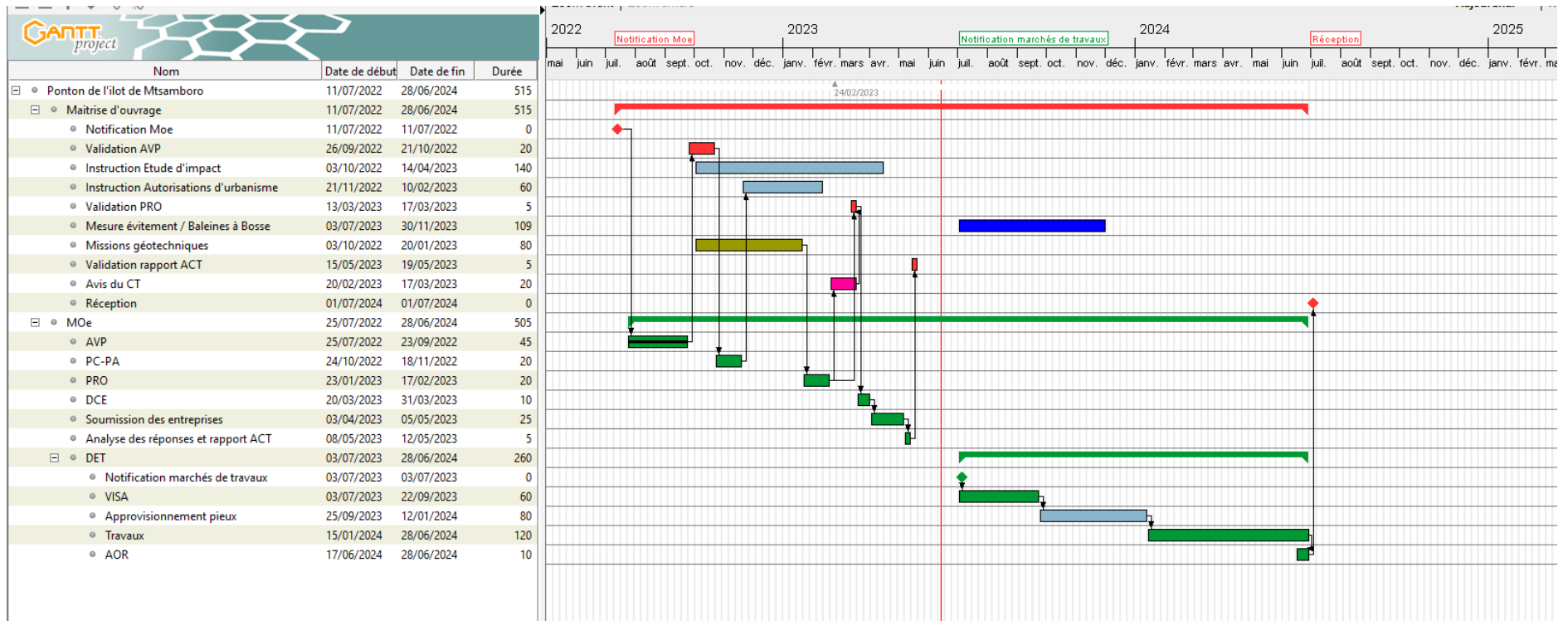


Figure 21 Calendrier opérationnel mise à jour au 12/06/2023

6. Conclusion

Le présent dossier établi dans le cadre de la mission avant-projet des études techniques, a permis d'établir un diagnostic de la zone d'étude, d'en comprendre les dysfonctionnements et les contraintes, de définir les enjeux puis de proposer des solutions d'aménagements en adéquation avec le plan de valorisation et de préservation de l'îlot de M'Tsamboro (CELRL) et d'en définir les coûts.

En comparaison avec l'étude de faisabilité, le coût d'investissement évolue de 2,1M€ à 3M€. Les augmentations remarquables sont relatives aux :

- aménagements terrestres divers : à l'instar du faré de repos, la surface prévue d'une douzaine de m² en faisabilité est passée à plus de 130m² en avant-projet. Entre ces 2 phases, la surface des farés touristiques a évolué également de 12m² à 19m² et leur nombre de 3 à 5.
- Le ponton : le coût de travaux maritimes a augmenté quant à lui d'environ 900k€. Cette variation s'explique principalement par deux phénomènes :
 - l'évolution des prix des matériaux durant l'année passée,
 - l'allongement du ponton qui passe de 130m en étude de faisabilité à 200m au stade de cet avant-projet. Cet allongement est la résultante du changement d'implantation, suite à expertise du milieu naturel et des enjeux environnementaux. Il s'agit donc d'une mesure de réduction présentée par au sein du dossier de dérogation des espèces protégées.

Quelques pistes d'économie sont envisageables :

- La réalisation des reconnaissances géotechniques nous permettra d'affiner les longueurs d'ancrage des pieux. Notre approche s'est voulue sécuritaire.
- La réduction de la longueur du ponton. Ceci est conditionnée par le navire de projet à prendre en compte et le pied de pilote retenu.
- Le programme des aménagements terrestres : surface des farés, nombre.

Il appartient maintenant au Maître d'ouvrage de valider cette phase d'étude. La suite des études techniques se composeront des demandes d'autorisations au titre du code de l'urbanisme (permis de construire/permis d'aménager) et de la réalisation des missions géotechniques nécessaires à la poursuite des études techniques (niveau projet).

7. Ouverture vers la phase Projet

A la suite de la présentation de la phase d'Avant-Projet auprès des différents acteurs de l'îlot ainsi que des premiers retours des services instructeurs des études environnementales, le projet s'orientera pour la phase Projet vers :

- Aménagement terrestre divers :
 - o Réalisation de 4 farés d'une superficie inférieure à 15m². il sera privilégié des aménagements pouvant être facilement démontables.
 - o 3 farés seront positionnés sur la plage de Antakoudja et 1 faré sera positionné à proximité du ponton



Figure 22 : Exemple de faré à mettre en place

- Aménagement maritime :
 - o L'estacade ne sera pas « ouverte » à l'ensemble des plaisanciers. En effet, afin de limiter l'accès à l'îlot, des panneaux d'informations ainsi qu'un portillon à serrure seront mis en place.

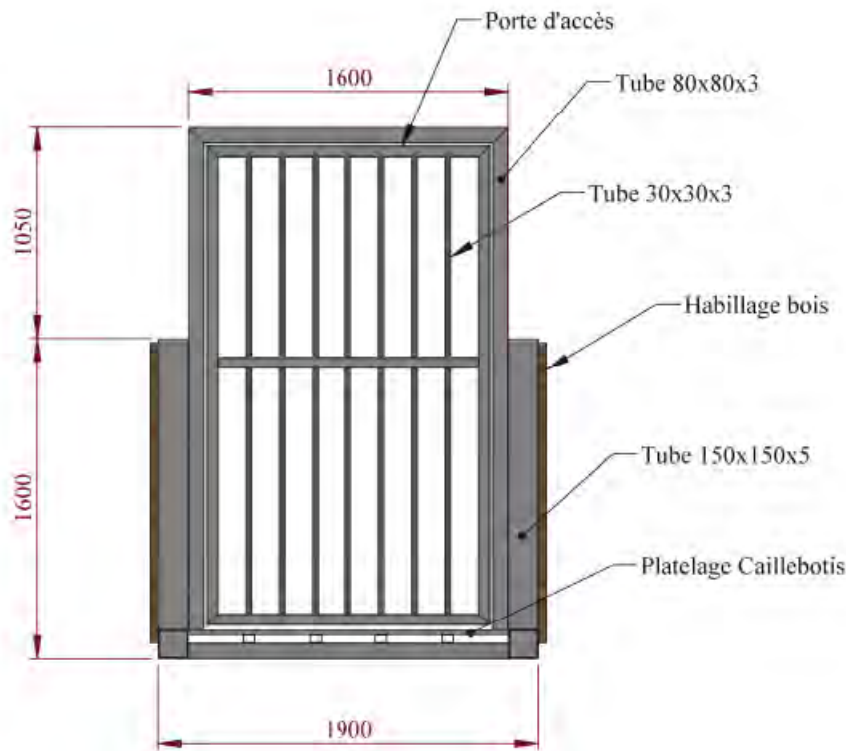


Figure 23 : Détail du portique d'entrée à l'estacade


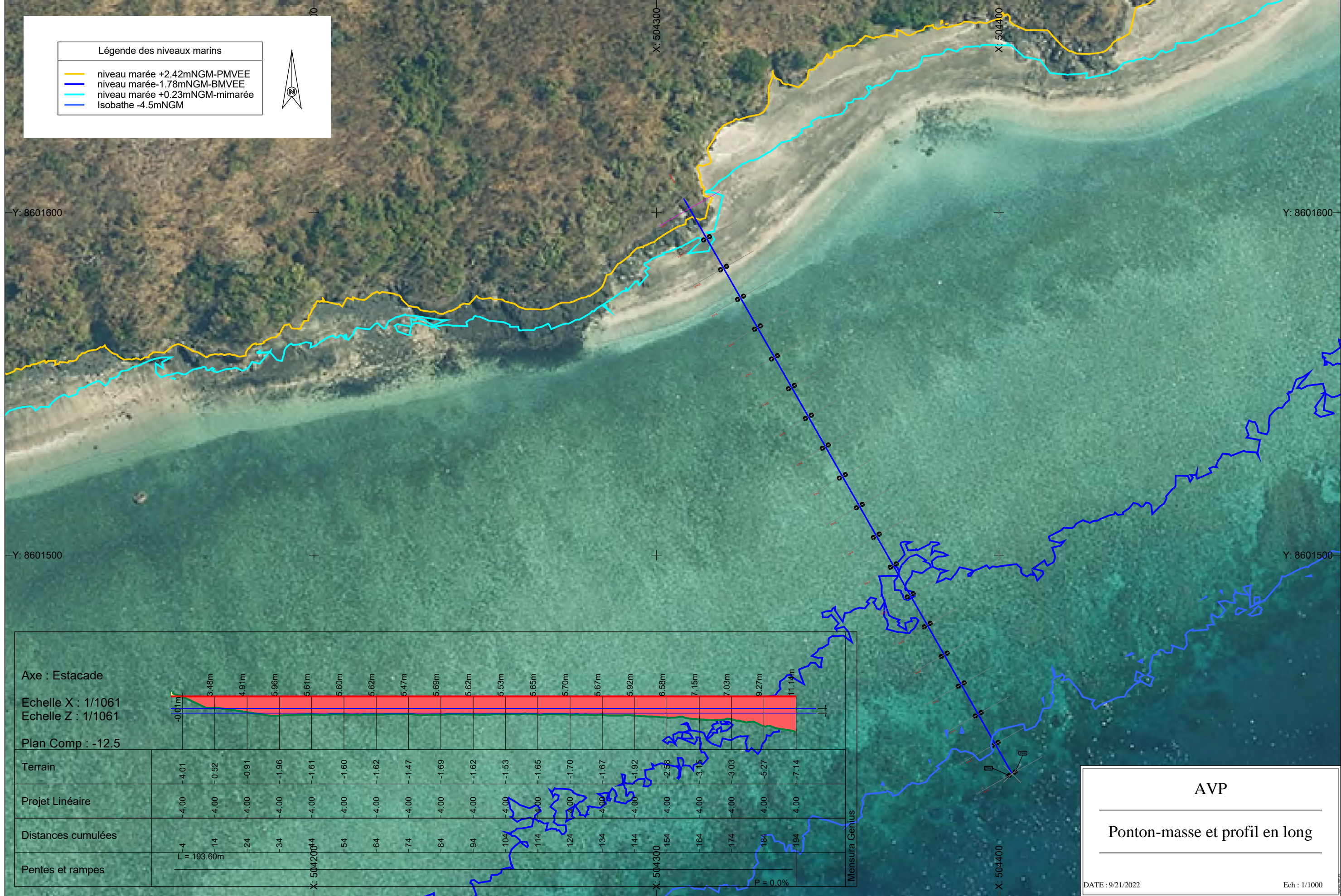
- L'estacade sera utilisée par (suivant les premiers retour, l'organisation de chaque entité n'étant pas encore figée à ce stade opérationnel):
 - La police municipale de M'Tsamboro à raison de 2 à 3 visites par semaine. A terme la constitution par l'intercommunalité du Nord d'une Police Environnemental prendra la relève de la Police municipale.
 - L'ADINM à raison de 2 à 3 visites par semaine.
 - Le Parc Marin à raison de 2 à 3 visites par mois.
 - Le conservatoire du littoral à raison de 2 à 3 visites par mois
 - Les Forces de sécurité et de secours à raison de 2 à 3 visites par semaine.
- Pour limiter les effets induits par la mise en place des pieux, la recherche d'une solution technique permettant de diminuer le nombre de pieux sera étudié. En première analyse, le nombre de pieux pourra être diminué par 2. Cette solution ne pourra être validé qu'après la réalisation des essais géotechnique.

8. Liste des plans

8.1. Ponton-masse et profil en long

Légende des niveaux marins

- niveau marée +2.42mNGM-PMVEE
- niveau marée -1.78mNGM-BMVEE
- niveau marée +0.23mNGM-mimarée
- Isobathe -4.5mNGM

Axe : Estacade

Echelle X : 1/1061

Echelle Z : 1/1061

Plan Comp : -12.5

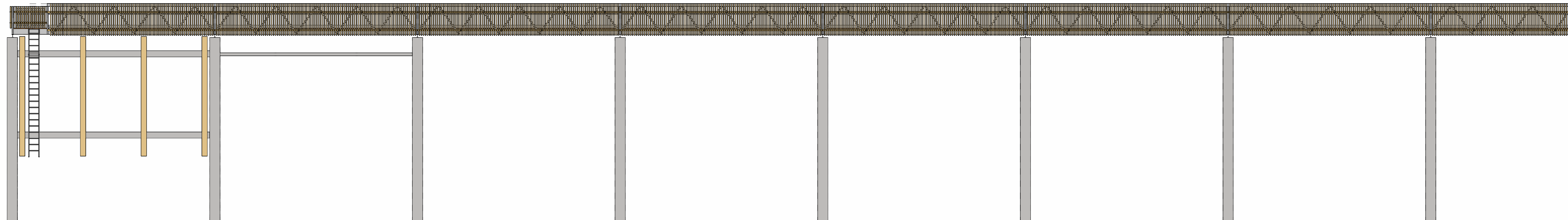
Terrain	-4.01	0.52	-0.91	-1.96	-1.61	-1.60	-1.62	-1.47	-1.69	-1.62	-1.53	-1.65	-1.70	-1.67	-1.92	-2.58	-3.15	-3.03	-5.27	-7.14
Projet Linéaire	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00
Distances cumulées	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154	164	174	184	194
Pentes et rampes	P = 0.0%																			

AVP

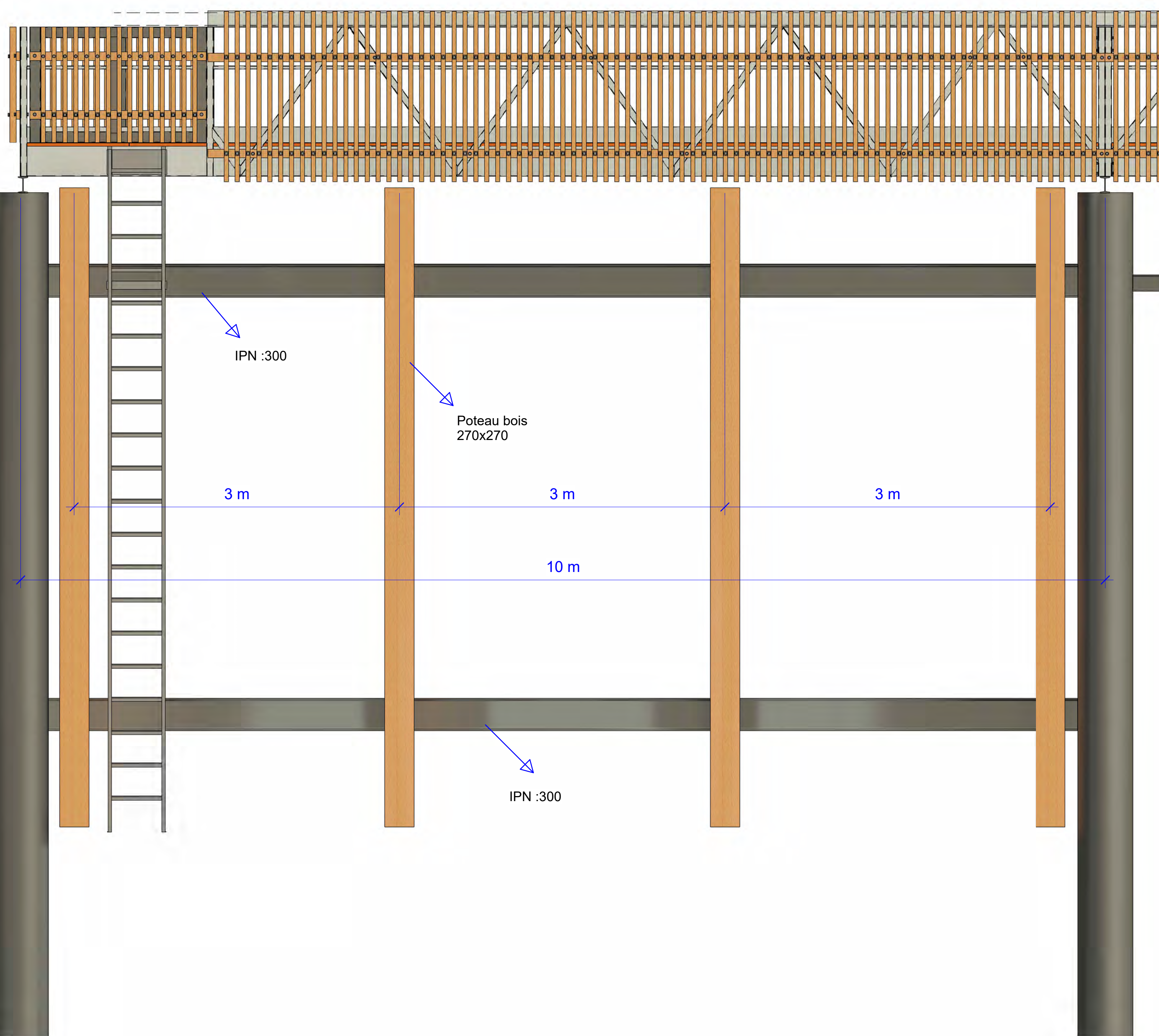
Ponton-masse et profil en long

DATE : 9/21/2022 Ech : 1/1000

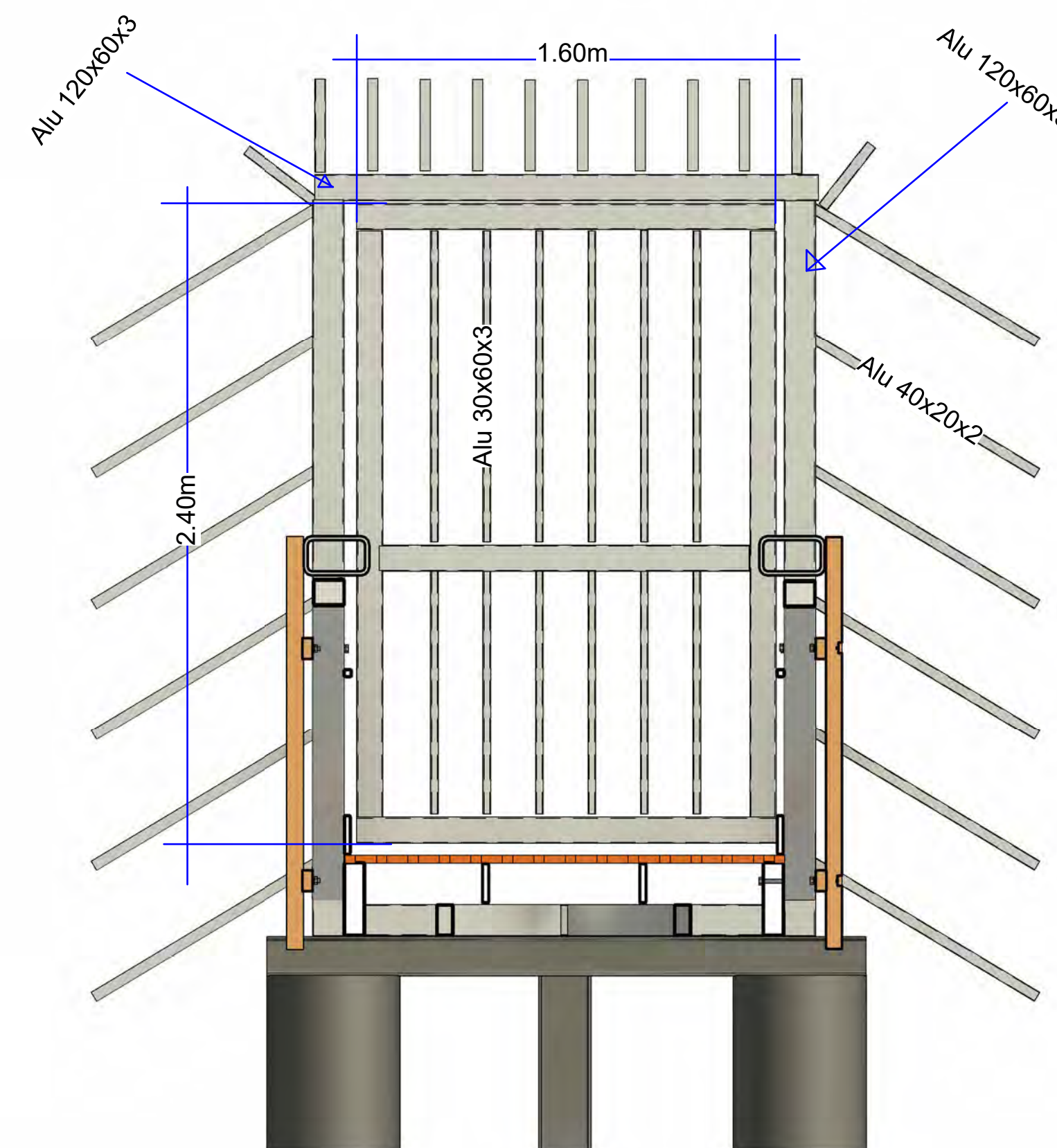
8.2. Plans Estacade 2 pieux



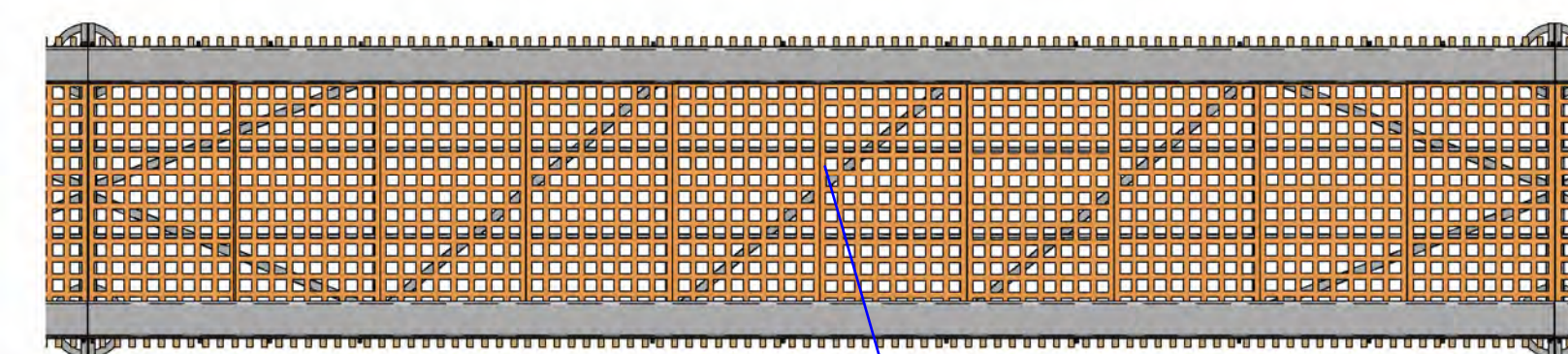
1 Profil en long
1 : 100



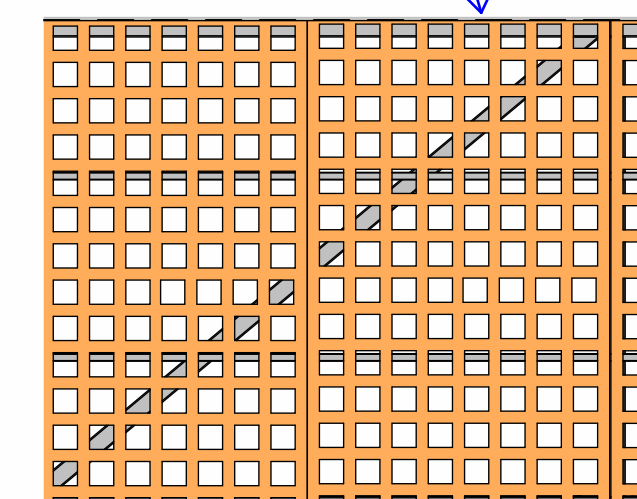
3 Détail fin ponton
1 : 25



6 Détail portique d'entrée
1 : 20



2 Détail structure plancher
1 : 50



5 Caillebotis plastique PE
1 : 25

Ponton de l'île de m'tsamboro

MAITRE D'OUVRAGE
COMMUNE DE MTSAMBORO 97630



MAITRE D'OEUVRE

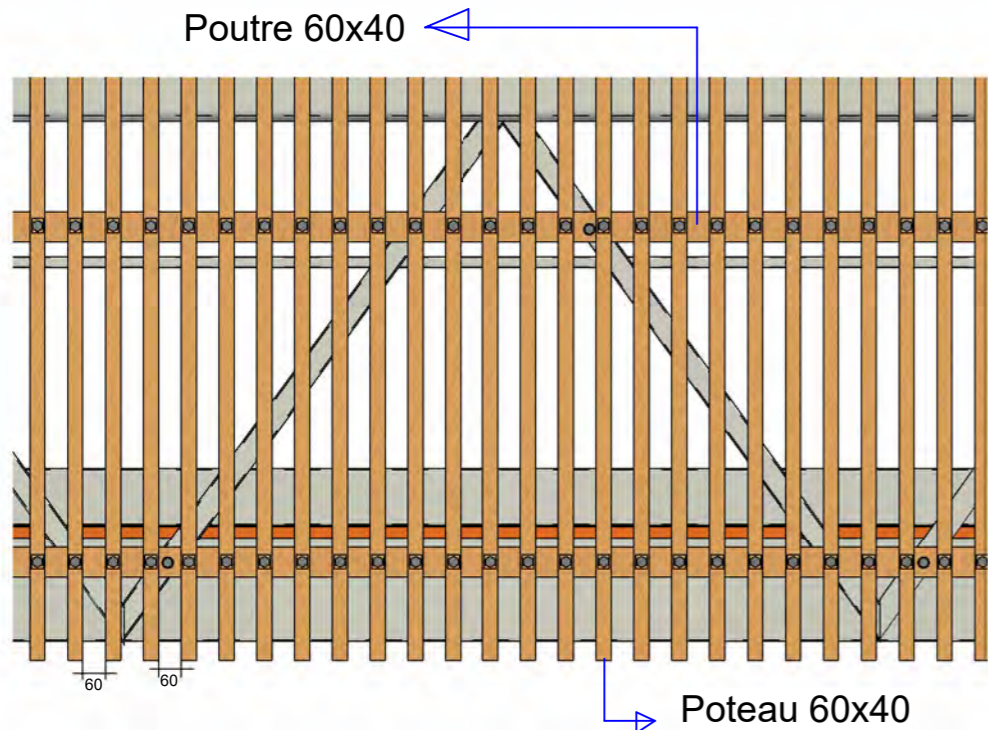


Estacade

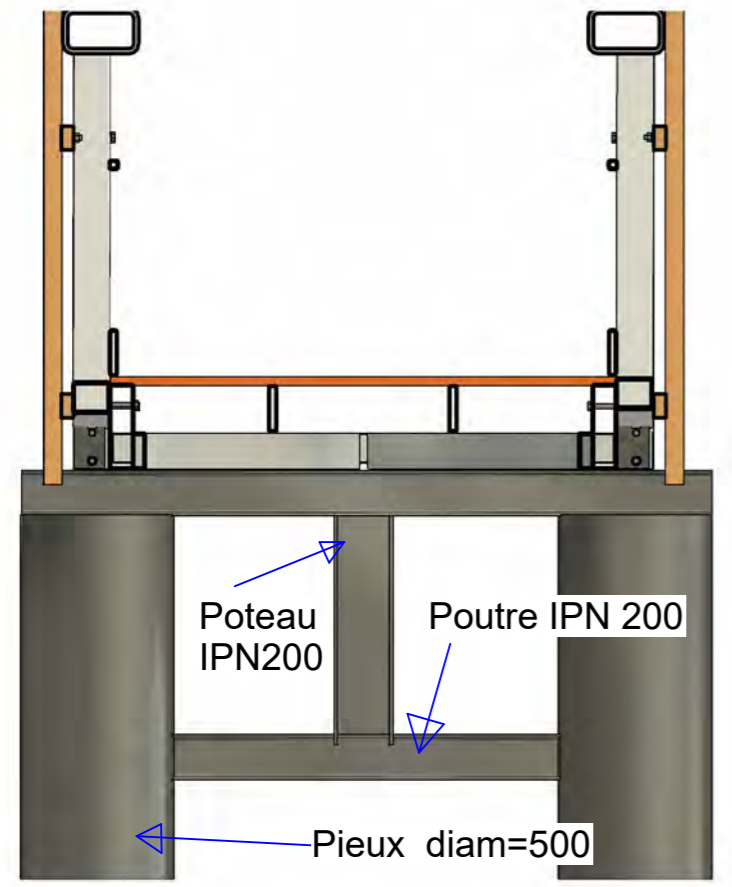
Avant-Projet

A108

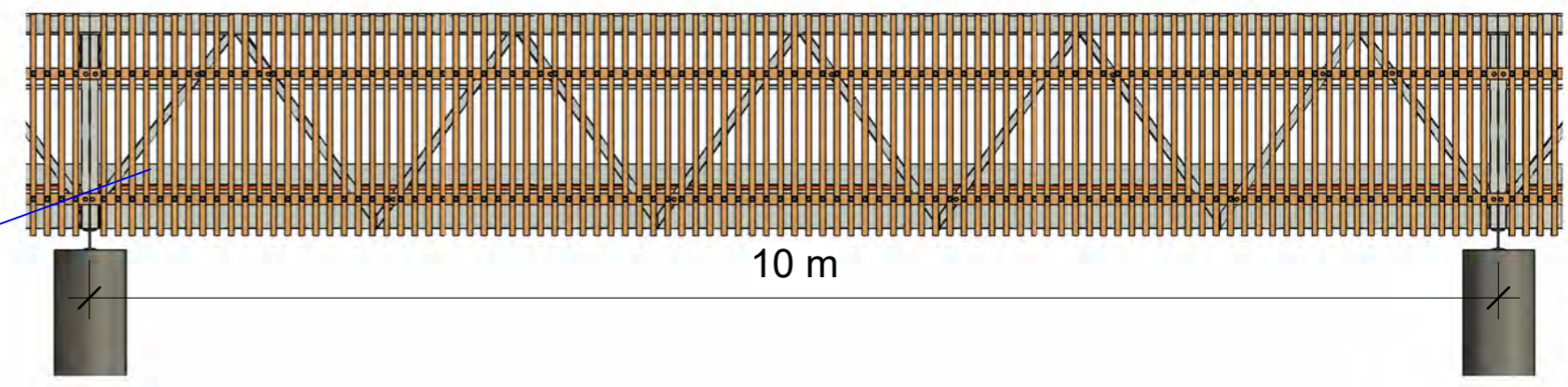
Date 28/07/2022 Format : A1 Echelle Comme indiqué



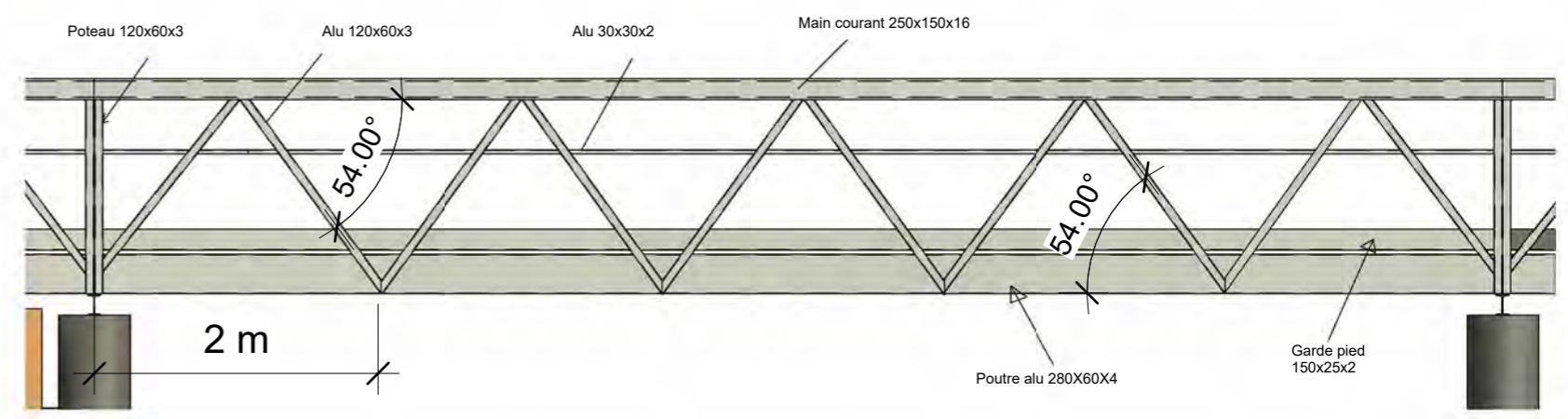
6 **Garde corps bois**
1 : 20



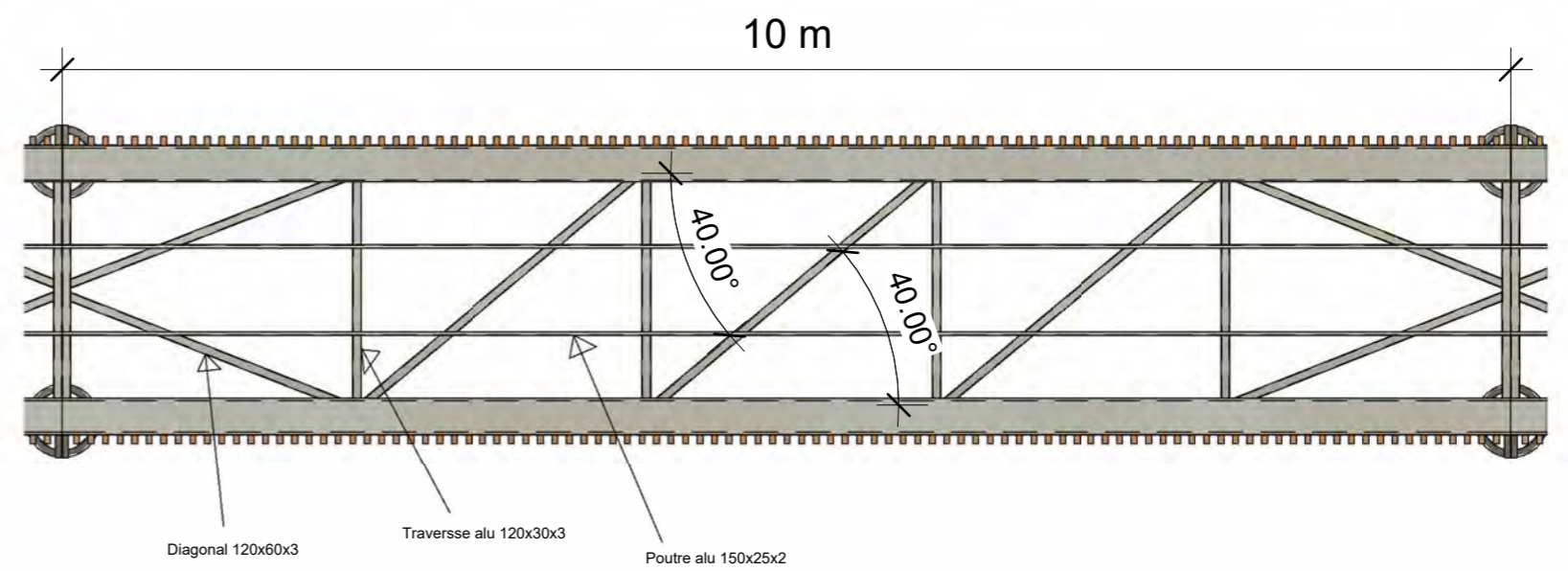
3 **Détail pieux poutre poteau**
1 : 25



4 **Visuel garde cops**
1 : 50

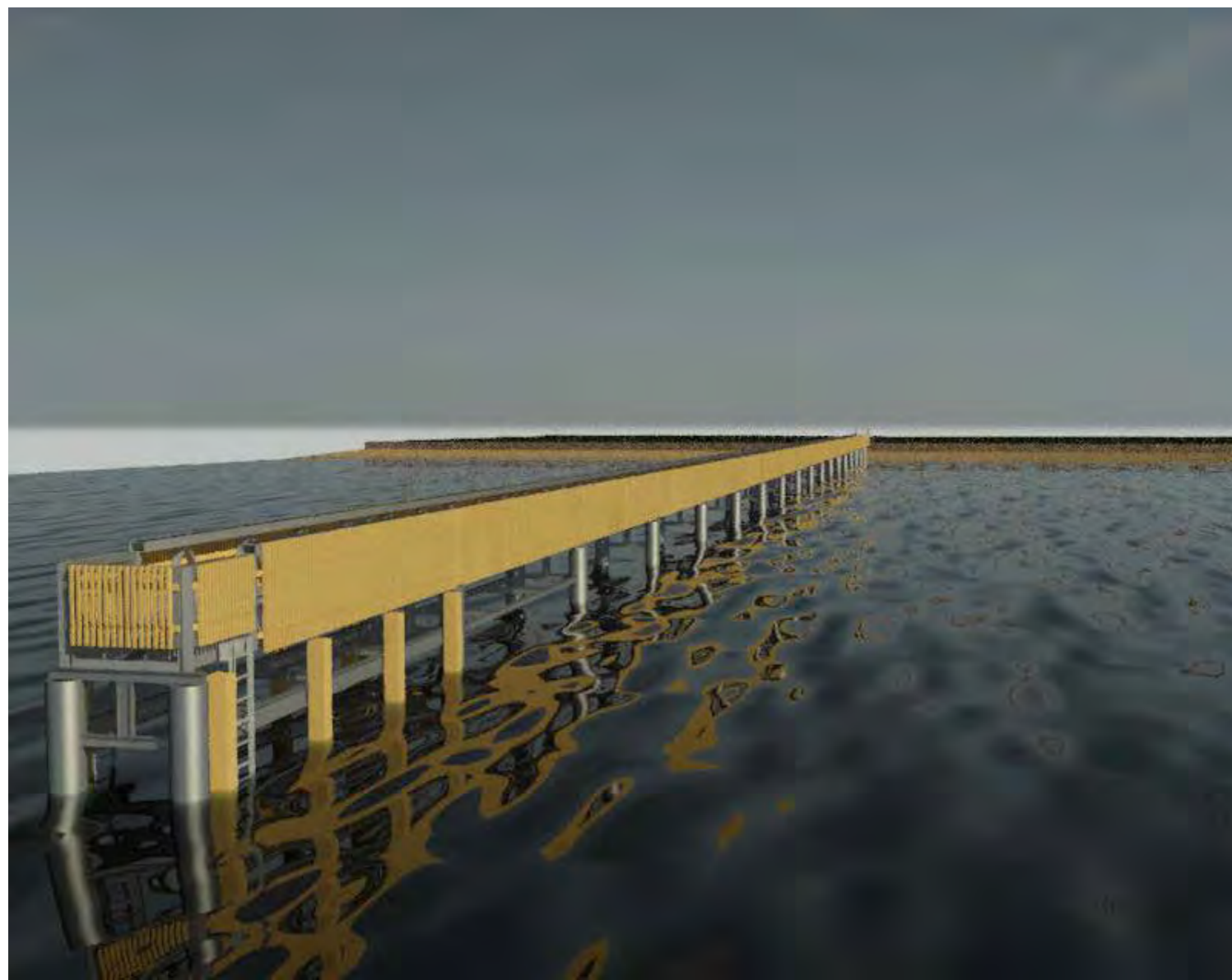


1 **Détail structurel garde corps**
1 : 50



2 **Détail structurel plancher**
1 : 50





1 Rendu 1

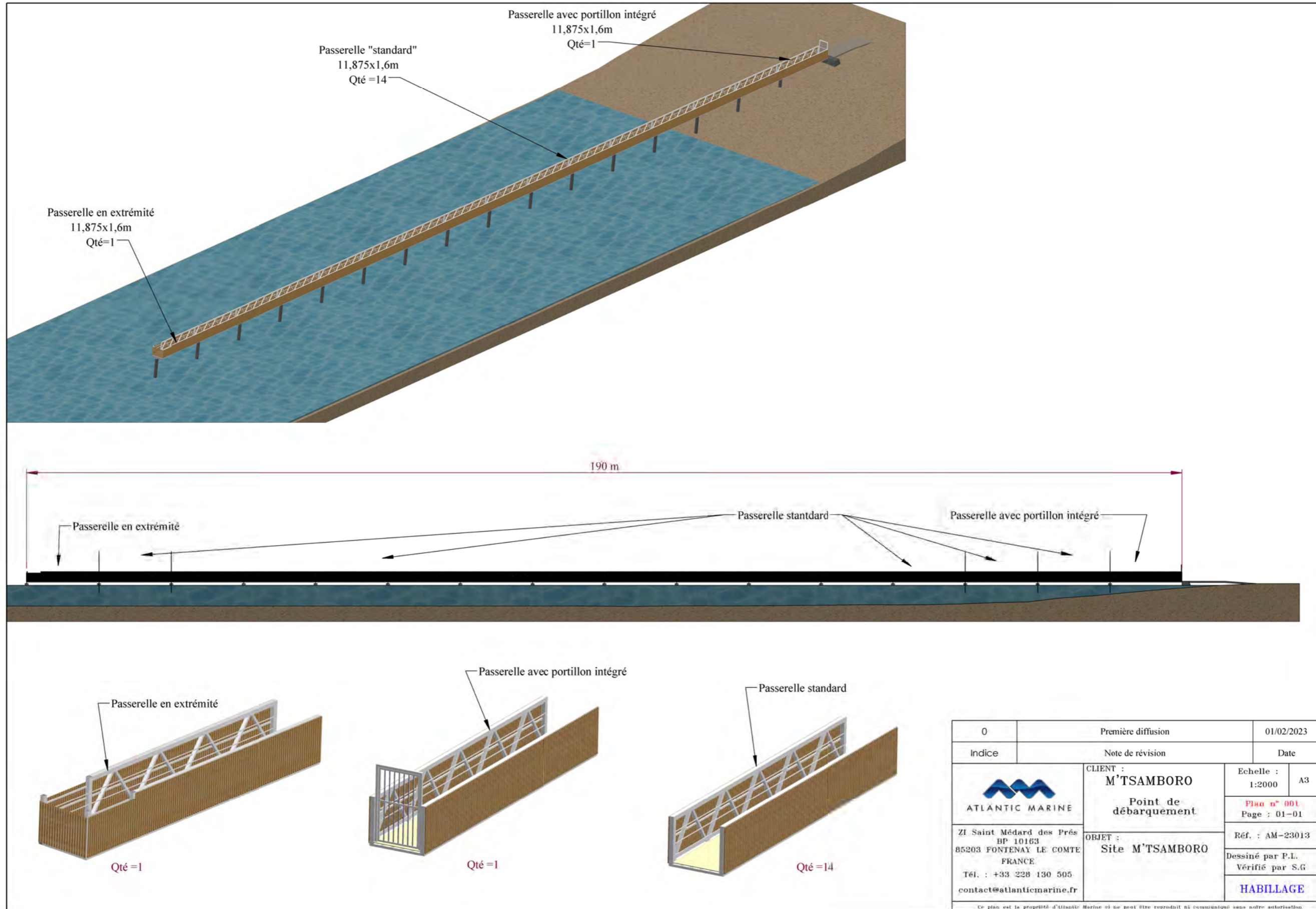


2 Rendu 2

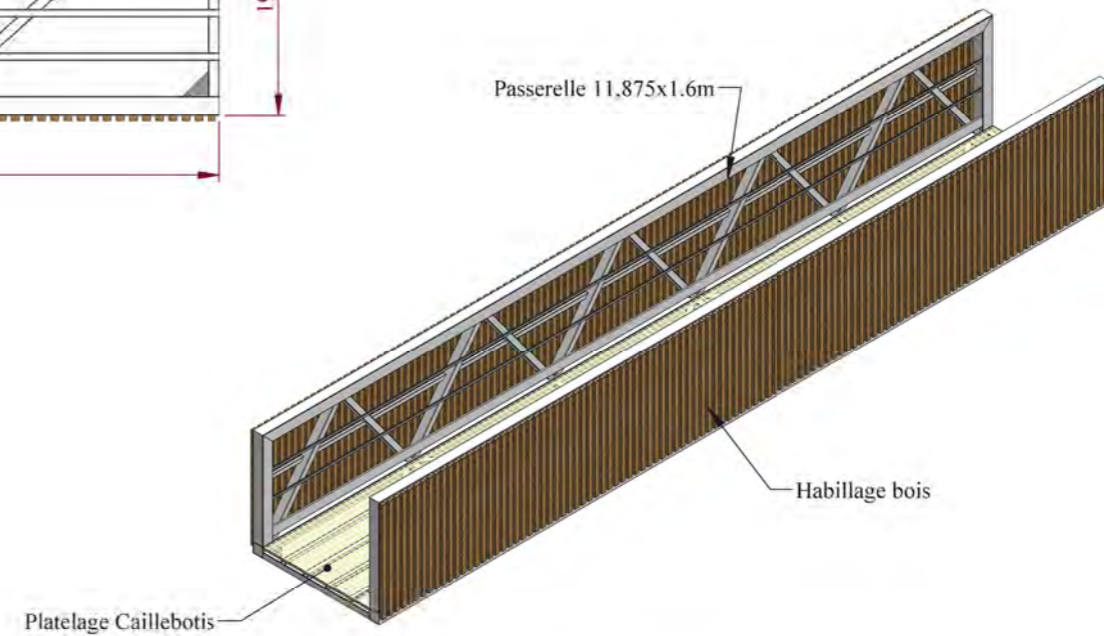
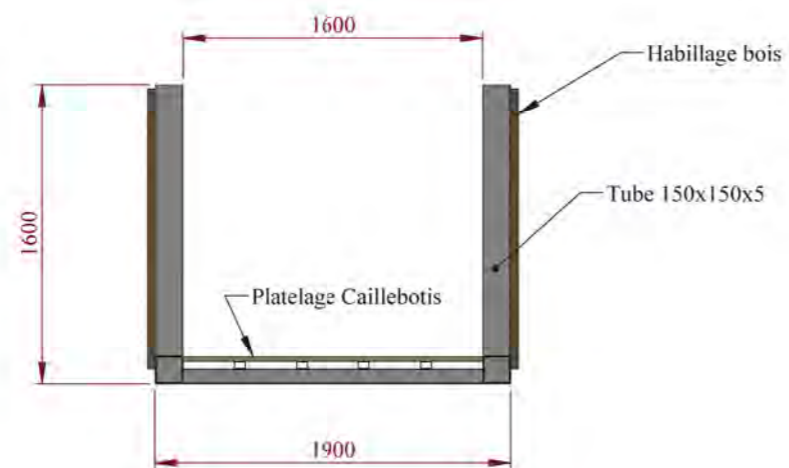
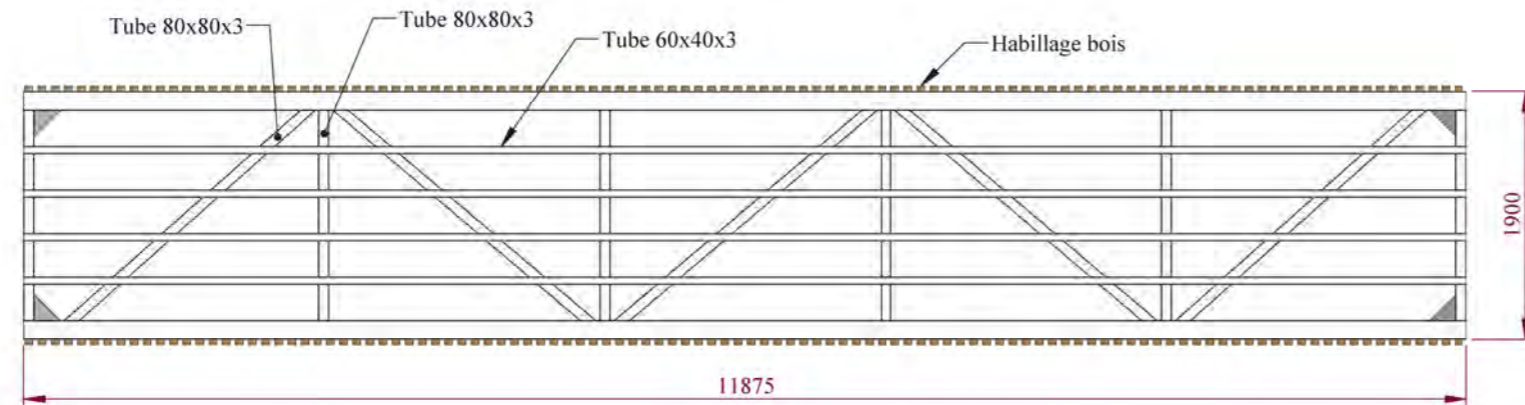
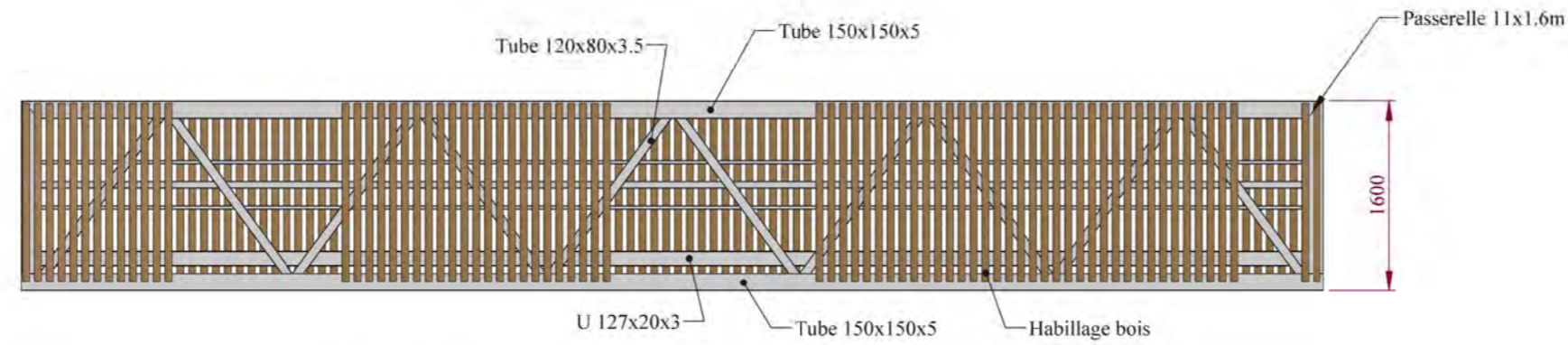


3 Rendu 3

8.3. Plan estacade 1 pieux

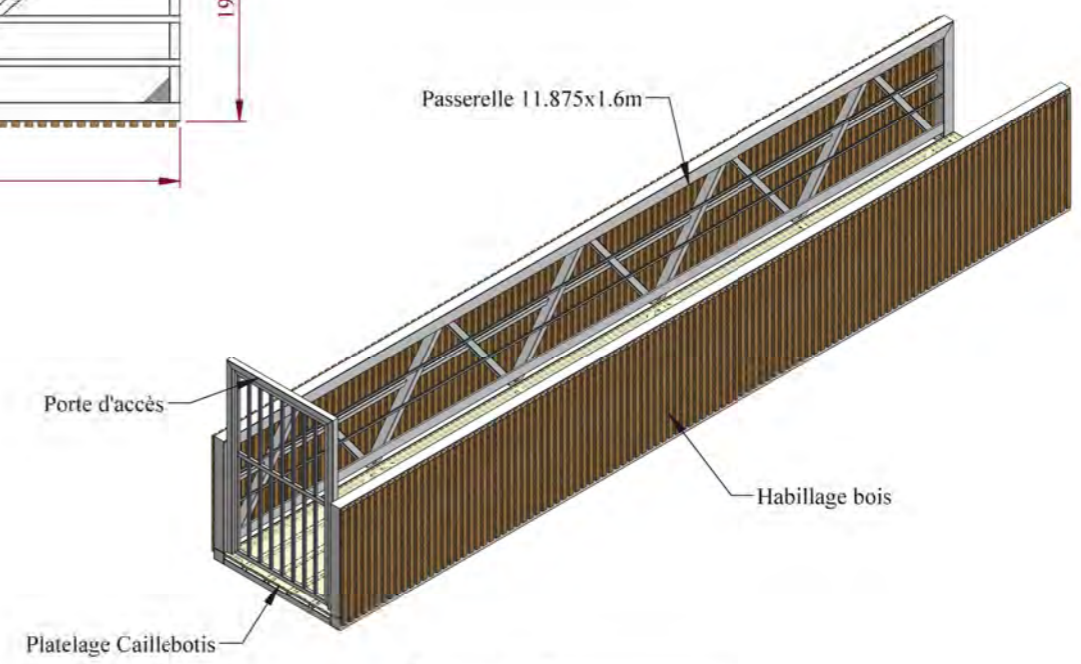
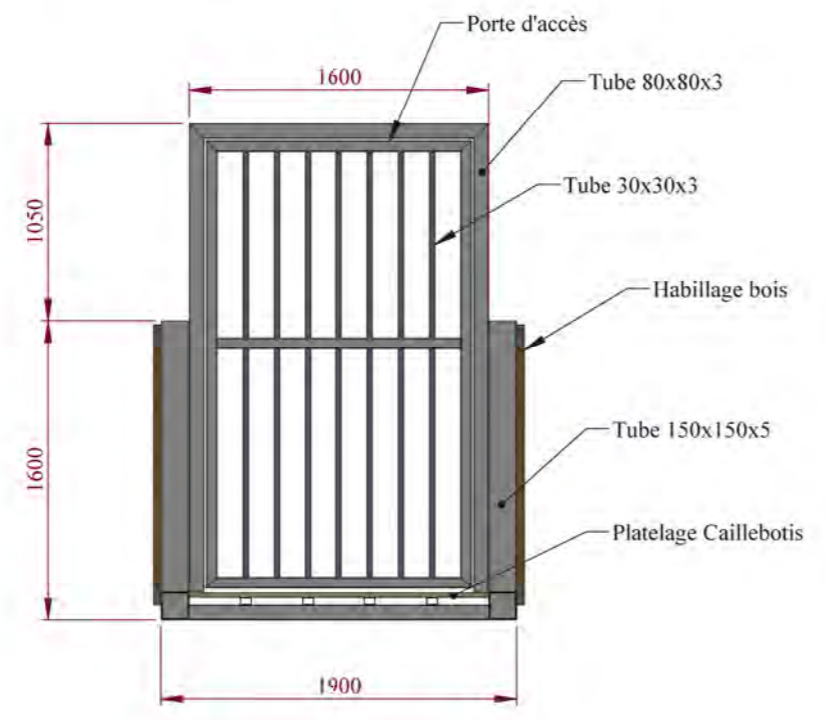
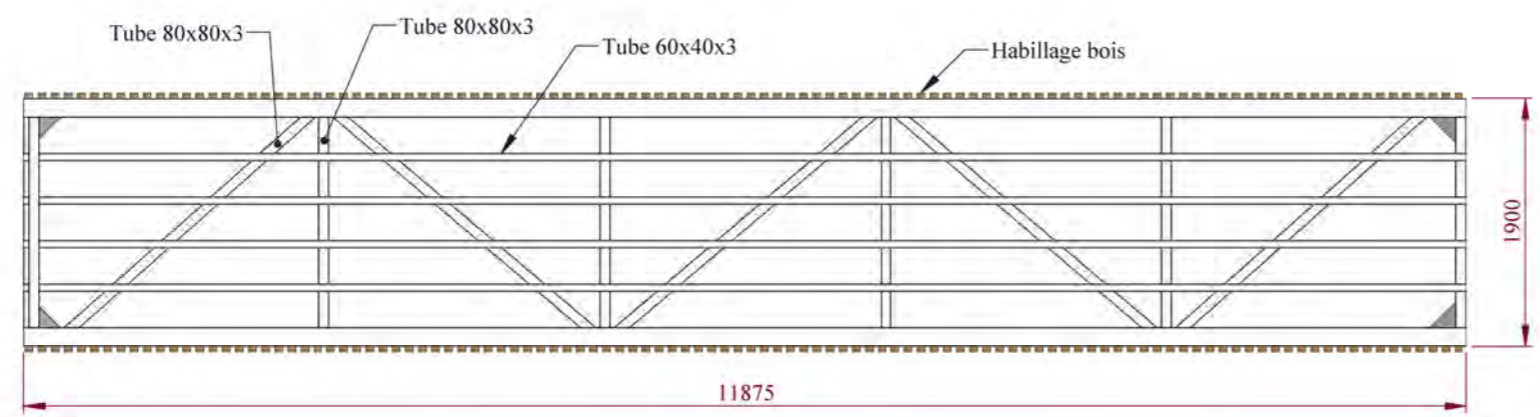
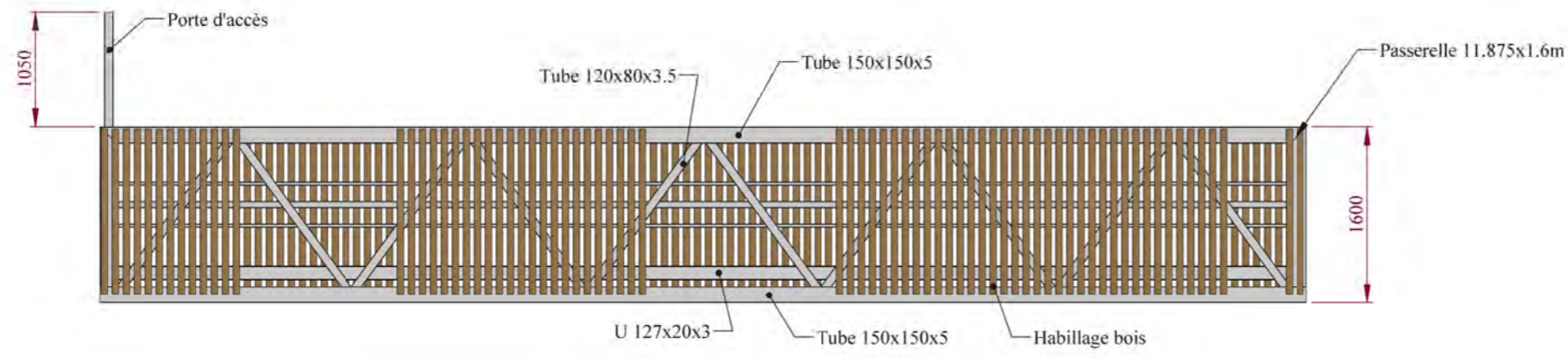


0	Première diffusion	01/02/2023
Indice	Note de révision	Date
		Echelle : 1:2000 A3
CLIENT : M'TSAMBORO Point de débarquement		Plan n° 001 Page : 01-01
ZI Saint Médard des Prés BP 10163 85203 FONTENAY LE COMTE FRANCE Tél. : +33 228 130 505 contact@atlanticmarine.fr		Réf. : AM-23013 Dessiné par P.L. Vérifié par S.G.
OBJET : Site M'TSAMBORO		HABILLAGE
<small>Ce plan est la propriété d'Atlantic Marine et ne peut être reproduit ni communiqué sans notre autorisation.</small>		



- Structure aluminium 6005A T6
- Platelage Caillebotis ép 25mm
- Habillage bois
- Visserie Inox A4

0	Première diffusion	01/02/2023
Indice	Note de révision	Date
 ATLANTIC MARINE ZI Saint Médard des Prés BP 10163 85203 FONTENAY LE COMTE FRANCE Tél. : +33 228 130 505 contact@atlantimarine.fr	CLIENT : M'TSAMBORO - Point de débarquement M'TSAMBORO - Point de débarquement OBJET : Passerelle 11x1,6m	Echelle : 1:100 A3 Plan n° 150 Page : 01-01 Réf. : AM-23013 Dessiné par F.F. Vérifié par S.G. HABILLAGE
	Ce plan est la propriété d'Atlantic Marine et ne peut être reproduit ni communiqué sans notre autorisation.	



- Structure aluminium 6005A T6
- Platelage Caillebotis ép 25mm
- Habillage bois
- Visserie Inox A4

0	Première diffusion	01/02/2023
Indice	Note de révision	Date
 ATLANTIC MARINE ZI Saint Médard des Prés BP 10163 85203 FONTENAY LE COMTE FRANCE Tél. : +33 228 130 505 contact@atlantimarine.fr	CLIENT : M'TSAMBORO - Point de débarquement M'TSAMBORO - Point de débarquement OBJET : Passerelle 11x1,6m	Echelle : 1:100 A3 Plan n° 150 Page : 01-01 Réf. : AM-23013 Dessiné par F.F. Vérifié par S.G. HABILLAGE
	Ce plan est la propriété d'Atlantic Marine et ne peut être reproduit ni communiqué sans notre autorisation.	