

Novembre 2021

Guide d'aide à la compréhension et la lecture de la cartographie des habitats marins de Mayotte

CARMAYOTTE

Cartographie des habitats récifaux de Mayotte



Fiche projet

Numéro d'identification du rapport : Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> Validé par : Contacts : dupont.priscilla@gmail.com / Jbenoit.nicet@gmail.com	Date de publication : 2021 Nombre total de pages : 29
Titre du projet : Guide d'aide à la compréhension et la lecture de la cartographie des habitats marins de Mayotte	
<u>Auteurs principaux :</u> Priscilla Dupont, Jean-Benoît Nicet	
<u>Projets contributeurs aux données:</u> Projet Carmayotte (2020), Projet Epicure (2017), Projet Mapor (2020), Contrôle surveillance DCE Mayotte (2016), Projet Sireme (2017), Etat des lieux des herbiers intertidaux (2014), Suivi MSA (2018), Suivi ORC (2018), Suivi Znieff (2015), Etat de santé des récifs frangeants de la grande terre et des îlots du lagon de Mayotte (2013), Carmay (2018) Relecteurs : Naomi Scholten, Amirault Guillaume Citation du guide : Priscilla Dupont, Jean-Benoît Nicet. Guide d'aide à la compréhension et la lecture de la cartographie des habitats de Mayotte issu du projet CARMAYOTTE, Cartographie des habitats récifaux de Mayotte. 29p.	



Table des matières

1 Mayotte en Quelques chiffres.....	4
2 Contexte et objectifs du projet	5
3 Contexte et objectifs du guide	6
4 Conditions d'exploitation	7
5 Synthèse des méthodes utilisées.....	7
6 Données utilisées, échelles de travail, projection.....	8
7 Elaboration typologie d'habitat.....	14
8 Critères retenus pour les habitats remarquables ...	20
9 Recommandations pour l'utilisation des cartes d'habitats	22
10 Recommandations pour l'actualisation de la cartographie	25
11 Labélisations des couches. shp.....	26
12 Bibliographie complémentaire au guide	27





Mayotte en quelques chiffres

1 406,11 km² surface totale recifolagonaire

dont 478 km² de récifs bio-construits et 911 km² de lagon

281 km² de récifs barrières

72 km² de récifs frangeants

5,9 km² de double barrière

83 414 massifs coralliens (69 km²)

dont 41,5 km² massifs lagonaire

2823 points vérités terrain utilisés pour la typologie d'habitat

1,24 TO de vidéos

236 classes habitats
Cartographiés



Contexte et objectifs du projet

Du fait de la superficie du lagon, de nombreux habitats présents à Mayotte sont méconnus. Une grande partie des fonds lagonaires sont riches de formations coralliennes diversifiées mais difficiles d'accès par la profondeur. De même, les massifs des pentes externes au-delà de 40m de fond n'avaient dès lors encore jamais fait l'objet d'exploration scientifique. Ces habitats nécessitaient donc des investigations supplémentaires.

Le plan de gestion du Parc naturel marin de Mayotte prévoit dans ses principales actions de cartographier et d'étudier les biocénoses des substrats durs du lagon de Mayotte. Les volontés du CUFR étaient d'acquérir de nouvelles connaissances sur la répartition des habitats marins pour mener à bien différents projets de recherche liés à la structuration des écosystèmes récifaux, la biodiversité, la fonctionnalité des habitats et leur connectivité. De ce fait, une convention de recherche entre l'OFB et le CUFR est mise en place en 2018 pour identifier et dresser une cartographie des habitats marins du complexe récifo-lagonaire de Mayotte.

Afin de garantir l'homogénéité des travaux réalisés dans la région et plus généralement dans les outre-mer français, la cartographie a été réalisée en suivant les préconisations détaillées dans le guide « Aide pour la réalisation et la commande de cartes d'habitats normalisées par télédétection en milieu récifal sur les territoires français » (Nicet *et al.*, 2015). A l'origine de ce projet, l'entreprise Marex a intégré le projet pour la construction de la typologie des habitats. L'établissement de cette cartographie s'appuie également sur les méthodologies déployées pour la réalisation des cartes d'habitats des bancs récifaux du Geysier et de la Zélée dans le cadre du programme « EPICURE » pour les Terres Australes Antarctiques Françaises (Roos *et al.*, 2017).

Ce projet vise donc à **améliorer la connaissance des grands habitats notamment des substrats durs**, leur localisation dans le lagon de Mayotte et à **affiner la surface corallienne**.

Pour répondre à ces objectifs, les livrables suivants ont été réalisés:

- La production d'une carte d'habitat de niveau typologique faible, c'est-à-dire les structures géomorphologiques des habitats récifaux et du lagon de Mayotte à partir de données hyperspectrales traitées, bathymétriques et satellitaires.
- La production d'une carte d'habitat de niveau élevé avec une évaluation des peuplements et de leur recouvrement à partir de données vérités terrain.





Contexte et objectifs du guide

Cette première cartographie des habitats marins à l'échelle de l'île de Mayotte à fine résolution, permet d'apporter une aide à la décision pour les projets d'aménagements, la priorisation des actions de protection de l'environnement, ou d'orienter des axes de recherche.

La cartographie des habitats permet d'appréhender l'hétérogénéité spatiale des milieux, la répartition réelle des habitats et, avec des analyses complémentaires, la distribution des espèces et l'identification des corridors écologiques.

La cartographie des habitats permet de saisir les enjeux environnementaux d'une aire géographique de façon globale à locale, et de réfléchir à différentes échelles pour orienter les politiques d'aménagement. La cartographie est un outil d'aide pour proposer des mesures de gestion pertinentes et évaluer leurs effets au cours du temps.

Ce travail a eu l'ambition de cartographier les habitats le plus finement possible sur un grand territoire. Pour toute utilisation, une carte finale doit répondre à **un cadre d'utilisation ou un objectif** (cartographie précise fine ou globale, projet d'aménagement, localisation des habitats à fort enjeux), à **un territoire concerné** (à l'échelle d'un site, d'une commune, d'une baie, ou du lagon) et d'**un type d'utilisateur** (spécialistes ou généralistes).

Le public visé est large puisque l'outil cartographique produit vise à être utilisé par les institutions privées et publics. L'objectif de ce guide est de s'assurer de la bonne utilisation de la cartographie des habitats de Mayotte. Il a pour but d'apporter des éléments de compréhension de la méthode utilisée pour aboutir à la création de typologie fine des habitats jusqu'aux habitats remarquables.

Ce guide complète et synthétise le rapport « *Cartographie des habitats récifaux de Mayotte. Contrat de recherche et développement relatif à la production d'une cartographie des habitats marins récifaux de Mayotte* ».





Conditions d'exploitation

L'OFB, le CUFR et Marex conservent la propriété totale et exclusive des connaissances antérieures et des résultats relatifs au projet de cartographie des habitats récifaux de Mayotte.

Les trois parties s'accordent sur la diffusion des couches SIG issues du travail cartographique sur la plateforme cartographique existante SEXTANT, qui permet une diffusion gratuite et maîtrisée des résultats.

Toute utilisation et communication de la cartographie doivent être citées de la manière suivante :

Priscilla Dupont, Jean-Benoît Nicet, Pascal Mouquet (2020). CARMAYOTTE Cartographie des habitats récifaux de Mayotte. Contrat de recherche et développement relatif à la production d'une cartographie des habitats marins récifaux de Mayotte AFB/CUFR/MAREX.73p+annexes



Synthèse des méthodes utilisées

La réalisation de la cartographie des habitats sous-marins se déroule en plusieurs étapes:

- Synthèse des informations disponibles sur le secteur d'études (données historiques, cartographies existantes, rapports d'études) ;
- Analyse et classement des données historiques. Chaque donnée historique a été analysée et géoréférencée afin de déterminer si elle pouvait contribuer à la création des typologies des habitats ;
- Réalisation de la précartographie. Des données géoréférencées sont créées sous SIG (ArcGIS®) puis exportées pour être utilisées via un logiciel de Dessin Assisté par Ordinateur. La photo-interprétation consiste à un découpage manuel de l'image en configurations homogènes à partir de diverses données superposées, géoréférencées et des connaissances du producteur de la carte. Cette méthode permet de prendre en compte un ensemble de données simultanément pour interpréter les résultats (spectrale et structurale). Cette technique est couramment utilisée malgré le temps nécessaire pour réaliser des cartes. Toutefois les résultats précis et spatialement satisfaisants en font un critère de choix pour un état des lieux cartographique d'un territoire



donné. Le traitement sous logiciel DAO permet de superposer toutes les images issues sous SIG, améliorer leurs lisibilités en jouant sur la luminosité, augmenter les contrastes entre les pixels. La superposition des images permet à l'observateur de digitaliser les habitats en fonction des images aériennes et de la bathymétrie visible en jouant sur la transparence des images. A ce stade, il est déjà possible de cartographier les structures géomorphologiques en fonction de la bathymétrie et les substrats dominants (sable, corail, débris, vase ...)

- Acquisition de vérités terrains complémentaires, pour affiner la typologie des habitats à un niveau fin. Plus les observations directes sur le terrain sont nombreuses plus la cartographie est précise ;

- Labélisation de tous les polygones créés correspondants aux différents habitats rencontrés et création des typologies d'habitat finales en regroupant les classes très hétérogènes ou uniques pour faciliter la lecture. Dans cette étape intervient le choix et la découpe des polygones par peuplements dominants. Ce choix se fait grâce à l'analyse des peuplements observés lors des vérités terrain. Cette étape est fastidieuse et compliquée car elle doit être un compromis de choix entre la capacité à cartographier la donnée et la prise compte de l'exhaustivité des habitats et l'unicité de chaque classe.

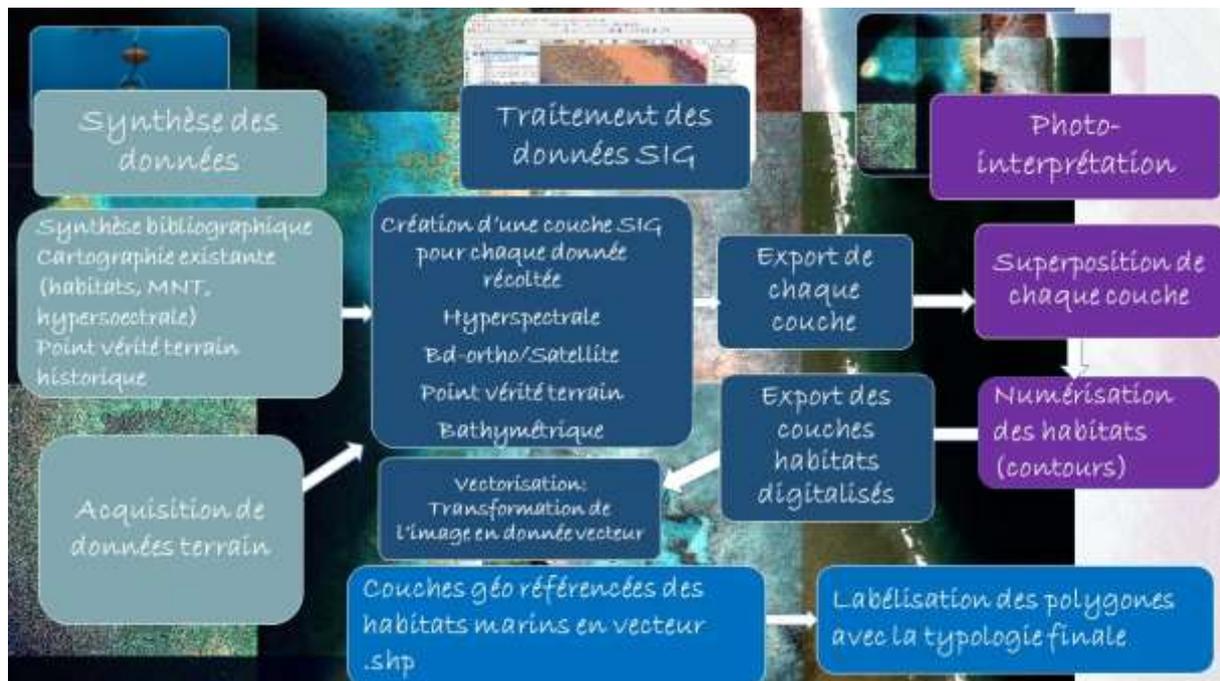


FIGURE 1 : SCHEMA RECAPITULATIF DE LA METHODE DE CARTOGRAPHIE DES HABITATS MARINS UTILISEE



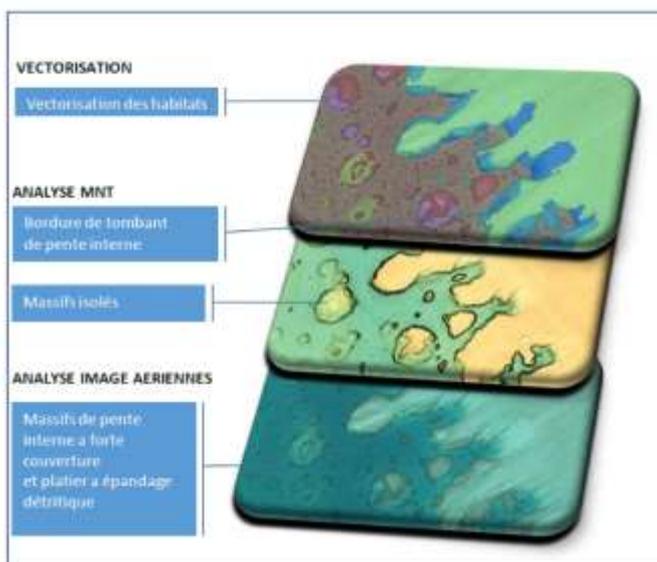
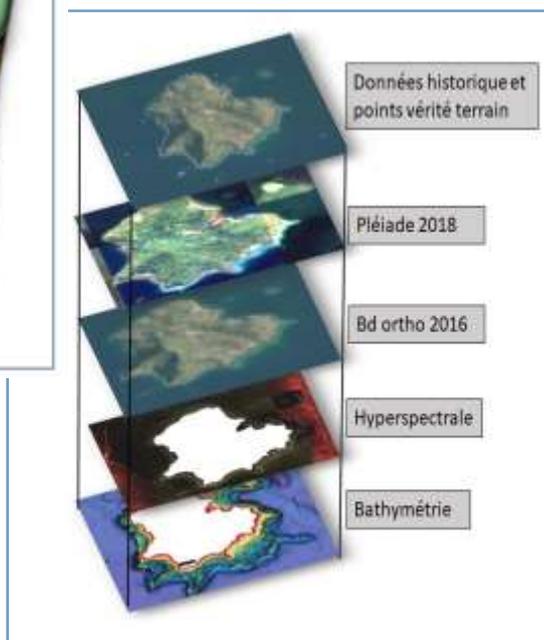


FIGURE 2 : ILLUSTRATION DES DIFFERENTES ETAPES DE LA METHODE DE CARTOGRAPHIE DES HABITATS MARINS A DROITE ET COUCHES SUPERPOSEES DES DONNEES BRUTES A GAUCHE



Données utilisées, échelles de travail, projection

La première méthode utilisée est la digitalisation (détourage) et l'identification des unités récifales visibles et des habitats à un niveau typologique moyen à l'aide **d'images aériennes, satellitaires multispectrales, hyperspectrales et des données LIDAR.**

Les images des fonds permettent d'identifier les habitats grâce aux brusques variations spectrales. Les données cartographiques utilisées pour la précartographie sont issues du programme Carmay (Mouquet et Bajjouk, 2018).

Les données qui ont été utilisées pour la cartographie sont synthétisées dans le tableau suivant.

A noter que **le MNT est issu d'une fusion de données à différentes résolutions spatiales** diminuant la précision de géolocalisation de certaines structures.



TABLEAU 1 : SYNTHÈSE DES IMAGES SOURCES UTILISÉES

Image	Date d'acquisition	Résolution spatiale
Bd ortho	2016	0,5m
Pleiade	2018	1m
Hyperspectrale	2009	2m
Litto 3d	2009-2012	1m
MNT composite	2012	25m
MNT Homonin	2016	100m

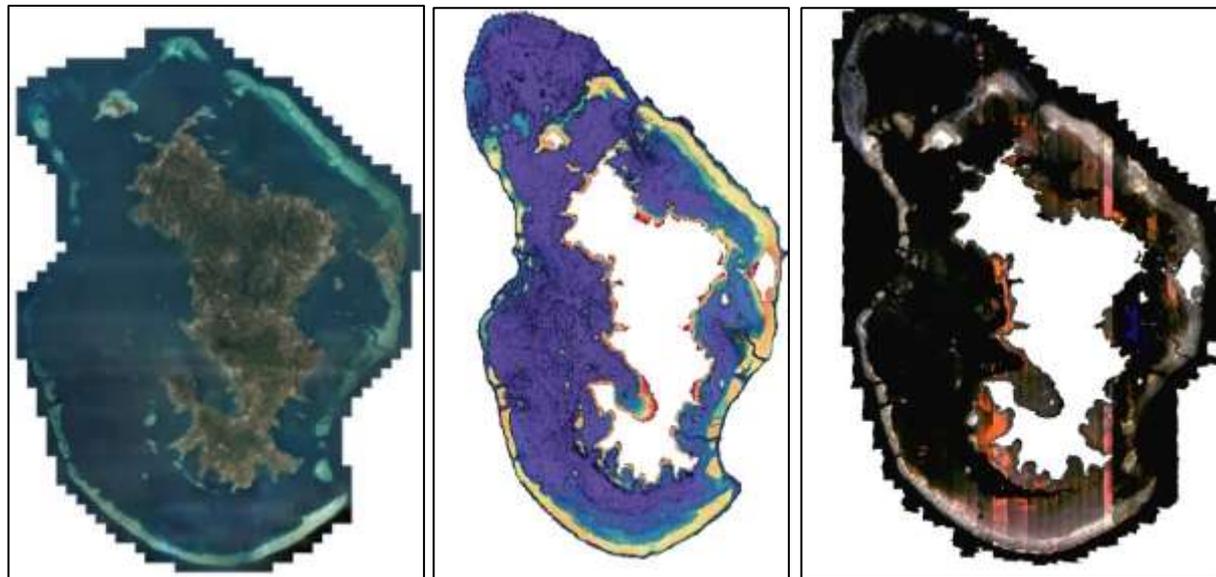


FIGURE 3 : BD ORTHO 2016 A DROITE, MNT (AU MILIEU) ET IMAGES HYPERSPECTRALE (A DROITE) DU LAGON DE MAYOTTE (SHOM (2009, 2012, 2016) ET TRAITEMENT (MOUQUET ET BAJJOUK, 2018).

L'échelle de travail :

Le détourage s'est effectué du 1/500ème entre 0 et 30 m de fond et au 1/5 000 ème selon les objets et la qualité des images au-delà de 30m de fond.

L'échelle de rendu :

Il est conseillé de ne pas descendre à une échelle plus fine que 1/2 000ème lors de l'utilisation de la carte.

Datum et projection :

Les données SIG sont fournies selon les Datum et projection suivantes :

Système géodésique : RGM04

Ellipsoïde : IAG GRS 1980

Projection : WGS84/ UTM Sud fuseau 38'

Dans un second temps, des vérités terrain par observations directes (phase d'apprentissage) permettent de valider les différentes textures et

formes des habitats pré-cartographiés dans le but d'élaborer une première typologie des habitats et de labelliser les polygones numérisés.

5633 points vérifiés terrain dont 4974 de données historiques étaient disponibles pour réaliser la cartographie des biocénoses. Toutefois, tous ces points n'ont pas été utilisés. En effet, sur beaucoup de sites, l'information manquait sur les peuplements dominants et n'a pas permis de dresser une typologie. Par ailleurs, pour certains programmes, un manque de précisions sur la géolocalisation des points d'échantillonnage a incité à éliminer ces derniers dans le cadre de ce projet cartographique.

Sur les 4974 données historiques, les données « herbier » (2240 points) ont été localisées à titre indicatif car leurs cartographies sur ce projet n'étaient pas envisageables, les données étant trop anciennes. Ainsi des contours ont été dessinés approximativement en fonction de la présence des herbiers sur chaque transect réalisé par (Dedeken & Ballorain, 2015). Cette donnée permet de localiser les zones à herbier, sur la base de travaux historiques mais ne peut pas être utilisée comme cartographie référente.

Les données DCE de 2016, le long du frangeant ont été corrigées et extrapolées suite au projet becoming de 2016 (Nicet et al., 2016). Enfin les données des suivis du frangeant 2012-2013 pour les îlots sont à prendre avec précaution. En effet les valeurs de couverture corallienne sont surestimées car elles ne prennent pas en compte le blanchissement corallien massif de 2016.

Ainsi sur 4974 points historiques, seulement **2164 ont été utilisés pour caractériser les habitats**. Pour compléter, **659 points supplémentaires ont été effectués lors du projet de la cartographie**.

Les données qui ont été utilisées sont synthétisées dans le tableau suivant.

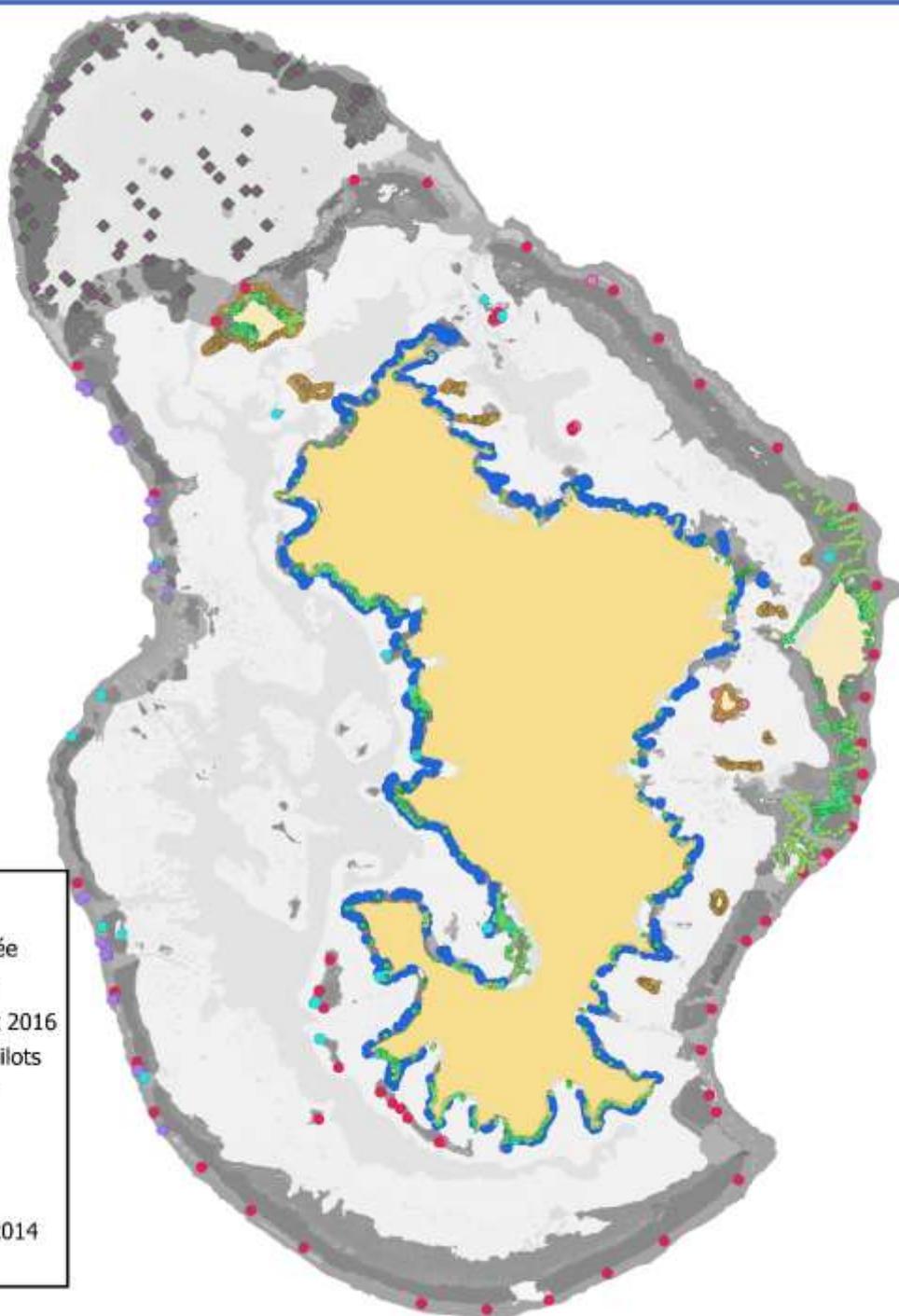
TABLEAU 2 : RECAPITULATIF DES DONNEES UTILISEES DANS LE CADRE DE CE PROJET CARTOGRAPHIE

Programme	Nombre de points d'échantillonnage	Nombre de point gardé pour caractériser les habitats	Profondeur en m	Année	Technique	Citations	Validité et annotations
suivi MSA	61	60	10	2018	Plongée	WICKEL J. et al., 2018	Données valides
suivi DCE	864	564	1_7	2016	Bateau fond de verre et camera	FACON M. et al., 2016a	Données valides mais antérieure au blanchissement de 2016
suivi DCE	1252	1217	0_10	2012-2013	Bateau fond de verre et photo	PARETO, 2013	Données valides

Suivi ORC	25	24	0_6	2018	Plongée	WICKEL J. & NICET J.B., 2019	Données valides
MAPOR	241	85	0_114	2019	Camera	Claverie T. (En cours)	Données valides
SIREME	146	98	0_40	2017	Apnée et plongée	Chabanet et al., 2017	A titre indicatif
ZNIEFF	61	39	0-20	2014	Plongée	PARETO & ARVAM et al., 2015	A titre indicatif
EPICURE (IRIS)	13	13	14,5_53	2016	Camera rosette	Roos et al., 2017	Données valides
EPICURE (IRIS)	71	64	12_45	2016	STAVIRO	Roos et al., 2017	Données valides
Herbier intertidaux	1430	-	0-5	2013-2014	Apnée inventaire znieff	(Dedeken & Ballorain, 2015)	A titre indicatif
Herbier intertidaux	810	-	0-5	2013-2014	Apnée transect	(Dedeken & Ballorain, 2015)	A titre indicatif
CARTOMAY (présent projet)	659	659	0-130m	2018-2019	Apnée camera	Présent rapport	Données valides

FIGURE 4 : CARTE DE LOCALISATION DES DONNEES HISTORIQUES

Cartographie des habitats récifaux de Mayotte: Suivis historiques



Legende

■ Terre émergée

Points verité terrain

● DCE Frangeant 2016

● DCE 2012-2013 ilots

◆ EPICURE 2017

● MAPOR 2019

● MSA 2018

● ZNIEFF 2014

● Herbier 2013-2014

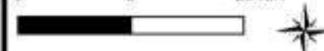
● ORC 2018

Source et Acquisition des données: IGN/SHOM (2009,2012,2016)/AAMP(Litto3D,2009-2010)/Pleiade 2018/Ign BD ortho 2016.

Traitement des images hyperspectrales et MNT: Mouquet et Bajjouk, 2018 (Projet CarMay)

Cartographie et typologie d'habitat. Dupont Priscilla et Jean Benoit Nicet (Projet CarMayotte, 2020)

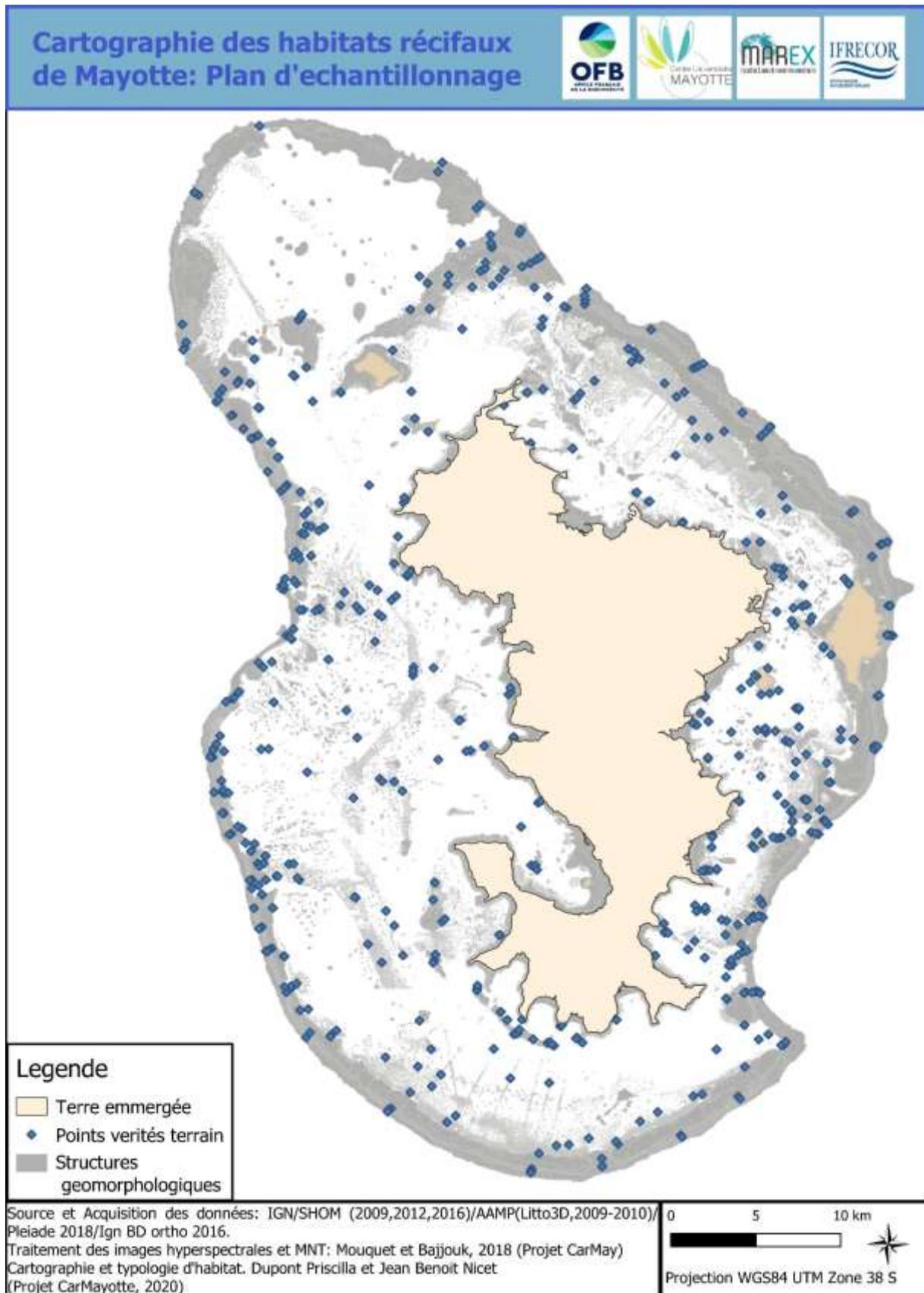
0 5 10 km



Projection WGS84 UTM Zone 38 S



FIGURE 5 : CARTE DE LOCALISATION DES DONNEES INSITU DU PROJET CARMAYOTTE COMPLEMENTAIRE





Elaboration de la typologie des habitats

La typologie des habitats a été effectuée selon le guide de réalisation de cartes d'habitats en milieu récifal (Nicet *et al.*, 2015). Ce guide s'appuie sur les différents ouvrages scientifiques réalisés sur les habitats récifaux.

Comme défini dans le guide, un habitat récifal est composé de plusieurs paramètres :

- la géomorphologie (ainsi que la profondeur et l'exposition hydrodynamique) ;
- L'architecture, le relief, la complexité structurelle/rugosité ;
- le sédiment et son origine ;
- les peuplements dominants ;
- le recouvrement des peuplements.

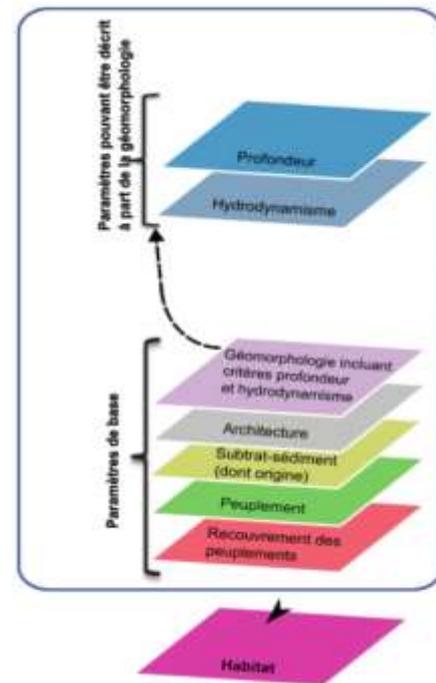


Figure 6 : Paramètres constitutifs d'un habitat

Pour chaque station échantillonnée, les caractéristiques biotiques et abiotiques sont notées (synthèse tableau 1 rapport complet p 28).

Ces données vont permettre de renseigner les habitats cartographiés :

- Géomorphologie ;
- Substrat : vase, sable, sable grossier, débris, blocs, corail dur (corail vivant et mort), dalle en % relatif ;
- Topographie + complexité (ou rugosité) côté de 1 à 5 ;
- Peuplement : coraux, algues, coraux mous, éponges ;
- Recouvrement des peuplements en % relatif et absolu (par rapport au substrat dur).

Les méthodes de collecte des données sont basées sur le protocole utilisé précédemment dans le programme EPICURE (Roos *et al.*, 2017) et les méthodes préconisées par le guide de réalisation de cartes d'habitats en milieu récifal (Nicet *et al.*, 2015). Les paramètres de la méthode MSA (Clua *et al.*, 2006) sont utilisés pour la caractérisation des peuplements, des substrats et des recouvrements (avec une cotation de dahl (Dahl, 1981)).



Cotations coraux vivant	Cotation 1 : 0 à 10 %	Cotation 2 : 10 à 30 %	Cotation 3 : 30 à 50 %	Cotation 4 : 50 à 75 %	Cotation 5 : plus de 75 %
Définition	Il s'agit de zones « cimetières », complètement dégradées, où ne subsistent que quelques rares colonies coralliennes isolées par du substrat mort.	Quelques colonies coralliennes (adultes ou recrues) vivantes au milieu des débris ou de substrats anciens. Il s'agit soit de peuplements en phase de dégradation (envasement, ...), soit en phase de restructuration (recrues coralliennes sur ancien substrat corallien mort)	Colonies vivantes plus denses, mais toujours isolées par des zones de substrat nu.	Mélange de coraux durs et de coraux mous ou d'éponges, et coraux morts quasi absents. Il subsiste quelques zones de substrat non colonisé.	Le peuplement est constitué uniquement de coraux durs et il est diversifié (colonies multi-spécifiques).
					
					

FIGURE 7 : Illustration des cotations des peuplements.

- Recouvrement des morphotypes en % relatif et absolue (par rapport à la surface en substrat dur). L'identification des morphologies des coraux d'après Faure et al., 2008; Kelley, 2011 et adapté selon le protocole mis en place par IFREMER sur le programme AMBIO (Pelletier et al., 2015)

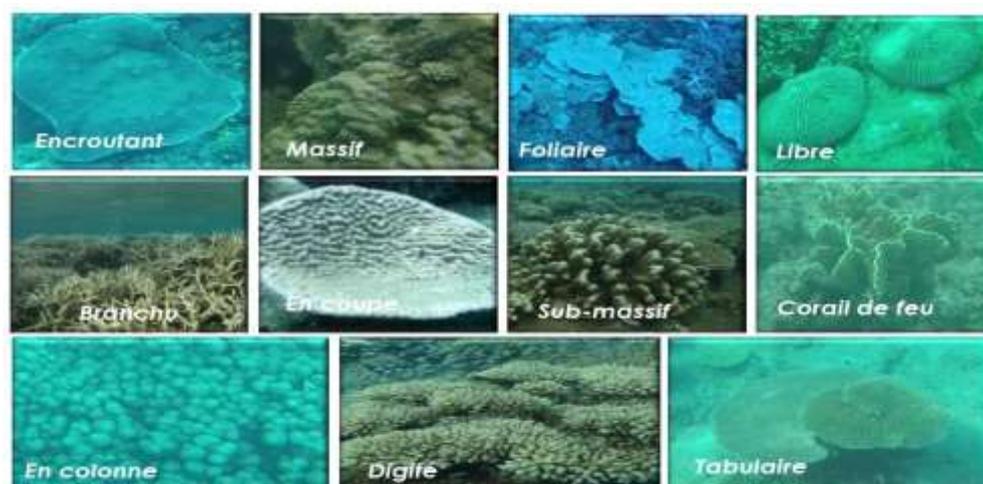
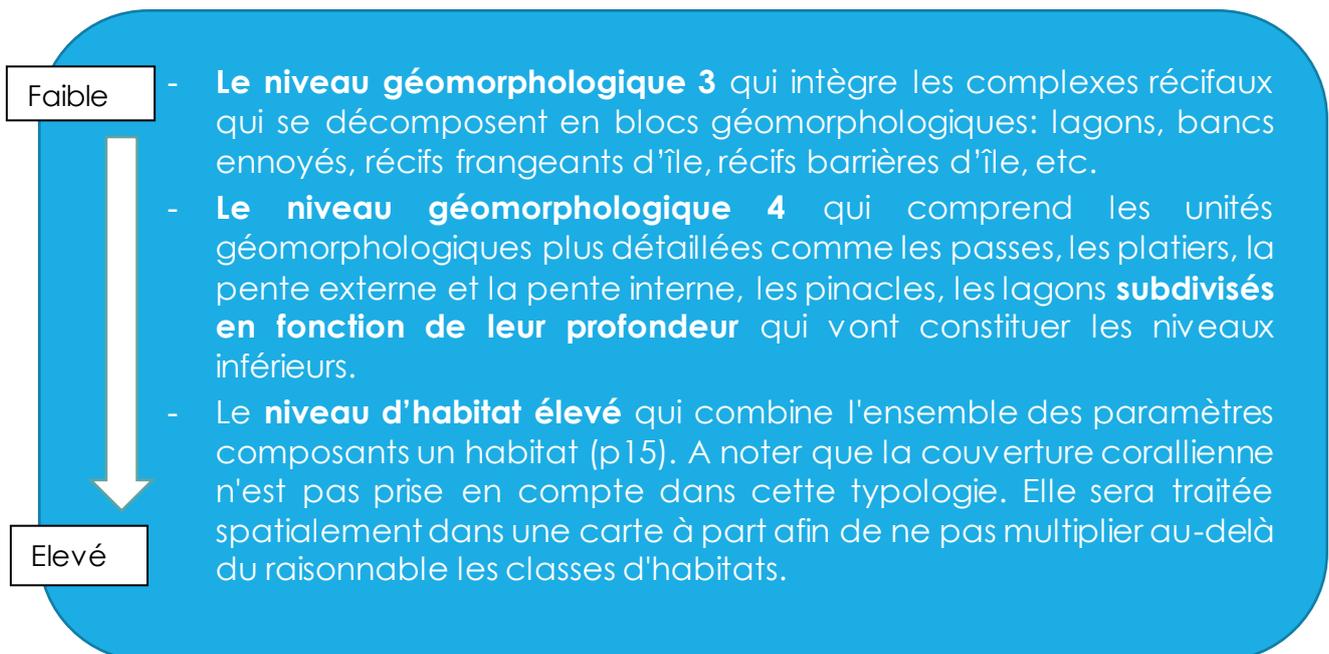


FIGURE 8 : Illustration des différentes formes coralliennes (photo CarMayotte)



Chaque paramètre pour construire la typologie est divisé en plusieurs niveaux emboîtés allant du plus général) au plus précis (Nicet *et al.*, 2015). Pour ce projet, 3 niveaux ont été définis :



La création de nouvelles catégories d'habitats des zones profondes a dû être réalisée car il n'existe pas encore à ce jour aucun ouvrage français référencé pour la cartographie des milieux récifaux profonds. De plus aucun **habitat des zones mésophotiques** n'a encore été classifié par le Service du Patrimoine Naturel selon le système d'information de classification des habitats EUNIS.

A partir des analyses bathymétriques, les massifs ont été classifiés selon leur géomorphologie et les peuplements dominants. Pour les massifs de lagon, les analyses vidéo ont montré une forte différence des peuplements selon la profondeur. De ce fait, ces derniers ont été classifiés selon la profondeur des sommets (sommets affleurant en surface, sommet 2-10m, sommet 10-30m et 30-50 m) et par les peuplements dominants. Lorsque la différence des hauteurs était plus importante que la largeur, certaines structures ont été classées comme pinacle.



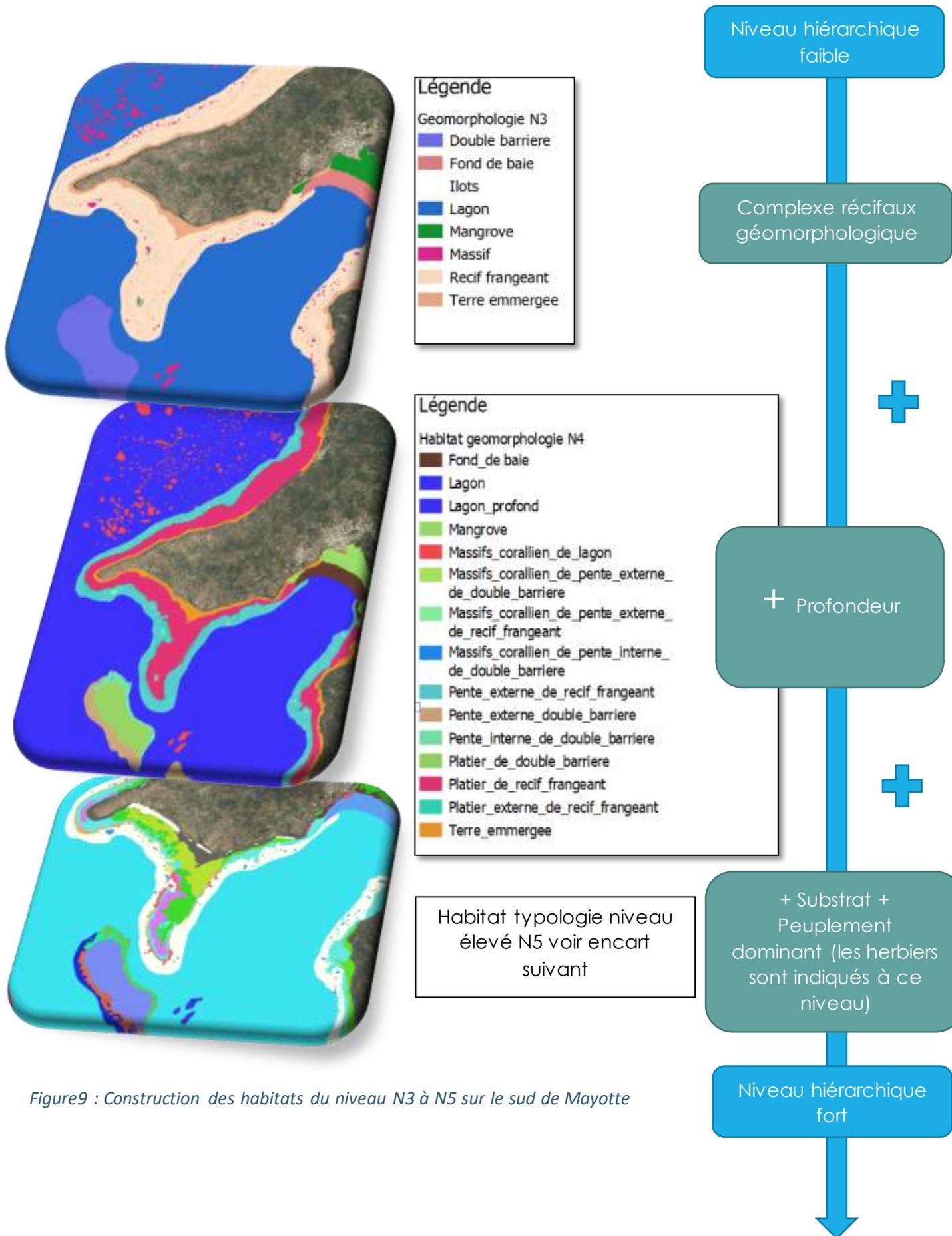
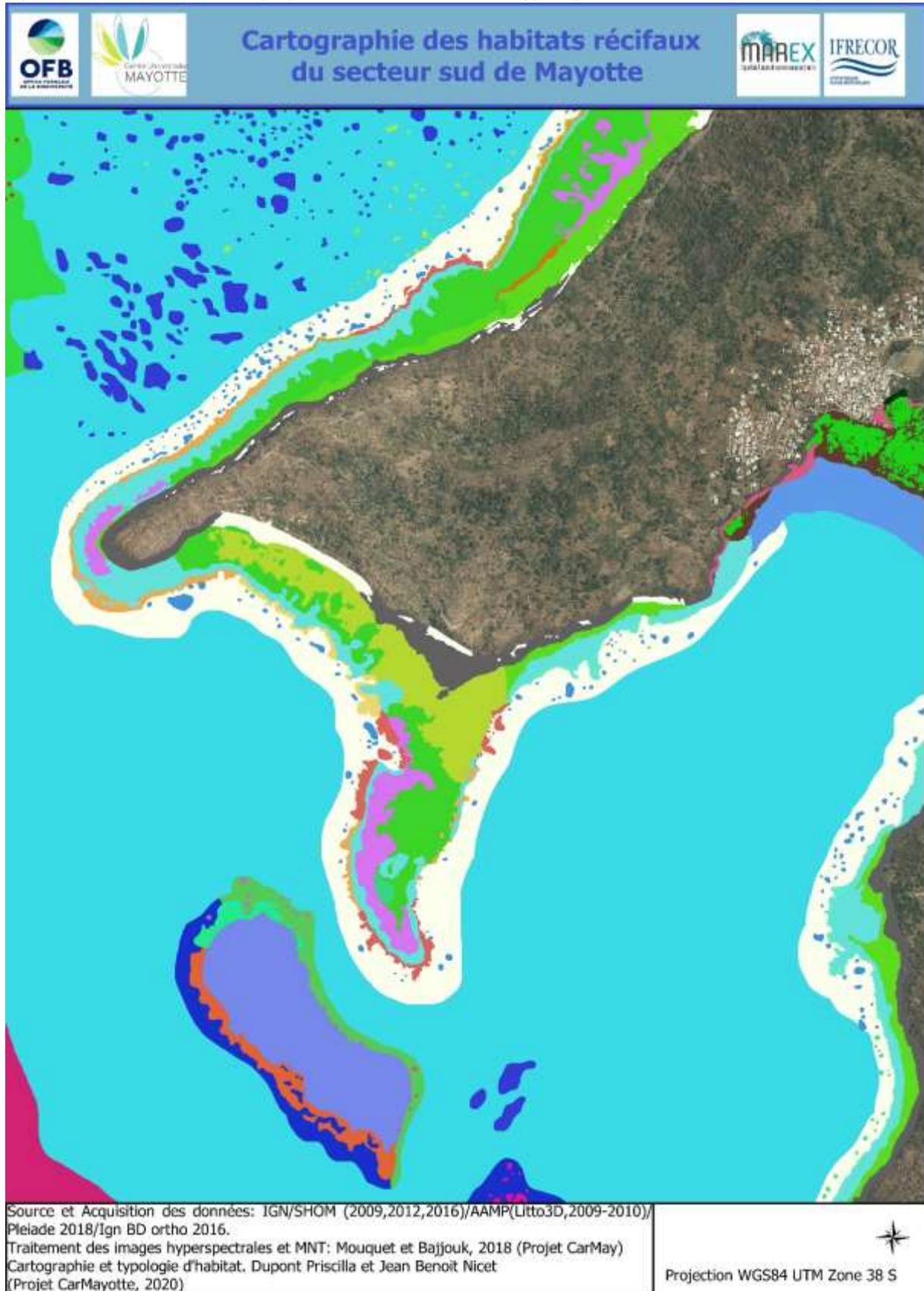


Figure9 : Construction des habitats du niveau N3 à N5 sur le sud de Mayotte

Figure10 : Extrait de la cartographie des habitats niveau typologie élevée sur le sud de Mayotte



Légende

Habitat Typologie élevée niveau N5

- Arrière mangrove
- DAR_a_epandage_detritique_(sable)_de_recif_frangeant_discontinue_a_herbier_tres_clairseme_dHalodule_Halophila_Thalassia_et_algues_dressees
- DAR_de_recif_frangeant_a_epandage_detritique_et_algues_dressees
- Dune_de_sable_avec_presence_potentielle_de_pinnacle_ou_pates
- Fond_de_baie_a_dominance_vaseuse
- Flots
- Lagon_a_epandage_detritique
- Lagon_a_epandage_detritique_a_dominance_de_vase_sous_influence_terrigene
- Lagon_profond_>50_m_a_epandage_detritique
- Mangrove
- Massifs_corallien_de_lagon_(sommets_10-30m)_a_coraux_foliace_et_encroûtant_et_coraux_mou_et_éponge_(dont_quelques_Xestospongia)_Sur_le_tombant_Antipathes_et_coraux_foliace_Zones_a_forts_apports_terrigenes
- Massifs_corallien_de_lagon_(sommets_30-50m)_a_coraux_foliace_et_encroûtant_Quelques_coraux_massifs_et_tabulaire_Presence_de_gorgone_anthipathes_et_myriopathes
- Massifs_corallien_de_pente_externe_de_double_barriere_a_acropora_tabulaire_et/ou_des_foliace
- Massifs_corallien_de_pente_interne_de_la_double_barriere_a_Galaxea_astreata
- Massifs_corallien_ou_pinnacle_de_pente_externe_de_recif_frangeant_a_acropores_branchus_et/ou_digite_et/ou_tabulaire_avec_tombant_a_peuplement_coralliens_hemisdaphiles_éponges_algues_calcaires_gorgones_et_antipathes
- Massifs_corallien_ou_pinnacle_de_pente_externe_de_recif_frangeant_a_coraux_massifs_et_submassifs_et_parfois_quelques_acropores_tabulaires_Presence_de_coraux_mou_Coelogorgia_et_éponge_(dont_quelques_Xestospongia)_Sur_le_tombant_Antipathe_Gorgones_et_cora
- Pente_externe_(45%-60%)_de_recif_frangeant_a_epandage_detritique_(debris)
- Pente_externe_de_double_barriere_a_acropores_digites_et_coraux_massifs
- Pente_externe_de_double_barriere_a_epandage_detritique
- Pente_interne_de_la_double_barriere_a_epandage_detritique_et_pates_coralliens_de_coraux_massifs_et_encroûtants
- Pente_interne_de_la_double_barriere_a_traves_detritiques_et_contrefort_a_acropore_branchus
- Pinnacle_ou_massifs_de_pente_interne_de_la_double_recif_barriere_a_platier_rus_et/ou_galaxea_et/ou_tabulaire_et_tombant_a_anthipathes_dirpathes_gorgone_et_coraux_encroûtant_Rage_de_sable_de_recif_frangeant
- Platier_de_double_recif_barriere_a_epandages_detritiques_et_colonie_eparses_a_coraux_massifs_et/ou_digites
- Platier_de_recif_frangeant_a_epandages_detritiques_et_colonies_coralliennes_eparses_de_Porites_et_acropores_digites_et_algues_dressees
- Platier_de_recif_frangeant_a_epandages_detritiques_et_colonies_coralliennes_eparses_de_Porites_et_acropores_digites_et_algues_dressees_et_herbier_(Syringodium_Thalassia_Halophila_Halodule)
- Platier_de_recif_frangeant_a_epandages_detritiques_et_herbier_(Syringodium_Thalassia_Halophila_Halodule)
- Platier_de_recif_frangeant_a_epandages_detritiques_et_micro_atoll_de_Porites
- Platier_de_recif_frangeant_epandage_detritique_et_petits_blocs_quelques_colonies_coralliennes_eparses_a_dominance_massive_et_digites
- Platier_externe_de_la_double_barriere_a_Acropores_tabulaires_et/ou_branchus
- Platier_externe_de_recif_frangeant_a_acropores_branchus
- Platier_externe_de_recif_frangeant_a_acropores_digites_branchus_coraux_massif_et_foliace
- Platier_externe_de_recif_frangeant_a_acropores_digites_et_tabulaires
- Platier_externe_de_recif_frangeant_a_coraux_submassifs_(Porites)_et_acropores_digites
- Platier_externe_de_recif_frangeant_a_dominance_d'acropores_digites
- Sillon_de_sable_de_platier_externe_de_recif_frangeant
- Terrasse_vaseuse
- Terrasse_volcanique_a_sable_terrigene_et_blocs_volcaniques
- Tombant_accroche_de_pente_interne_de_la_double_barriere_a_Galaxea_astreata
- Tombant_en_surplomb_de_pente_externe_de_recifs_frangeants_a_coraux_massifs_et_encroûtants_(Pterogyra_Physogyra_Psammodora_Pachyseris)_et_quelques_acropores_digites/tabulaires_parfois_avec_Grripithes
- Vase_de_mangrove





Critères retenus pour les habitats remarquables

La réalisation d'une typologie de niveau élevée permet de dresser une liste des habitats remarquables.

Les critères de remarquabilité des habitats ont été définis à partir des paramètres suivants (voir tableau annexe 2 rapport Carmayotte) :

- Les peuplements coralliens (notés C) : forte richesse spécifique et couverture corallienne ;
- La biodiversité benthique générale (noté B) qui est déduite de la géomorphologie, de la couverture corallienne, rugosité et nombre de micro habitats présents ;
- Les peuplements de poissons (noté P) : Zones de repos, alimentation, nurserie, reproduction, intérêt halieutique ;

Pour représenter la couverture de corail vivant à l'échelle de Mayotte, un krigeage par interpolation (technique géostatistique de modélisation spatiale) a été réalisé à partir des points vérifiés terrain. La carte interpolée a été réalisée sur une grille de 40 mètres. Ces couvertures ont été moyennées par habitat dans un second temps.

Lorsque les habitats étaient classés comme remarquables par rapport à l'intérêt halieutique, les valeurs seuils de la couverture corallienne ne sont pas appliquées. Dans le cas contraire, la couverture corallienne est classée en seuils pour discriminer les habitats remarquables :

- > à 50% pour les platiers externe et la pente du récif frangeant
- > à 50 % pour les massifs coralliens de pente interne de récif barrière
- > à 30% pour les massifs coralliens de pente externe du récif barrière
- > à 50 % pour la double barrière
- > à 0 % pour les massifs coralliens de lagon (Tous les massifs coralliens de lagon sont considérés comme remarquables)

A titre d'exemple, si la couverture corallienne des massifs coralliens de pente externe est supérieure à 30 %, cet habitat sera considéré comme habitat remarquable élevé. En deçà, il sera considéré comme moyen.

Tous ces critères juxtaposés donnent une note finale. Pour le détail des annotations se référer à l'annexe 2 du rapport complet du projet (Dupont et al., 2020)



Remarque : La caractérisation de l'intérêt pour chacun des habitats a été attribuée selon les dire d'experts. Cette notion est donc à prendre avec précaution et est donnée à titre indicatif. Il conviendrait ainsi pour définir plus précisément et de manière quantitative l'intérêt des habitats d'utiliser des données notamment sur la richesse spécifique, les espèces présentes, des références bibliographiques sur l'évolution des habitats et leur résilience/résistance.

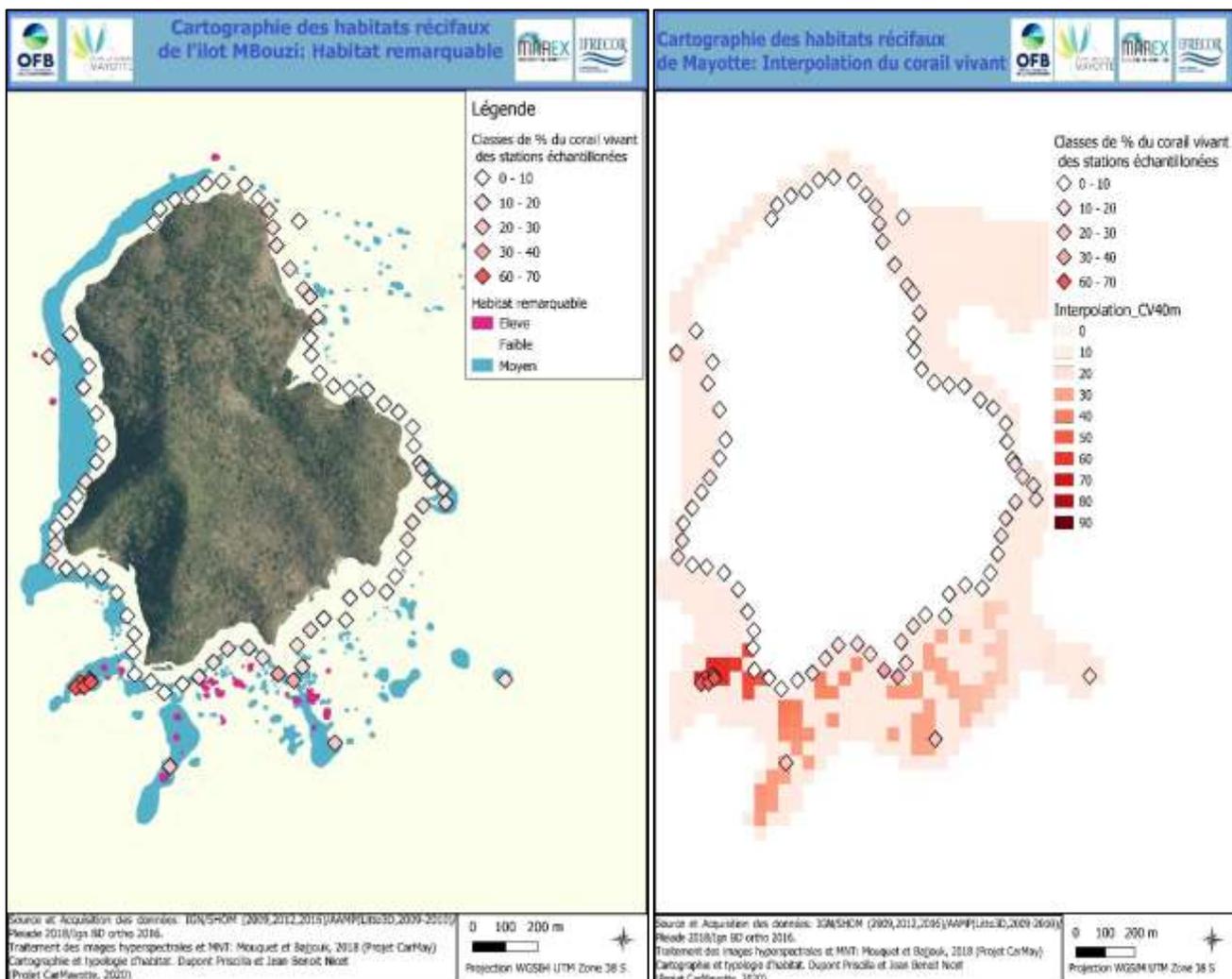


FIGURE 11 : Carte de l'interpolation et des habitats remarquables sur Mbouzi





Recommandations pour l'utilisation des cartes d'habitats

Recommandations pour les utilisateurs:

Une carte d'habitats est un produit visuel conçu pour transmettre des messages précis à l'utilisateur. *Il ne faut pas oublier qu'une carte représente une vérité et non la vérité* (Mesh, 2008).

Pour assurer une bonne utilisation de cette cartographie des habitats, quelques notions en méthode SIG et en géomorphologie des récifs coralliens sont nécessaires. L'utilisation d'ouvrages scientifiques notamment pour la définition de chaque habitat avec des ouvrages spécialisés est recommandée (voir la bibliographie complémentaire de ce guide).

Recommandations pour les études d'impact :

Objectif : saisir la pertinence de l'utilisation des données cartographiques en fonction des potentiels enjeux et des risques liés à un projet d'aménagement.

Les études d'impact doivent fournir des données suffisantes sur l'environnement et sur les richesses naturelles afin d'évaluer si des projets d'aménagements peuvent affecter les habitats clefs et de saisir l'enjeu des zones impactées. L'état initial des habitats ou espèces doit être adapté au **projet envisagé et aux enjeux**. Elle doit informer de la présence d'un habitat clef dans une aire d'étude (champ proche à lointain) et son état de conservation.

Les cartes du projet CarMayotte peuvent suffire pour appréhender un contexte environnemental dans un périmètre d'étude, analyser les habitats et permettre de faire **un pré-diagnostic des enjeux écologiques** par rapport aux aménagements et ses impacts.

La nature des impacts et leur ampleur sur le milieu marin peuvent être saisies grâce à cette cartographie du fait de leur sensibilité et/ou vulnérabilité des habitats.



Recommandations pour la planification spatiale et la gestion des activités marines

- Mise en œuvre d'une approche écosystémique de la gestion de l'environnement marin ;

Une meilleure connaissance spatiale de la répartition des habitats marins et de leur importance est primordiale pour une gestion des activités qui en dépendent.

Dans le domaine de la planification marine, il est important de cartographier les distributions spatiales et temporelles des activités, leurs densités et leurs pressions pour les mettre en lien avec les habitats et/ou les espèces présentes sur ces zones d'activités. A l'heure actuelle, la cartographie des habitats va permettre de mieux spatialiser les activités et permettre de mieux saisir ce lien état-pression par des études complémentaires.

- Aide à la mise en œuvre de protection des habitats remarquables

La cartographie des habitats marins a permis d'identifier de nouvelles zones uniques comme les massifs coralliens profonds ou des nouvelles zones à forte couverture corallienne (voir rapport CarMayotte), ainsi que les habitats remarquables. La délimitation des structures géomorphologiques a également été affinée et a permis de compléter les données de l'atlas cartographique de référence de 2008 (Andréfouet et al., 2008). Des nouvelles stations, comprenant la couverture corallienne, les peuplements dominants, la morphologie des coraux, ont été échantillonnées, ce qui améliore grandement les connaissances du lagon et les bilans de l'état de l'environnement. Ce projet va ainsi permettre d'identifier de nouvelles aires géographiques d'intérêt d'un point de vue de la biodiversité et de mieux évaluer les changements globaux des habitats face au réchauffement climatique et à la pression anthropique. Notamment sur toutes les zones encore préservées qui peuvent servir de zones refuges et la résilience des récifs coralliens comme par exemple les massifs coralliens le long du grand récif Nord-Est.

Quelques précautions

Les données issues de la cartographie peuvent être utilisées à différentes échelles et en fonction de l'objectif d'utilisation, des données supplémentaires fines devront être requises. Par exemple, certaines zones du lagon sont encore inexplorées par le SHOM créant des lacunes



cartographiques et sous estimant donc la présence d'habitat remarquable. De ce fait, les utilisateurs doivent tenir compte de la justesse des données et utiliser toutes les couches disponibles du projet Carmayotte. Aussi les utilisateurs doivent bien saisir la date des acquisitions de terrain, les données biotiques étant très rapidement changeantes.

Des nouvelles données de terrain seront nécessaires sur les zones où aucune donnée récente n'est disponible pour affiner le diagnostic environnemental. C'est le cas notamment des données biotiques (pourcentages de recouvrement corallien ou des herbiers) qui peuvent rapidement décliner du fait des pressions environnementales et anthropiques. Selon la composition des milieux ainsi que la qualité des données existantes (lacune cartographiques, données actualisées), des investigations complémentaires doivent être envisagées pour quantifier plus finement les impacts potentiels d'un projet d'aménagement.

Il est intéressant dans cette partie de préciser la notion d'échelle et de résolution. La cartographie a été réalisée à l'échelle la plus fine possible (carte très détaillée) en se basant sur une fusion d'images de sources et résolutions différentes à l'échelle du lagon de Mayotte.

La résolution spatiale détermine la taille des plus petits objets spatiales cartographiables. En revanche cette résolution est dépendante de la qualité des images d'acquisition et de la profondeur. La turbidité, les couvertures nuageuses vont diminuer la qualité des signatures spectrales. En considérant ces biais, les zones peu profondes sont cartographiées à moins de 10 m de résolution spatiale.

Ceci conduit à la notion d'exactitude de la carte. Plus les données sont fines et le nombre de classes importants, plus les erreurs de classification peuvent être grandes (positionnement des limites d'habitat par exemple entre deux peuplements dominants s'il n'y a pas de vérité terrain). Par contre ce niveau de détail permet de généraliser sur les grands habitats (en regroupant les classes) et donc d'augmenter l'exactitude de la carte.





Recommandations pour l'actualisation de la cartographie

Une volonté forte vise à mettre à jour au fil de l'eau cet outil cartographique grâce aux études cartographiques et aux suivis environnementaux à venir.

Pour optimiser les coûts, le temps et les efforts d'échantillonnage à travers des suivis environnementaux, nous recommandons que les nouvelles données soient adaptables pour répondre aux besoins multi spécifiques des utilisateurs dans le but d'affiner et d'actualiser les données. Ces dernières doivent être donc accessibles dans une base de données cartographique libre et dans un format adéquat.

A minima les futures données issues de programmes d'études environnementales et/ou cartographiques devront être présentées sous la forme de données MSA (Medium Scale Approach), méthode surfacique, avec un renseignement sur les peuplements dominants. Nous préconisons donc l'intégration des données suivantes :

Projet				
Données Obligatoires	Objectif		Méthode de relevé	
	Date		Secteur d'étude	
	Site d'échantillonnage		Profondeur	
	Point Gps			
	Information abiotique			
	Géomorphologie		Se référer à la cartographie existante	
	Substrat (%)		DUR	Substrat dur (corail mort + vivant)
			DA	Dalle
			DEB	Débris
			BL	Blocs
			SA	Sable
			VA	Vase
	Information biotique			
	Biotique (% absolu ou relatif)			
	Peuplement dominants		Renseigner les peuplements dominants sur chaque site	
		HC	Corail dur	
		SC	Corail mou	
		ALG	Algues	
Herbier (%)		Recouvrement espèce		
		Densité		



Données optionnelles	Proportion corail (% relatif coraux durs)		
		ACT	Acropores tabulaires
		ACD	Acropores digités
		ACB	Acropores branchus
		ACS	Acropores submassifs
		MEF	Massifs Encroutant Foliacé
		POC	Pocillopores
		CS	Corail submassif
		CB	Corail Branchu
		MIL	Millépores
		Fungidae	Fungidae
	Proportion algues (% relatif algues)		
		AC	Algues calcaires
		TU	Assemblages algaux (turf)
	AD	Algues dressées	
Espèces remarquables			

Labelisations des couches

CHAMP	DESCRIPTION
Code_typo	Code habitat niveau élevé
Nom_Zone	Secteur géographique
Geo_N3	Classe géomorphologie niveau 3 (Millenium catégorie massifs toutes géomorphologie confondue)
Geo_N3_mil	Classe géomorphologie niveau 3 (Millenium)
Geo_N4	Classe géomorphologie niveau 4 (Millenium)
Typo_eleve	Attribut habitat niveau élevé
meanCVinte	Résultat recouvrement corail vivant par interpolation
hab_rem	Intérêt habitat remarquable
Surface	Surface entité
Meth_num	Méthode de numérisation
supp_num	Support de numérisation
Date	Date de validation
Org_prod	Organismes producteur
Nom_AUT	Noms auteurs
Trai_hype	Auteurs des traitements des images hyperspectrales
'Meth_val'	Méthode de validation de la cartographie





Bibliographie complémentaire au guide

Andrefouët, S., Chagnaud, N., Chauvin, C., & Kranenburg, C. J. (2008). Atlas des récifs coralliens de France Outre-Mer. Centre IRD de Nouméa, 153 pages. <http://ifrecor-doc.fr/items/show/1032>

Andréfouët, S., Muller-Karger, F. E., Robinson, J. A., Kranenburg, C. J., Torres-Pulliza, D., Spraggins, S. A. & Murch, B. (2006). Global assessment of modern coral reef extent and diversity for regional science and management applications: a view from space. Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium, Okinawa, Japan, Japanese Coral Reef Society

Battistini, R., Bourrouilh, F., Chevalier, J. P., Coudray, J., Denizot, M., Faure, G., Fisher, J. C., Guilcher, A., Harmelin-Vivien, M., Jaubert, J., Laborel, J., Montaggioni, L., Masse, J. P., Mauge, L. A., Peyrot-Clausade, M., Pichon, M., Plante, R., Plaziat, J. C., Plessis, Y. B., Richard, G., Salvat, B., Thomassin, B. A., Vasseur, P. & Weydert, P. (1975). *Éléments de terminologie récifale indopacifique*. téthys: 109p.

Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron f., Kulbicki M., Sarramegna S., Labrosse P., galzin R., 2006. Medium scale approach (MAS) for improved assessment of coral reef fish habitat. *J. Exp Mar Biol Ecol*

Dahl A. L (1981). *Coral reef monitoring handbook*. South Pacific Commission, Nouméa. 21 pp

Mouquet, P., & Bajjouk, T. (2018). Exploitation des images hyperspectrales et données bathymétriques pour la cartographie récifale de Mayotte.

Nicet, J.-B., Porcher, M., Pennober, G., MOUQUET, P., Alloncle, N., Denis, Y., Gabrié, C., Nicolas, A., Pribat, B., Tollis, S., Julien, R., Jean Pascal, Q., & Serge, A. (2015). *Aide pour la réalisation et la commande de cartes d'habitats normalisées par télédétection en milieu récifal sur les territoires français*. 73 + annexes. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01467027>

Projet MESH (2008). **Guide de cartographie des habitats marins**. RST - DYNECO/AG/07-21/JP. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00397/50831/>

Roos, D., Dupont, P., Gaboriau, M., Bigot, L., Durville, P., Mulochau, T., Pinault, M., Wickel, J., Urbina-barreto, I., Mouquet, P., Maurel, L., Fallourd, S., Guilbert, A., Hoarau, J., Aumond, Y., Giannasi, P., Adami, P., Mercky, Y., Jac, C., ... Claverie, T. (2017). Étude des Peuplements Ichtyologiques et des CommUnautés RécifalEs à partir d'indicateurs spatiaux et de l'approche fonctionnelle, des bancs du Geyser, de la Zélée et de l'Iris. *Programme Du Xème FED Régional « Gestion Durable Du Patrimoine Naturel de Mayotte*

Bibliographie Données Historiques

- Chabanet, P., Andréfouët, S., Barroil, P., Bec, B., Bélières, A., Bigot, L., Boissin, E., Bourmaud, C., Bouvy, M., Chabanet, P., Carré, C., Crochelet, E., Dalleau, M., Dupuy, C., Durville, P., Fari, C., Fauvelot, C., Gelin, P., Got, P., ... Wickel, J. (2017). *Programme SIREME Suivi et inventaire des récifs coralliens de Mayotte et des îles Eparses*.
- Dedeken, M., & Ballorain, K. (2015). *Les herbiers marins de Mayotte : Etat des lieux des herbiers intertidaux en 2014*.
- Facon M., Thorin S., & Garnier R. (2016a). *Acquisition de donnees sur l'etat des recifs coralliens et test de l'indicateur benthos recifal*.
- Facon M., Thorin S., & Garnier R. (2016b). *Etat de sante des recifs frangeants de grande terre et calcul de l'indicateur benthos recifal*.
- NICET J.B., PENNOBER G., BUCKLEEN M., WICKEL J., BIGOT L., CHABANET P., OBURA D., 2016. Intensité et impact du blanchissement corallien massif de 2016 sur les récifs coralliens français de l'océan Indien. Projet BECOMING 2016. Rapport MAREX, ESPACEDEV, ENTROPIE, UR, IRD, SEAS-OI, CORDIO, AAMP, PNMM, PNMG, TAAF, RNMR, DEAL Réunion, RNB, IFRECOR, UE, 87 pages.
- PARETO. (2013). *Suivi 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de Mayotte*.
- PARETO, ARVAM, et al. (2015) *Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) marines à Mayotte, Phase II. Liste des espèces et habitats déterminants et zones proposées pour une inscription en ZNIEFF de type I ou II. Données bibliographiques, méthodes d'inventaire terrain, d'inscription et de délimitation des ZNIEFF. Rapport final pour le compte de l'AAMP, 31 pages*.
- Roos, D., Dupont, P., Gaboriau, M., Bigot, L., Durville, P., Mulochau, T., Pinault, M., Wickel, J., Urbina-barreto, I., Mouquet, P., Maurel, L., Fallourd, S., Guilbert, A., Hoarau, J., Aumond, Y., Giannasi, P., Adami, P., Mercky, Y., Jac, C., ... Claverie, T. (2017). *Étude des Peuplements Ichtyologiques et des CommUnautés RécifalEs à partir d'indicateurs spatiaux et de l'approche fonctionnelle, des bancs du Geyser, de la Zélée et de l'Iris. Programme Du Xème FED Régional « Gestion Durable Du Patrimoine Naturel de Mayotte et Des Îles Eparses. Rapport de Contrat No 15/1212185. RST/RBE-DOI/2017-07. <https://doi.org/10.13155/54549>*
- WICKEL J., & NICET J.B. (2019). *Évaluation de l'état de santé des récifs coralliens et des peuplements ichtyologiques à Mayotte- Suivi 2018 des stations GCRMN. Rapport MAREX pour le compte du Parc Naturel Marin*

de Mayotte. 29p + Annexes.

WICKEL J., NICET J.B., & PINAULT M. (2018). *Évaluation de l'état de santé des récifs coralliens et des peuplements ichtyologiques à Mayotte- Suivi 2018 des récifs internes et barrière. Suivi MSA 2018 des récifs internes et barrière. Rapport MAREX pour le compte du Parc Naturel Marin de Mayotte, 37 +*