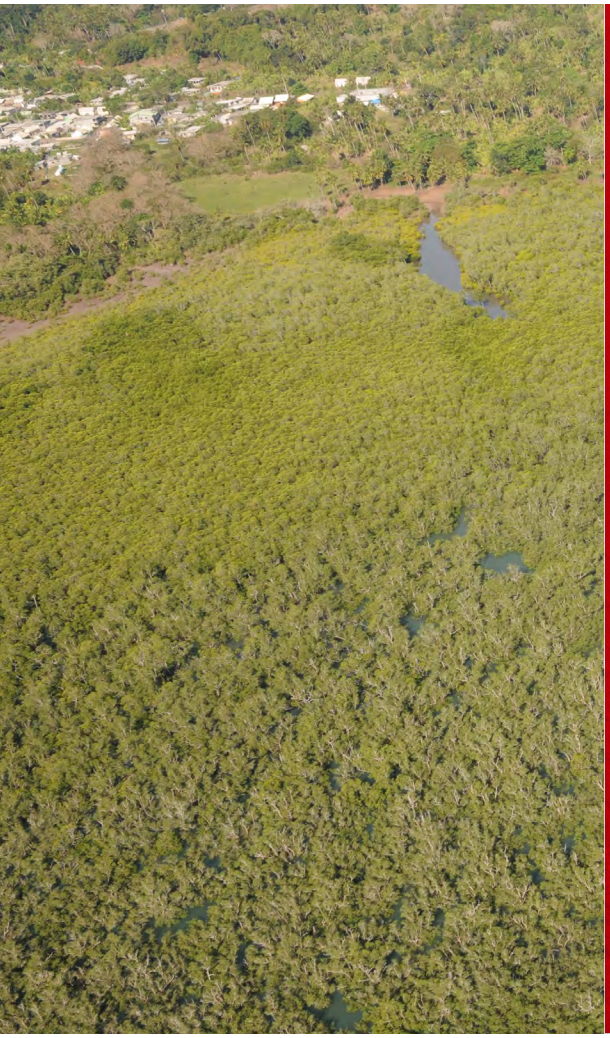
UICN | Comité Français



LA LISTE ROUGE des écosystèmes en France

Les mangroves de Mayotte

Décembre 2016

Coordination : Sébastien Moncorps (directeur de l'UICN France) ; Brigitte Poulin (présidente du groupe méthodologie « Liste rouge des écosystèmes » de l'UICN France) & Pauline Teillac-Deschamps (chargée du programme « Ecosystèmes » de l'UICN France).

Rédaction et mise en œuvre : Aurélien Carré (UICN France) ; Caroline Cremades (UICN France) & Pauline Teillac-Deschamps (UICN France).

Comité de validation :

Experts : Kissimati Abdallah (SIEAM) ; Houlam Chamssiddine (Mayotte Nature Environnement) ; Thomas Claverie (Université de Mayotte) ; Hélène Decat (DEAL Mayotte) ; Alexandra Gigou (PNM Mayotte) ; Valérie Guiot (CBN Mascarin) ; François Jeanne (GEPOMay) ; Cris Kordjee (Conservatoire du littoral) ; Alexandre Laizé (ONF) ; Kassuda Lesur (ONF) ; Laurent Mercy (ONF) ; Tanguy Nicolas (UICN France) ; Olivier Soumille (ESPACES) ; Ewan Trégarot (Université de Portsmouth).

Évaluateur Liste rouge : Aurélien Carré (UICN France).

Contributeurs : Nadine Astarie (ARS Mayotte) ; Katia Ballorain (PNM Mayotte) ; Jean-Marie Bouchard (MNHN) ; Eric Brenner (PNM Mayotte) ; Bertrand Brohon (Préfecture de Mayotte) ; Yoann Cancan (ARS Mayotte) ; Pascale Chabanet (IRD) ; Michel Charpentier (Naturalistes de Mayotte) ; Caroline Cremades (UICN France) ; Guillaume Decalf (DEAL Mayotte) ; Ywenn Delatorre (BRGM) ; Matthias Deus (naturaliste) ; Vincent Dinhut (ISIRUS) ; Benoît Duperron (CBN Mascarin) ; Raïma Fadul (Atoll) ; Pierre Failler (CEMARE) ; François Fromard (Ecolab-CNRS) ; Alice Gouzerh (Conservatoire du littoral) ; Olivier Hawlitschek (ZSM) ; Johanna Herfaut (PNM Mayotte) ; Olivier James (ONF) ; Alban Jamon (PARETO) ; Matthieu Jeanson (EPHE) ; Luc Lambs (Université de Toulouse) ; Josephine Leflaive (Ecolab-CNRS) ; Daniel Lesur (Conseil Général Mayotte) ; Pierrick Lizot (Conservatoire du littoral) ; Julie Molinier (PNM Mayotte) ; Cécile Perron (PNM Mayotte) ; Patrice Poncet (DEAL Mayotte) ; Dominique Ponton (IRD) ; Pascal Puvilland (BRGM) ; Georges Richard (naturaliste) ; Christophe Riegel (SIEAM) ; Julien Ringelstein (MNHN) ; Chaibia Saindou (Conseil Général Mayotte) ; Yan Sauvalle (DEAL Mayotte) ; Elliot Sucré (Université de Mayotte) ; Rad Setareh (BRGM) ; Bernard-Armand Thomassin (CNRS / GIP Lag-May) ; Loïc Thouvignon (ONEMA) ; Roland Troadec (Université de la Réunion) ; Pierre Valade (OCEA Consult) ; Norbert Verneau (naturaliste) ; Guillaume Viscardi (CBN Mascarin) ; Marie Windstein (Pôle relais mangroves).

Citation : UICN France, 2016. La Liste rouge des écosystèmes en France - Chapitre Mangroves de Mayotte, Paris, France, 72p.

ISBN : 978 2 918105 60 2

Dépôt légal : Décembre 2016

Copyright couverture : © P.Lizot, © C.Cremades, © N.Verneau.

Conception et mise en page : Caroline Rampon - caroline.rampon@laptitefabrikdecom.fr
www.laptitefabrikdecom.fr

Le projet a bénéficié de fonds du « Contrat de Projet Etat – Mayotte 2008 – 2014 » :

SOMMAIRE

Contexte, description et dynamiques des mangroves mahoraises : Comprendre pour évaluer 5

Les mangroves, écosystèmes caractéristiques des littoraux tropicaux 6

Le lagon de Mayotte, un contexte favorable aux mangroves 7

La faune et la flore caractéristique des mangroves de Mayotte 8

Fonctionnement des écosystèmes de mangrove : dynamique sédimentaire, cycles des éléments et processus biotiques et abiotiques 12

Les menaces pesant sur les mangroves mahoraises 16

Évaluation selon la méthodologie de la Liste rouge des écosystèmes de l'UICN (Version 2.0, 2013) 19

Les mangroves externes : fronts pionniers à *Sonneratia alba* 20

Classification 20

Description 20

Distribution 24

Facteurs de vulnérabilité 25

Évaluation du risque d'effondrement selon la méthodologie UICN 26

Conclusion 34

Les mangroves centrales et internes : mangroves mésohalines et mangroves estuariennes 35

Classification 35

Description 35

Distribution 39

Facteurs de vulnérabilité 40

Evaluation selon la méthodologie de l'UICN 41

Conclusion 48

Les arrière-mangroves : Tannes, prés-salés, mangroves et forêts supralittorales 49

Classification 49

Description 49

Distribution 53

Facteurs de vulnérabilité 54

Évaluation selon la méthodologie de l'UICN 54

Conclusion 60

Bibliographie 62

Table des figures 64

Liste des tableaux 65

Annexes 66

Annexe 1 : Seuils et critères de la méthodologie UICN (V2.1, 2015) 66

Annexe 2 : Glossaire des termes clés de la méthodologie 68

Contexte, description et dynamiques des mangroves mahoraises : Comprendre pour évaluer

© C.Cremades

Les mangroves, écosystèmes caractéristiques des littoraux tropicaux

Les écosystèmes de mangroves se développent sur les littoraux des régions intertropicales du globe, entre 30° Sud et 30° Nord (Fig.1). Dans ces régions, les conditions climatiques sont contrôlées par le déplacement de la Zone de convergence inter tropicale (ZCIT), ceinture de zones de basses pressions entourant la Terre au niveau de l'équateur et qui se déplace du nord au sud en fonction des saisons.

Le département de Mayotte, située à 450 km au large de l'Afrique et à 300 km au nord-ouest de Madagascar, fait partie de l'archipel des Comores. Composée de deux îles principales d'origine volcanique, Mayotte représente 374 km² de terres émergées mais constitue surtout l'un des plus vastes lagons de l'Océan Indien. Celui-ci se compose d'une barrière récifale quasi-continue de près de 197 km, pour une superficie de près de 1 500 km².

L'archipel des Comores est soumis à un climat tropical humide à deux saisons : une saison humide et chaude et une saison sèche, plus fraiche. Les précipitations moyennes annuelles à Mayotte sont de l'ordre de 1 000 à 1 200 mm au sud de l'île contre 1 700 mm au nord du fait du relief, pour des températures comprises entre 23°C en saison sèche et 32°C en saison humide. Cette région du sud de l'Océan Indien est également propice à la formation de cyclones ou encore de fortes dépressions tropicales, durant la saison humide, susceptibles d'atteindre les côtes mahoraises.

Figure 1 : Répartition des mangroves dans le monde (© 2007 National Geographic Magazine)

Le lagon de Mayotte, un contexte favorable aux mangroves

Circulation des eaux et des sédiments au sein du lagon mahorais

Les courants marins observés au sein du lagon de Mayotte résultent principalement de l'influence conjuguée du climat, de la marée, du vent et de la houle océanique. La circulation des eaux est aussi localement perturbée par la morphologie de la barrière corallienne, ainsi que par la bathymétrie du complexe récifo-lagonnaire (De la Torre *et al.*, 2008).

Un travail de modélisation de la courantologie de l'ensemble de lagon de Mayotte souligne néanmoins le rôle plus important de la marée comme moteur de la circulation des eaux marines. Cette marée est de type semi-diurne (deux pleines mers et deux basses mers par jour) et le marnage est de l'ordre de 3,20 mètres, en période de vives eaux moyennes. Le niveau marin oscille ainsi entre les niveaux +1,40 m et -1,80 m (niveau IGN).

Les houles marines qui touchent les récifs coralliens de Mayotte sont principalement formées par les dépressions tempérées australes et les vents locaux :

- Les dépressions australes génèrent des houles qui remontent le canal du Mozambique et atteignent Mayotte par le sud (exposition sud) ;
- Les vents locaux et régionaux forment des vagues courtes, orientées différemment selon l'alternance entre la mousson (venant du nord) et les alizés (venant du sud).

Ces houles sont globalement faibles du fait de la proximité de Madagascar. L'alternance saisonnière entre mousson et alizés entraine en outre une alternance nord/sud de l'exposition des côtes mahoraises aux vents dominants, les vents de secteur sud étant plus forts et plus fréquents (Jeanson, 2009).

La barrière corallienne limite la pénétration de la houle à l'intérieur du lagon. Cependant, l'énergie des vagues qui parviennent tout de même à y pénétrer, est plus importante dans la partie sud du lagon que dans sa partie nord du fait de la persistance des vents de secteur sud et des différentes architectures que peuvent présenter les récifs (Jeanson *et al.*, 2013).

Cette énergie incidente va ainsi fortement varier selon la position (nord ou sud de l'île) et l'exposition, avec pour conséquences d'importantes variations dans la répartition (nature, organisation) des dépôts sédimentaires.

De cette façon, par exemple, des barres sableuses transversales simples ou multiples se forment en avant de la quasi-totalité des mangroves des côtes sud et ouest de Mayotte, ainsi que des mangroves de la côte est exposées au sud-est. Ces barres sableuses se déplacent de manière cyclique en traversant la mangrove, depuis leur formation au large jusqu'à l'accumulation du sable sur le cordon sableux en arrière des peuplements de palétuviers.

La répartition des mangroves sur les côtes mahoraises s'établit ainsi en fonction de plusieurs facteurs propices à des conditions de calme :

- Faible exposition aux houles d'alizés et de mousson ;
- Présence d'une barrière corallienne continue (sud, ouest et nord), voire d'une double barrière (sud) ;
- Protection par des caps ;
- Baies quasi-fermées ou très profondes.

Les portions de côtes trop exposées (absence ou discontinuité de la barrière récifale, passes ouvertes aux vagues) sont ainsi plutôt occupées par des plages de sables et de galets que par des mangroves.

Régimes hydrologiques de Mayotte

Sur les 124 cours d'eau et ravines identifiés à Mayotte, seuls 24 sont pérennes et ils sont à 90 % situés dans la partie nord de l'île (PARETO & ASCONIT, 2013). Les mangroves situées dans des estuaires ou en fond de baies sont ainsi soumises à des écoulements d'eaux douces saisonniers de type torrentiel dont les variations de débits peuvent être importantes.

Ces écoulements apportent au lagon d'importantes quantités de sédiments issus de l'érosion des sols, essentiellement des matières argileuses et issues de roches volcaniques. Les estimations de volumes transportés, en cours de révision par le BRGM, seraient de l'ordre de 300 000 à 600 000 tonnes par an (Lapègue, 1999 ; Ferret & Sarrailh, 2005).

Ainsi, les sédiments observés dans les mangroves sont en majeure partie constitués de limons (silts) et d'argiles (de 40 à 80 %). Ils comportent également une fraction grossière de granules, ainsi que des sables grossiers à très grossiers (Herteman, 2010).

Les conditions de calme offertes par l'important système récifal de Mayotte, l'un des plus vastes

de l'Océan indien (1500 km²), la présence de nombreuses baies abritées et les importants apports en eaux douces et en sédiments fins sont certainement les principaux facteurs qui ont pu favoriser l'implantation, le maintien et la stabilité des écosystèmes de mangrove à Mayotte (Jeanson, 2009 ; Jeanson *et al.*, 2013 ; Jeanson *et al.*, 2014).

La faune et la flore caractéristique des mangroves de Mayotte

Les palétuviers

La mangrove *stricto sensu* désigne les milieux inféodés à la zone de balancement des marées et composés d'espèces végétales morphologiquement et physiologiquement adaptées que sont les palétuviers (Fig.2).

Figure 2 : Racines de *Sonneratia alba* au devant de la mangrove centrale à Rhizophora (© C. Cremades)

À Mayotte, comme dans le reste de cette région de l'Océan Indien, notamment à Madagascar et en Afrique de l'Est, la mangrove *stricto sensu* se structure autour de 7 espèces de palétuviers. Ceux-ci s'organisent en bandes parallèles au rivage, principalement en fonction des variations de la topographie et de la salinité (Fig.3).

Ainsi, le Palétuvier fleur (*Sonneratia alba*) se trouve sur la basse slikke, partie la plus basse de l'estan. Il forme ainsi une sorte de ceinture externe monospécifique appelée « *front pionnier* », incluant parfois quelques Palétuviers blancs (*Avicennia marina*).

La zone centrale de la mangrove est la partie la plus étendue des mangroves de Mayotte : elle y représente plus de 80 % de la mangrove *stricto sensu*. Cette zone est largement constituée de peuplements très denses de Palétuvier rouge (*Rhizophora mucronata*) lorsque la mangrove se situe directement en front de mer. Le Palétuvier gros poumon (*Bruguiera gymnorhiza*) s'y développe également, en remontant sur l'estran (Fig.3). L'habitat naturel caractérisé par l'association du Palétuvier rouge et du Palétuvier gros poumon représente plus de 40 % de la superficie des mangroves de Mayotte (Cremades, 2010).

En contexte plus salé, le cœur de mangrove est constitué de peuplements de Palétuvier jaune (*Ceriops tagal*) qui accompagne, voire remplace, les palétuviers rouge et gros poumon.

Lorsque la mangrove se développe dans un estuaire ou en contexte lagunaire, l'influence des eaux douces sur la salinité du milieu peut permettre le développement de peuplements étroits de Palétuvier

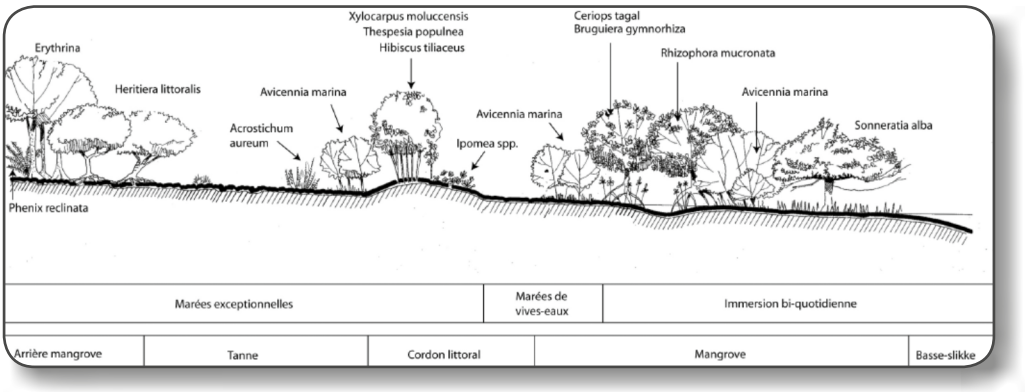


Figure 3 : Zonation schématique de la végétation d'une mangrove mahoraise (Source : d'après Burgeap, 1998 modifié, in Jeanson, 2009)

à petites feuilles (*Lumnitzera racemosa*), ainsi que celui du Palétuvier pomme (*Xylocarpus granatum*). Ce dernier, bien qu'observé dans la plupart de ces mangroves dîtes internes, ne forme que très rarement des peuplements où il est dominant.

Le Palétuvier blanc (*Avicennia marina)* est le palétuvier le plus tolérant aux fortes concentrations en sel et est quasiment le seul à pouvoir se développer en limite supérieure de l'estran. Il forme généralement des peuplements arborescents hauts et denses mais, lorsque la concentration en sel devient trop importante et en particulier sur les tannes, il se développe de manière éparse et reste à un stade arbustif.

Végétation de l'arrière-mangrove

Les écosystèmes d'arrière-mangroves sont des milieux dominés par des arbres ou des herbacées, directement connectés aux mangroves *stricto sensu*. Ces formations marécageuses situées en bordure d'estuaire ou en contact avec une nappe d'eau douce souterraine sont plus diversifiées et plus riche en espèces.

Ainsi, en limite supérieure des mangroves internes (en arrière du cordon sableux ou en continuité des systèmes estuariens) peuvent se trouver des formations forestières supralittorales dominées par l'Héritière littorale (*Heritiera littoralis*), dont l'écologie s'apparente à celle des palétuviers. Au total, une vingtaine d'espèces végétales composent ces milieux forestiers (Fig.4).

Figure 4 : Forêt supralittorale d'arrière-mangrove (© C. Cremades)

Dans des conditions plus humides et de plus faibles salinités se trouvent également des milieux marécageux à végétation herbacée tels que des prés-salés à *Sporobolus virginicus* et *Ipomoea pes-caprae* (Patate à Durant) ou encore des formations à *Acrostichum aureum* (Fougère dorée).

D'autres formations forestières supralittorales peuvent se trouver sur le cordon sableux mais elles ne sont pas considérées comme faisant partie des systèmes d'arrière-mangroves. En effet, ces forêts qui se structurent autour de l'Arbre lanterne (*Hernandia nymphaeifolia*) et du Takamaka (*Calophyllum inophyllum*) peuvent se développer aussi bien en arrière des mangroves qu'en haut des plages.

La faune caractéristique des mangroves et arrière-mangroves

Micro-organismes, décomposeurs et détritivores

Les mangroves sont des écosystèmes caractérisés par une activité microbiologique intense. Ainsi, de nombreux micro-organismes aquatiques s'y développent et en particulier les copépodes, petits crustacés formant la base du zooplancton et un des premiers maillons de la chaine trophique des mangroves (Deliot, 2000).

De nombreuses autres espèces de plus grands crustacés sont également présentes. Les crabes sont notamment les espèces les plus caractéristiques des mangroves et ayant le plus d'impact sur leur fonctionnement. Les crabes sont même qualifiés « *d'espèces ingénieurs* » des écosystèmes de mangrove.

À Mayotte, 17 espèces de crabes ont été identifiées au sein des mangroves. Ces espèces se répartissent en fonction de la nature de la végétation, de la nature et de la structure du sol ainsi que des paramètres abiotiques tels que la salinité, la perméabilité du sol, la durée d'immersion, l'ensoleillement, etc. (Bouchard, 2009).

Les mollusques forment eux aussi un groupe très varié et participent fortement au réseau trophique des mangroves, comme l'Huître de palétuvier (*Saccostrea cucullata*) par exemple.

Avifaune des mangroves

Les mangroves et arrière-mangroves figurent parmi les milieux les plus riches en espèces d'oiseaux à Mayotte, avec jusqu'à 43 espèces régulièrement observées (Rocamora, 2004). Les mangroves étant des milieux hétérogènes, à l'interface entre la terre et la mer, on y trouve des espèces issues des milieux terrestres (forestiers et aquatiques) comme des oiseaux marins (Ousseni, 2011).

Les mangroves peuvent également constituer des milieux de substitution pour les espèces dont les habitats naturels auraient été dégradés, comme les forêts sèches (F. Jeanne, comm. pers.). Ainsi, les espèces caractéristiques des milieux buissonnants et forestiers observés en zone de mangrove sont le Souimanga de Mayotte et l'Oiseau lunette de Mayotte, tous deux endémiques de l'île, ainsi que le Moucherolle de Mayotte (sous-espèce endémique de Mayotte) et le Bulbul malgache.

Le Chevalier guignette et le Martin pêcheur sont également présents au niveau des estuaires, tandis que le Héron vert (sous-espèce endémique des Comores) et le Courlis corlieu sont des migrateurs observés plutôt en front de mer.

Enfin, la Grande Aigrette, l'Épervier de France (sous espèce endémique de Mayotte), le Héron garde-bœuf, la Spermète à capuchon (espèce introduite), la Tourterelle peinte (sous-espèce endémique des Comores) ou encore la Tourterelle tambourette (espèce introduite) sont des espèces moins abondantes mais régulièrement observées au sein des mangroves mahoraises. Celles-ci hébergent également les seules colonies nicheuses de Crabier blanc à Mayotte (Fig.5).

Figure 5 : Héron Crabier blanc (© P. Lizot)

Le Crabier blanc est endémique de la région et évalué *En Danger Critique (CR)* d'extinction à Mayotte, et *En Danger (EN)* au niveau mondial (UICN France *et al.*, 2014a).

Une quinzaine d'espèces au total dominent ces peuplements d'oiseaux. Ces espèces présentent de plus un fort intérêt patrimonial car elles sont pour la plupart indigènes et souvent rares, voire endémiques de Mayotte ou des Comores (Rocamora, 2004 ; Ousseni, 2011).

Les mangroves qui présentent les plus importants effectifs et la plus grande diversité d'espèces d'oiseaux sont les secteurs les plus étendus tels la Baie de Bouéni, plus vaste mangrove de Mayotte.

Les mangroves, ressources et abris pour l'ichtyofaune du lagon

Les mangroves offrent d'importantes ressources alimentaires pour les poissons du fait de leur forte productivité primaire et secondaire, conjuguée aux éléments nutritifs apportés par les cours d'eau. Ce sont également des zones de refuge indispensables pour ces espèces (Fig.6).

Figure 6 : *Sphaeramia orbicularis* en front de mangrove (© N. Verneau)

Les mangroves mahoraises constituent non seulement une zone de frayère et de nourricerie pour les juvéniles mais aussi un abri contre les prédateurs. Certaines espèces effectuent également l'ensemble de leur cycle de vie à proximité des mangroves (Deliot, 2000). Cette fonction de refuge dépend néanmoins du temps de submersion à marée haute.

Le poisson le plus emblématique des mangroves est le Périophtalme (*Periophthalmus koelreuteri*), espèce amphibie qui vit sur la vase et les troncs des palétuviers (Fig.7).

Figure 7 : Le périophtalme, poisson amphibie des mangroves (© N. Verneau)

Une cinquantaine d'espèces de poissons ont été inventoriés au sein des mangroves mahoraises, bien que ces données soient en cours d'approfondissement (IRD, Approches

fonctionnelles du rôle des mangroves de Mayotte pour les poissons). Il est en effet probable que le nombre d'espèces qui fréquentent les mangroves soit plus élevé.

Il faut cependant noter que les mangroves sont exondées durant une partie du cycle des marées (Fig.8). Les espèces marines qui seraient plus ou moins dépendantes des mangroves ne peuvent ainsi les fréquenter qu'en moyenne 8 à 10 heures par cycle de 24 heures (Manson *et al.*, 2005).

Des espèces d'autres groupes taxonomiques sont également présentes, notamment des insectes, des amphibiens, des reptiles ou encore des éponges de mer.

Des écosystèmes productifs

Les écosystèmes de mangrove sont caractérisés par une productivité primaire élevée : ils peuvent en effet produire entre 6 et 10 tonnes de matière organique par hectare et par an (Blasco, 1991). Cette litière est ensuite décomposée par les micro-organismes ou assimilée par les palétuviers à partir des éléments enfouis par les crabes, ce qui fournit l'essentiel des nutriments nécessaires à ces écosystèmes. Ces processus sont détaillés ci-après.

Une part importante de cette matière organique (feuilles, branches et bois morts) est directement exportée dans le milieu marin car la litière s'accumule difficilement dans les mangroves. La marée entraine alors régulièrement ces éléments vers le lagon (Direction générale pour le développement, 1992 ; Herteman, 2010). Les substrats sur lesquels se développent les mangroves sont de ce fait généralement pauvres (oligotrophes) et particulièrement limités en azote et phosphore, ce qui rend les mangroves largement dépendantes des apports de nutriments extérieurs.

Cet état d'oligotrophie est renforcé à Mayotte car les bassins versants sont de petites superficies et les cours d'eau essentiellement temporaires, ce qui limite les apports de nutriments et d'eaux douces.

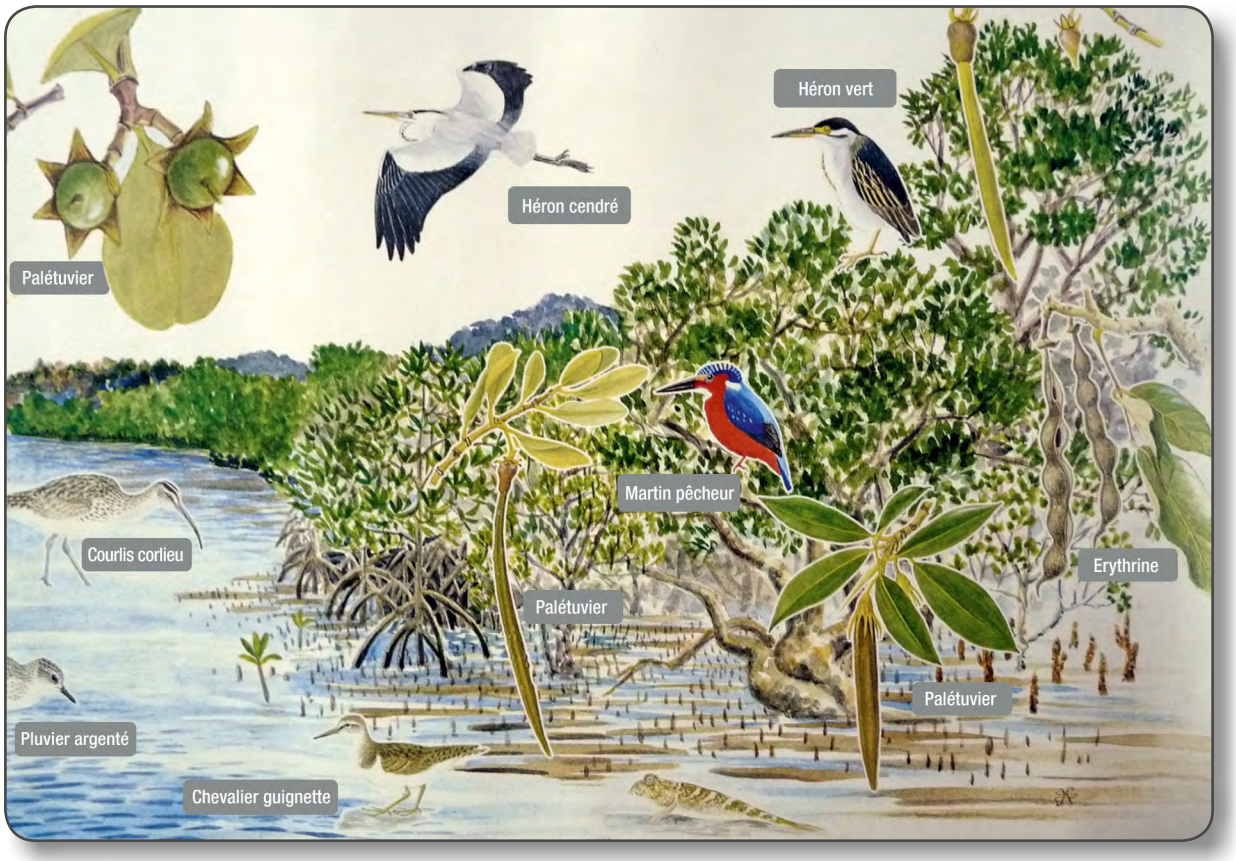


Figure 8 : Palétuviers et oiseaux des mangroves de Mayotte (© DAAF Mayotte)

Fonctionnement des écosystèmes de mangrove : dynamique sédimentaire, cycles des éléments et processus biotiques et abiotiques

La structuration et le fonctionnement des mangroves sont étroitement liés à la morphologie des récifs coralliens délimitant le lagon de Mayotte et à l'impact qu'ils ont sur les conditions hydrodynamiques à l'intérieur de celui-ci. À Mayotte, ces conditions sont globalement plutôt favorables aux mangroves (barrière corallienne quasi-continue, nombreuses baies, etc.) (Fig.9).

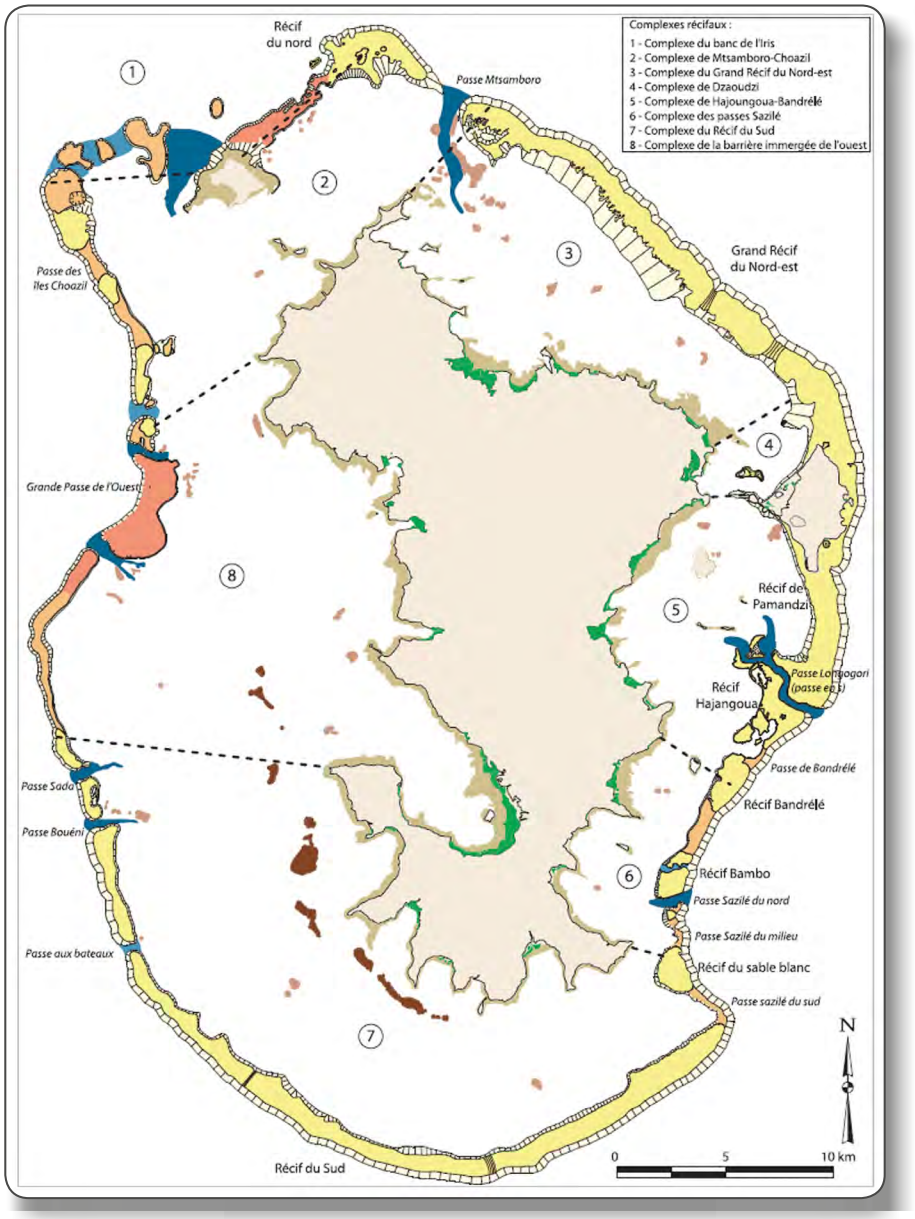


Figure 9 : Carte géomorphologique des récifs de Mayotte (Source : d'après Durand & Thomassin, 1992 et Porcher *et al.*, 2002 modifié, in Jeanson, 2009)

Processus hydrosédimentaires

Les mangroves implantées en front de mer sont plus exposées à l'action des vagues que celles qui se développent en fond de baies et participent activement à la dissipation de l'énergie des vagues au niveau de la côte. Il a par exemple été montré qu'une mangrove peut absorber jusqu'à 50 % de l'énergie des vagues en seulement 150 mètres (Brinkman *et al.*, 1997 ; Massel *et al.*, 1999).

Les mangroves jouent également un rôle fondamental de filtre à sédiments et intègrent naturellement une grande partie des apports de matières en suspension issues de l'érosion des sols sur les bassins versants (Fabricius 2005 ; Victor *et al.*, 2006; Golbuu *et al.*, 2008). Elles limitent ainsi la turbidité (concentration en sédiments fins) du lagon, ce qui permet le développement des écosystèmes coralliens qui préfèrent les eaux claires et oligotrophes.

Une régression de la mangrove, en cas de défrichement par exemple, entraine une importante réorganisation des sédiments sur l'estran par la remise en mouvement des éléments sablo-vaseux auparavant fixés par les racines des palétuviers : l'évacuation de la vase conduit au déchaussement des arbres tandis qu'une partie des sables dégagés remonte vers l'arrière de la mangrove pour s'accumuler sur le cordon sableux.

Cette accrétion en arrière de la mangrove provoque par la suite l'étouffement des palétuviers par enfouissement de leurs racines. Les mangroves vont ainsi régresser à la fois en front de mer et depuis l'arrière-mangrove (Jeanson, 2009).

Les atteintes portées aux mangroves vont en effet déstabiliser et perturber l'ensemble des processus dynamiques qui assuraient la stabilité de ces milieux.

Cycle de la matière organique

Les palétuviers de la mangrove produisent directement une importante quantité de matière organique que sont les feuilles, les branches et le bois morts. Cette ressource bénéficie alors au développement d'autres organismes comme le biofilm (communauté de micro-organismes adhérant à une surface) et le phytoplancton (organismes végétaux en suspension dans l'eau), qui sont des consommateurs primaires. Seule une partie de cette matière organique produite par les mangroves est décomposée et minéralisée *in situ*, le reste étant exporté vers la mer.

De nombreuses études ont ainsi montré que l'exportation de cette matière organique produite au sein des mangroves bénéficie à l'ensemble des consommateurs secondaires qu'elles accueillent mais aussi à de nombreuses espèces marines présentes à leurs abords ou dans leur environnement immédiat : eaux côtières, herbiers et même récifs coralliens (Fig.10) (Nagelkerken *et al.*, 2008).

Pour autant, la matière organique produite par les mangroves ne constitue pas le seul attrait pour ces espèces animales marines. En effet, d'autres types de ressources alimentaires, venues d'autres écosystèmes, y sont également disponibles.

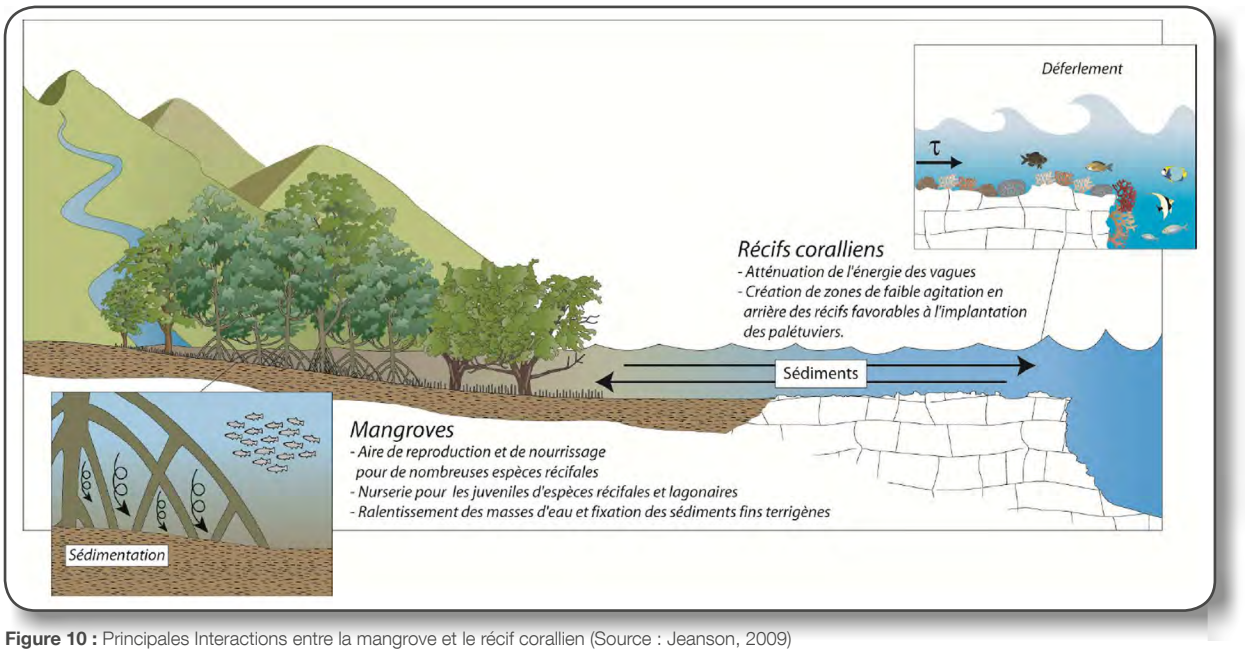


Figure 10 : Principales Interactions entre la mangrove et le récif corallien (Source : Jeanson, 2009)

Ainsi, par exemple, la matière organique mesurée en zone de mangrove apparait bien souvent supérieure en contexte estuarien.

Il est alors nécessaire de différentier les deux sources d'apports nutritifs (Nagelkerken *et al.*, 2008 ; Herteman, 2010) :

- Les ressources apportées par les cours d'eau ou produites au sein des estuaires ;
- Les ressources produites directement par les organismes inféodés aux mangroves.

Des apports suffisants et constants sont nécessaires pour assurer la survie de l'ensemble des espèces présentes dans les mangroves (Herteman, 2010).

Cycle de l'azote

Le fait que la litière s'accumule très peu sur les sols des mangroves explique en grande partie que ceux-ci, déjà fortement salés et légèrement acides, soient très pauvres en nutriments tels que l'azote ou le phosphore. Il existe de plus un gradient amont-aval : les substrats les plus hauts sur l'estran des formations à *Avicennia marina* sont encore plus salés, plus acides et plus pauvres que les substrats des fronts pionniers, sous influence marine plus marquée.

Ces sols vaseux présentent néanmoins l'ensemble des communautés bactériennes et d'enzymes nécessaires au bon déroulement du cycle de l'azote. De cette façon, les mangroves apparaissent parmi les milieux humides les plus tolérants vis-à-vis d'apports importants en nutriments, avec un très faible risque d'eutrophisation (Herteman, 2010). Une partie de l'azote et du phosphore serait en effet recyclée par les micro-organismes et absorbée par les palétuviers, tandis que les excès seraient stockés dans les sédiments. Une condition nécessaire au déroulement du cycle de l'azote (Fig.11) est une disponibilité suffisante en carbone, celui-ci étant contenu dans la matière organique en décomposition.

L'eau et les sédiments de mangroves étant très pauvres en nitrates, le processus de dénitrification (production de dioxygène à partir des nitrates et des nitrites) y est très faible voire nul. Les nitrates représentent alors les éléments limitants pour la production d'oxygène dans les mangroves (Herteman, 2010).

Cependant, le fait que très peu d'oxygène dissous soit disponible dans les sédiments alors que les micro-organismes en ont besoin pour leur survie induit un potentiel de dénitrification des mangroves bien plus important : il estimé être entre 9 et 15 fois supérieur à la dénitrification effective (Herteman, 2010). En effet, plus les conditions sont anaérobies (sans oxygène) plus la dénitrification doit être efficace.

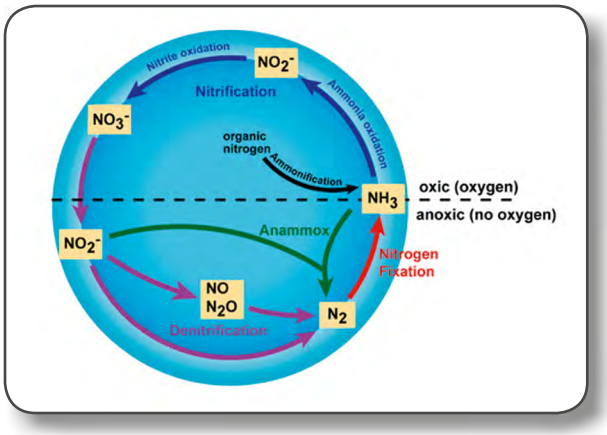


Figure 11 : Cycle simplifié de l'azote : fixation du diazote, ammonification, nitrification aérobie, dénitrification anaérobie, et processus d'anammox (© Nature Education, 2010)

Les crabes, espèces ingénieures des mangroves

Les crabes sont des espèces qui se nourrissent directement des feuilles de palétuviers, ainsi que de microphytobenthos et de macroalgues. Ceux-ci sont définis comme les « *espèces ingénieures* » des écosystèmes de mangrove car, via leurs pratiques alimentaires et leurs modes de vie, les crabes sont en grande partie responsables des transferts de nutriments, du maintien de la diversité fonctionnelle et de l'hétérogénéité biochimique des sédiments (Herteman, 2010).

Ils ont pour cela trois actions différentes (Fig.12) :

- Modification de la structure des couches sédimentaires par le creusement de terriers, ce qui favorise la « *bioturbation* » et la circulation des eaux de nappes et de marées ;
- Transport physique de la matière organique car ils consomment les feuilles de palétuviers et les enfouissent dans les sédiments ;

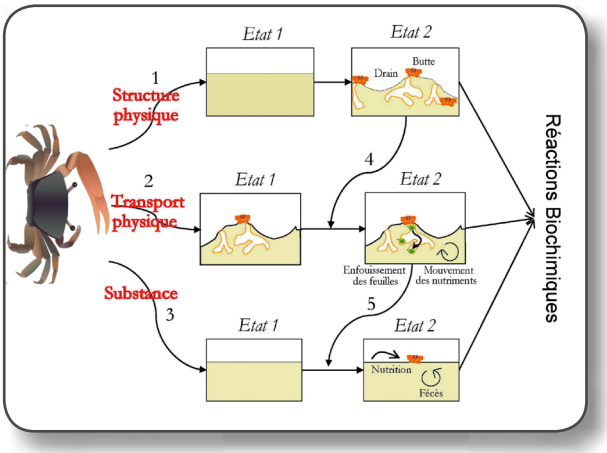


Figure 12 : Intervention du crabe dans les processus biochimiques des sédiments de mangrove (D'après Herteman, 2010)

- Rejet des fèces directement dans le milieu, qui deviennent de nouveaux éléments nutritifs disponibles pour les détritivores.

La « *bioturbation* » correspond au phénomène de pénétration de l'air ambiant au sein des sédiments via les terriers de crabe, ce qui apporte l'oxygène nécessaire à la respiration des micro-organismes. Ces micro-organismes vont alors pouvoir assimiler le CO_2 présent dans les sédiments et engendrer la transformation de l'ammonium et de l'ammoniac en nitrites, puis en nitrates.

Ces éléments seront à leur tour utilisés dans le processus de dénitrification (cf. cycle de l'azote).

Les crabes sont également en partie responsables de la zonation des espèces de palétuviers et de la structuration de leurs peuplements au sein des mangroves. En effet, la régénération des palétuviers dépend principalement de la capacité des propagules à dépasser le stade juvénile, le plus critique dans la vie de ces végétaux. Or une des principales sources de mortalité des propagules est la prédation par les crabes (Herteman, 2005).

Des interactions biotiques et abiotiques responsables de la stabilité des écosystèmes de mangrove

L'eau, les sédiments, les espèces végétales et les populations de crabes sont les principaux compartiments en interactions dans les écosystèmes de mangrove (Fig.13). Ainsi, les mouvements de l'eau conditionnent les processus biochimiques qui se déroulent dans les sédiments, structurant de cette façon les populations de palétuviers et de crabes selon plusieurs gradients (salinité, granulométrie, potentiel redox, éléments nutritifs) de l'amont vers l'aval.

Les crabes ont quant à eux une influence sur la capacité nutritive des sédiments ainsi que sur la régénération des palétuviers, tandis que ces derniers augmentent la stabilité du substrat vaseux, favorisent le dépôt des matières en suspension et constituent des biotopes de choix pour l'ensemble des communautés benthiques.

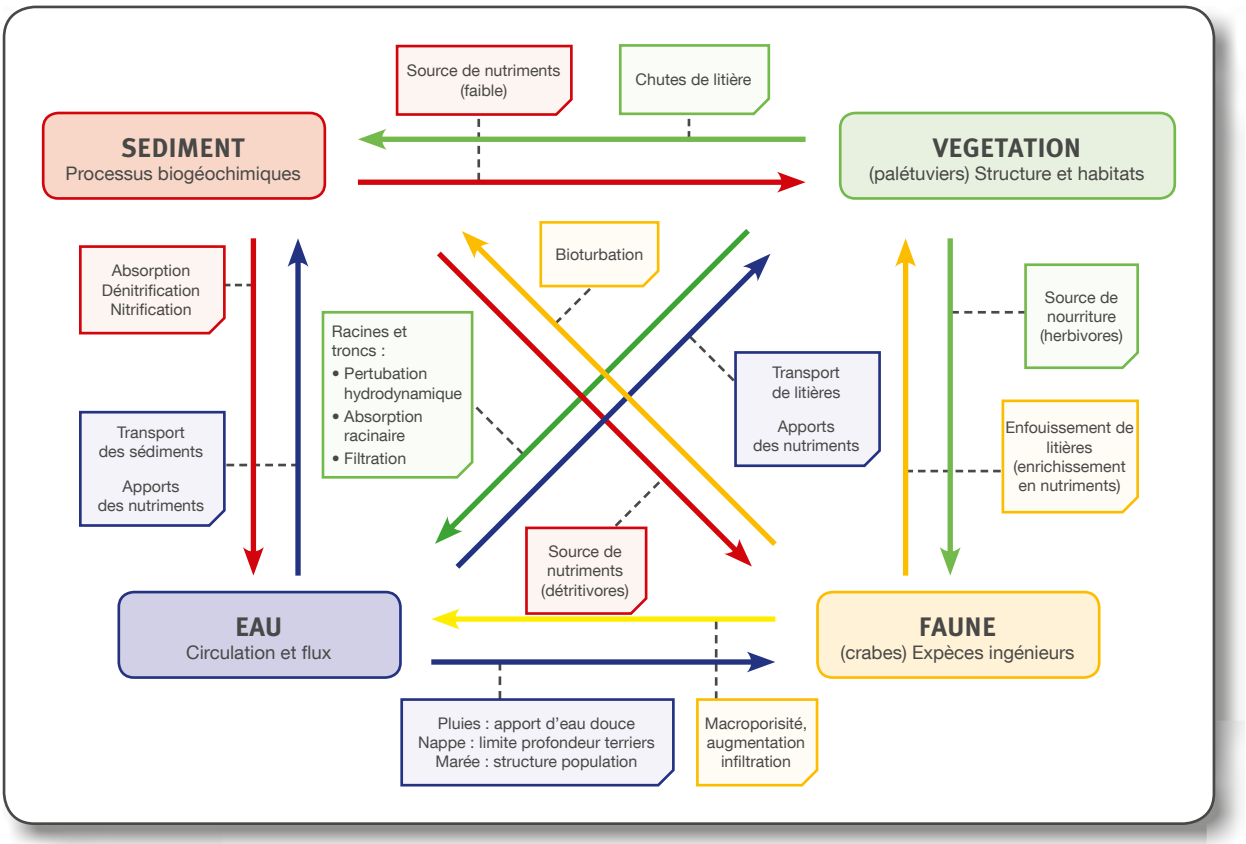


Figure 13 : Interactions biotiques et abiotiques et flux de matières dans l'écosystème mangrove, entre les compartiments Eau, Sédiment, Végétation et Crabes (Source : Herteman, 2010)

Les menaces pesant sur les mangroves mahoraises

Activités anthropiques et défrichements

Les plus importantes destructions et dégradations des mangroves mahoraises sont liées aux travaux d'aménagements entrepris sur l'île. En effet, la construction de routes, comme l'expansion urbaine, se sont principalement effectuées sur les zones les plus planes du territoire correspondant bien souvent aux secteurs littoraux propices au développement de la mangrove.

Plusieurs mangroves sont ainsi traversées ou isolées de la mer par une route ou une digue (Ironi be, Miangani, Chiconi-Mangajou, M'tsapéré, M'gombani, Passamaïnti), tandis que la grande majorité d'entre-elles sont directement situées en bordure de zones urbanisées ou industrielles. Autour de Mamoudzou en particulier, plusieurs mangroves ont été entièrement défrichées et remblayées en vue de travaux d'urbanisation.

Les arrières-mangroves sont les écosystèmes les plus affectés par ces dégradations, principalement de par leur transformation en zone de culture mais aussi en raison d'aménagements de ces zones en parkings et terrains de sports, ou encore du fait de dépôts de remblais ou de constructions illégales.

Déstabilisation de l'équilibre sédimentaire

La création de chenaux à l'intérieur de la mangrove peut entrainer un remaniement des sédiments fixés par les palétuviers et la déstabilisation de ces derniers. Ainsi, le passage répété des embarcations (pirogues et barques) des pêcheurs notamment, bien qu'ils utilisent de préférence les rivières et les zones d'écoulements des eaux de ruissellement pour accéder au lagon au travers des mangroves, provoque l'élargissement de ces zones de passages et le déchaussement des palétuviers situés en bordure, en particulier en front de mangrove. Ceci va alors favoriser la pénétration de la houle et exposer les palétuviers à une érosion plus marquée, fragilisant leurs peuplements (Fig.14) (Jeanson *et al.*, 2014).

Le remaniement des sédiments vaseux peut également entrainer un phénomène inverse et amener les éléments plus grossiers à se concentrer et à s'accumuler jusqu'à former de véritables barres sableuses en avant des mangroves. Sous l'action des vagues, ces bancs de sable vont migrer progressivement vers le rivage, au travers de la mangrove, jusqu'à s'agréger au cordon sableux situé en arrière. Les palétuviers vont alors dépérir progressivement suite à l'asphyxie de leurs racines (Jeanson, 2009).

Figure 14 : Mangrove en érosion (© C. Cremades)

Modification de la dynamique érosive terrestre

Le phénomène d'érosion des sols est naturellement très actif à Mayotte du fait du climat chaud qui y règne. Les roches volcaniques altérées peuvent ainsi former des couches épaisses de 5 à 30 mètres, recouvertes par une fine couche argileuse.

À Mayotte, où plus de ¾ des pentes sont supérieures à 13 %, les fortes pluies des saisons humides peuvent décaper cette couche d'argile et provoquer le décrochement d'une partie du substrat. Ce phénomène est fortement accentué par la faible capacité d'infiltration de l'eau de pluie dans les couches de roches volcaniques altérées, ce qui favorise le ruissellement.

L'action de l'érosion pluviale et du ruissellement sur les sols décapés va créer des formes particulières appelées « *badlands* », ou localement « *padza* », en bas desquelles les matériaux érodés vont s'accumuler.

Ces phénomènes d'érosion résultent de processus naturels courants sur ce type de substrat mais ils sont considérablement amplifiés par de mauvaises pratiques d'occupation du sol, en particulier l'urbanisation et la création d'infrastructures (Safège, 2013).

L'activité agricole mahoraise participe également à l'intensification de l'érosion terrestre, notamment du fait de certaines pratiques de préparation des sols tels le brûlis ou l'abattis, ou encore du raccourcissement de la durée de mise en jachère des terrains agricoles. Par conséquent, le flux de sédiments d'origine terrestre et arrivant au lagon se trouve largement intensifié (Fig.15).

Changements climatiques

L'analyse des vents au cours de la période 1951-2007 à Mayotte par Jeanson (2009) (station Météo-France, Pamandzi) semble montrer une tendance générale à l'augmentation de leur force, principalement pour les vents de secteur nord et sud, les vents de secteur sud étant par ailleurs globalement plus forts et plus fréquents dans cette région de l'Océan Indien.

Il a également été montré que le récif corallien au sud de Mayotte présente une moindre capacité à dissiper l'énergie des vagues incidentes que le grand récif Nord.

Les conditions d'agitation du lagon sont donc globalement plus importantes dans la partie sud du lagon, d'autant plus que la hauteur des vagues a pu s'accroître avec l'intensification des vents de secteur sud (Jeanson *et al.*, 2013). Les mangroves situées dans le sud de l'île et exposées au sud (sud-est à ouest) se développent ainsi dans des conditions relativement agitées et sont confrontées à des vents plus fréquents et plus forts. L'intensification probable de ces vents de secteur sud ne fera alors que renforcer leur sensibilité.

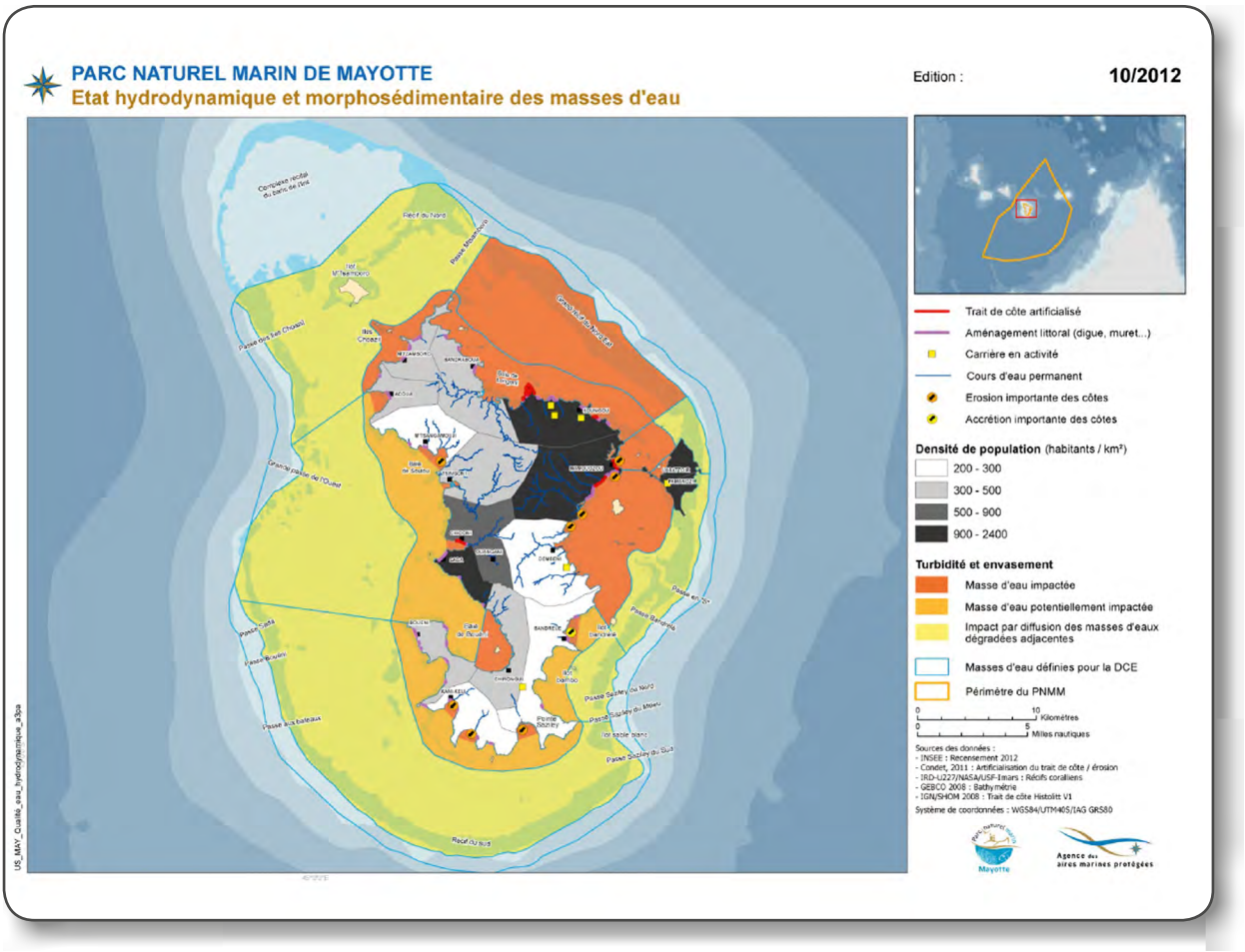


Figure 15 : État hydrodynamique et morphosédimentaire des masses d'eau de Mayotte (Source : PNMM)

Rejets d'eaux usées

Les infrastructures de traitement des eaux à Mayotte sont très récentes et présentent de nombreux disfonctionnement : en 2013, sur les 157 STEP (Station d'épuration des eaux usées) recensées, 150 étaient des mini-stations (SIEAM, lotissements privés, hôpitaux, écoles, etc.) et plus de 80 % présentaient des disfonctionnements graves. Ainsi, il avait été estimé que 98 % du réseau d'épuration mahorais n'était pas en état de fonctionnement optimal. Seule une unique grosse station apparaissait en bon état de fonctionnement et capable de traiter 40.000 équivalent habitant (Safège, 2013).

De plus, le raccordement des foyers se fait au fur et à mesure du développement du réseau d'assainissement et très peu y sont déjà raccordés.

De manière générale, les dispositifs traditionnels mahorais séparent les eaux ménagères, directement rejetées à l'extérieur vers les cours d'eau puis le lagon, des eaux de toilettes déversées soit en latrines sèches (41 % des foyers), soit en fosse septiques (24 % des foyers). Cependant, près de 35 % des foyers sont dépourvus de toilettes individuelles et donc ne disposent ni de latrines, ni de fosses septiques.

Ainsi, l'essentiel des eaux usées arrivant aux mangroves provient des eaux ménagères. Certains effluents urbains peuvent également être chargés en polluants chimiques et métaux lourds. Les eaux ménagères contiennent principalement des lessives et des savons (nitrate et phosphore), ainsi qu'une certaine quantité de germes bactériens appelées coliformes totaux. Ces derniers sont issus de l'infiltration des eaux usées depuis les latrines sèches, du mauvais traitement des eaux de fosses septiques ou du ruissellement des eaux pluviales.

Une grande partie du phosphore entrainé vers les mangroves est assimilé par les plantes mais le reste s'agrège aux sédiments et s'accumule en profondeur dans les sols. De même, les nitrates migrent très rapidement en profondeur et peuvent contribuer à la contamination des eaux des nappes souterraines. Cependant, la forte capacité des mangroves à produire de l'oxygène à partir des nitrates laisse à penser que la mangrove serait capable de recycler une grande partie de ces apports, avant qu'ils ne parviennent à trop s'accumuler dans les eaux souterraines (Herteman, 2010).

Les sédiments de mangroves pourraient agir comme un puit à nitrates, la charge en azote (N) étant fortement réduite par l'ensemble des micro-organismes responsables de la dénitrification (Fernandes & Bharathi, 2011).

De cette capacité de dénitrification dépendra l'impact sur l'écosystème.

Évaluation selon la méthodologie de la Liste rouge des écosystèmes de l'UICN

(Version 2.0, 2013)

© C.Cremades

Mangroves externes
fronts pionniers à *Sonneratia alba*
© C.Cremades

© C.Cremades

Mangroves centrales et internes
zone cœur des mangroves mésohalines et estuariennes
© P.Lizot

© C.Cremades

Arrière-mangroves,
mangroves & forêts supralittorale, tannes et prés-salés
© C.Cremades

Les mangroves externes : fronts pionniers à Sonneratia alba

CLASSIFICATION

Habitats naturels de Mayotte (Fadul, 2011) :
- A6.1.1 : « Mangrove perhaline de front de mer sur fond rocheux à *Sonneratia alba* »
- A7.1.1 : « Mangrove externe perhaline sur vase à *Sonneratia alba* »

UCN Habitats classification scheme (Version 3.1) :
- 12.7 Mangroves à racines submergées (Marin intertidal)

© C. Cremades

DESCRIPTION

Les mangroves perhalines à *Sonneratia alba* sont des formations à caractère pionnier. Elles sont soumises à une salinité équivalente à la salinité de l'eau de mer, à une exposition directe à la houle, aux embruns et au vent ainsi qu'à des conditions hydrodynamiques générales agitées.

De bas niveau topographique, elles s'implantent principalement sur des substrats plus ou moins vaseux, sablo-vaseux ou gravelo-vaseux (A7.1.1) ainsi que, dans de très rares cas à Mayotte, sur platier rocheux médiolittoral de beach-rock (A6.1.1).

Ces mangroves perhalines présentent trois variantes :
- Une variante typique de front de mer située en fond de baie, le long des anses côtières ou de manière parallèle au trait de côte, plus rarement en situation latérale d'estuaire ;
- Une variante de système côtier rétréci ou estuarien, implantée sur des banquettes sablo-vaseuses à sablo-graveleuses et incluant des *Avicennia marina* parfois dominants ;
- Une variante pionnière sur substrats de cailloux, galets ou affleurements rocheux très peu recouverts de vases.

Espèces inféodées et/ou caractéristiques des mangroves externes (biote indigène caractéristique)

■ Végétation des fronts pionniers

Les mangroves perhalines pionnières de front de mer sont exclusivement dominées par le Palétuvier fleur (*Sonneratia alba* Sm. localement Muhoko Ndziwi ou Honku be). Ces fronts pionniers de mangroves forment ainsi des peuplements monospécifiques, arbustifs à arborés et relativement ouverts (recouvrement de 60 à 70 %).

Ceux-ci ne comportent généralement qu'une unique strate de palétuviers d'une hauteur comprise entre 3 et 8 m. Les cimes du Palétuvier fleur sont souvent dépouillées et comportent de nombreuses branches mortes, conséquences des agressions de la houle et du vent.

En situation d'estuaire, sur des sols plus sableux ou à salinité moins élevée, ces peuplements externes peuvent comprendre des Palétuviers blancs (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) ainsi que quelques Palétuviers rouges (*Rhizophora mucronata* Lam.).

À marée basse, *Sonneratia alba* laissent apparaitre ses pneumatophores : racines aériennes qui sortent à la verticale du sol nu (Fig.16). Les pneumatophores du Palétuvier fleur ont un aspect conique caractéristique et offrent un substrat dur au sein d'un milieu essentiellement limono-sableux. Ils représentent ainsi des abris et des habitats de choix pour une multitude d'espèces terrestres ou marines : plantes, algues, invertébrés ou vertébrés (Nagelkerken *et al.*, 2008).

Figure 16 : Le Palétuvier fleur et ses pneumatophores (© C. Cremades)

Les plantules et semis de *Sonneratia alba* se développent principalement dans la zone pionnière, sur la basse-slikke, l'espèce étant très sensible à la salinité et à la concurrence. La régénération du Palétuvier fleur semble limitée à Mayotte en comparaison avec d'autres parties de son aire de répartition mondiale, ses plantules y sont par conséquent relativement rares.

Faune caractéristique des fronts pionniers

Avifaune

Les principales espèces d'oiseaux observées au niveau des fronts pionniers à *Sonneratia alba* sont le Courlis corlieu (*Numenius phaeopus*), le Guêpier malgache (*Merops superciliosus*) ou encore la Tourterelle du Cap (*Streptopelia capicola*). Le Souimanga de Mayotte (*Nectarinia coquerellii*) peut également y être observé, bien que plutôt présent en mangrove interne. Ce dernier est nectarivore et se nourrit des fleurs de *Sonneratia alba*.

Le Coulis corlieu, qui lui est un limicole, utilise le Palétuvier fleur comme perchoir privilégié de bord de mer, lorsqu'il vient s'alimenter sur les vasières de la basse-slikke. Le Chevalier guignette (*Tringa hypoleucos*), également un limicole, est lui aussi présent en front de mangrove lorsqu'il vient se nourrir. Des Sternes peuvent également être observées en train de chasser au niveau des front de mangroves, au moment des marées (Rocamora, 2004).

Le Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*), le Héron de Humblot (*Ardea humbloti*), le Héron vert (*Butorides striata*), le Crabier chevelu (*Ardeola ralloides*) et probablement la Grande aigrette (Ardea alba) nichent de manière quasi exclusive en mangrove externe à *Sonneratia alba*. En outre, les mangroves externes hébergent les seules colonies nicheuses de Crabier Blanc (*Ardeola idae*) à Mayotte (Fig.17). Seulement trois mangroves ont été identifiées comme lieux de nidification du Crabier blanc, par ailleurs évalué *En Danger Critique (CR)* d'extinction en France et *En Danger (EN)* au niveau mondial (UICN France *et al.*, 2014a).

Figure 17 : Héron Crabier blanc avec son pelage nuptial (© F. Jeanne)

Ichtyofaune

Les fronts pionniers à *Sonneratia alba* sont les habitats de mangroves les plus longtemps submergés par les eaux marines et présentent donc le plus d'importance pour les populations de poissons. Une cinquantaine d'espèces sont ainsi généralement observables en zone de mangroves, ce qui est relativement faible comparé au plus de 230 espèces de poissons relevées autour des récifs coralliens.

Cependant, une étude menée sur les captures de pêche artisanale au « *Djarifa* » permet d'estimer que 51 % des espèces capturées en front de mangrove sont strictement « inféodées » aux eaux lagonaires et que seuls 17 % sont des juvéniles de poissons coralliens (Jamon *et al.*, 2010). Les autres espèces

recensées sont ubiquistes, c'est-à-dire qu'elles se retrouvent dans tout le lagon, aux abords des récifs coralliens et au large.

La famille de poissons la plus représentée est celle des Carangidae (genre *Caranx*) avec plus de 6 espèces de poissons affectionnant les mangroves. Les Mullidae, les Scombridae, les Chirocantridae, les Muraenidae et les Synodontidae ne comptent qu'une ou deux espèces par famille, tels le Barbet rayé (*Upeneus vittatus*), le Rouget à tâche rouge (*Parupeneus heptacanthus*), le Maquereau des Indes (*Rastrelliger kanaguria*), le Poisson-loup (*Chirocentrus dorab*) ou encore la Murène (*Thyrsoida macrura*) (Deliot, 2000).

En front de mangrove, l'essentiel des prises d'adultes réalisées au « *Djarifa* » sont des anchois, Anchois indien (*Stolephorus indicus*) et Anchois tropical (*Thryssa baelama*) (famille des Engraulidae), des Athérines têtue (*Atherinomorus lacunosus*) et des Rougets (famille des Mullidae) (Jamon *et al.*, 2010).

La plupart de ces espèces ne se reproduisent pas au sein des mangroves mais elles y effectuent le recrutement et l'installation de leurs juvéniles.

Carcinofaune

Moins de 10 espèces de crabes, sur les 17 généralement observées du front pionnier jusqu'à l'arrière-mangrove, peuplent la partie externe à *Sonneratia alba* (Bouchard, 2009). Les principales espèces observées au sein de ces peuplements font partie des superfamilles Grapsoidea et Ocypodoidea (Herteman, 2010 ; Espaces, 2011).

Il s'agit plus précisément de 3 espèces de la famille des Sesarmidae, (*Neosesarmatium meinerti, Neosesarmatium smithii*, et *Perisesarma guttatum*), de 5 espèces de la famille des Ocypodidae (*Uca urvillei, Uca inversa, Uca annulipes, Uca chlorophtalmus* et *Uca vocans*), ainsi que de *Scylla serrata*, gros crabe de la famille des Portinidae appelé « Crabe des mangroves » (Fig.18).

Figure 18 : Crabe des mangroves (Scylla serrata) (© N. Verneau)

Toutes ces espèces sont communes à Madagascar et sur la côte est de l'Afrique.

Ces crabes sont en majorité végétalistes : les Sesarmidae se nourrissent des feuilles des palétuviers tombées au sol, tandis que les Ocypodidae dépendent du tapis algal et des phanérogames aquatiques qui poussent au sein des palétuviers. Tous ces crabes creusent des terriers de formes et de tailles différentes et spécifiques à chaque espèce, excepté le Crabe des mangroves qui profite des terriers déjà creusés mais qui peut s'enfouir dans la boue (Bouchard, 2009).

Plusieurs espèces de mollusques sont également présentes au sein des fronts pionniers, notamment l'Huître des mangroves (*Saccostrea cucculata*) que l'on observe en colonie sur les branches et les racines du Palétuvier fleur.

Propriétés physiques des mangroves externes (environnement abiotique)

Substrat

Les fronts pionniers à *Sonneratia alba* se développent de manière générale sur des banquettes d'accumulation plus ou moins vaseuses, sur la partie inférieure de l'estran (entre 0 et 1 m d'altitude IGN).

Seule la mangrove de Moya, située sur Petite Terre, se développe sur un platier rocheux de beach-rock (Fig.19). Ce type de mangrove est écologiquement et biologiquement original, semblable aux mangroves des atolls coralliens de l'océan Indien et notamment celles d'Europa et des Seychelles coralliennes. Ces mangroves sur substrat rocheux sont relativement rares dans l'océan Indien occidental (Boullet & Viscardi, 2008).

Salinité

La salinité des sédiments des fronts pionniers est égale à la salinité du lagon, soit autours de 35 ‰. En situation de front de mer, la salinité est croissante du bas vers le haut de l'estran du fait de l'évaporation plus intense dans les zones moins souvent, ou moins longtemps submergées. À l'inverse, en contexte estuarien la saliné peut décroître vers l'aval du fait des apports en eau douce ou de la présence d'une nappe souterraine.

Figure 19 : Mangrove de Moya sur beach-rock (© N. Verneau)

Dynamiques et fonctionnement des mangroves externes (processus & interactions clés)

Dynamique naturelle

La stabilité des fronts pionniers à *Sonneratia alba*, à la fois dans le temps et dans l'espace, dépend de la variabilité des conditions sédimentologiques et hydrodynamiques (Boullet & Viscardi, 2008). Ainsi, des modifications des processus sédimentaires ou de l'hydrologie peuvent entraîner un recul, une avancée ou déplacement latéral des palétuviers.

Suivant cette logique, une intrication de *Sonneratia alba* au sein des mangroves centrales à Rhizophoracées est parfois observable et de vieux Palétuviers fleurs peuvent survivre, sans descendance, relativement loin du front de mer actuel. De même, les apports constants de sédiments terrestres piégés par les palétuviers favorisent la progression vers le large des fronts pionnier : les plantules du Palétuvier fleur sont ainsi exclusivement observées sur la basse-slikke, au-devant du front pionnier adulte.

À Mayotte, les conditions hydrologiques et sédimentaires ont été relativement stables par le passé, ce qui explique que la surface occupée par les mangroves n'a pas connu d'importantes fluctuations naturelles (Jeanson, 2009). Mais surtout, cette stabilité a permis aux palétuviers d'occuper l'ensemble des zones favorables à leur développement. Ainsi, une variation trop intense ou trop rapide des conditions stationnelles entraine le dépérissement des mangroves et en premier lieu des fronts pionniers à *Sonneratia alba*.

Amortissement des vagues

De nombreuses études ont montré le rôle important des mangroves dans la dissipation de l'énergie des vagues et notamment de l'atténuation significative de leur hauteur sur des distances très courtes (Jeanson, 2009). Ces études révèlent également que cette capacité d'amortissement est très dépendante de l'espèce de palétuvier, de l'état de leurs peuplements, de la profondeur d'eau en fonction des marées ainsi que de la nature et de la période des vagues incidentes.

Ainsi, les palétuviers du genre *Sonneratia* présenteraient une plus forte capacité d'amortissement que les autres espèces de palétuviers, du fait de leur configuration plus étriquée (Mazda *et al.*, 1997 ; Mazda *et al.*, 2006). Leurs pneumatophores coniques qui sortent verticalement de la vase ont en effet un impact majeur sur l'atténuation de l'énergie des vagues, lorsque le niveau de la marée ne leur est pas supérieur. À marée haute, les impacts combinés des pneumatophores et du feuillage des *Sonneratia* permettraient alors, en cas de tempête, d'absorber près de 50 % de l'énergie des vagues en seulement 100 mètres (Mazda *et al.*, 2006).

Le Palétuvier fleur est l'espèce de palétuvier la plus adaptée aux contraintes marines de salinité et d'agitation, ainsi qu'à une longue période de submersion. Il se développe donc en front de mangroves et constitue une protection pour les autres espèces de palétuviers situés en arrière, beaucoup plus sensibles à l'agitation de l'eau.

DISTRIBUTION

Les fronts pionniers à *Sonneratia alba* représentent près de 141 ha de la mangrove mahoraise (Fig.20).

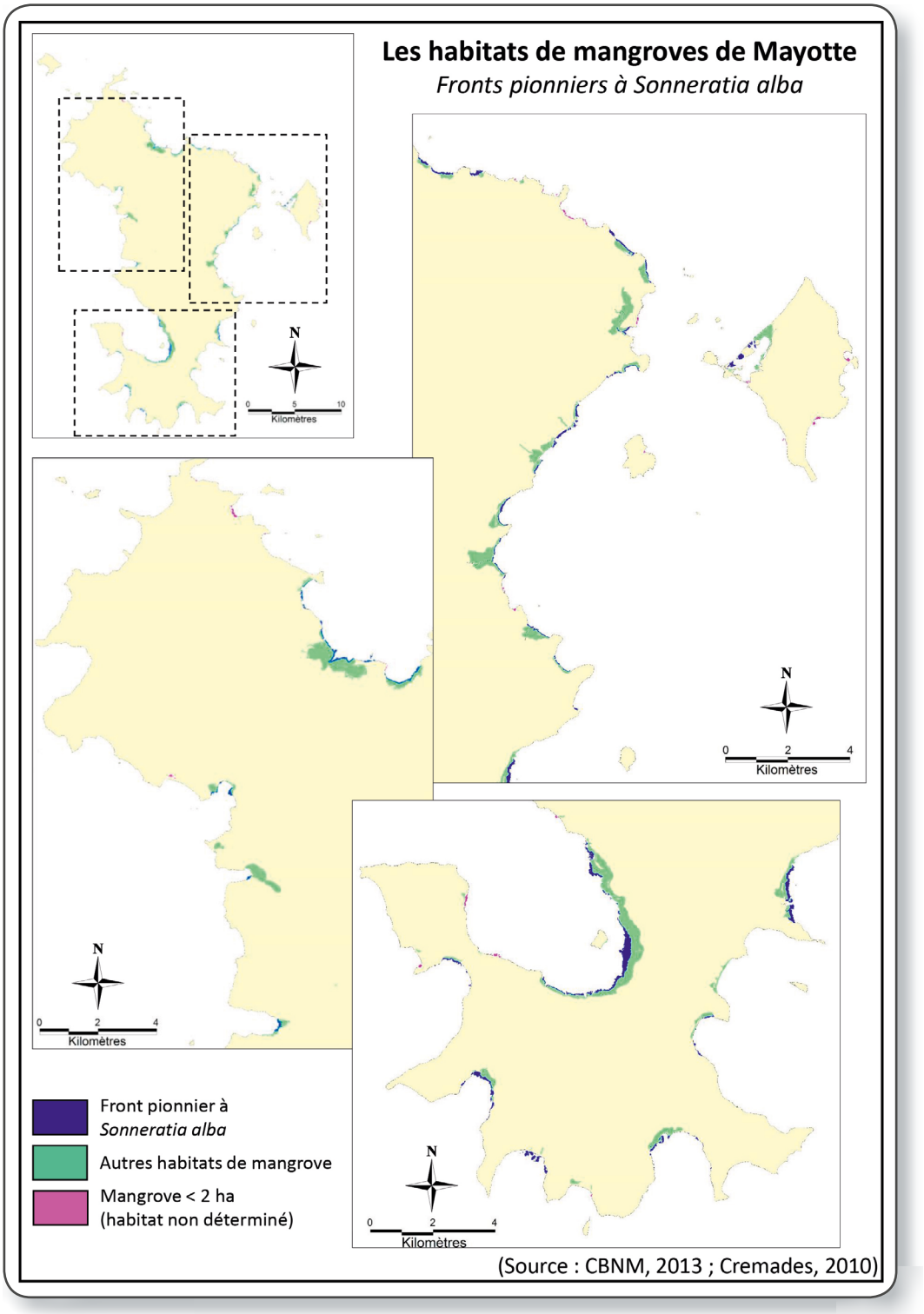


Figure 20 : Répartition des fronts pionniers à *Sonneratia alba* de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; CBNM, 2013)

FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ

Perturbation globale de l'équilibre sédimentaire

Les phénomènes d'érosion terrigène se sont accentués à Mayotte et, par conséquent, les apports sédimentaires dans le lagon ont également augmenté. Une augmentation des apports sédimentaires n'est pas en soi une menace pour les mangroves, dans la mesure où les sédiments fixés par les palétuviers doivent permettre la progression des fronts pionniers vers le large. Mais à Mayotte, peu de fronts pionniers sont en expansion alors que l'on constate une augmentation de la turbidité des eaux du lagon, soit une augmentation de la charge en particules fines (Safège, 2013). Ceci peut alors signifier que les sédiments apportés au lagon sont trop grossiers pour être fixés par les palétuviers, contraignant alors la progression des mangroves. Il est aussi possible que ces sédiments grossiers se substituent aux vases plus fines des mangroves et que ce phénomène soit responsable du déchaussement des palétuviers.

Une autre hypothèse est que la circulation hydrologique terrestre ait été modifiée et intensifiée, en conséquence de la déforestation des bassins versants et de la modification de l'occupation du sol qui lui est associée (augmentation des surfaces urbanisées et des surfaces agricoles).

La plus grande capacité érosive des eaux provenant des bassins versants conduirait alors à un lessivage des éléments les plus fins des sédiments de mangrove. Le ruissellement serait ainsi devenu trop important, dans certains secteurs, pour que la mangrove puisse retenir les sédiments et s'étendre (DAAF, 2012).

La modification des dynamiques hydrologiques et sédimentaires au sein du lagon mahorais a également un impact sur la régénération des palétuviers. En effet, la modification de la composition du substrat affecte également la basse-slikke, en avant des peuplements de palétuviers, où se développent de manière exclusive les propagules du Palétuvier fleur.

Perturbation locale de l'équilibre sédimentaire

L'ouverture d'une brèche dans le front pionnier à *Sonneratia alba* peut favoriser l'évacuation de la vase et conduire au dégagement des racines des palétuviers, voire même à la mise à nu de la roche sous-jacente. Les arbres sont alors déstabilisés et finissent par mourir sur pied ou basculer, sous l'action conjuguée de la marée et des vagues.

Dans certaines mangroves, notamment celles de Dapani ou de Mronabéja, cette déstabilisation des fronts de mangroves a entrainé la disparition des Palétuviers fleur et ce sont maintenant les palétuviers des zones centrales qui sont directement déstabilisés (Espaces, 2004). Le recul de la mangrove s'en trouve alors d'autant plus accéléré que les autres espèces de palétuviers sont beaucoup moins résistantes aux effets des vagues et des courants.

La migration de bancs de sable pouvant se former en avant des fronts de mangrove peut quant à elle conduire au dépérissement progressif des palétuviers suite à l'asphyxie de leurs racines (Jeanson, 2009).

Augmentation des apports nutritifs

À Mayotte, l'augmentation rapide de la population depuis 1958 et le manque d'infrastructures de traitement des eaux usées sont responsables d'une forte augmentation des apports nutritifs au lagon. Les eaux usées transitent ainsi par les cours d'eau et sont susceptibles de modifier le fonctionnement des mangroves, lorsque celles-ci se développent au niveau des embouchures.

Pour autant, les fronts pionniers à *Sonneratia alba* sont les habitats de mangrove les plus éloignés des embouchures et les études relatives aux effets de ces effluents concernent surtout les mangroves centrales et internes, notamment les palétuviers *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata*.

Changements climatiques

Les mangroves situées dans la partie sud de l'île, ainsi que les mangroves exposées au sud (de sud-est à ouest), sont déjà confrontées à de plus fortes conditions d'agitation. Ainsi, l'intensification probable des vents de secteur sud, qui semble déjà être une tendance sur la période 1951-2007, renforcera cette sensibilité. L'érosion des fronts pionniers de ces mangroves, déjà très prononcée, est ainsi susceptible de s'accélérer.

De plus, la protection qu'offre le récif corallien de Mayotte a faibli du fait d'une baisse de la vitalité de ses organismes, accentuant encore davantage les effets de ces perturbations d'ordre climatique.

Exploitation et prélèvement

Le Palétuvier fleur peut parfois être utilisé comme combustible ainsi que pour la réalisation de clôtures, tout comme le Palétuvier blanc.

Traditionnellement, l'écorce pilée de *Sonneratia alba* est utilisée pour produire de la teinture violette ainsi qu'un jus aux propriétés insecticides. Quant au nectar issu de ses fleurs, il est comestible et sucré et peut être proposé aux enfants.

Ces prélèvements traditionnels restent cependant très marginaux et semblent assez peu fréquents au sein des fronts pionniers. La difficulté d'accès à ces zones de mangroves, en raison des systèmes racinaires et du substrat vaseux, semble être un élément important pour leur préservation.

Pêche

La pêche à pied ayant recours au « *lamba* », appelée aussi pêche au « *djarifa* », est une technique de pêche traditionnelle. C'est une activité essentiellement vivrière dont les prises sont destinées à la famille et aux proches mais elle se pratique aussi, de plus en plus, comme une activité récréative. Il est estimé que 70 % de cette pêche traditionnelle se fait dans les fonds de baies, face aux mangroves, et qu'elle concerne principalement 3 espèces de poissons : *Thryssa baelama*, *Stolephorus indicus* et *Atherinomorus lacunosus*. Ce sont des espèces communes des baies, lagons, mangroves et estuaires (Jamon *et al.*, 2010).

EVALUATION
selon la méthodologie de l'UICN

(les seuils et catégories sont détaillées en Annexe 1)

Critère A : Réduction de la distribution spatiale

Le critère A comporte 3 sous-critères pour évaluer la réduction de l'étendue de l'écosystème : au cours des 50 dernières années (A1), pour les 50 prochaines années (A2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (A2b), depuis 1750 ou date proche (A3).

Les seuils retenus pour les différentes catégories (VU, EN, CR) sont respectivement une réduction de l'écosystème ≥30 %, ≥50 % et ≥80 % pour A1 et A2 ; ≥50 %, ≥70 %, ≥90 % pour A3.

A.1 Évolution au cours des 50 dernières années

Les régressions constatées entre 1969 et 2003 sont issues de la thèse de M. Jeanson (2009), qui évalue les évolutions surfaciques des fronts lagonaires des principales mangroves de Mayotte. Les régressions constatées entre 2003 et 2009 sont issues du travail de cartographie des habitats de mangrove, réalisé par C. Cremades en 2010. Les mangroves de Mayotte auraient ainsi perdu près de 20 ha de leurs fronts lagonaires entre 1969 et 2003, tout habitat confondu, principalement du fait de l'érosion prononcée des mangroves d'exposition sud et ouest (Tab.1).

Entre 2003 et 2009, cette érosion des fronts de mangrove se serait accélérée car, sur les 23 ha de mangroves *stricto sensu* ayant été perdus, 15 ha seraient imputables à une régression des formations perhalines de front de mer à *Sonneratia alba* (Cremades, 2010).

Globalement, 10 mangroves sont concernées par une régression de leurs fronts pionniers et 3 ont définitivement perdu leurs formations à *Sonneratia alba* entre 1969 et 1989. Les fronts pionniers les plus menacés sont ceux des mangroves de Dapani (50 % de régression), Mronabéja (60 % de régression) et Chiconi (recul de près de 50 mètres). Les formations pionnières à *Sonneratia alba* ont également disparu d'une partie du nord de la mangrove de Bouéni, le plus vaste complexe de mangroves de Mayotte (recul de 75 mètres sur un linéaire de près d'1 km).

		1969-1989	1989-1997	1997-2003	Total	Total par côte (1969-2003)	2003-2009
Nord	Bandraboua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	-0,10
	Dzoumogné	0,28	0,00	0,00	0,28		-0,34
	Longoni	0,01	0,08	0,00	0,09		-3,37
	Miangani	0,00	0,00	0,00	0,00		-0,01
	Kangani	0,20	0,03	0,06	0,29		-0,37
	Majicavo Koropa	0,06	0,00	0,00	0,06		-0,19
	Majicavo Lamir	0,02	0,00	0,00	0,02		-0,01
Est	Kawéni	-	-	-	-	-2,25	-0,85
	Mgombani-Baobab	0,07	0,00	0,06	0,13		-3,30
	Tsoundzou-Passamaïnti	-3,26	-0,01	-0,54	-3,81		-2,75
	Ironi Bé	0,00	0,00	0,00	0,00		-0,19
	Dembéni	0,01	0,00	0,00	0,01		-0,33
	Hajangoua-Iloni	0,08	0,10	0,03	0,21		-0,11
	Hajangoua sud	-0,07	-0,01	0,00	-0,08		-0,12
	Bandrélé	1,55	-0,19	0,05	1,41		-0,52
	Mounyambani	0,12	-0,10	-0,14	-0,12		-0,15
	Vasière des Badamiers	-	-	-	-		2,24
Sud	Dapani	-2,39	-2,18	-1,09	-5,66	-11,35	-3,22
	Mronabéja	-1,69	-1,04	-0,68	-3,41		-1,22
	Kani kéli	-1,08	-0,10	-0,31	-1,49		-1,09
	Mzouazia	-0,25	-0,19	-0,35	-0,79		-0,72
Ouest	Baie de Bouéni	-2,92	-2,28	-0,51	-5,71	-8,19	-4,54
	Chiconi	-1,23	-0,80	-0,48	-2,51		-0,93
	Tsingoni	0,30	1,48	-1,65	0,13		-0,58
	Soulou	-0,06	-0,04	0,00	-0,10		-0,22
	Total	**-10,25**	**-5,25**	**-5,55**	**-21,05**		**-22,99**

Tableau 1 : Évolution surfacique (en ha) des fronts de mangroves de Mayotte entre 1969 et 2003, puis entre 2003 et 2009 (en rouge : fronts pionniers à *Sonneratia alba*) (D'après Jeanson, 2009 ; Cremades, 2010)

Au total, les mangroves de Mayotte auraient perdu près de 44 ha de leur superficie au cours des 50 dernières années dont 35 ha du fait de l'érosion de leurs fronts lagonaires. Les formations à *Sonneratia alba* ont cependant déjà disparu en plusieurs endroits et l'érosion des fronts lagonaires s'étend désormais aux formations centrales à Rhizophoracées.

Les formations pionnières à *Sonneratia alba* auraient ainsi perdu au maximum 35 ha de leur superficie au cours des 50 dernières années, soit une régression de près de 20 % par rapport à leur étendue supposée il y a 50 ans. Cette valeur reste inférieure au seuil de 30 % fixée par la méthodologie de la Liste rouge des écosystèmes de l'UICN.

La catégorie retenue pour le sous-critère A1 est par conséquent *Préoccupation-Mineure (LC)*.

A.2 Évolution calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

L'estimation de la régression future des fronts pionniers, à une échelle de 50 ans, peut être réalisée à partir de deux valeurs de superficie données à deux dates distinctes. Dans le cas des fronts pionniers à *Sonneratia alba*, les valeurs utilisées peuvent être données à partir de la superficie en 2009 (141 ha) et de la régression constatée depuis 1969 (35 ha). Ce qui donne pour la période 1969-2019 une régression atteignant 25 %.

La vitesse d'érosion semblant s'être accélérée, cette même estimation réalisée à partir des surfaces de 2003 et de 2009 donnerait une régression comprise entre 60 et 80 % pour la période 2003-2053. Cette valeur n'est qu'indicative car toutes les mangroves de Mayotte ne sont pas confrontées à des phénomènes d'érosion de leurs fronts pionniers. Les fronts pionniers en érosion représentant un peu plus de 30 % des formations *Sonneratia alba* de Mayotte, leur régression ne pourra au maximum qu'atteindre cette valeur.

La régression des fronts pionniers depuis 1969 étant tout de même susceptible d'atteindre 25 à 30 % après 2019, la catégorie retenue pour le sous-critère A.2b est *Quasi-Menacé (NT)*.

A.3 Évolution historique récente, depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle (1750) selon les données disponibles

Seules 14 mangroves sur les 23 étudiées par M. Jeanson (2009) disposent de données antérieures à 1969. Sur ces 14 mangroves, 5 affichent une régression de leur front lagonaire dès 1950 tandis que 7 ont légèrement progressé (Fig.21). Au total, ce sont près de 5 ha de fronts de mangrove qui ont été perdu entre 1950 et 1969. Depuis 1950, date la plus ancienne à partir de laquelle des données existent et ont été exploitées, les fronts pionniers des mangroves mahoraises auraient régressé de plus de 22 %.

La catégorie retenue pour le sous-critère A.3 est par conséquent *Préoccupation-Mineure (LC)*.

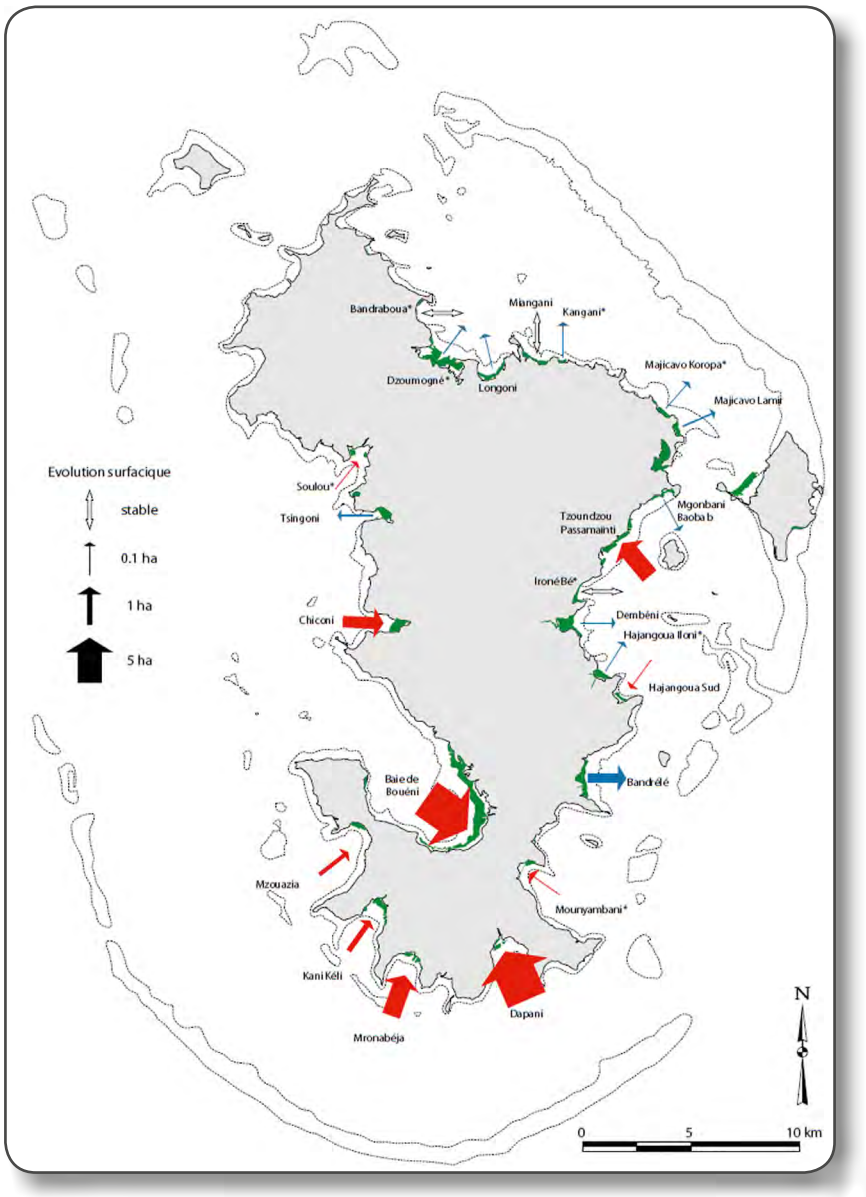


Figure 21 : Évolution surfacique des mangroves au niveau du front lagonaire, en hectare, sur la période 1950-2003 (*1969-2003) (Source : Jeanson, 2009)

Critère B : Distribution spatiale restreinte

Le critère B évalue les écosystèmes à faible zone d'occurrence (polygone convexe) (B1), à faible zone d'occupation (mailles de 10x10 km) (B2) ou à nombre de localités très réduit (B3) et montrant ou pouvant montrer un déclin continu en termes de répartition, de qualité environnementale ou d'interactions biotiques.

Le polygone convexe englobant l'ensemble des mangroves de Mayotte atteint une superficie de 575 km² (Fig.22). En effet, seule la façade nord-est de l'île est dépourvue de ces écosystèmes.

La méthodologie de l'UICN préconise qu'une maille de 10x10 km soit comptabilisée comme occupée par un écosystème si celui-ci en occupe plus de 1 %, soit une superficie supérieure à 1 km². Pour les mangroves de Mayotte, nous définissons une maille de 10x10 km comme étant occupée si la répartition de l'écosystème s'étend au-delà d'une maille de 1x1 km. Ainsi, 9 mailles de 10x10 km sont occupées par les écosystèmes de mangroves, à Mayotte (Fig.22).

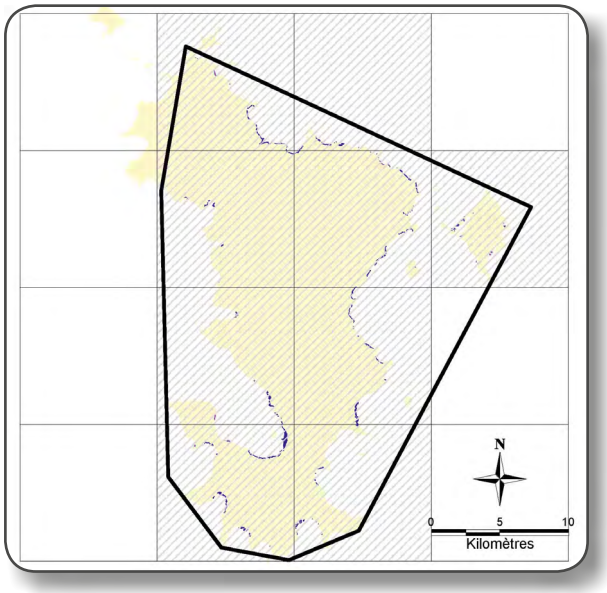


Figure 22 : Zone d'occurrence (EOO) et Zone d'occupation (AOO) des fronts pionniers à *Sonneratia alba* à Mayotte

Jeanson (2009) définit 30 mangroves principales. Fromard (2000) identifie quant à lui près de 120 sites de mangroves différents. Mayotte comptabilise ainsi bien plus de 10 localités de mangroves.

Un certain nombre de localités de mangroves à *Sonneratia alba* sont fortement confrontées à des phénomènes d'érosion et il semblerait que certaines mangroves soient vouées à disparaitre, dans un avenir proche, notamment au sud de Mayotte. Pour autant, les fronts pionniers ne sont pas, dans leur ensemble, confrontés à un déclin continu de leur étendue. Il en est de même pour leur qualité environnementale et leurs interactions biotiques car bien que plusieurs perturbations aient été identifiées, elles n'affectent pas l'ensemble des fronts pionniers de Mayotte.

La catégorie retenue pour les sous-critères B1, B2 et B3 est *Préoccupation-Mineure (LC)*.

Critère C : Dégradations environnementales

Le critère C comporte 3 sous-critères pour évaluer la dégradation de l'écosystème suite à des modifications de variables abiotiques : sur les 50 dernières années (C1), pour les 50 prochaines années (C2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (C2b), depuis 1750 ou date proche (C3).

La catégorie de menace (VU, EN, CR) découle de l'intensité de la dégradation (sévérité relative ≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %) et de la proportion de l'écosystème qui est concernée (≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %). Pour C3, ces seuils sont portés à ≥50 %, ≥70 % et ≥90 %.

Seuls 2 seuils intermédiaires (≥50 %) ou le croisement du seuil le plus faible et du seuil le plus élevé permettent de valider la catégorie Vulnérable (VU).

Les principales variables abiotiques dont dépend l'intégrité des fronts pionniers à *Sonneratia alba* sont la marée, la salinité, l'agitation du milieu et les caractéristiques des sédiments. L'érosion des fronts pionniers, qui semble être la menace la plus importante pesant sur ces formations, est le résultat de plusieurs changements à la fois hydrodynamiques (montée du niveau marin, intensification des vents et des houles, etc.) et morphosédimentaires (érosion terrestre accrue, changement de la nature des sédiments, défrichement de la mangrove, etc.).

Une autre variable dont le changement est avéré est la charge en nutriment des sédiments mais les

études déjà réalisées se concentrent plutôt sur les effets constatés au sein des mangroves centrales. De plus, le caractère plus maritime des fronts pionniers à *Sonneratia alba* et leur éloignement des estuaires font que ces écosystèmes sont moins directement touchés par ces changements.

C.1 Modification de paramètres abiotiques au cours des 50 dernières années

Depuis 1969, 10 localités de mangroves ont été confrontées à d'intenses phénomènes d'érosion de leurs fronts lagonaires (Fig.23). Ces mangroves auraient ainsi perdu 35 ha de formations à *Sonneratia alba*, au maximum, ce qui correspond à une régression de près de 50 % de leurs fronts pionniers. La « sévérité relative » de l'érosion, sur ces 10 mangroves, peut donc être estimée comme supérieure à 50 %.

Compte tenu de leur superficie actuelle et des surfaces perdues, ces 10 mangroves devaient représenter il y a 50 ans près de 45 % des formations à *Sonneratia alba* présentes à Mayotte.

Bien que les valeurs d'étendue concernée (≥45 %) et de sévérité relative (≥50 %) soient très proches de celles permettant l'attribution de la catégorie Vulnérable (VU) (≥50 % et ≥50 %), les données disponibles permettent d'affecter la catégorie *Quasi-menacé (NT)* pour l'évaluation des formations pionnières à *Sonneratia alba* selon le sous-critère C1.

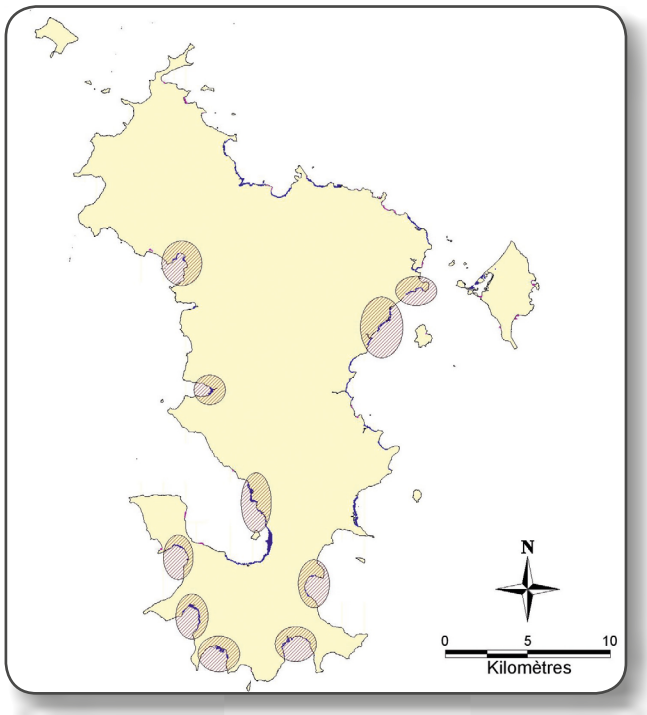


Figure 23 : Les localités de mangroves en érosion

C.2 Modification de paramètres abiotiques calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

Un indicateur de pression de l'érosion des mangroves par masse d'eau côtière a été élaboré dans le cadre de la mise à jour de l'état des lieux des masses d'eau du bassin de Mayotte (Safège, 2013). La régression de chaque mangrove au cours de la période 1997-2009 a été rapportée et classée en 4 classes : ≥ 0 ha / -3 à 0 ha / -6 à -3 ha / -9 à -6 ha. Ces pertes nettes ont ensuite été pondérées selon la surface de la mangrove considérée, puis rapportées à la masse d'eau concernée (Fig.24).

Cet indicateur permet ainsi d'estimer que la pression d'érosion est non significative pour 20 % des masses d'eau, significative pour 50 % et forte pour 20 %. Une pression significative peut être assimilée à une « *sévérité relative* » comprise entre 30 % et 50 %, une pression forte comme comprise entre 50 % et 80 %. La pression d'érosion est par ailleurs en baisse sur 2 masses d'eau (FRMC 04 et FRMC 12) et en augmentation sur 4 (FRMC01, FRMC03, FRMC08, FRMC14).

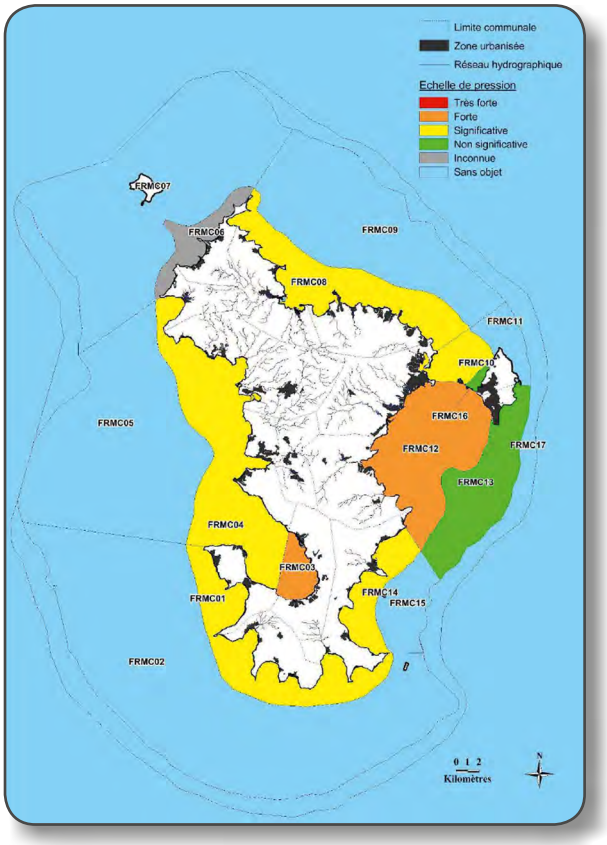


Figure 24 : Évaluation de la pression exercée par l'érosion côtière sur les masses d'eau littorales (Source : Safège, 2013)

Les masses d'eau où la pression d'érosion des mangroves est forte correspondent à 57 ha de formations pionnières à *Sonneratia alba*, soit près de 40 % de leur distribution à Mayotte. Par contre, les masses d'eau où la pression est au moins significative incluent l'ensemble des mangroves mahoraises, à l'exception de la vasière des Badamiers. Ainsi, plus de 80 % des mangroves mahoraises sont soumises à une pression d'érosion dont la sévérité relative est supérieure à 30 %.

Ces deux valeurs permettent d'attribuer la catégorie *Vulnérable (VU)* aux fronts pionniers à *Sonneratia alba* de Mayotte, selon le sous-critère C2b (*période de 50 ans incluant le présent et se projetant dans l'avenir*).

Il est également possible de calculer la durée de vie supposée des fronts pionniers des mangroves en érosion, en fonction de la vitesse d'érosion constatée entre 2003 et 2009 (Tab.2). Ces estimations montrent qu'à vitesse d'érosion constante, et à supposer que seuls les fronts pionniers sont érodés, les mangroves en érosion verront leurs formations à *Sonneratia alba* disparaitre d'ici 5 à 56 ans. La « *sévérité relative* » de l'érosion sur ces mangroves au cours des 50 prochaines années peut donc être estimée comme supérieure à 80 %.

La mangrove de la baie de Bouéni représente à elle seule près de 30 % des formations à *Sonneratia alba* de Mayotte. Seule sa partie nord étant en érosion, 10 ha de mangroves pionnières de la baie de Bouéni sont menacés par l'érosion mais pourraient disparaître bien avant 56 ans. Au total, en ne comptabilisant que la partie en érosion de la baie de Bouéni, les 10 mangroves en érosion représentaient, en 2009, 36 % des formations à *Sonneratia alba* de Mayotte.

Ces valeurs permettent également d'évaluer les fronts pionniers à *Sonneratia alba* de Mayotte comme *Vulnérable (VU)* face au risque d'érosion, selon le sous-critère C2a (*50 ans à venir*) (étendue ≥30 % ; sévérité relative ≥80 %).

Il est nécessaire de rappeler que dans le contexte actuel de changements environnementaux globaux, la vulnérabilité des fronts pionniers à *Sonneratia alba* n'en sera qu'augmentée. La hausse du niveau marin et l'intensification des forçages liés aux vents et aux houles, ainsi que la recrudescence attendue des phénomènes climatiques extrêmes, auront des effets très importants sur l'ensemble du complexe récifo-lagonnaire. Ces effets seront de plus exacerbés par des pressions anthropiques locales de plus en plus conséquentes. L'évolution de la pression exercée par l'érosion terrestre sur les masses d'eau côtières a ainsi été jugée en augmentation au moins jusqu'en 2021 (Safège, 2013).

Mangroves	Superficie totale 1969 (ha)	Superficie totale 2009 (ha)	Evolution de la superficie entre 2003 et 2009 (ha)	Régression entre 2003 et 2009 (%)	Vitesse d'érosion du front lagonaire (ha/an)	Superficie front pionnier à *Sonneratia* (ha)	Temps supposé avant érosion du front pionnier (années)
Mgombani-Baobab	15,5	8,5	-3,3	38,9	0,55	2,8	5
Dapani	20,8	13,4	-3,2	24	0,53	4,8	9
Tzoundzou-Passamaïnti	45,2	32,8	-2,8	8,4	0,47	6,3	14
Chiconi	14,9	10,1	-0,9	9,3	0,15	3,1	21
Mzouazia	6,27	4,5	-0,7	15,8	0,12	2,5	21
Mronabéja	10	6	-1,3	20,5	0,22	6	28
Kani-kéli	18,38	17,4	-1,2	6,3	0,20	7,8	39
Dembéni	37,3	41	-0,3	0,8	0,05	2	40
kangani	2,5	3,6	-0,4	10,2	0,07	2,7	41
Bouéni	201,9	182,1	-4,6	2,5	0,77	42,7	56

Tableau 2 : Estimation du nombre d'années avant disparition des fronts pionniers en érosion, à Mayotte, sur la base des vitesses d'érosion constatées entre 2003 et 2009 (D'après Jeanson, 2009 ; Cremades, 2010)

C.3 Modification de paramètres abiotiques depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle (1750) selon les données disponibles

Il semble que les mangroves de Mayotte aient connue une importante stabilité au cours de l'histoire récente, avec des cycles d'accrétion/régression relativement long (Jeanson, 2009). Pour preuve, la mangrove de Mronabéja se serait progressivement implantée sur un piège à poissons construit autour du XV^{ème} siècle et découvert que très récemment, du fait de l'érosion et du recul très marqué de la mangrove au cours des 50 dernières années. Aucune modification de paramètre abiotique ne semble avoir affecté les mangroves mahoraises au cours des derniers siècles.

Les fronts pionniers à Sonneratia alba sont donc évalués en *Préoccupation-Mineure (LC)* selon le sous-critère C3.

Critère D : Perturbations des processus et des interactions biotiques

Le critère D comporte 3 sous-critères pour évaluer les perturbations des interactions biotiques qui ont lieu au sein de l'écosystème : au cours des 50 dernières années (D1), pour les 50 prochaines années (D2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (D2b), depuis 1750 ou date proche (D3).

La catégorie de menace (VU, EN, CR) découle de l'intensité de la perturbation (sévérité relative ≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %) et de la proportion de l'écosystème qui est concernée (≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %). Pour D3, ces seuils sont ≥50 %, ≥70 % et ≥90 %.

Seuls 2 seuils intermédiaires (≥50 %) ou le croisement du seuil le plus faible et du seuil le plus élevé permettent de valider la catégorie Vulnérable (VU).

L'ensemble des pressions qui s'exercent sur les fronts pionniers à *Sonneratia alba* altère profondément le fonctionnement de ces écosystèmes et notamment les relations complexes qui s'opèrent entre ces milieux et leurs espèces caractéristiques. Ainsi, certaines de ces espèces pourraient avoir disparu de ces écosystèmes avant que d'autres paramètres n'aient atteint un seuil critique (réduction de la distribution ou modification de variable abiotique).

D.1 Perturbation de processus/interactions biotiques au cours des 50 dernières années

La dégradation de certains fronts pionniers à *Sonneratia alba* est synonyme de perte d'habitat pour de nombreuses espèces caractéristiques de ces écosystèmes, en particuliers pour les oiseaux qui y nichent de manière quasi exclusive ou qui ne sont présents à Mayotte que du fait de la présence de ces habitats.

Parmi ces espèces, le Crabier blanc (*Ardeola idae*) est évalué *En Danger Critique (CR)* d'extinction à Mayotte. Il ne niche que sur 3 sites connus pour une population de moins de 250 individus et est menacé aussi bien par le braconnage que par la régression des mangroves. En effet, deux de ses trois sites de reproduction présentent un recul de leur front pionnier, notamment la mangrove de Chiconi qui abritait en 2014 près de la moitié des couples de crabiers blancs recensés à Mayotte (GEPOMAY & DEAL, 2014).

La Grande Aigrette (*Ardea alba*) est également menacée, son dérangement et la régression des fronts pionniers lui confèrent le statut *En Danger (EN)*. Le Héron vert (*Butorides striata*) est quant à lui *Quasi-menacé (NT)* d'extinction à Mayotte, directement du fait de la régression de son habitat (UICN France *et al.*, 2014a). L'espèce clé et caractéristique des fronts pionniers, le Palétuvier fleur *Sonneratia alba*, n'est quant à elle pas menacée d'extinction à Mayotte (UICN France *et al.*, 2014b).

Il est par ailleurs difficile d'évaluer les impacts sur le fonctionnement des mangroves de la régression de certaines espèces désormais menacées d'extinction. Ainsi, par exemple, un jeu d'indicateurs est en cours d'élaboration pour pouvoir caractériser l'impact sur les populations de crabes du rejet d'eaux usées dans les mangroves, et ainsi identifier les perturbations que cela provoque.

Nous retiendrons la catégorie *Données-Insuffisantes (DD)* pour l'évaluation des fronts pionniers à *Sonneratia alba* selon le sous-critère D1.

D.2 Perturbation de processus/ interactions biotiques calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

Bien que *Sonneratia alba* ne soit pas menacé d'extinction à Mayotte, les quelques autres espèces dépendantes de fronts pionniers et notamment des espèces d'oiseaux dont la plupart sont évaluées comme menacées, pourraient être amenées à disparaitre des mangroves affectées par des changements environnementaux bien avant que les formations pionnières aient disparues du fait de ces changements.

La régression de la superficie des fronts pionniers à *Sonneratia alba* est également susceptible d'entrainer une augmentation de la pression exercée par les crabes sur la régénération des palétuviers, le potentiel de prédation des plantules par les crabes étant déjà très élevé (il peut atteindre 100 % en seulement quelques jours, sur certaines placettes) (Herteman, 2010). Cependant, il n'existe aucune donnée relative au suivi de la régénération de *Sonneratia alba* à Mayotte ou des effectifs de crabes en front de mangrove.

La « *sévérité relative* » de cette perturbation, dans la mesure où elle correspond à la disparition d'une ou de plusieurs espèces caractéristiques de l'écosystème, peut être estimée comme supérieure à 80 %. Les fronts pionniers concernés par des modifications de paramètres abiotiques représentent plus de 30 % des formations pionnières à *Sonneratia alba* de Mayotte.

Nous retenons ainsi la catégorie *Vulnérable (VU)* pour le sous-critère D2a (*50 prochaines années*).

D.3 Perturbation de processus/ interactions biotiques depuis le milieu du XVIIIème siècle (1750) selon les données disponibles

L'ensemble des perturbations auxquelles sont confrontés les fronts pionniers à *Sonneratia alba* semble avoir des origines récentes, liées à l'augmentation très rapide de la population mahoraise et aux effets émergents des changements climatiques en cours.

Nous retiendrons la catégorie *Préoccupation-Mineure (LC)* pour le sous-critère D3.

Critère E : Analyse quantitative (modélisation) estimant la probabilité d'effondrement :

Nous ne disposons pas, à Mayotte, de modèle numérique capable d'estimer la probabilité de disparition des fronts pionniers à *Sonneratia alba*. Un « réseau de surveillance des littoraux face au changement climatique en milieu insulaire tropical » dont Mayotte fait partie a cependant été récemment mis en place et permettra à l'avenir d'observer, de surveiller et de caractériser les rythmes et les mécanismes d'évolution, d'adaptation et de résilience de différentes côtes tropicales face aux événements météo-marins auxquels ils sont soumis (cyclones, tempêtes, surcotes, fortes houles…). Ceci dans l'objectif de fournir des stratégies de gestion face aux évolutions constatées et de dégager des scénarios d'évolution pour les écosystèmes côtiers, notamment en matière de vitesse d'érosion.

Le critère E est évalué *Données-Insuffisantes (DD)*.

CONCLUSION

La principale menace à laquelle semblent être confrontés les fronts pionniers à *Sonneratia alba* des mangroves de Mayotte est l'érosion. En effet, les changements de certains paramètres assurant la stabilité de ces formations (dynamique érosive terrestre, hydrodynamisme du lagon, climat et niveau marin notamment) déstabilisent de nombreux palétuviers. En conséquence, certains fronts pionniers reculent, parfois très rapidement. Ce recul est également susceptible d'entrainer la disparition de plusieurs espèces caractéristiques de ces mangroves externes en érosion, notamment d'oiseaux marins.

Les mangroves externes en érosion représentent plus du tiers de la superficie des formations pionnières à *Sonneratia alba.* Cette érosion, calculée ou estimée pour les 50 prochaines années, conduit à l'attribution de la catégorie *Vulnérable (VU)* pour cet écosystème selon les critères C et D. Il est également évalué *Quasi-Menacé (NT)* selon le critère A, du fait d'une probable réduction de sa distribution au cours des 50 prochaines années (Tab.3).

À l'avenir, la déstabilisation et le recul des fronts pionniers des mangroves en érosion perturbera l'ensemble des processus et des interactions biotiques qui assurent le maintien des autres composantes de ces mangroves. Cela aura également des impacts sur l'ensemble des communautés biologiques liées au lagon et aux récifs coralliens.

Mangroves externes à *Sonneratia alba* de Mayotte	Critère A	Critère B	Critère C	Critère D	Critère E
Sous-critère 1	LC	LC	NT	DD	DD
Sous-critère 2	NT	LC	VU	VU	
Sous-critère 3	LC	LC	LC	LC	

Tableau 3 : Évaluation des fronts pionniers des mangroves de Mayotte selon la méthodologie de l'UICN

Les mangroves externes de Mayotte sont ainsi évaluées *Vulnérable (VU)* en France, selon la méthodologie de la Liste rouge des écosystèmes de l'UICN.

Les mangroves centrales et internes : mangroves mésohalines et mangroves estuariennes

CLASSIFICATION

Habitats naturels de Mayotte (Fadul, 2011) :

Mangroves médiolittorales sur fond rocheux :
- A6.1.2 : « Mangrove mésohaline sur fond rocheux à *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorhiza* »

Mangroves médiolittorales centrales sur vases :
- A8.1.1 : « Mangrove centrale mésohaline basse à *Ceriops tagal* »
- A8.2.1 : « Mangrove centrale mésohaline haute à *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorhiza* »

Mangroves médiolittorales internes et estuariennes sur vases :
- A9.1.1 : « Mangrove interne oligohaline à *Lumnitzera racemosa* »
- A9.1.2 : « Mangrove interne estuarienne oligohaline à *Avicennia marina* et *Lumnitzera racemosa* »
- A9.1.3 : « Mangrove interne perhaline à *Avicennia marina* »

© P. Lizot

- A9.2.1 : « Mangrove interne oligohaline à *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora mucronata* et *Xylocarpus granatum* »
- A9.2.2 : « Ripisylve mangrovienne à *Avicennia marina* et *Xylocarpus granatum* »

IUCN Habitats classification scheme (Version 3.1) :

- 12.7 Mangroves à racines submergées (*Marin intertidal*)

DESCRIPTION

Sur la partie médiane de l'estran sableux ou rocheux, en arrière des fronts pionniers à *Sonneratia alba* et à un niveau topographique plus élevé, se développent des formations végétales dominées par des palétuviers de la famille des Rhizophoraceae (3 espèces à Mayotte). Ces peuplements hauts dont la structure peut varier du « manteau arbustif élevé » (5 à 8 m) à la « forêt mangrovienne » (10 à 20 m) représentent le cœur des écosystèmes de mangrove, à Mayotte.

En position interne ou latérale de ces formations arborées peuvent se trouver des « fourrés mangroviens » bas, dominés par le Palétuvier jaune *Ceriops tagal*. Ces formations se trouvent alors en contexte plus salé ou sur des bourrelets argilo-vaseux de niveau topographique plus élevé et non propices au développement des formations arborescentes. En limite supérieure de l'étage médiolittoral, des formations internes perhalines à *Avicennia marina* se substituent à ces peuplements de *Ceriops tagal*.

Les estuaires ou les zones côtières proches de nappes souterraines d'eau douce sont propices au développement d'autres formes de mangroves, plus diversifiées. Ces milieux saumâtres à topographie plus

élevée peuvent ainsi accueillir des mangroves dites « mangroves estuariennes », variantes internes des mangroves arborescentes centrales à Rhizophoraceae et comprenant, en plus de ces derniers, le Palétuvier pomme *Xylocarpus granatum*.

Les bourrelets d'alluvions fluviomarines des rives d'estuaires peuvent quant à eux accueillir des ripisylves forestières à *Avicennia marina* et *Xylocarpus granatum*.

Enfin, certaines dépressions lagunaires à engorgement saumâtre permanent ou seulement inondées à marée haute sont favorables au développement de mangroves arbustives internes à *Lumnitzera racemosa*. Ce palétuvier peut également se développer en bordure externe de certains estuaires, accompagné par *Avicennia marina*.

Espèces inféodées et/ou caractéristiques des mangroves médiolittorales (biote indigène caractéristique)

■ Végétation des mangroves centrales

Les mangroves centrales mésohalines s'articulent autour du Palétuvier rouge (*Rhizophora mucronata* Lam., localement Muhoko mbolé ou Honku ampira) et du Palétuvier gros poumon (*Bruguiera gymnorhiza* (L.) Savigny., localement Muhoko ndrumé ou Honku lahi). Ces mangroves hautes à *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorhiza* représentent plus de 40 % des habitats de mangroves à Mayotte (Cremades, 2010).

Le Palétuvier rouge recherche des conditions calmes sur des substrats relativement stabilisés, associés à des apports en eau douce venant tamponner la salinité du milieu. Il se développe ainsi de préférence dans les zones d'estuaire et les fonds de baie.

Les individus de *Rhizophora mucronata* présentent des racines-échasses caractéristiques en forme d'arc (Fig.25). Ce palétuvier peut présenter une large gamme de morphologie à l'âge adulte selon les conditions du milieu, allant de l'arbuste bas (± 2 m) jusqu'au grand arbre de plus de 20 m de haut.

Le Palétuvier gros poumon se développe préférentiellement dans des eaux saumâtres, voire sub-saumâtres, sur des sols plutôt sableux, bien drainés et dont la durée d'inondation est relativement courte. Il occupe donc une position plus interne que le Palétuvier rouge. Ses racines sont aériennes et courbées en forme de « genou », caractéristiques de l'espèce. Il s'agit d'une essence arborescente qui peut former de véritables peuplements forestiers.

Les peuplements mêlant ces deux palétuviers peuvent ainsi présenter de nombreuses variantes,

Figure 25 : Le Palétuvier rouge et ses racines-échasses (© N. Verneau)

en lien avec les préférences écologiques de ces espèces et les conditions du milieu (hydromorphie, salinité, condition de croissance, topographie), notamment dans les systèmes de fond de baie ou d'estuaire. En effet, les systèmes de mangroves de front de mer, par exemple, ne comprennent dans leurs parties centrales que des formations dominées par *Rhizophora mucronata*.

Dans des conditions plus rudes et notamment en situation topographique plus élevée et plus salée, le Palétuvier jaune (*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob., localement Muhoko ndziché ou Honku vavi) apparait plus adapté que le Palétuvier rouge ou le Palétuvier gros poumon. De plus petite taille que ces derniers, *Ceriops tagal* possède une souplesse écologique plus importante que les autres espèces de palétuviers, à l'exception d'*Avicennia marina*. Il forme alors des peuplements bas sous forme de « *fourrés mangroviens* » (2 à 5 m de haut), bien que le Palétuvier jaune puisse parfois atteindre une douzaine de mètres de hauteur (Fig.26).

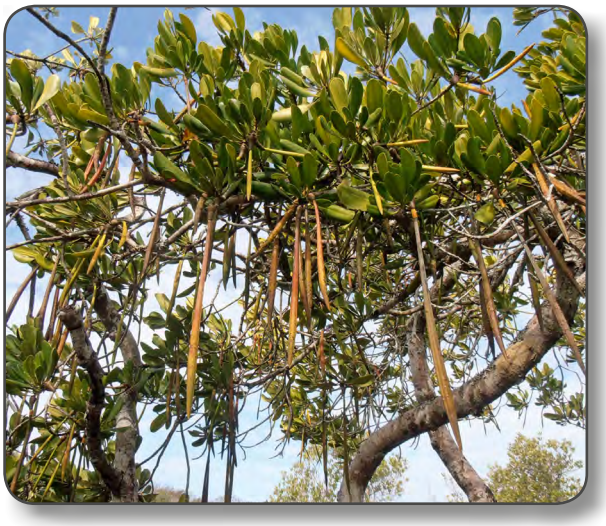


Figure 26 : *Ceriops tagal* (© C. Cremades)

Végétation des mangroves internes

En limite supérieure de l'estran et hors contexte estuarien, les formations centrales sont remplacées par une mangrove basse et éparse quasi exclusivement composée de Palétuviers blancs (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh., localement Musiri ou Afi afi), parfois accompagnés par *Ceriops tagal*.

La transition entre les mangroves centrales et ces franges internes se caractérise alors par un mélange des formations à Rhizophoracées et *Avicennia marina*.

Végétation des mangroves estuariennes

Les mangroves saumâtres d'estuaire ou de fond de baie regroupent le plus grand nombre d'espèces de palétuviers. Ainsi, sur les 7 espèces présentes à Mayotte, seul *Sonneratia alba*, cantonné aux fronts pionniers, est absent de ces formations (Fig.27).

Figure 27 : Mangrove estuarienne (© C. Cremades)

Ces mangroves estuariennes s'articulent autour des deux espèces de palétuvier adaptées aux sols peu salés, il s'agit du Palétuvier à petites feuilles (*Lumnitzera racemosa Willd.*, localement Honku tokana) et du Palétuvier pomme (*Xylocarpus granatum* J. König., localement Mugodzo bole ou Karudsi'n anta lautsi be). Ces derniers ne forment cependant que rarement des peuplements où ils sont dominants : ils représentent moins de 2 % des habitats de mangrove à Mayotte. Ainsi, par exemple, seules deux localités connues de dépressions lagunaires saumâtres sont exclusivement peuplées par *Lumnitzera racemosa*.

Xylocarpus granatum colonise par contre la plupart des rives des estuaires de Mayotte où il forme des peuplements arborés avec *Avicennia marina*. Ces ripisylves mangroviennes ont un aspect très particulier : les troncs des arbres sont très inclinés, la canopée est aérée et les sols sont dégagés car *Xylocarpus* ne développe pas de pneumatophores, ni de racines-échasses.

La faune caractéristique des mangroves médiolittorales

Avifaune

De nombreux oiseaux affectionnent particulièrement les zones centrales et internes des mangroves, à l'interface entre le lagon et les forêts d'arrière-mangroves, tandis que les zones les plus maritimes à *Sonneratia alba* sont privilégiées par les oiseaux marins. Ces mangroves sont effet des zones difficiles d'accès qui offrent une forte protection aux oiseaux venus s'y réfugier.

Les oiseaux observés au sein de ces écosystèmes sont ainsi plutôt caractéristiques des forêts, des forêts sèches et des milieux buissonnants tels le Courol malgache (*Leptosomus discolor*), le Bulbul malgache (*Hypsipetes madagascariensis*), le Moucherolle malgache (*Terpsiphone mutata*), l'Oiseau-lunettes malgache (*Zosterops maderaspatanus*), ou le Martin triste (*Acridotheres tristis*), espèce introduite à Mayotte et en compétition avec le Courol pour la nidification. Le Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*) est également très largement observé au sein des mangroves centrales et internes, il est même souvent l'espèce la plus abondante (Ousseni *et al.*, 2011).

Carcinofaune

Les mangroves à *Avicennia marina* et *Ceriops tagal* seraient les faciès de mangrove les plus riches en

espèces de crabes, d'après des relevés effectués sur deux mangroves, Kwalé et Malamani (Herteman, 2010 ; Bouchard, 2011). En effet, ces milieux semi-ouverts présentent une humidité relative conséquente, nécessaire à la survie de ces espèces, et offrent de nombreuses zones de ruissellements propices aux juvéniles (Herteman, 2010). Il existe cependant une zonation dans l'occupation des mangroves centrales et internes par les crabes :

- Les mangroves à *Avicennia marina* sont principalement peuplées par 2 espèces : *Neosarmatium meinerti* et *Uca inversa* ;
- Les mangroves à *Ceriops tagal* comprennent 3 espèces : *Neosarmatium smithii, Uca urvillei* et *Uca chlorophtalmus* ;
- Les mangroves centrales à *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorhiza* comptent d'autres espèces plus ubiquistes telles *Perisesarma guttatum* et *Uca annulipes*.

Les mangroves à *Avicennia marina* hébergent également l'escargot de mer *Cerithidea decollata* qui forme d'importantes colonies sur les troncs de ce palétuvier, au-dessus du niveau de la marée (Fig.28).

Figure 28 : Colonie de *Cerithidea decollata* (© C. Cremades)

Propriétés physiques des mangroves médiolittorales (environnement abiotique)

Substrat

Les mangroves centrales se développent dans des conditions hydrodynamiques particulièrement calmes et physiquement protégées de la houle et des vents par la ceinture externe de *Sonneratia alba*. Le substrat de ces mangroves est le plus souvent de type vaseux et soumis à une submersion biquotidienne. Ces vases ont par conséquent tendance à être pauvres en dioxygène.

Les formations arbustives internes à *Lumnitzera racemosa* se développent sur des substrats plutôt sableux à sablo-vaseux, de texture grossière et dans des conditions de faible salinité. *Ceriops tagal* peut quant à lui se développer aussi bien sur des dépôts argilo-vaseux épais et asphyxiques que sur des sols sableux, bien drainés, aérés et plus secs.

Salinité

Lorsque la mangrove est implantée en front de mer et qu'aucun cours d'eau ne s'y déverse, la salinité est croissante du front de mer vers l'arrière-mangrove. La salinité des formations à Rhizophoracées présentent est alors proche de celle du lagon, soit comprise entre 35 et 50 ‰, tandis que les vases des formations à *Avicennia marina* peuvent atteindre une salinité de 72 ‰.

La salinité est en revanche atténuée en contexte estuarien et varie en fonction des apports latéraux et fluviaux d'eau douce, parfois associée à des flux alternés d'eau douce et d'eau de mer.

Dynamiques et fonctionnement des mangroves médiolittorales (processus & interactions clés)

Dynamique naturelle

Les mangroves centrales et internes sont des milieux littoraux intertidaux de l'étage médiolittoral dont les dynamiques sont étroitement liées aux propriétés du lagon de Mayotte (Boullet & Viscardi, 2008). Ainsi, la stabilité spatiale de ces formations végétales repose sur :

- Une position médiane sur l'estran ;
- Une protection hydrodynamique forte (fond de baie, estuaire, arrière du front pionnier) ;
- Une sédimentation fine favorisant des envasements plus ou moins importants ;
- Un marnage tidal important ;
- Des apports estuariens ou latéraux d'eau douce favorisant la diversité typologique de ces habitats ;
- Une activité biologique intense, nécessaire au bon déroulement des cycles de matières.

La modification d'un ou plusieurs de ces paramètres serait donc susceptible de menacer la stabilité de ces écosystèmes et donc d'entrainer leur effondrement.

DISTRIBUTION

Les mangroves médiolittorales centrales et internes représentent plus de 50 % des mangroves mahoraises (arrière-mangrove inclue), soit plus de 465 ha (Fig.29). 95 % de ces mangroves correspondent aux formations hautes à *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorhiza*, ainsi qu'aux facies de transition à *Avicennia marina*. Les formations à *Ceriops tagal* dominant n'en représentent que 3 % et les formations internes dominées par *Lumnitzera racemosa* ou *Xylocarpus granatum*, moins de 2 %. (Cremades, 2010).

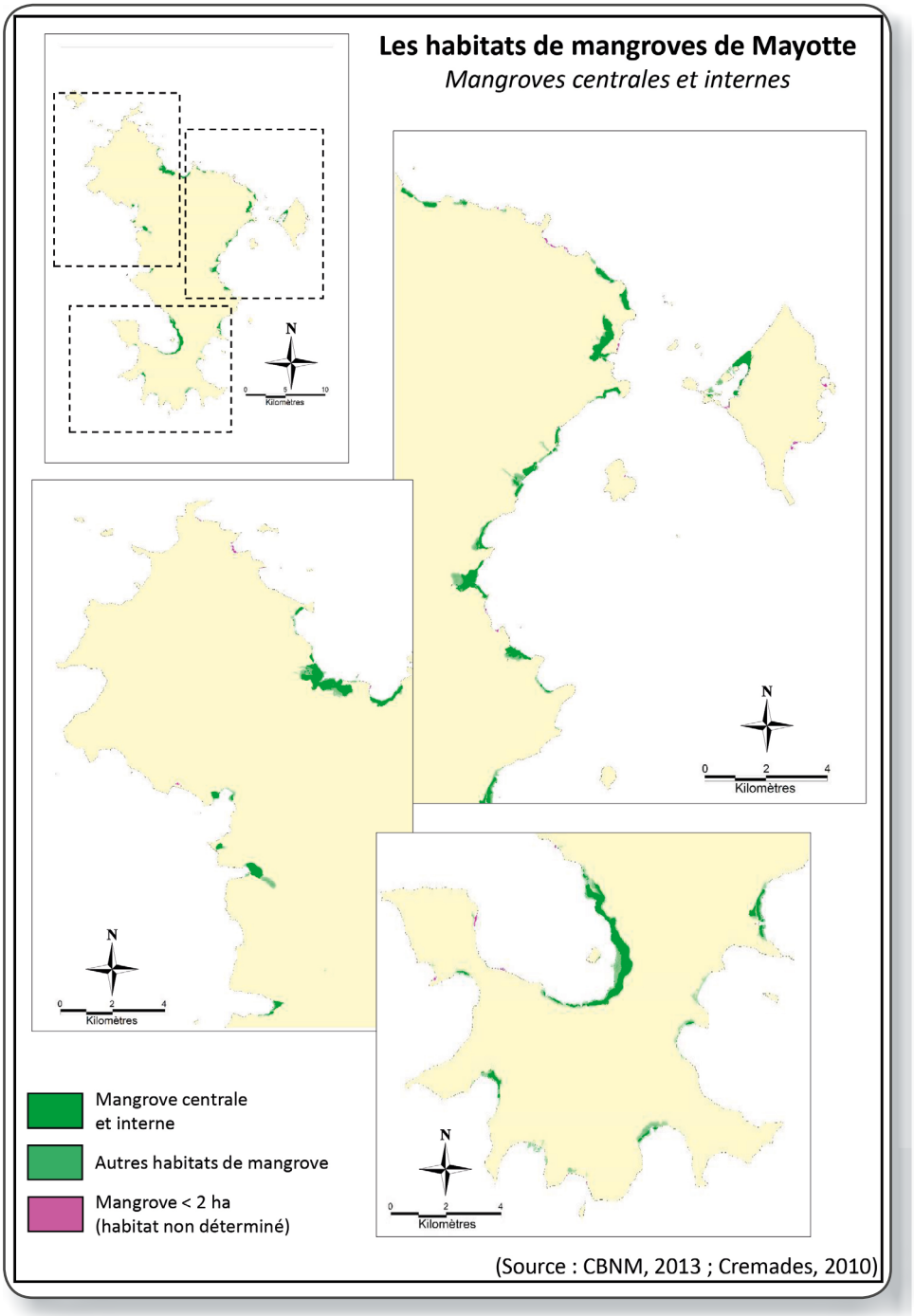


Figure 29 : Répartition des mangroves centrales et internes de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; CBNM, 2013)

FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ

Activités anthropiques et défrichements

Les plus importantes dégradations et destructions des zones cœur de mangroves sont liées à l'aménagement du territoire de Mayotte et à la création d'infrastructures. En effet, plusieurs mangroves mahoraises sont directement traversées ou isolées de la mer par une route ou une digue (Ironi be, Miangani, Chiconi-Mangajou, M'tsapéré, M'gombani, Passamaïnti) et la plupart (18 sur 26) sont directement situées en limite de zones urbanisées ou industrielles (Fig.30).

L'atlas des mangroves de Mayotte (Abdallah & Eymard, 2013) défini ainsi quatre classes d'activités anthropiques ayant un impact sur ces zones cœur : « *Constructions et aménagements* », « *Agriculture et prélèvement* », « *Accès au lagon et pêche* » et « *déchets* ».

Figure 30 : Mangrove isolée par une route littorale (© C. Cremades)

Perturbations locales de l'équilibre sédimentaire

La modification de l'équilibre sédimentaire de la mangrove par l'ouverture de passages permettant aux pêcheurs et à leurs pirogues d'accéder au lagon à travers la mangrove, ou toute autre initiative de défrichement, peut entrainer une évacuation de la vase et une érosion du front pionnier, laissant les zones centrales directement confrontées à l'action des houles et des vents (Jeanson *et al.*, 2014).

Les palétuviers qui composent cette mangrove sont moins adaptés à ces conditions d'agitation et leur basculement, suite au déchaussement de leurs racines, sera d'autant plus rapide.

Les mangroves permettent bien souvent de stabiliser le trait de côte en limitant l'action des houles et des marées. Ainsi, l'exemple de la mangrove de Soulou, située au Nord-Ouest de l'île, montre que la disparition de la mangrove peut entrainer une importante érosion du trait de côte. En effet, celui-ci a reculé de près de 130 mètres depuis 1950, suite au défrichement de la mangrove pour l'exploitation d'une usine sucrière (Jeanson, 2009).

Perturbations globales de l'équilibre sédimentaire

L'érosion des zones centrales et internes des mangroves peut également être liée à des changements plus globaux, qu'ils soient d'ordre climatique (houle, vent, courants, régimes de précipitation) ou liés à des changements dans l'occupation des sols, notamment agricoles.

En effet, la modification anthropique de la dynamique d'érosion des sols à Mayotte est probablement en partie responsable de la déstabilisation observée des fronts pionniers à *Sonneratia alba*. La déstabilisation des mangroves externes est une menace sérieuse pour les zones cœur des mangroves car les palétuviers qui les composent sont beaucoup plus vulnérables face à ces changements.

Rejet d'eaux usées

Le rejet d'eaux usées domestiques dans les eaux du lagon de Mayotte est une menace importante pour toute sa biodiversité, d'autant plus que la population humaine est en constante augmentation et que les systèmes d'épuration ne sont pas optimaux. Cependant, les eaux usées qui parviennent aux mangroves contiennent principalement des lessives et des savons (nitrate et phosphore) et une grande partie de ces composés sont assimilés par les palétuviers.

Un site expérimental a été mis en place à Mayotte pour à la fois évaluer les capacités épuratrices de la mangrove et analyser les impacts de l'apport d'eaux usées domestiques, après un traitement préalable par décantation anaérobie, sur ces écosystèmes. Nous utilisons pour cette étude certains résultats de ces travaux de recherche.

Exploitation et prélèvement

Le bois du Palétuvier blanc (*Avicennia marina*) est traditionnellement utilisé comme bois de chauffe ou de construction, tandis que le palétuvier rouge (*Rhizophora mucronata*) est plutôt reconnu pour ses propriétés médicinales.

Cependant, l'exploitation de ces palétuviers à Mayotte est très limitée et seuls les premiers palétuviers accessibles depuis l'arrière-mangrove peuvent être, ou ont été exploités (Jeanson, 2009). Seul *Ceriops tagal* est encore souvent utilisé pour la fabrication de piquets (Cremades, 2010).

EVALUATION
selon la méthodologie de l'UICN

(les seuils et catégories sont détaillées en Annexe 1)

Critère A : Réduction de la distribution spatiale

Le critère A comporte 3 sous-critères pour évaluer la réduction de l'étendue de l'écosystème : au cours des 50 dernières années (A1), pour les 50 prochaines années (A2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (A2b), depuis 1750 ou date proche (A3).

Les seuils retenus pour les différentes catégories (VU, EN, CR) sont respectivement une réduction de l'écosystème ≥30 %, ≥50 % et ≥80 % pour A1 et A2 ; ≥50 %, ≥70 %, ≥90 % pour A3.

A.1 Évolution au cours des 50 dernières années

Les mangroves médiolittorales centrales et internes s'étendent sur près de 465 hectares des côtes mahoraises. Situées entre les fronts pionniers à *Sonneratia alba* et les formations supralittorales d'arrière-mangroves, lorsqu'elles existent, ces écosystèmes ne sont que dans de très rares cas soumis à des pressions extérieures.

Si la disparition globale des mangroves dans le monde est estimée entre 20 et 35 % au cours des 50 dernières années, les mangroves de Mayotte n'auraient régressé que de 5 % depuis 1950 (régression des fronts lagonaires et des marges terrestres des mangroves *stricto sensu*, incluant les fronts pionniers).

Cette régression, en grande majorité due à l'érosion des fronts lagonaires, serait néanmoins plus proche de 10 % si était exclu la recolonisation récente des palétuviers sur la vasière des Badamiers, mangrove qui avait totalement disparu en 1950 (Jeanson *et al.*, 2014).

Les mangroves centrales et internes n'auraient ainsi perdu que 9 ha au cours des 50 dernières années, principalement du fait des aménagements réalisés autour de l'agglomération de Mamoudzou, sur la côte Est (Tab.4).

Au cours de la même période, les palétuviers semblent en revanche avoir colonisé des vasières de hauts d'estrans ou de tannes sur plusieurs mangroves (Dembéni, Tsingoni, Dzoumogné, Kangani, etc.). Ces phénomènes peuvent être attribués à un certain nombre de processus physiques, comme la hausse du niveau marin, mais aussi à des causes anthropiques.

La catégorie retenue pour les mangroves centrales et internes selon le sous-critère A1 est *Préoccupation-Mineure (LC)*.

A.2 Évolution calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années, ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

Les mangroves centrales et internes montrent une forte stabilité surfacique, bien que la disparition par endroit des fronts pionniers à *Sonneratia alba* puisse rapidement favoriser l'érosion de ces mangroves.

		1969-1989	1989-1997	1997-2003	Total	Total par côte (1969-2003)
Nord	Bandraboua	0,15	0,08	0,00	0,23	2,74
	Dzoumogné	1,01	0,22	0,00	1,23	
	Longoni	0,03	0,00	0,00	0,03	
	Miangani	0,00	-0,09	0,00	-0,09	
	Kangani	1,10	0,04	0,08	1,22	
	Majicavo Koropa	0,07	-0,01	0,06	0,12	
	Majicavo Lamir	0,00	0,00	0,00	0,00	
Est	Mgombani-Baobab	-0,33	-3,60	-1,11	-5,04	-12,76
	Tsoundzou-Passamaïnti	-2,93	-0,20	-5,76	-8,89	
	Ironi Bé	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Dembéni	1,07	-0,12	0,00	0,95	
	Hajangoua-Iloni	0,20	0,05	0,00	0,25	
	Hajangoua sud	0,00	-0,04	-0,02	-0,06	
	Bandrélé	-0,18	0,07	0,03	-0,08	
	Mounyambani	0,19	-0,08	0,00	0,11	
Sud	Dapani	0,60	-0,51	-0,30	-0,21	0,17
	Mronabéja	-0,23	0,00	-0,04	-0,27	
	Kani kéli	-0,07	-0,03	0,75	0,65	
	Mzouazia	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ouest	Baie de Bouéni	-0,58	-0,12	0,09	-0,61	0,21
	Chiconi	-0,31	-0,35	0,03	-0,63	
	Tsingoni	0,13	0,21	0,00	0,34	
	Soulou	0,4	0,60	0,11	1,11	
	Total	**0,32**	**-3,88**	**-6,08**	**-9,64**	

Tableau 4 : Évolution surfacique (en ha) des marges terrestres des mangroves de Mayotte entre 1969 et 2003 (D'après Jeanson, 2009)

Les mangroves confrontées à des phénomènes d'érosion représentent tout de même 20 % des formations centrales et internes de Mayotte et 5 de ces mangroves (Mgombani-Baobab, Dapani, Mzouazia, Mronabéja et Kangani) montrent des taux d'érosion susceptibles d'entrainer leur disparition au cours des 50 prochaines années.

Ces estimations n'atteignant pas la valeur seuil de 30 %, la catégorie retenue pour le sous-critère A2 est *Préoccupation-Mineure (LC).*

A.3 Évolution historique récente, depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle (1750) selon les données disponibles

Les mangroves médiolittorales n'ont pas ou peu régressé depuis au moins 1950, date des premiers clichés aériens réalisés sur les mangroves de Mayotte (Jeanson, 2009). Seules les mangroves situées près des importants centres urbains du nord-ouest de l'île ont été concernées par des régressions de surface de leurs marges terrestres (Fig.31).

Le critère A3 est donc évalué *Préoccupation-Mineure (LC)*.

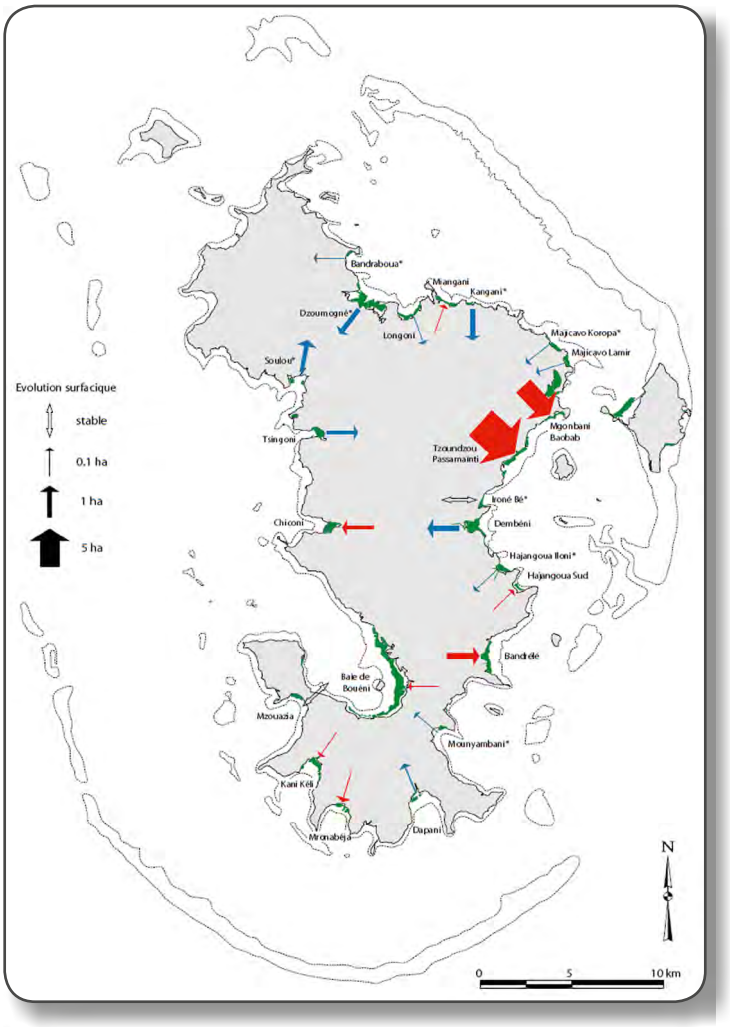


Figure 31 : Synthèse de l'évolution des marges terrestres des mangroves mahoraises (ha) sur la période 1950-2003 (* 1969-2003) (Source : Jeanson, 2009)

Critère B : Distribution spatiale restreinte

Le critère B évalue les écosystèmes à faible zone d'occurrence (polygone convexe) (B1), à faible zone d'occupation (mailles de 10x10 km) (B2) ou à nombre de localités très réduit (B3) et montrant ou pouvant montrer un déclin continu en termes de répartition, de qualité environnementale ou d'interactions biotiques.

Le polygone convexe englobant l'ensemble des mangroves de Mayotte atteint une superficie de 575 km² (Fig.32). En effet, seule la façade nord-est de l'île est dépourvue de ces écosystèmes.

La méthodologie de l'UICN préconise qu'une maille de 10x10 km soit comptabilisée comme occupée par un écosystème si celui-ci en occupe plus de 1 %, soit une superficie supérieure à 1 km². Pour les mangroves de Mayotte, nous définissons une maille de 10x10 km comme étant occupée si la répartition de l'écosystème s'étend au-delà d'une maille de 1x1 km. Ainsi, 9 mailles de 10x10 km sont occupées par les écosystèmes de mangroves, à Mayotte (Fig.32).

Jeanson (2009) définit 30 principales mangroves à Mayotte. Fromard (2000) identifie quant à lui près de 120 sites de mangroves différents, Mayotte comptabilise ainsi bien plus de 10 localités de mangroves.

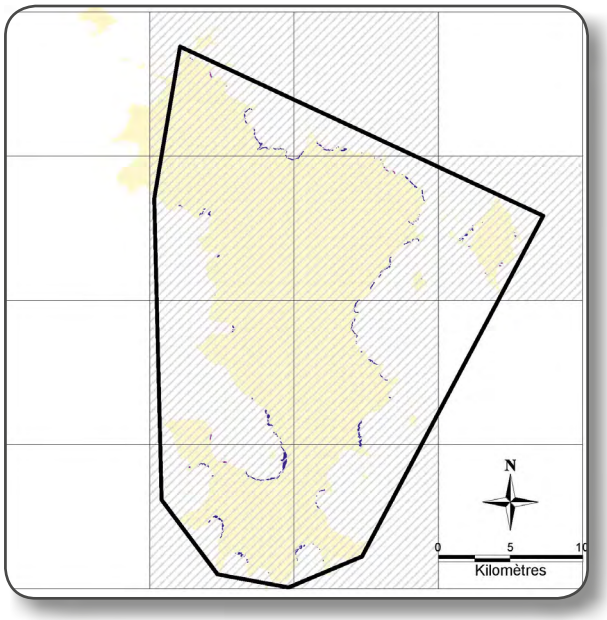


Figure 32 : : Zone d'occurrence (EOO) et Zone d'occupation (AOO) des mangroves centrales et internes à Mayotte

Bien que certaines mangroves soient en érosion et que d'autres sont confrontées à d'importants rejets d'eaux usées, les formations centrales et internes des mangroves de Mayotte ne présentent pas de déclin continu que ce soit de leur étendue, de leur qualité environnementale ou de leurs interactions biotiques.

La catégorie retenue pour les sous-critères B1, B2 et B3 est donc *Préoccupation-Mineure (LC)*.

Critère C : Dégradations environnementales

Le critère C comporte 3 sous-critères pour évaluer la dégradation de l'écosystème suite à des modifications de variables abiotiques : sur les 50 dernières années (C1), pour les 50 prochaines années (C2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (C2b), depuis 1750 ou date proche (C3).

La catégorie de menace (VU, EN, CR) découle de l'intensité de la dégradation (sévérité relative ≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %) et de la proportion de l'écosystème qui est concernée (≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %). Pour C3, ces seuils sont portés à ≥50 %, ≥70 % et ≥90 %.

Seuls 2 seuils intermédiaires (≥50 %) ou le croisement du seuil le plus faible et du seuil le plus élevé permettent de valider la catégorie Vulnérable (VU).

Les mangroves sont globalement confrontées à une augmentation de la charge en nutriment des eaux douces qui sont apportées par les cours d'eau, en conséquence des rejets d'eaux usées effectués directement dans le milieu naturel. Ces éléments nutritifs, ainsi que d'autres contaminants, se retrouvent dans les sédiments de mangrove et peuvent avoir un impact significatif sur le fonctionnement, voire sur la pérennité de ces écosystèmes.

C.1 Modification de paramètres abiotiques au cours des 50 dernières années

Il n'existe pas, à Mayotte, de données relatives au suivi des propriétés physico-chimiques propres aux mangroves qui aurait été effectué au cours des 50 dernières années. Les travaux existant concernent principalement l'évaluation des pressions et des impacts pour les masses d'eau de Mayotte, en vue de l'atteinte d'un bon état écologique d'ici 2015 ou 2021. Il n'existe également aucune donnée relative au suivi de la composition des sédiments de mangrove, en lien avec l'évolution de l'érosion terrigène de Mayotte et de la circulation des eaux dans le lagon.

Un jeu d'indicateurs est cependant en cours d'élaboration pour évaluer le degré de modification des mangroves du fait des rejets d'eaux usées, en comparant les propriétés des sédiments et l'organisation des communautés de crabes (E. Sucré, comm. pers.). Ce jeu d'indicateurs permettra aussi de pouvoir identifier les effets à court et moyen termes du rejet d'eaux usées sur les écosystèmes de mangrove.

La catégorie retenue pour le sous-critère C1 est par conséquent *Données-Insuffisantes (DD)*.

C.2 Modification de paramètres abiotiques calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

L'évaluation des masses d'eau de Mayotte pour la réalisation de l'état des lieux au titre de la Directive Cadre sur l'Eau a été actualisée en 2013, et notamment l'évaluation de la pression exercée par l'assainissement non collectif sur les cours d'eau et les masses d'eau côtières. Les cartes existantes représentent ainsi la pression de l'assainissement non collectif par le croisement du nombre d'habitants et de la surface urbanisée par bassin versant (Fig.33).

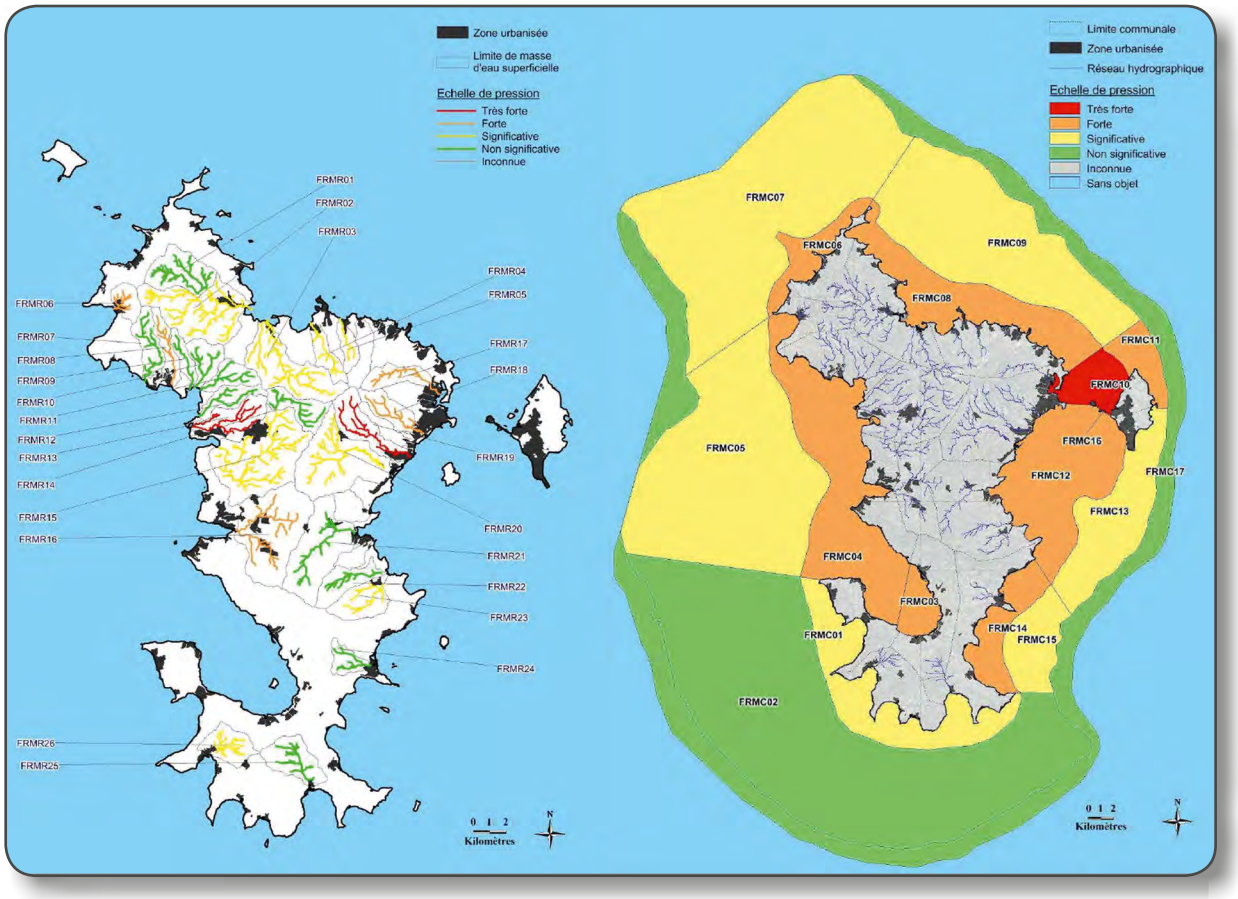


Figure 33 : Évaluation de la pression exercée par l'assainissement non collectif sur les cours d'eau et masses d'eau littorales (Source : Safège, 2013)

Il est prévu que des mesures de la concentration en chlorophylle a soient effectuées dans le lagon mais il n'existe, pour l'instant, aucune donnée quantitative relative à l'évolution de la concentration en nutriments, que ce soit pour les cours d'eau ou les eaux côtières (PARETO & ASCONIT, 2013).

Selon l'état des lieux des masses d'eau de Mayotte, 8 % des cours d'eau et 12 % des masses d'eau littorales sont susceptibles de subir une pression « *très forte* » liée aux effluents ménagés. Les mangroves de Tzoundzou/Passamaïnti et Tsingoni, ainsi que la mangrove de Kawéni, seraient ainsi situées sur des exutoires de cours d'eau potentiellement très chargés en nutriments ou au sein d'une masse d'eau côtière très fortement impactée. En termes d'étendue concernée, cela représente moins de 15 % des zones cœurs des mangroves mahoraises, soit 60 ha de mangroves centrales et internes.

Selon le même état des lieux, 19 % des cours d'eau subiraient une pression qualifiée de « *forte* ». La mangrove de Chiconi (7 ha) se situerait alors elle aussi à l'exutoire d'un cours d'eau fortement chargé en nutriments.

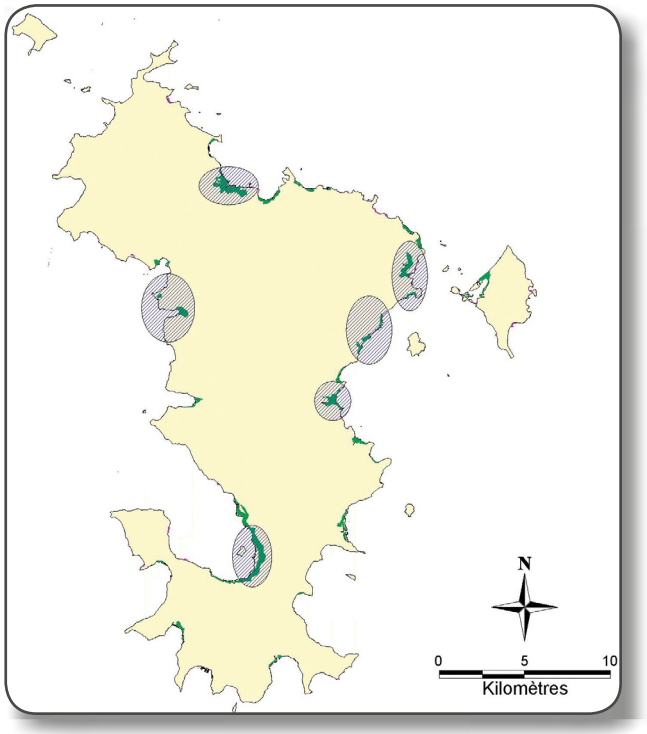


Figure 34 : Localités de mangroves pouvant être impactées, à l'avenir, par une intensification des rejets d'eaux usées du fait de nouveaux projets d'urbanisation ou de construction de station d'épuration

En revanche, la quasi-totalité des masses d'eau littorales adjacentes au trait de côte sont fortement ou très fortement impactées, à l'exception de la partie sud de l'île. Ces masses d'eau impactées englobent près de 95 % des écosystèmes de mangroves de Mayotte.

Il est également possible d'identifier les mangroves qui sont ou seront très probablement confrontées à une augmentation conséquente d'apports d'eaux usées. Celles-ci se situent en effet à proximité ou à la confluence de cours d'eau concernés par des projets d'urbanisation ou de création de stations d'épuration. Ainsi, les mangroves de la baie de Bouéni, ainsi que les mangroves de Dembéni, Tzoundzou, Kawéni et Dzoumogné seront probablement confrontées à des rejets d'eaux usées plus importants (Fig.34).

Ces mangroves représentent près de 300 ha de formations centrales et internes. Cependant, rien ne permet d'estimer les quantités d'apports en nutriments que cela représentera, ni d'en déduire quels seront les impacts sur les mangroves.

Rien ne permettant de lier la pression sur les masses d'eau côtières aux paramètres abiotiques des mangroves, la catégorie retenue pour le sous-critère C2 est par conséquent *Données-Insuffisantes (DD)*.

C.3 Modification de paramètres abiotiques depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle (1750) selon les données disponibles

Les principales modifications de paramètres abiotiques des mangroves de Mayotte ont lieu depuis la fin des années 1950, depuis que la population mahoraise a entamé une forte progression démographique.

Des travaux portant sur la comparaison des mangroves de Mayotte avec d'autres mangroves présentes dans cette région de l'océan indien, notamment au sein des îles éparses, pourraient néanmoins permettre de montrer quels ont été les impacts à long terme des activités humaines sur les propriétés physiques des écosystèmes de mangroves.

En l'état actuel des connaissances, on sait que les principales modifications de paramètres biotiques des mangroves sont relativement récentes et ne portent pas sur la période historique récente (1750). Par conséquent, la catégorie retenue pour le sous-critère C3 est *Préoccupation-Mineure (LC)*.

Critère D : Perturbations des processus et des interactions biotiques

Le critère D comporte 3 sous-critères pour évaluer les perturbations des interactions biotiques qui ont lieu au sein de l'écosystème : au cours des 50 dernières années (D1), pour les 50 prochaines années (D2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (D2b), depuis 1750 ou date proche (D3).

La catégorie de menace (VU, EN, CR) découle de l'intensité de la perturbation (sévérité relative ≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %) et de la proportion de l'écosystème qui est concernée (≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %). Pour D3, ces seuils sont ≥50 %, ≥70 % et ≥90 %.

Seuls 2 seuils intermédiaires (≥50 %) ou le croisement du seuil le plus faible et du seuil le plus élevé permettent de valider la catégorie Vulnérable (VU).

D.1 Modification de paramètres biotiques au cours des 50 dernières années

Plusieurs espèces caractéristiques des zones cœur de mangrove ont été évaluées comme menacées d'extinction à Mayotte. Ainsi, le Palétuvier gros poumon (*Bruguiera gymnorhiza*) et le Palétuvier pomme (*Xylocarpus granatum*) sont classés *Vulnérable (VU)* sur la Liste rouge de la flore vasculaire de Mayotte, du fait de leurs faibles zones d'occupation et de leurs sensibilités aux actions humaines. Les autre Rhizophoracées, *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal*, ainsi que le Palétuvier à petites feuilles *Lumnitzera racemosa* sont, pour les mêmes raisons, évalués *Quasi-menacé (NT)* (UICN France, *et al.*, 2014b).

Aucune espèce d'oiseau, parmi celles qui dominent les communautés de l'avifaune observée en zone cœur des mangroves, n'est menacée d'extinction à Mayotte. Ces espèces sont naturellement inféodées à des milieux terrestres plutôt forestiers et ont su trouver, au sein des mangroves, une des dernières zones refuge pour assurer le maintien de leurs populations à Mayotte (MNHN *et al.*, 2015).

Nous ne disposons pas de données qualitatives ou quantitatives capables de montrer l'évolution

des interactions biotiques au cours des 50 dernières années, au sein des zones centrales des mangroves de Mayotte. Les travaux de recherche en cours relatifs à la caractérisation de l'impact des rejets d'eaux usées sur les populations de crabes présents dans les mangroves permettront, à l'avenir, de fournir davantage de données quant aux perturbations des interactions biotiques causées par les activités humaines au sein des mangroves.

La catégorie retenue pour le sous-critère D1 est donc *Données-Insuffisantes (DD)*.

D.2 Modification de paramètres biotiques calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

Les études réalisées sur les capacités bioremédiatrices des mangroves montrent que les composés phosphorés et azotés peuvent s'accumuler dans les sédiments. Cela peut avoir à long terme des conséquences à la fois sur la faune benthique des mangroves mais également sur les masses d'eau douces des nappes phréatiques côtières.

En effet, des expérimentations réalisées dans la mangrove de Malamani (baie de Bouéni) depuis plusieurs années ont montré que les abondances, la structure des populations et la diversité des espèces de crabes ont évoluées depuis que des rejets d'eaux usées sont effectués. Les parcelles impactées par ces rejets présentent ainsi des densités de crabes plus faibles. Les modes d'alimentation et de prédation de ces crabes ont changé, et la densité comme la taille des trous de terriers a diminué. Le processus de bioturbation s'en trouve par conséquent modifié. Dans la parcelle test à *Rhizophora mucronata*, les espèces de crabes les plus sensibles à ces changements sont les Sesarmidae (Cremades *et al.*, 2012).

Les rejets d'eaux usées perturbent également l'ensemble des interactions entre les différents compartiments biotiques et abiotiques. En effet, ces rejets entrainent une augmentation des apports d'eau douce, une modification de la composition des sédiments ainsi qu'un accroissement de la productivité des palétuviers.

Enfin, l'accumulation en profondeur de nitrate et de phosphore dans les sédiments peut conduire à des proliférations algales importantes et à des phénomènes d'eutrophisation, entrainant alors une diminution de la concentration en oxygène dissous dans le milieu. Cependant et en l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de quantifier la « *sévérité relative* » des modifications du fonctionnement de ces écosystèmes engendrées par l'augmentation des apports en effluents ménagers.

La catégorie retenue pour le sous-critère D2 est par conséquent *Données-Insuffisantes (DD)*.

D.3 Modification de paramètres biotiques depuis le milieu du XVIIIème siècle (1750) selon les données disponibles

Les principales pertubations du fonctionnement des mangroves de Mayotte résultent de l'intensification récente des activités humaines sur l'île et sont principalement liées à l'augmentation des rejets d'effluents ménagers. Les activités industrielles n'étant pas encore très développées à Mayotte, les phénomènes de pollution ou de contamination des masses d'eau liés à ces activités sont encore peu courants.

Les mangroves centrales et internes de Mayotte sont par conséquent évaluées *Préoccupation-Mineure (LC)* selon le sous-critère D3.

Critère E : Analyse quantitative (modélisation) estimant la probabilité d'effondrement :

Nous ne disposons pas, à Mayotte, de modèle numérique capable d'estimer la probabilité d'effondrement des écosystèmes de mangrove. Un « réseau de surveillance des littoraux face au changement climatique en milieu insulaire tropical » dont Mayotte fait partie a été récemment mis en place. Il permettra à l'avenir d'observer, surveiller et caractériser les rythmes et les mécanismes d'évolution, d'adaptation et de résilience de différentes côtes tropicales face aux événements météo-marins auxquels ils sont soumis (cyclones, tempêtes, surcotes, fortes houles…) afin de fournir des stratégies de gestion face aux évolutions constatées, et de dégager des scénarios d'évolution pour les écosystèmes côtiers.

Le critère E est évalué *Données-Insuffisantes (DD)*.

CONCLUSION

Les zones cœurs des mangroves de Mayotte, à savoir les formations centrales à Rhizophoracées associées aux variantes saumâtres d'estuaires, n'apparaissent pas menacées, d'après leur évaluation selon la méthodologie de l'UICN. Seuls quelques cas ponctuels de défrichement ont été recensés depuis 1950, en particulier autour de Mamoudzou pour la réalisation d'infrastructures (Tab. 5).

L'essentiel des perturbations de ces milieux relativement hors d'atteinte des dégradations directes provient du rejet d'effluents ménagers. Des phénomènes d'érosion constatés au niveau des fronts lagonaires de certaines mangroves pourraient cependant entrainer, dans un avenir proche, une régression de ces formations centrales et internes. Des dispositifs de suivis sont en train d'être mis en place à Mayotte pour ces deux principales menaces.

Mangroves centrales et internes de Mayotte	Critère A	Critère B	Critère C	Critère D	Critère E
Sous-critère 1	LC	LC	DD	DD	DD
Sous-critère 2	LC	LC	DD	DD	
Sous-critère 3	LC	LC	LC	LC	

Tableau 5 : Évaluation des zones centrales et internes des mangroves de Mayotte selon la méthodologie de l'UICN

Les mangroves centrales et internes de Mayotte sont donc évaluées *Préoccupation-Mineure (LC)* selon la méthodologie de la Liste rouge des écosystèmes de l'UICN.

Les arrière-mangroves :
Tannes, prés-salés, mangroves et forêts supralittorales

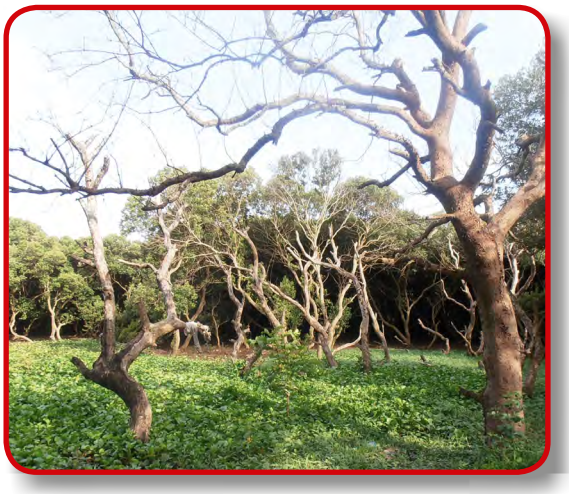
CLASSIFICATION

Habitats naturels de Mayotte (Fadur, 2011) :

Tannes et mangroves supralittorales sur vases salées :
- A10.1.1 : « Tanne à *Avicennia marina* épars »
- A10.1.2 : « Mangrove supralittorale à *Avicennia marina* »

Prés salés et marais saumâtres :

- A12.1.1 : « Pré salé médiolittoral inférieur à *Sporobolus virginicus* »
- A12.1.2 : « Pré saumâtre médiolittoral supérieur à *Sporobolus virginicus* et *Marsilea* cf. *minuta* »
- A12.1.3 : « Pré salé médiolittoral sur vasières de beach-rock à *Fimbristylis polytrichoides* et *Sporobolus virginicus* »
- A12.1.4 : « Pré saumâtre supralittoral inondé à *Marsilea sp.minuta* et *Ipomoea aquatica* »
- A12.1.5 : « Mégaphorbiaie saumâtre d'arrière-mangrove à *Acrostichum aureum* »



© C.Cremades

Forêts supralittorales inondables sur vases :

- A11.1.1 : « Forêt supralittorale inondable de bas niveau à *Heritiera littoralis* et *Avicennia marina* »
- A11.1.2 : « Forêt supralittorale inondable de haut niveau à *Heritiera littoralis* et *Hibiscus tiliaceus* »

IUCN Habitats classification scheme (Version 3.1) :

- 1.7 Végétation de mangrove subtropicale/tropicale au-dessus du niveau des pleines mers de vives-eaux moyennes.

DESCRIPTION

Les tannes se situent à un niveau topographique légèrement surélevé par rapport aux mangroves internes et fonctionnent à la manière de salines naturelles. Elles ne sont atteintes que par les marées de vives eaux et la forte évapotranspiration entre ces périodes de submersion provoque une accumulation de sel jusqu'à la formation d'une croute.

Aucune végétation ne peut se développer sur les tannes, à l'exception d'*Avicennia marina* dont quelques individus peuvent être présents à l'état arbustif. On parle alors de tanne à *Avicennia marina* épars. Par contre, ce palétuvier peut former de véritables peuplements monospécifiques en position supralittorale, sur vase et en contexte de moindre salinité : ce sont les mangroves supralittorales à *Avicennia marina*.

Les prés-salés apparaissent en haut de l'étage médiolittoral et sont régulièrement, atteint par les marées. Ils sont ainsi souvent exondés. On distingue les prés-salés sur platier vaseux de beach-rock, les prés-salés linéaires de rivages abrités et souvent peu limoneux, les prés-salés des banquettes latérales d'estuaire sur substrats souvent grossiers riches en sables et galets et enfin les prés-salés de fond de baie ou de fond d'estuaire sur vases salées lavées d'eau douce.

Des formations forestières supralittorales peuvent se développer sur des sols compactés et souvent dessséchés, en bordure des tannes et des formations internes des mangroves. Les forêts de bas niveau sont régulièrement atteintes par les marées de vives eaux tandis que les formations de haut niveau ne le sont que périodiquement, lors des marées de vives eaux ou des marées exceptionnelles.

Espèces inféodées et/ou caractéristiques des milieux d'arrière-mangrove (biote indigène caractéristique)

Végétation des tannes et des mangroves supralittorales

Les mangroves supralittorales se composent exclusivement de Palétuvier blanc (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh., localement Musiri ou Afi afi) où il forme alors des peuplements arbustifs monospécifiques et relativement haut (4-5m). *Avicennia marina* est en effet l'espèce de palétuvier la plus adaptée aux fortes concentrations en sel.

Les tannes sont des formations supralittorales dont le substrat est plus salé. Elles peuvent comprendre quelques individus d'*Avicennia marina* épars mais, lorsque la concentration en sel est trop importante, une croute salée peut se former sur le sol et aucune végétation ne s'y développe alors (Fig.35).

Figure 35 : Mangrove et tanne d'Iloni (© C. Cremades)

Végétation des prés-salés et des marais saumâtres

Figure 35 : Mangrove et tanne d'Iloni (© C. Cremades)

Les espaces marécageux de l'arrière-mangrove sont également propices à la formation de prés-salés et de marais à végétation herbacée (Fig.36). Ces milieux faiblement salés et souvent tamponnés par des apports d'eau douce peuvent prendre différentes formes :

- Prés-salés de bas niveau à *Sporobolus virginicus* L. et patate à Durant (*Ipomoea pes-caprae*) ;
- Prés saumâtres supralittoraux inondés à liseron d'eau (*Ipomoea aquatica* Forssk.) et fougère d'eau (*Marsilea minuta* L.) ;
- Marais inondés de haut niveau à Fougère dorée (*Acrostichum aureum* L.), parfois associée au Bananier aquatique (*Typhonodorum lindleyanum*).

Végétation des formations forestières supralittorales

En arrière de la mangrove supralittorale et des tannes, des espaces marécageux atteints périodiquement par les marées de vives eaux et les marées exceptionnelles favorisent l'établissement de forêts supralittorales. Ces formations forestières se composent d'espèces végétales adaptées à

des périodes de submersion marine plus ou moins régulières ainsi qu'à des sols en contact avec une nappe phréatique.

Une vingtaine d'espèces composent ces forêts peu denses dont la principale espèce structurante est le Toto margot, ou Héritière littorale (*Heritiera littoralis* Dryand., localement M'Koumafi) (Fig.37). Le Palétuvier blanc y est également présent, associé au Mahot bord de mer (*Hibiscus tiliaceus*), à l'Erythrine (*Erythrina fusca* L., localement Mwinga), au Takamaka (*Callophyllum inophyllum*), au Porcher (*Thespesia populnea*), ainsi qu'au palmier Phoenix du Sénégal (*Phoenix reclinata* Jacq.). La liane *Derris trifoliata* Lour. et l'orchidée *Acampe pachyglossa* Rchb.f. caractérisent également ces milieux marécageux. La canopée de ces forêts peut atteindre 15 à 20 mètres.

Figure 37 : Héritière littorale et ses racines-contreforts (© C. Cremades)

L'arrière-mangrove comprend généralement un cordon sableux marquant la limite supérieure de l'influence des marées. Sur ce cordon se développent localement des formations arborescentes dominées par l'Arbre lanterne (*Hernandia nymphaeifolia* (Presl.) Kubitzki.) et le Takamaka (*Calophyllum inophyllum* L.), accompagnés par d'autres arbustes tropicaux (*Hibiscus tiliaceus, Thespesia populnea*) ainsi que par la liane rampante couramment appelée patate à Durand (*Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br).

Ces formations forestières ne sont cependant pas incluses dans les zones d'arrière-mangrove car elles peuvent également se développer en haut de plage. Ces formations végétales sont plutôt associées aux cordons sableux qu'aux mangroves.

Faune caractéristique des arrière-mangroves

Avifaune

Les forêts d'arrière-mangrove sont des milieux privilégiés par de nombreux oiseaux. On y trouve ainsi des espèces forestières telles la Tourterelle peinte (*Nesoenas picturata*), le Founingo des Comores (*Alectroenas sganzini*) ou le Drongo de Mayotte (*Dicrurus waldenii*). D'autres oiseaux forestiers sont également plus abondants dans les forêts supralittorales et en arrière des mangroves médiolittorales, comme le Bulbul de Madagascar (*Hypsipetes madagascariensis*), la Moucherolle malgache (*Terpsiphone mutata*) ou le Courol (*Leptosomus discolor*).

L'Oiseau-lunette, ou Zostérops de Mayotte (*Zosterops mayottensis*) est également présent dans tous les habitats de mangroves mais en plus grand nombre dans les forêts d'arrière-mangrove (Rocamora, 2004 ; Ousseni *et al.*, 2011).

Carcinofaune

Deux espèces de crabes terrestres sont particulièrement associées aux milieux marécageux d'arrière-mangroves, il s'agit du Gecarcinidae de Mayotte (*Cardisoma carnifex*) et du *Sesarmops impressus* (Bouchard, 2009 ; Herteman, 2010). D'autres crabes aquatiques sont également plus présents en arrière-mangrove que dans le reste des mangroves, tels *Macrophtalmus depressus*, *Pseudohelice quadrata* ou encore le Crabe violoniste rose *Uca (Cranuca) inversa* (Herteman, 2010).

Herpétofaune

Des inventaires de reptiles n'ont été réalisés que dans 3 mangroves à Mayotte et ont permis d'identifier 5 espèces différentes (Abdallah & Eymard, 2013). Le Gecko diurne à ligne dorsale (*Phelsuma robertmertensi*), endémique de Mayotte, est ainsi principalement présent en forêt supralittorale, au sein des forêts de basses altitudes ou de plantations. Il est classé *Quasi-Menacé (NT)* en France, selon la Liste rouge des reptiles et amphibiens de Mayotte (MNHN & UICN France, 2015).

Le Scinque des Comores (*Trachylepsis comorensis*) et le Gecko à grandes écailles (*Geckolepsis maculata*) sont également observés en forêt supralittorale mais ils sont plus largement présents au sein des forêts sèches. Enfin, les reptiles du genre *Hemidactylus* qui sont présents au sein des milieux d'arrière-mangrove sont des espèces introduites pouvant entrer en compétition avec les espèces locales.

Propriétés physiques des milieux d'arrière-mangrove (environnement abiotique)Substrat

Les arrières-mangroves se trouvent sur des sols alluviaux fluvio-marins hydromorphes, à engorgement permanent ou seulement en saison humide. Ce sont des milieux relativement eutrophes (Boullet, 2008). Bien que les prés-salés puissent se développer dans des conditions physiologiques et édaphiques très différentes selon les lieux, cela n'influence pas leur composition floristique (Boullet, 2008).

Salinité

Les zones marécageuses d'arrière-mangrove ne sont atteintes par les eaux marines que lors des hautes mers de vives eaux et des marées exceptionnelles. Les forêts supralittorales et les prés-salés se trouvent en bordure d'estuaires ou en fonds de baie, en limite supérieure de la zone intertidale, entre les étages médiolittoral et supralittoral. L'inondation marine y est réduite (10 à 30 cm) et ces milieux sont directement en contact avec les nappes phréatiques sous-jacentes ou inondés par les cours d'eau en saison humide. La salinité y est de l'ordre de 5 ‰.

Dynamiques et fonctionnement des milieux d'arrière-mangrove (processus & interactions clés)

Limitation des apports sédimentaires au lagon

Ces écosystèmes sont les premiers réceptacles des sédiments terrigènes en provenance de l'intérieur des terres. Ils limitent ainsi les apports directs de sédiments au sein des mangroves médiolittorales et empêchent l'envasement des palétuviers (Abdallah & Eymard, 2013).

Ainsi, la disparition des milieux d'arrière-mangrove peut entrainer l'asphyxie des palétuviers des mangroves centrales et internes mais cela peut également avoir un lien avec l'érosion constatée de certains fronts de mangrove.

Dynamique naturelle

Les écosystèmes d'arrière-mangrove sont des milieux littoraux humides totalement dépendants des conditions d'hydromorphie tidale et d'alimentation parallèle en eau douce (Boullet, 2008). Ainsi, Les différents habitats naturels qui les composent sont vulnérables à toute modification de ces paramètres.

DISTRIBUTION

Les formations d'arrière-mangrove s'étendent sur près de 240 ha, dont 50 ha occupées par des tannes salées (Fig.38).

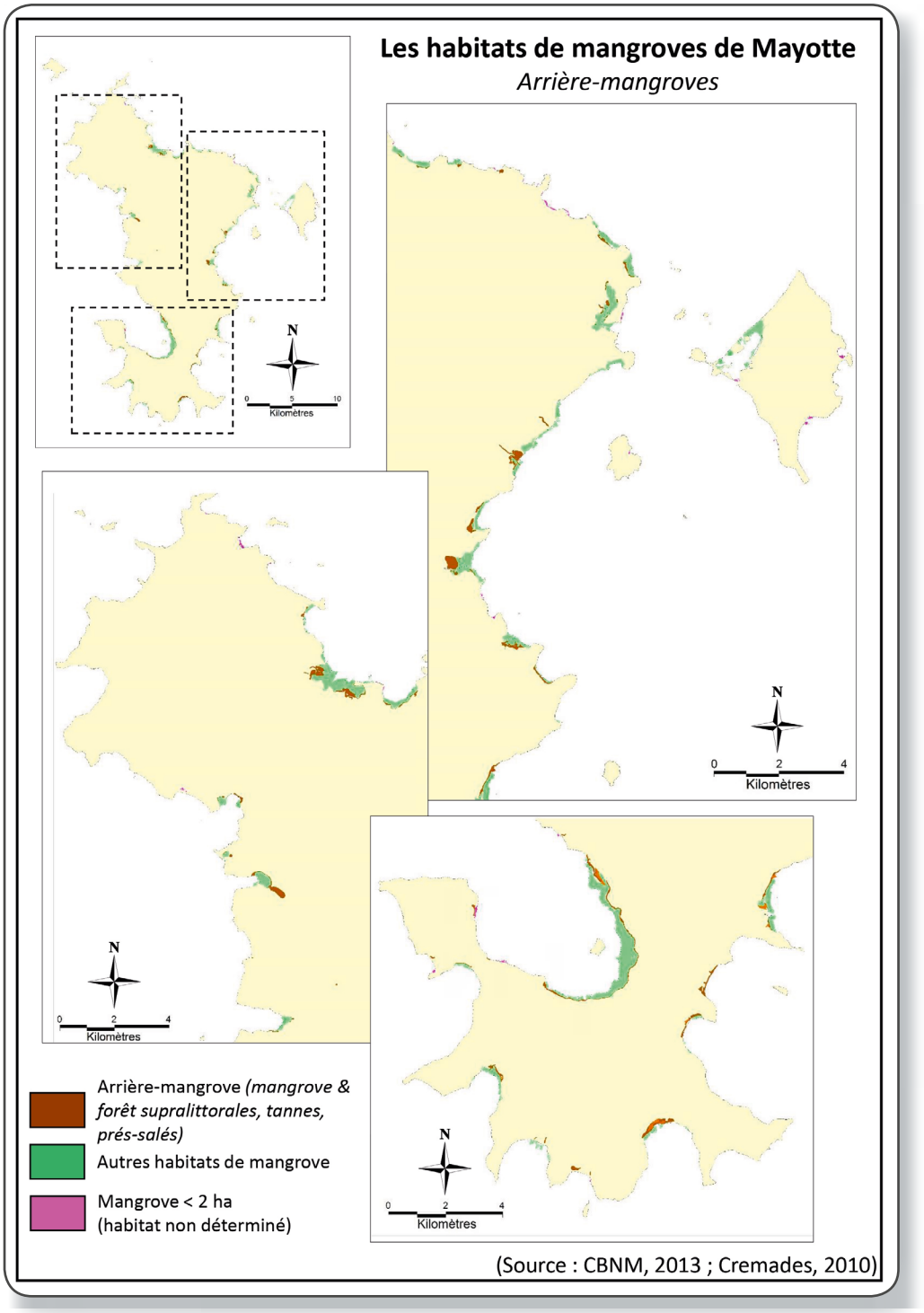


Figure 38 : Répartition des zones d'arrière-mangroves (mangroves et forêts supralittorales, tannes et prés-salés) de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; CBNM, 2013)

FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ

Usages et activités anthropiques

L'arrière-mangrove serait la formation de mangrove la plus menacée à Mayotte (Gigou *et al.*, 2009). Ce sont principalement les activités humaines qui ont conduit à la régression de ces milieux, et notamment des forêts marécageuses d'arrière-mangroves.

De nombreuses formations d'arrière-mangrove et de tannes ont ainsi été ponctuellement soumises à d'importantes dégradations, telles que des dépôts sauvages de remblais ou des constructions illégales. D'autres ont également été récemment transformées en parking ou en terrain de football, en raison des surfaces planes qu'elles peuvent procurer. Les travaux de remblaiement engagés pour la construction d'infrastructures et d'urbanisation littorale participent aussi à leur dégradation.

La « *poubellisation* » des mangroves à proximité des zones d'habitation est également un phénomène préoccupant (Jeanson, 2009).

Mais les écosystèmes d'arrière-mangrove ont surtout été défrichés et transformés en zone de culture et cela depuis le XIX^{ème} siècle, en particulier pour la production de banane, de noix de coco, de manioc, de songe (taro) et d'Ylang-ylang. Le pâturage, et en particulier le parcage d'animaux, participe aussi largement à la disparition de ces milieux (Jeanson, 2009 ; Abdallah & Eymard, 2013).

Lors du travail de cartographie des habitats de mangrove entrepris par C. Cremades (2010), 72 infractions ont été relevées dont 47 en zone d'arrière-mangrove : 18 concernaient le prélèvement de bois et 11 des pratiques agricoles illégales. Ces observations sont de plus certainement sous-évaluées car l'étude des arrière-mangroves n'était pas l'objet de ce travail, le relevé d'infractions n'avait ainsi pas été effectué de manière systématique.

Rejet d'eaux usées

Les écosystèmes d'arrière-mangrove semblent supporter des charges trophiques relativement élevées, bien que nous ne disposions actuellement d'aucunes données écologiques précises dans ce domaine (Boulet, 2008). Les conditions relativement eutrophes de ces milieux, ainsi que le peu d'espèces qui s'y développent, limitent certainement les effets du transit d'eaux usées chargées en nutriments.

De plus, ces effluents sont généralement évacués via des fossés, amenant ces eaux au travers des forêts supralittorales directement dans les mangroves (Herteman, 2010).

EVALUATION
selon la méthodologie de l'UICN

(les seuils et catégories sont détaillées en Annexe 1)

Critère A : Réduction de la distribution spatiale

Le critère A comporte 3 sous-critères pour évaluer la réduction de l'étendue de l'écosystème : au cours des 50 dernières années (A1), pour les 50 prochaines années (A2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (A2b), depuis 1750 ou date proche (A3).

Les seuils retenus pour les différentes catégories (VU, EN, CR) sont respectivement une réduction de l'écosystème ≥30 %, ≥50 % et ≥80 % pour A1 et A2 ; ≥50 %, ≥70 %, ≥90 % pour A3.

A.1 Évolution au cours des 50 dernières années

Les zones d'arrière-mangrove ont fortement régressé à l'est de Mayotte du fait des nombreux aménagements qui y ont été réalisés. Les principales pertes récentes de surface ont ainsi eu lieu depuis 1997, ce qui coïncide avec les grands travaux réalisés à Mayotte depuis la fin des années 1990 : amélioration du réseau routier et implantation de zones d'activités, en particulier autour de Mamoudzou.

La plupart des marges terrestres des autres mangroves ont également été confrontées à des pertes de superficies, notamment du fait de la coupe de palétuviers implantés sur les tannes, à proximités des villages. Par contre, on observe la recolonisation des tannes de certaines mangroves par *Avicennia marina*.

Les estimations de M. Jeanson (2009) évaluent la réduction de la distribution des marges terrestres des écosystèmes de mangroves à environ 3 % depuis 1969. Cependant, les marges terrestres des mangroves mahoraises ne comprennent pas toutes des formations d'arrière-mangrove et, à l'inverse, les données rapportées n'incluent pas systématiquement les forêts supralittorales et les formations marécageuses comme faisant partie des marge terrestres de toutes les mangroves.

Il n'existe ainsi aucune estimation surfacique précise de la régression des milieux d'arrière-mangrove au cours des 50 dernières années.

Les arrière-mangroves sont par conséquent évaluées *Données-Insuffisantes (DD)* selon le sous-critère A1.

A.2 Évolution calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années, ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

Récemment, *Avicennia marina* et d'autres palétuviers des mangroves internes tendent à recoloniser les vasières nues de l'estran et les tannes. Ceci peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la remontée du niveau marin et les changements d'utilisation des arrières-mangroves.

Cependant, 18 des 26 mangroves les plus étendues de Mayotte se situent à proximité de zones urbaines ou artificialisées et en expansion, bien que toutes ne soient pas encore confrontées à des nuisances liées à ce développement. La mise en culture, la progression du pâturage, les constructions illégales et les dépôts de remblais restent d'importantes menaces pour les arrière-mangroves encore préservées, sans qu'il soit possible de pouvoir estimer l'étendue des surfaces menacées à l'avenir.

La catégorie retenue pour le sous-critère A2 est donc *Données-Insuffisantes (DD)*.

A.3 Évolution historique récente, depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle (1750) selon les données disponibles

Les formations d'arrière-mangrove ont principalement été détruites, transformées et aménagées aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles, où d'importantes surfaces ont été converties en zone de culture. La plupart de ces écosystèmes subsistent actuellement à l'état de relique, à tel point que seuls 4 sites semblent actuellement peu impactés (Zidakani, Tsingoni, Soulou et Dzoumogné). L'arrière-mangrove de la baie de Bouéni, bien que représentant la plus vaste étendue continue de ces écosystèmes à Mayotte, est tout de même dégradée au niveau de plusieurs sites et fortement impactée par l'agriculture et le pâturage (V. Guiot, Comm. Pers.).

Depuis 1950, d'importantes pressions anthropiques se sont également exercées sur les arrières-mangroves situées près des centres urbains et économiques de l'île, causant une perte de plus de 15 hectares sur seulement 3 mangroves (Mgombani-Baobab, Passamaïnti et Chiconi).

Pour autant, il n'existe aucune estimation de la superficie que pouvaient anciennement recouvrir les écosystèmes d'arrière-mangrove. Le sous-critère A3 est par conséquent évalué *Données-Insuffisantes (DD)*.

Critère B : Répartition géographique restreinte

Le critère B évalue les écosystèmes à faible zone d'occurrence (polygone convexe) (B1), à faible zone d'occupation (mailles de 10x10 km) (B2) ou à nombre de localités très réduit (B3) et montrant ou pouvant montrer un déclin continu en termes de répartition, de qualité environnementale ou d'interactions biotiques.

Le polygone convexe englobant l'ensemble des mangroves de Mayotte atteint une superficie de 575 km² (Fig.39). En effet, seule la façade nord-est de l'île est dépourvue de ces écosystèmes.

La méthodologie de l'UICN préconise qu'une maille de 10x10 km soit comptabilisée comme occupée par un écosystème si celui-ci en occupe plus de 1 %, soit une superficie supérieure à 1 km². Pour les mangroves de Mayotte, nous définissons une maille de 10x10 km comme étant occupée si la répartition de l'écosystème s'étend au-delà d'une maille de 1x1 km. Ainsi, 9 mailles de 10x10 km sont occupées par les écosystèmes de mangroves, à Mayotte (Fig.39).

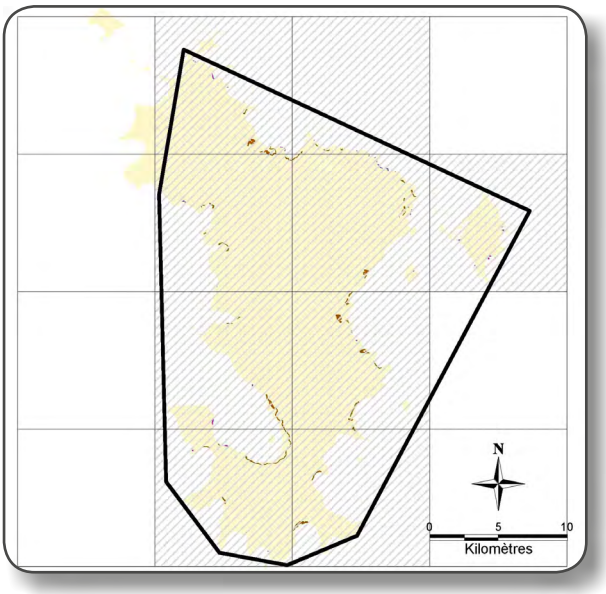


Figure 39 : Zone d'occurrence (EOO) et Zone d'occupation (AOO) des milieux d'arrière-mangrove de Mayotte

En termes de nombre de localités, Jeanson (2009) définit 30 principales mangroves à Mayotte, tandis que Fromard (2000) identifie près de 120 sites différents. Mayotte comptabilise ainsi bien plus de 10 localités de mangroves.

Les écosystèmes d'arrière-mangrove sont, dans leur ensemble, confrontés à d'importantes menaces. En effet, seules quelques localités semblent avoir conservé leur étendue naturelle et toutes sont confrontées à d'importantes perturbations : la qualité environnementale de ces milieux se dégrade du fait de nombreux remblais et aménagements tandis que l'intégrité de leur biote caractéristique est menacée par les pratiques agricoles et pastorales.

La zone d'occurrence d'une superficie inférieure à 2 000 km² et le déclin continu observé de l'étendue, de la qualité environnementale et des interactions biotiques permet d'attribuer la catégorie *En Danger Critique (CR)* aux écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte selon le sous-critère B1, *En danger (EN)* selon le sous-critère B2 (moins de 20 mailles occupées) et *Préoccupation-Mineure (LC)* selon le sous-critère B3.

Critère C : Dégradations environnementales

Le critère C comporte 3 sous-critères pour évaluer la dégradation de l'écosystème suite à des modifications de variables abiotiques : sur les 50 dernières années (C1), pour les 50 prochaines années (C2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (C2b), depuis 1750 ou date proche (C3).

La catégorie de menace (VU, EN, CR) découle de l'intensité de la dégradation (sévérité relative ≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %) et de la proportion de l'écosystème qui est concernée (≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %). Pour C3, ces seuils sont portés à ≥50 %, ≥70 % et ≥90 %.

Seuls 2 seuils intermédiaires (≥50 %) ou le croisement du seuil le plus faible et du seuil le plus élevé permettent de valider la catégorie Vulnérable (VU).

L'hydromorphie et la salinité sont les principaux paramètres abiotiques garant de la fonctionnalité des écosystèmes d'arrière-mangrove. Les impacts anthropiques qui apparaissent comme les plus problématiques pour les arrière-mangroves, en termes de modification des paramètres abiotiques, sont le remblai, le déversement des eaux usées non traitées et les décharges sauvages. Ces impacts se rattachent aux catégories « Construction et aménagements » et « déchets » établis par l'Atlas des mangroves (2013) et évaluées pour chaque site.

C.1 Modification de paramètres abiotiques au cours des 50 dernières années

Les principales dégradations physiques constatées au cours des 50 dernières années sont la construction d'infrastructures et l'étalement urbain. Quatre localités d'arrière-mangrove ont en effet été quasiment entièrement détruites (Majikavo-Koropa, Mgombani-Baobab, Dembéni, Kani kéli) et d'autres partiellement (Dzoumogné, Kawéni,

Ironi bé, Bandrélé et Chiconi). D'après Abdallah et Eymard (2013), six localités d'arrière-mangrove ont également fait l'objet de dépôts illégaux de déblais à des degrés divers (Bandraboua, Dembéni, Miangani, Mronabéja-Passi kéli, Bouéni et vasière des Badamiers).

Les tannes des mangroves de Bandraboua et de Bouéni subissent également de fortes pressions de constructions illégales, tout comme celles des mangroves de Chiconi et de Majikavo-Koropa. Des macro-déchets diffus et/ou volontaires sont également signalés sur la quasi-totalité des arrière-mangroves.

La superficie des arrière-mangroves concernées par des destructions partielles ou totales correspondent à près de 70 % de la superficie de ces milieux, à Mayotte (Fig.40), soit une localité d'arrière-mangrove sur deux (14 sites sur 26 étudiés par Abdallah et Eymard). La « *sévérité relative* » de ces destructions peut être estimée comme supérieure à 50 %.

Les arrière-mangroves de Mayotte sont par conséquent évaluées *Vulnérable (VU)* selon le sous-critère C1.

C.2 Modification de paramètres abiotiques calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

Les écosystèmes d'arrière-mangrove sont des milieux plutôt eutrophes et disposent de bonnes capacités d'assimilation des nutriments pouvant provenir du rejet d'eaux usées, mais aucune étude spécifique n'a encore été réalisée.

En 2012, 5 cours d'eau mahorais (Mroni-Kavani, Adrianabé, Coconi, Kaouénilajoli, Majimbini) étaient fortement impactés par l'assainissement non collectif. Les impacts sont considérés comme importants dès lors qu'ils sont susceptibles de dégrader l'état des eaux, qu'ils soient avérés actuellement (état dégradé) ou probables. De plus, 79 % des masses d'eau « cours d'eau » risque de ne pas atteindre les objectifs de bon état écologique fixés pour 2021 (ASCONIT & PARETO, 2013).

Malgré ces données indiquant une probable dégradation, en l'absence d'étude dédiée à ces écosystèmes, le sous-critère C2 est évalué *Données-Insuffisantes (DD)*.

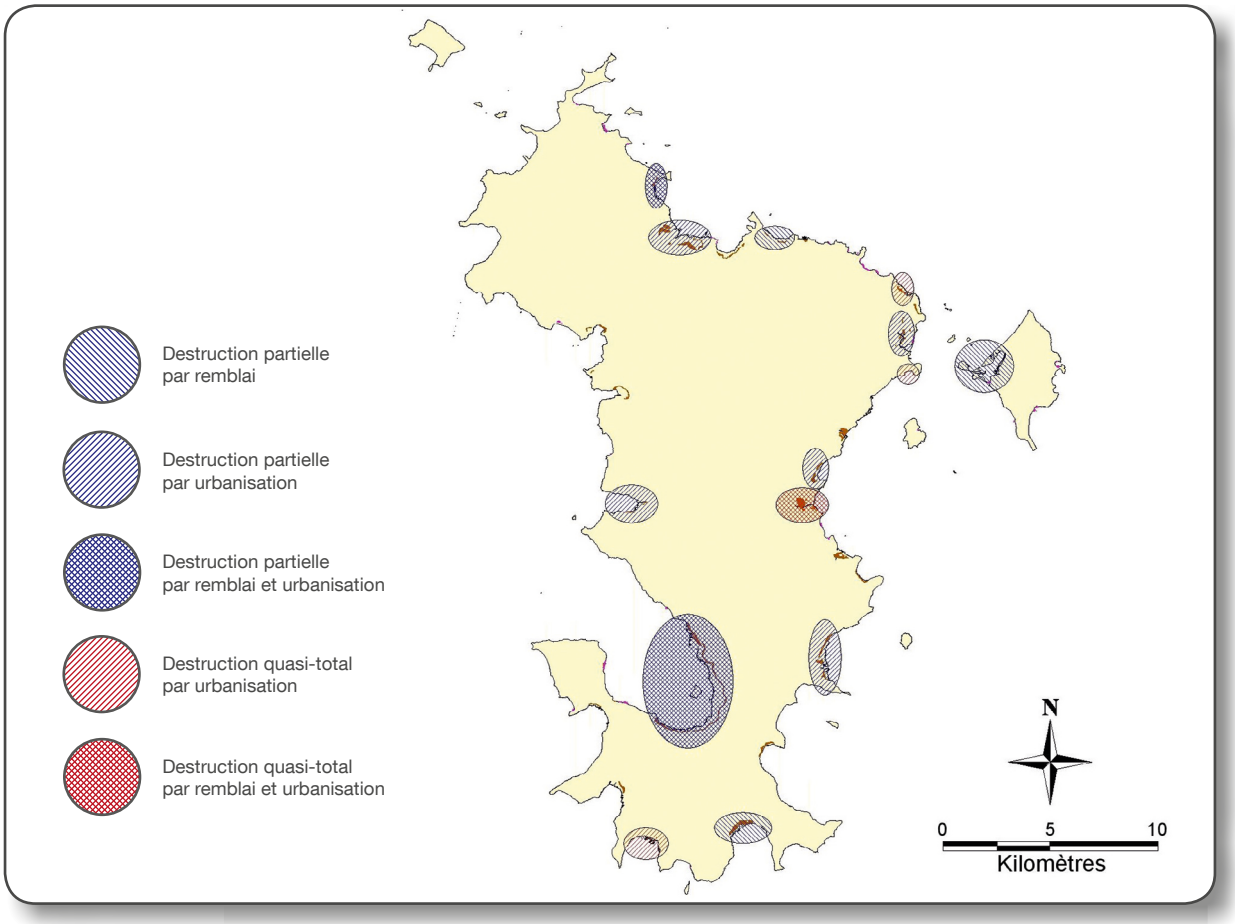


Figure 40 : Localités d'arrière-mangrove affectées par des destructions partielles ou totales, par remblai ou urbanisation (D'après Cremades, 2010 ; Abdallah & Eymard, 2013 ; CBNM, 2013)

C.3 Modification de paramètres abiotiques depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle (1750) selon les données disponibles

Les principales modifications physiques des milieux marécageux d'arrière-mangrove découlent de l'urbanisation, en pleine expansion à Mayotte depuis le milieu du XX^{ème} siècle.

Cependant, il n'existe aucune information historique concernant l'état physique des écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte.

Le sous-critère C3 est par conséquent évalué *Données-Insuffisantes (DD)*.

Critère D : Perturbations des processus et des interactions biotiques, modification de variables biotiques

Le critère D comporte 3 sous-critères pour évaluer les perturbations des interactions biotiques qui ont lieu au sein de l'écosystème : au cours des 50 dernières années (D1), pour les 50 prochaines années (D2a) ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir (D2b), depuis 1750 ou date proche (D3).

La catégorie de menace (VU, EN, CR) découle de l'intensité de la perturbation (sévérité relative ≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %) et de la proportion de l'écosystème qui est concernée (≥30 %, ≥50 % ou ≥80 %). Pour D3, ces seuils sont ≥50 %, ≥70 % et ≥90 %.

Seuls 2 seuils intermédiaires (≥50 %) ou le croisement du seuil le plus faible et du seuil le plus élevé permettent de valider la catégorie Vulnérable (VU).

L'agriculture, l'élevage et le défrichement sont les principales perturbations d'ordre biotique que subissent les arrière-mangroves. Les impacts anthropiques « Agriculture et prélèvement » établis par l'Atlas des mangroves (2013) et relevés pour chaque site sont ainsi des pressions qui ne s'exercent que sur les arrière-mangroves.

D.1 Modification de paramètres biotiques au cours des 50 dernières années

La dégradation et l'artificialisation des arrière-mangroves ont modifiés ces milieux à tel point que certaines de leurs espèces caractéristiques sont maintenant menacées à Mayotte. Ainsi, la fougère dorée (*Acrostichum aureum*) y est évaluée *Vulnérable (VU)* car elle est fortement exposée aux impacts anthropiques, tout comme le Barringtonie asiatique (*Barringtonia asiatica*) et l'Arbre lanterne (*Hernandia nymphaeifolia*).

L'Erythrine (*Erythina fusca*) est également évaluée *Vulnérable (VU)* du fait de la forte réduction de ses effectifs. Trois fougères caractéristiques des arrière-mangroves (*Stenochlaena tenuifolia, Ceratopteris cornuta* et *Platycerium alcicorne*) sont, elles, évaluées *Quasi-menacée (NT)* (UICN France *et al.*, 2014b).

Des espèces d'oiseaux caractéristiques de forêts d'arrière-mangrove sont également menacées, notamment le Drongo de Mayotte (*Dicrurus waldenii*) évalué *Vulnérable (VU)* du fait de la régression de son habitat.

Mais surtout, la plupart des formations d'arrière-mangrove semblent avoir été en partie dégradées voire totalement converties en zone de culture. Ainsi, près des deux tiers des localités d'arrière-mangroves sont concernés par de mises en culture et 9 ont subi une transformation quasi-totale (Abdallah & Eymard, 2013).

Ceci représente plus de 50 % de l'étendue de ces écosystèmes à Mayotte (Fig.41). Ces mises en cultures perturbent totalement le fonctionnement de ces écosystèmes, que la transformation soit partielle ou totale : la « sévérité relative » de cette menace est donc supérieure à 80 %.

Les arrière-mangroves de Mayotte sont ainsi évaluées *En Danger (EN)* selon le sous-critère D1.

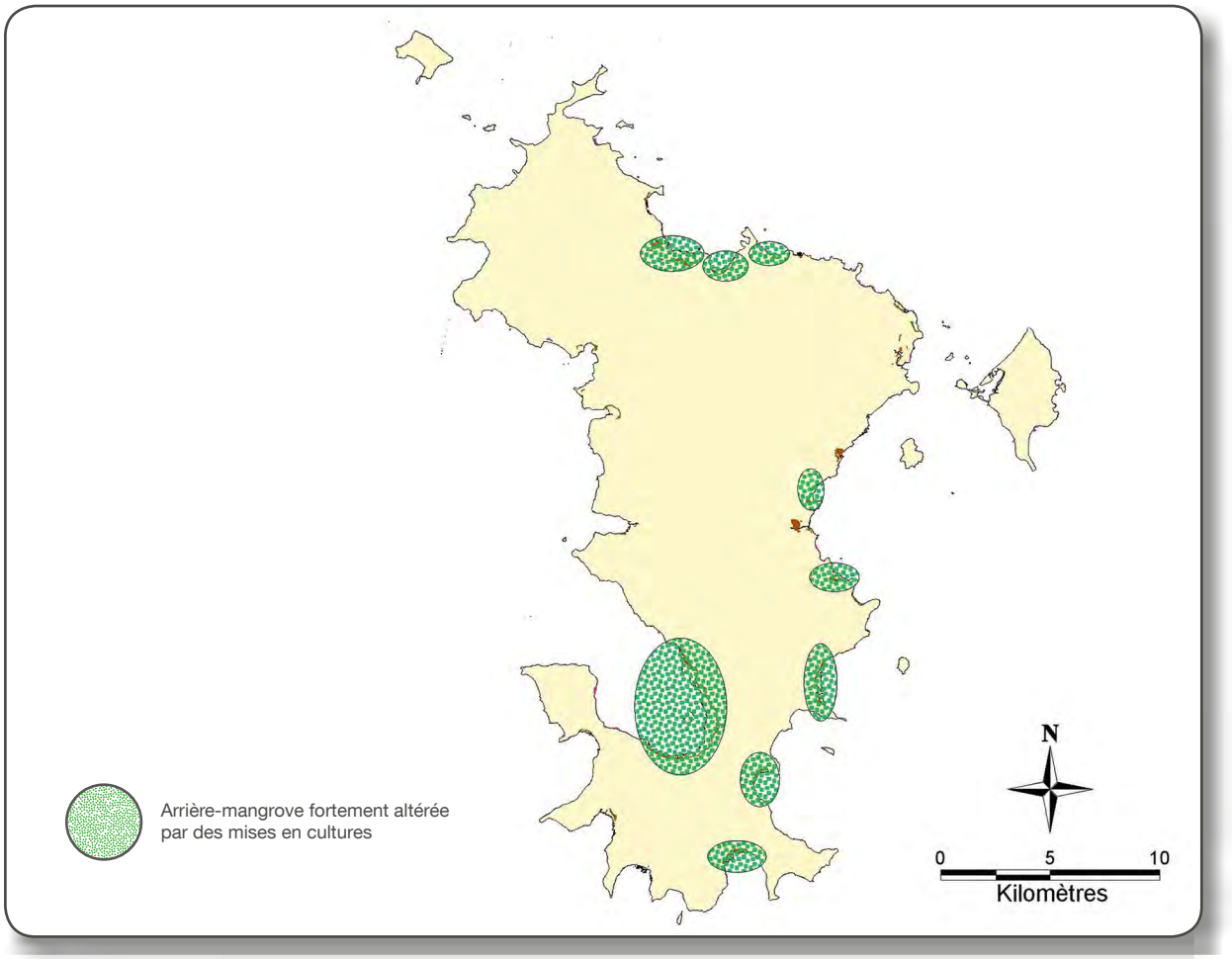


Figure 41 : Mise en culture au sein des écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; Abdallah & Eymard, 2013 ; CBNM, 2013)

D.2 Modification de paramètres biotiques calculée ou estimée au cours des 50 prochaines années ou période de 50 ans incluant le présent et l'avenir

Les arrière-mangroves de Mayotte subissent encore actuellement les pressions de l'agriculture et de la progression des zones de pâturage, notamment des pratiques de parcage d'animaux, qui accentuent la dégradation de ces milieux (Abdallah & Eymard, 2013). Pour autant, cette progression, comme celles des défrichements ou des mises en cultures, ne sont pas prévisibles à court et moyen termes, bien que la désignation de certaines arrière-mangroves comme « zones à fort potentiel de développement agricole » par le Schéma de développement agricole de Mayotte (SDARM) ne laisse pas envisager une diminution de ces pressions (Collectivité départementale de Mayotte, 2011).

Le sous-critère D2 est par conséquent évalué *Données-Insuffisantes (DD).*

D.3 Modification de paramètres biotiques depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle (1750) selon les données disponibles

La plupart des écosystèmes d'arrière-mangroves de Mayotte semblent avoir été dégradés ou convertis en plantation avant les années 1960. Les espèces caractéristiques de ces milieux y sont soit éliminées au profit d'espèces herbacées rudérales ou exotiques, soit présentent mais de manière sporadique au sein des espèces plantées, témoignant d'une occupation ancienne. On peut également les trouver sous forme de patches discontinus entre les zones de plantation.

On peut ainsi estimer que plus de 90 % des milieux d'arrière-mangroves présentent un état de dégradation historique dont la « sévérité relative » peut être estimée comme supérieure à 70 %.

Ces valeurs permettent l'attribution de la catégorie *En Danger (EN)* selon le sous-critère D3.

Critère E : Analyse quantitative (modélisation) estimant la probabilité d'effondrement :

Nous ne disposons pas, à Mayotte, de modèle numérique capable d'estimer la probabilité d'effondrement des écosystèmes de mangrove.

Le critère E est évalué *Données-Insuffisantes (DD)*.

CONCLUSION

Les écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte et en particulier les prés-salés et forêts supralittorales semble ne plus subsister aujourd'hui qu'à l'état de reliques, par comparaison avec les superficies que ces milieux pouvaient couvrir il y a de cela plusieurs décennies. Pour autant, ces écosystèmes sont très peu connus et il n'est pas possible de quantifier de manière précise les surfaces qui ont pu être perdues.

Essentiellement transformés à des fins agricoles, notamment pour la plantation de bananiers et de cocotiers ainsi que pour le parcage du bétail, la plupart des espèces caractéristiques de ces milieux sont encore présentes mais certaines sont menacées d'extinction à Mayotte. La composition des communautés d'espèces végétales s'en trouve également modifiée, altérant profondément le fonctionnement de ces écosystèmes.

Plus de la moitié des formations d'arrière-mangrove encore présentes semble directement affectées par ces transformations et la possibilité de voir certaines localités de forêts supralittorales, de marais ou de prés-salés non affectées par les activités humaines à l'avenir semble bien faibles.

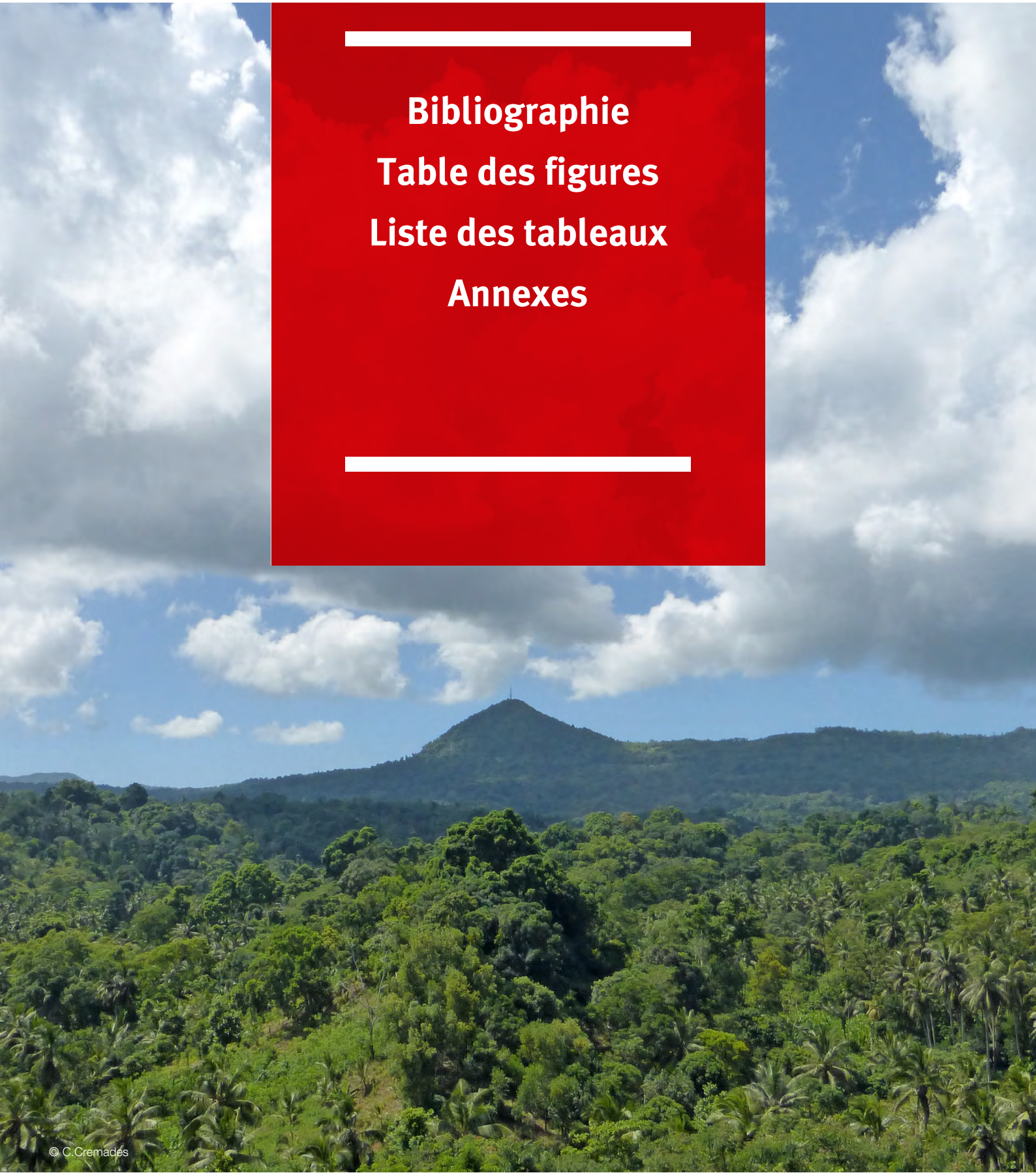
Les écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte sont confrontés à un déclin continu de leur étendue, de leur qualité environnementale et de leurs interactions biotiques. Compte tenu de la faible superficie de leur zone d'occurrence, ils sont évalués *En Danger Critique (CR)* selon le critère B. Ils sont également évalués *En Danger (EN)* selon le critère D du fait des perturbations intenses et généralisées de leur fonctionnement, que ce soit au cours des 50 dernières années ou au cours des derniers siècles. Enfin, la dégradation et la destruction des écosystèmes d'arrière-mangrove au cours des 50 dernières années leur vaut l'attribution de la catégorie *Vulnérable (VU)* selon le critère C (Tab.6).

Arrière-mangroves de Mayotte	Critère A	Critère B	Critère C	Critère D	Critère E
Sous-critère 1	DD	CR	VU	EN	DD
Sous-critère 2	DD	EN	DD	DD	
Sous-critère 3	DD	LC	LC	EN	

Tableau 6 : Évaluation des écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte selon la méthodologie de l'UICN

Les arrière-mangroves de Mayotte sont donc évaluées *En Danger Critique (CR)* selon la méthodologie de la Liste rouge des écosystèmes de l'UICN.

Bibliographie
Table des figures
Liste des tableaux
Annexes



© C.Cremades

Bibliographie

Abdallah K. & Eymard S., 2013 *Atlas des mangroves de Mayotte 2012*, DEAL/SEPR/Unité Biodiversité, 102p.

Blasco F., 1991 *Les Mangroves*, La Recherche 22, pp 444-453.

Bouchard J.-M., 2009 *Biodiversité et estimation des populations carcinologiques sur le site de la mangrove de Kwalé*, Rapport pour le bureau d'Etudes ESPACES, 29p.

Boullet V., 2008 *Prés salés et saumâtres*, Cahiers d'habitats de Mayotte – Marais littoraux sur vases, Conservatoire Botanique National de Mascarin, 11p.

CBNM., 2013 *Cartographie des milieux naturels et semi-naturels de Mayotte*, 1p.

Collectivité départementale de Mayotte, 2011 *Schéma directeur de l'aménagement agricole et rural de Mayotte*, 15p + annexes.

Cremades C., 2010 *Cartographie des habitats naturels des mangroves de Mayotte*, Direction de l'Agriculture et de la Forêt, 51p + annexes.

Cremades C., Moinet M., Riegel C., 2012 *Suivi de la station expérimentale de traitement des eaux usées domestiques par la mangrove de Malamani après traitement primaire*, Rapport d'étape 4 : octobre 2011 – mars 2012, 23p + annexes.

De La Torre Y., Lecacheux S., Pedreros R., Balouin Y., 2008 *Modélisation de la houle cyclonique dans le lagon de Mayotte*, Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, 14-16 octobre 2008, Sophia Antipolis, pp 325-334.

Deliot Gwenola, 2000 *Premier inventaire ichtyologique des zones de fonds de baies de l'île de Mayotte « Secteur à mangrove » (océan Indien - canal du Mozambique – Archipel des Comores)*, Rapport de Stage de l'Université du Littoral Côte d'Opale, DAF / Service des pêches et de l'environnement marin, 41p.

Direction de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt., 2012 *Analyse de la situation de la forêt à Mayotte*, 65p + annexes.

Direction générale pour le développement, 1992 *Mangroves d'Afrique et de Madagascar,* Commission des Communautés européennes, 296p.

Espaces, 2004 *Résultats du suivi de l'érosion côtière dans trois mangroves de Mayotte*, 23p + annexes.

Espaces, 2011 *Reconstruction du pont de la RN2 sur la Kwale – Etude écologique de la mangrove de Tsoundzou 1 à l'embouchure de la rivère Kwalé*, 152p.

Fabricius K., 2005 *Effects of terrestrial runoff on the ecology and coral reefs: review and synthesis*, Marine Pollution Bulletin, 50, pp 125-146.

Fadul R., 2011 *Typologie descriptive des habitats naturels de Mayotte*, outil de connaissance et de conservation du patrimoine naturel végétal, Rapport final, Conservatoire Botanique National de Mascarin, Antenne de Mayotte à Coconi, 94p.

Feret J.-B., Sarrailh J.-M., 2005 *Utilisation d'un appareil de mesure simple, et précis, pour l'étude de l'érosion à Mayotte*, Bois et forêts des tropiques, 286, 4, pp 29-40.

Fernandez S.O., Bharathi P.A., 2011 *Nitrate levels modulate denitrification activity in tropical mangrove sediments (Goa, India)*, Environ Monit Assess 173, pp 117-125.

Gigou A., Dinhut V., Arnaud J.-P., 2009 *Richesses de Mayotte – Parc naturel marin de Mayotte – Un patrimoine naturel d'exception – Mission d'étude pour la création d'un parc naturel marin à Mayotte,* Agence des aires marines protégées, 60p.

Golbuu Y., Fabricius K., Victor S., Richmond R.H., 2008 *Gradients in coral reef communities exposed to muddy river discharge in Pohnpei, Micronesia*, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 76, pp 14-20.

Herteman M., 2010 *Evaluation des capacités bioremédiatrices d'une mangrove impactée par des eaux usées domestiques. Application au site de Malamani, Mayotte,* Thèse de l'Université de Toulouse 3 Paul Sabatier, 290p + annexes.

Jamon A., Wickel J., Nicet J. B., Durville P., Bissery C., Fontcuberta A., Quod J. P., Parc Marin de Mayotte., 2010 *Evaluation de l'impact environnemental de la pêche au Djarifa sur les ressources halieutiques*, Rapport Pareto/Apnee/Lagonia/Parc Marin de Mayotte pour le compte de l'Agence des Aires Marines Protégées, 59p + annexes.

Jeanson M., 2009 *Morphodynamique du littoral de Mayotte - des processus au réseau de surveillance*, Thèse de Doctorat de Géographie Physique, Université du Littoral Côte d'Opale, 337p + annexes.

Jeanson M., Anthony E.J., Dolique F., Aubry A., 2013 *Wave characteristics and morphological variations of pocket beaches in a coral reef-lagoon setting, Mayotte Island, Indian Ocean*, Geomorphology, 182, pp 190-209.

Jenson M., Anthony E. J., Dolique F., Cremades C., 2014 *Mangrove Evolution in Mayotte Island, Indian Ocean: A 60-year Synopsis Based on Aerial Photographs*, Wetlands, 12p.

Lapegue J.-B., 1999 *Aspects quantitatifs et qualitatifs de la pluviométrie dans deux enjeux majeurs de la problématique de l'eau à Mayotte : la ressource hydrique, l'assainissement pluvial et l'érosion*, Thèse de doctorat de l'Université de La Réunion, 376p.

Manson R.A, Loneragan N.R., Skilleter G.A., Phinn S.R., 2005 *An evaluation of the evidence for linkages between mangroves and fisheries: a synthesis of the literature and identification of research directions*, Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 43, pp 483-513.

Mazda Y., Magi M., Ikeda Y., Kurokawa T., Asano T., 2006 *Wave reduction in a mangrove forest dominated by Sonneratia sp.*, Wetlands Ecology and Management Vol 14, pp 365-378.

MNHN, UICN France & GEPOMAY, 2015 *La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Oiseaux de Mayotte*, Paris, France, Rapport d'évaluation, 80p + annexes.

MNHN & UICN France 2015 *La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Reptiles et Amphibiens de Mayotte*. Paris, France. Rapport d'évaluation, 23p + annexes.

Nagelkerken I., Blaber S. J. M., Bouillon S., Green P., Haywood M., Kirton L. G., Meynecke J.-O., Pawlik J., Penrose H. M., Sasekumar A., Somefield P. J., 2008 *The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review*, Aquatic botany 89, pp 155-185.

PARETO, ASCONIT, 2013 *Evaluation de l'état et du Risque de Non Attente des Objectifs Environnementaux (RNAOE) à l'horizon 2021 pour les masses d'eau du bassin de Mayotte au titre de la Directive Cadre sur l'Eau*, rapport final, Décembre 2013, 217p + annexe.

Pusineri C., Ousseni M.-B., Cremades C., Lizot P., GEPOMAY, 2014 *Dossier de demande de prise en considération pour la mise en place d'un Plan d'Action en faveur du Héron Crabier Blanc (Ardeola idae)*, 5p + Annexes

Rocamora G., 2004 *Les oiseaux des espaces naturels remarquables de Mayotte*, Rapport SEF/DAF, Collectivité de Mayotte, 247p.

Safège, 2013 *Evaluation des pressions et des impacts pour les masses d'eau et inventaire des émissions et des flux de polluants du bassin d Mayotte de la Directive Cadre sur l'Eau – Mise à jour de l'état des lieux*, Comité de Bassin et DEAL de Mayotte, 287p + annexes.

UICN France, MNHN & GEPOMAY 2014a *La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre oiseaux de Mayotte*, Paris, France, Dossier électronique.

UICN France, CBNM, FCBN & MNHN, 2014b *La liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Flore vasculaire de Mayotte*, Paris, France, Dossier électronique.

Victor S., Neth L., Golbuu Y., Wolanski E., Richmond R.H., 2006 *Sedimentation in mangroves and coral reefs in a wet tropical island, Pohnpei, Micronesia*, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 66, pp 409-416.

Table des figures

Figure 1 : Répartition des mangroves dans le monde (© 2007 National Geographic Magazine) **6**

Figure 2 : Racines de *Sonneratia alba* au devant de la mangrove centrale à Rhizophora (© C. Cremades) **8**

Figure 3 : Zonation idéale de la végétation d'une mangrove mahoraise (Source : d'après Burgeap, 1998 modifié, in Jeanson, 2009)..... **8**

Figure 4 : Forêt supralittorale d'arrière-mangrove (© C. Cremades) **9**

Figure 5 : Héron Crabier blanc (© P. Lizot) **10**

Figure 7 : Le périophtalme, poisson amphibie des mangroves (© N. Verneau) **10**

Figure 6 : Sphaeramia orbicularis en front de mangrove (© N. Verneau) **10**

Figure 8 : Palétuviers et oiseaux des mangroves de Mayotte (© DAAF Mayotte)..... **11**

Figure 9 : Carte géomorphologique des récifs de Mayotte (Source : d'après Durand & Thomassin, 1992 et Porcher *et al.*, 2002 modifié, in Jeanson, 2009) **12**

Figure 10 : Principales Interactions entre la mangrove et le récif corallien (Source : Jeanson, 2009) **13**

Figure 11 : Cycle simplifié de l'azote : fixation du diazote, ammonification, nitrification aérobie, dénitrification anaérobie, et processus d'anammox (© Nature Education, 2010) **14**

Figure 12 : Intervention du crabe dans les processus biochimiques des sédiments de mangrove (D'après Herteman, 2010) **14**

Figure 13 : Interactions biotiques et abiotiques et flux de matières dans l'écosystème mangrove, entre les compartiments Eau, Sédiment, Végétation et Crabes (Source : Herteman, 2010)..... **15**

Figure 14 : Mangrove en érosion (© C. Cremades) **16**

Figure 15 : État hydrodynamique et morphosédimentaire des masses d'eau de Mayotte (Source : PNMM) **17**

Figure 16 : Le Palétuvier fleur et ses pneumatophores (© C. Cremades) **21**

Figure 17 : Héron Crabier blanc avec son pelage nuptial (© F. Jeanne) **21**

Figure 18 : Crabe des mangroves (Scylla serrata) (© N. Verneau) **22**

Figure 19 : Mangrove de Moya sur beach-rock (© N. Verneau) **23**

Figure 20 : Répartition des fronts pionniers à Sonneratia alba de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; CBNM, 2013) **24**

Figure 21 : Évolution surfacique des mangroves au niveau du front lagonaire, en hectare, sur la période 1950-2003 (*1969-2003) (Source : Jeanson, 2009) **28**

Figure 22 : Zone d'occurrence (EOO) et Zone d'occupation (AOO) des fronts pionniers à Sonneratia alba à Mayotte..... **29**

Figure 23 : Les localités de mangroves en érosion **30**

Figure 24 : Évaluation de la pression exercée par l'érosion côtière sur les masses d'eau littorales (Source : Safège, 2013) **30**

Figure 25 : Le Palétuvier rouge et ses racines-échasses (© N. Verneau)..... **36**

Figure 26 : *Ceriops tagal* (© C. Cremades)..... **37**

Figure 27 : Mangrove estuarienne (© C. Cremades) **37**

Figure 28 : Colonie de *Cerithidea decollata* (© C. Cremades)..... **38**

Figure 29 : Répartition des mangroves centrales et internes de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; CBNM, 2013) **39**

Figure 30 : Mangrove isolée par une route littorale (© C. Cremades) **40**

Figure 31 : Synthèse de l'évolution des marges terrestres des mangroves mahoraises (ha) sur la période 1950-2003 (* 1969-2003) (Source : Jeanson, 2009) **43**

Figure 32 : Zone d'occurrence (EOO) et Zone d'occupation (AOO) des mangroves centrales et internes à Mayotte **44**

Figure 33 : Évaluation de la pression exercée par l'assainissement non collectif sur les cours d'eau et masses d'eau littorales (Source : Safège, 2013) **45**

Figure 34 : Localités de mangroves pouvant être impactées, à l'avenir, par une intensification des rejets d'eaux usées du fait de nouveaux projets d'urbanisation ou de construction de station d'épuration **45**

Figure 36 : Pré-salé de bas niveau (© C. Cremades) **50**

Figure 35 : Mangrove et tanne d'Iloni (© C. Cremades) **50**

Figure 37 : Héritière littorale et ses racines-contreforts (© C. Cremades) **51**

Figure 38 : Répartition des zones d'arrière-mangroves (mangroves et forêts supralittorales, tannes et prés-salés) de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; CBNM, 2013) **53**

Figure 39 : Zone d'occurrence (EOO) et Zone d'occupation (AOO) des milieux d'arrière-mangrove de Mayotte **56**

Figure 40 : Localités d'arrière-mangrove affectées par des destructions partielles ou totales, par remblai ou urbanisation (D'après Cremades, 2010 ; Abdallah & Eymard, 2013 ; CBNM, 2013) **57**

Figure 41 : Mise en culture au sein des écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte (D'après Cremades, 2010 ; Abdallah & Eymard, 2013 ; CBNM, 2013) **59**

Liste des tableaux

Tableau 1 : Évolution surfacique (en ha) des fronts de mangroves de Mayotte entre 1969 et 2003, puis entre 2003 et 2009 (en rouge : fronts pionniers à Sonneratia alba) (D'après Jeanson, 2009 ; Cremades, 2010) **27**

Tableau 2 : Estimation du nombre d'années avant disparition des fronts pionniers en érosion, à Mayotte, sur la base des vitesses d'érosion constatées entre 2003 et 2009 (D'après Jeanson, 2009 ; Cremades, 2010) **31**

Tableau 3 : Évaluation des fronts pionniers des mangroves de Mayotte selon la méthodologie de l'UICN **34**

Tableau 4 : Évolution surfacique (en ha) des marges terrestres des mangroves de Mayotte entre 1969 et 2003 (D'après Jeanson, 2009) **42**

Tableau 5 : Évaluation des zones centrales et internes des mangroves de Mayotte selon la méthodologie de l'UICN **48**

Tableau 6 : Évaluation des écosystèmes d'arrière-mangrove de Mayotte selon la méthodologie de l'UICN **60**

Annexes

Annexe 1 : Seuils et critères de la méthodologie UICN (V2.1, 2015)

*Les termes signalés par une * sont définis dans le glossaire en annexe 2.*

A. Réduction de la distribution spatiale pour n'importe laquelle des périodes suivantes :

	CR	EN	VU
A1. Les 50 dernières années	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%
A2a. Les 50 prochaines années	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%
A2b. 50 ans incluant le passé, le présent et le futur	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%
A3. Depuis 1750	≥ 90%	≥ 70%	≥ 50%

B. distribution spatiale restreinte selon n'importe lequel des sous-critères B1, B2 ou B3 :

	CR	EN	VU
B1. La superficie de la zone d'occurrence de l'écosystème est :	≤ 2 000 km^2	≤ 20 000 km^2	≤ 50 000 km^2
B2. OU Le nombre de mailles (10 x 10 km) occupées par l'écosystème (zone d'occupation) est :	≤ 2	≤ 20	≤ 50
ET au moins un des indicateurs suivants (a-c)			
(a) Un déclin continu, observé ou déduit, de n'importe laquelle des variables suivantes : i. la distribution de l'écosystème OU, ii. la qualité de l'environnement abiotique pour le biote indigène caractéristique de l'écosystème OU, iii. les interactions biotiques caractéristiques de l'écosystème.			
(b) Une menace, observée ou déduite, qui provoquerait avec une forte probabilité le déclin continu de la distribution, de la qualité de l'environnement abiotique ou des interactions biotiques d'ici les 20 prochaines années.			
(c) L'écosystème n'est présent que dans :	1 localité	1-5 localités	≤ 10 localités
B3. Le nombre de localités est :			
Très petit (généralement inférieur à 5) **ET** les impacts des activités anthropiques, ou des évènements aléatoires peuvent mener l'écosystème à l'effondrement ou le classer « En danger critique » rapidement, et sur le court terme (B3 ne conduit qu'au statut VU).			VU

C. Dégradation de l'environnement abiotique pour n'importe laquelle des périodes suivantes :

		Sévérité relative (%)		
C1. Au cours des 50 dernières années, le changement d'une variable abiotique a affecté une fraction de l'écosystème selon une certaine sévérité relative, comme indiqué dans le tableau suivant :	Superficie affectée (%)	≥ 80	≥ 50	≥ 30
	≥ 80	CR	EN	VU
	≥ 50	EN	VU	
	≥ 30	VU		
C2. Durant les 50 prochaines années (C2a), OU au cours d'une période de 50 ans incluant, le passé, le présent et le futur (C2b), le changement d'une variable abiotique va affecter une fraction de l'écosystème selon une certaine sévérité relative, comme indiqué dans le tableau suivant :	Superficie affectée (%)	≥ 80	≥ 50	≥ 30
	≥ 80	CR	EN	VU
	≥ 50	EN	VU	
	≥ 30	VU		
C3. Depuis 1750, le changement d'une variable abiotique a affecté une fraction de l'écosystème selon une certaine sévérité relative, comme indiqué dans le tableau suivant :	Superficie affectée (%)	≥ 90	≥ 70	≥ 50
	≥ 90	CR	EN	VU
	≥ 70	EN	VU	
	≥ 50	VU		

D. Perturbation des interactions et/ou processus biotiques pour n'importe laquelle des périodes suivantes :

		Sévérité relative (%)		
D1. Au cours des 50 dernières années, le changement d'une variable biotique a affecté une fraction de l'écosystème selon une certaine sévérité relative, comme indiqué dans le tableau suivant :	Superficie affectée (%)	≥ 80	≥ 50	≥ 30
	≥ 80	CR	EN	VU
	≥ 50	EN	VU	
	≥ 30	VU		
D2. Durant les 50 prochaines années (D2a), OU au cours d'une période de 50 ans incluant, le passé, le présent et le futur (D2b), le changement d'une variable biotique va affecter une fraction de l'écosystème selon une certaine sévérité relative, comme indiqué dans le tableau suivant :	Superficie affectée (%)	≥ 80	≥ 50	≥ 30
	≥ 80	CR	EN	VU
	≥ 50	EN	VU	
	≥ 30	VU		
D3. Depuis 1750, le changement d'une variable biotique a affecté une fraction de l'écosystème selon une certaine sévérité relative, comme indiqué dans le tableau suivant :	Superficie affectée (%)	≥ 90	≥ 70	≥ 50
	≥ 90	CR	EN	VU
	≥ 70	EN	VU	
	≥ 50	VU		

E. Analyse quantitative (modélisation) estimant la probabilité d'effondrement de l'écosystème :

	CR	EN	VU
L'effondrement de l'écosystème aura lieu avec une probabilité :	≥ 50% dans les 50 ans à venir	≥ 50% dans les 50 ans à venir	≥ 10%dans les 100 ans à venir

Annexe 2 : Glossaire des termes clés de la méthodologie

> Écosystème

Complexe d'organismes vivants et de leur environnement abiotique associé, dans un espace délimité (d'après Tansley, 1935 *in* Keith *& al.*, 2014).

Il est composé de 4 éléments essentiels (d'après Pickett & Cadanesso, 2002 *in* Keith *& al.*, 2014) :

- Un complexe d'organismes vivants ;
- Un environnement abiotique ;
- Des interactions au sein du complexe d'organismes vivants, et entre ce complexe et son environnement abiotique ;
- Un espace délimité (la distribution) où se déroulent ces interactions.

> Biote indigène caractéristique

Gènes, populations, espèces, communautés d'espèces et interactions clés entre ces différentes entités, qui permettent de distinguer les écosystèmes les uns des autres.

Le biote indigène caractéristique comprend également les éléments moteurs de la dynamique d'un écosystème, comme les espèces ingénieurs, les composantes structurantes des réseaux trophiques ou encore les éléments ayant une importance fonctionnelle unique, même si ces composantes peuvent être communes dans d'autres écosystèmes. Il peut être défini par des traits taxonomiques ou des traits fonctionnels : par exemple, un groupe d'organismes ayant une ou plusieurs réponses similaires face à un ou plusieurs facteurs environnementaux ; les guildes d'espèces partageant la même fonction au sein de l'écosystème ; les espèces répondant aux mêmes spectres de dispersion, etc.

Le biote caractéristique exclu les espèces anecdotiques ou erratiques qui ne contribuent que peu au fonctionnement de l'écosystème et qui peuvent par ailleurs se retrouver plus communes dans d'autres écosystèmes.

> Distribution

Surfaces réellement couvertes par l'écosystème évalué.

Pour le critère A, les changements dans la distribution doivent être estimés avec la meilleure cartographie disponible de l'écosystème (par exemple établie par télédétection pour la végétation terrestre, les reliefs marins, etc.). Pour le critère B, cette distribution devra être évaluée avec les mesures standards – voir les définitions de zone d'occupation (AOO), zone d'occurrence (EOO) et de localité.

> Effondrement

Seuil théorique au-delà duquel un écosystème perd la plupart des composantes de son biote indigène caractéristique, ou que ses composantes clés ne peuvent plus assurer son fonctionnement (éléments structurants des interactions trophiques et/ou fonctionnelles : groupes fonctionnels spécifiques, espèces ingénieurs, etc.).

L'effondrement survient lorsque la composition, la structure et le fonctionnement de l'écosystème, dans toutes ses occurrences, sont modifiées au-delà des variations naturelles, temporelles et spatiales. Les différentes espèces ou communautés d'espèces peuvent toujours être présentes une fois l'écosystème effondré mais leur abondance, leur organisation ou leur fonction aura changé. L'effondrement d'un écosystème est l'équivalent de l'extinction à l'échelle d'une espèce. Il peut ainsi être précédé ou coïncider avec l'extinction d'une ou de plusieurs de ses espèces caractéristiques.

L'évaluation pour la Liste Rouge des Ecosystèmes repose sur trois principes fondamentaux, caractérisant la qualité et la viabilité d'un écosystème, à savoir :

- Sa répartition spatiale et ses dynamiques (réduction de la distribution ou distribution spatiale restreinte) ;
- La modification de l'environnement abiotique (modification des paramètres abiotiques et physico-chimiques) ;
- La perturbation des interactions biotiques (perturbation des relations entre espèces et entre espèces et milieu).

> Menace

Source de perturbation (agent, mécanisme ou processus) identifiable et mesurable, à l'origine :

- D'un déclin continu de la distribution ;
- De la dégradation continue de l'environnement abiotique ;
- De la perturbation continue des processus et interactions biotiques ;

Ou pouvant être à l'origine de l'un de ces 3 processus ayant une forte probabilité de survenir dans un futur proche (d'ici 20 ans).

> Déclin continu

Concerne la distribution de l'écosystème évalué, la qualité de son environnement abiotique ou l'intégrité de ses interactions biotiques caractéristiques. Un déclin continu est caractérisé par :

- La réduction de la capacité de l'écosystème à conserver son biote indigène caractéristique ;
- Une ampleur significative ;
- La forte probabilité que ce déclin se poursuive dans le futur.

Un déclin continu peut se dérouler de manière graduelle ou épisodique. Sont exclues les fluctuations non significatives ou qui n'entrainent pas la perte du biote caractéristique de l'écosystème.

> Dégradation de l'environnement abiotique

Changement des paramètres abiotiques réduisant la capacité de l'écosystème à conserver l'intégralité de son biote indigène caractéristique.

L'évaluation de la dégradation pour le critère C se fait en plusieurs étapes :

1. Sélection d'une ou de plusieurs variables abiotique(s), justifiée(s) par leur relation avérée avec la dynamique de l'écosystème (par exemple en faisant référence à une modélisation de l'écosystème évalué) ;
2. Estimation de la valeur de la variable dans toute la distribution de l'écosystème évalué pour la période concernée (présent pour C1 et C3, les 50 ans à venir pour C2) ;
3. Estimation de l'ampleur des changements de la variable depuis le début de la période d'évaluation (50 dernières années pour C1, actuellement pour C2, depuis 1750 pour C3). Sont généralement exclus de l'estimation les patchs de l'écosystème ayant été détruits ;
4. Calcul du pourcentage absolu des changements de la variable abiotique concernée pour la période donnée (cela peut impliquer des interpolations et/ou extrapolations temporelles des données ainsi que la justification des hypothèses qui y sont associées) ;
5. Conversion de la valeur obtenue au 4. en « sévérité relative », en utilisant comme seuil maximal la valeur de cette même variable correspondant à l'effondrement de l'écosystème ;
6. Estimation de la superficie concernée par la dégradation (en % de la distribution de l'écosystème) ;
7. Comparaison de la sévérité relative estimée et de la superficie concernée avec les seuils d'évaluation pour le critère C (Tableau 3 in Keith *et al.*, 2013).

> Perturbation des interactions biotiques

Changement des interactions parmi les différentes composantes du biote indigène caractéristique, ou entre ces composantes et leur environnement abiotique, réduisant la capacité de l'écosystème à conserver l'intégralité de son biote indigène caractéristique.

Les interactions prises en compte peuvent concerner les interactions entre les espèces et/ou communautés d'espèces de l'écosystème évalué, entre ces espèces et/ou communautés d'espèces avec celles d'un autre écosystème ou entre ces espèces et communautés d'espèces et leur environnement abiotique. L'évaluation des perturbations des interactions biotiques selon le critère D nécessite plusieurs étapes :

1. Sélection d'une ou plusieurs variables biotique(s), justifiée(s) par leur relation avérée avec la dynamique de l'écosystème (par exemple en faisant référence à un modèle spécifique de l'écosystème évalué) ;
2. Estimation de la valeur de la variable dans toute la distribution de l'écosystème évalué pour la période concernée (présent pour D1 et D3, les 50 ans à venir pour D2) ;
3. Estimation de l'ampleur des changements subis par la variable depuis le début de la période d'évaluation (50 dernières années pour D1, actuellement pour D2, depuis 1750 pour D3). Sont généralement exclus de l'estimation les patchs de l'écosystème ayant été détruits ;
4. Calcul du pourcentage absolu des changements de la variable biotique concernée pour la période donnée (cela peut impliquer des interpolations et/ou extrapolations temporelles ainsi que la justification des hypothèses qui y sont associées) ;
5. Conversion du pourcentage obtenu au 4. en « sévérité relative », en utilisant comme seuil maximal la valeur de cette même variable capable d'entrainer l'effondrement de l'écosystème évalué ;
6. Estimation de la superficie concernée par les perturbations (en % de la distribution de l'écosystème) ;
7. Comparaison de la sévérité relative estimée et de la superficie concernée avec les seuils d'évaluation pour le critère D (Tableau 3 in Keith *et al.*, 2013).

> Sévérité relative

Intensité du la modification de l'environnement abiotique ou des interactions et processus biotiques d'un écosystème (critères C et D), liée à une menace donnée et mesurée en fonction du seuil d'effondrement pour la variable abiotique ou biotique en jeu.

La sévérité relative est mesurée en pourcentage, le maximum pour une variable donnée étant égal à la valeur de cette variable correspondant à l'effondrement de l'écosystème. La sévérité relative d'un phénomène est à mettre en relation avec la proportion de l'écosystème évalué que celui-ci affecte, également mesurée en pourcentage.

> Observé(e)

Caractérise les données basées directement sur des observations bien documentées, pour l'ensemble de la distribution de l'écosystème évalué.

> Estimé(e)

Caractérise les données basées sur des calculs et pouvant inclure des hypothèses statistiques d'échantillonnage ou des hypothèses biologiques, sur des relations entre des variables observées (par exemple l'indice d'abondance d'une espèce clé) et la variable d'intérêt (par exemple les interactions biotiques).

Ces hypothèses doivent être établies et justifiées lors de l'évaluation par des références bibliographiques. Une estimation peut également impliquer une interpolation dans le temps permettant d'estimer la valeur de variable d'intérêt à une date postérieure (par exemple la réduction de la distribution à 50 ans basée sur des observations ou des estimations de la distribution d'il y a 60 ans et 40 ans).

> Projeté(e)

Similaire à « estimé(e) », mais la variable d'intérêt est extrapolée pour l'avenir (par exemple la réduction de la distribution au cours des 50 prochaines années sur la base des observations ou des estimations de la distribution actuelles et d'il y a 20 ans).

> Déduit(e)

Caractérise les données basées sur une preuve indirecte ou tirée de variables indirectement liées à la variable d'intérêt mais analysées sur les mêmes unités.

Les données déduites reposent sur un plus grand nombre d'hypothèses que les données estimées. Par exemple, si l'on déduit la valeur d'une variable biotique à partir de données statistiques, la démarche de déduction nécessite :

- Des hypothèses statistiques (par exemple un échantillonnage aléatoire de la distribution) ;
- Des hypothèses biologiques (hypothèse d'un lien entre l'échantillon et la population totale) ;
- Mais également des hypothèses quant à l'effort d'échantillonnage, son efficacité, sa distribution spatiale et temporelle en relation avec la population totale.

La déduction repose également sur l'extrapolation de données observées ou estimées au niveau d'une zone connue de l'écosystème (échantillonnée) à d'autres zones de la distribution de l'écosystème (non échantillonnées). Cette déduction est possible uniquement :

- Si l'on dispose de suffisamment de données, ce qui dépend de la proportion de la distribution couverte par l'échantillonnage (et donc connue) ;
- Si les tendances et menaces observées sur les zones échantillonnées sont applicables à l'ensemble de la distribution de l'écosystème.

L'application de la méthode d'extrapolation à des zones non échantillonnées de la distribution dépendra des critères évalués et du type de données disponibles pour les secteurs échantillonnés.

Les variables projetées nécessitent d'apporter des précisions quant à la méthode d'extrapolation (par exemple la justification des hypothèses statistiques ou du modèle d'écosystème utilisé) ainsi qu'à la projection des menaces actuelles ou potentielles à l'avenir (comprenant notamment des indications quant à l'ampleur des perturbations).

> Localité

Zone particulière définie selon des critères géographiques ou écologiques, au sein de laquelle une seule menace peut affecter rapidement l'intégralité de l'écosystème évalué.

La superficie de la localité dépend du type de menace identifié et peut inclure tout ou partie d'un patch isolé de l'écosystème évalué. Si l'écosystème est affecté par plusieurs menaces, la localité sera définie en fonction de la menace la plus plausible et pouvant causer les dommages les plus graves à l'écosystème.

> Zone d'occupation

La zone d'occupation (AOO, Area Of Occupancy) correspond au nombre de mailles de 100 km² (10 x 10 km) réellement occupées par l'écosystème évalué au sein de sa zone d'occurrence (*voir la définition de la zone d'occurrence*), à l'exception des mailles dans lesquelles l'écosystème représente moins de 1 % de la superficie de la maille (soit 1 km²).

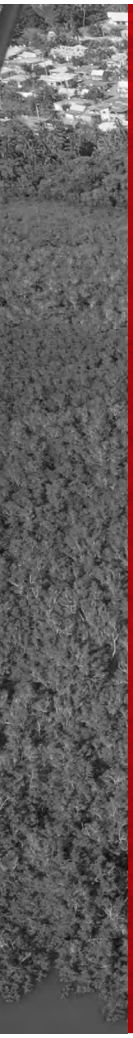
Cette mesure reflète le fait qu'un écosystème donné ne couvre que rarement l'intégralité de sa zone d'occurrence.

> Zone d'occurrence

La zone d'occurrence (EOO, Extent of occurrence) est synonyme de l'aire de répartition.

Elle correspond à la superficie (en km²) du plus petit polygone convexe (dont aucun angle ne dépasse 180°) pouvant englober tous les sites connus ou suspectés de l'écosystème, au moment de son évaluation. Cette mesure peut cependant exclure certains sites formant une discontinuité ou disjonction dans la répartition globale.

UICN | Comité Français



Le Comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) est le réseau des organismes et des experts de l'UICN en France. Regroupant au sein d'un partenariat original 2 ministères, 13 organismes publics et 41 organisations non-gouvernementales, il joue un rôle de plateforme d'expertise et de concertation pour répondre aux enjeux de la biodiversité.

Le Comité français de l'UICN rassemble également un réseau de plus de 250 experts répartis en cinq commissions thématiques, dont la Commission de sauvegarde des espèces qui réunit 140 spécialistes. Au niveau mondial, l'UICN a développé la méthodologie de référence pour guider les pays dans l'élaboration de leur Liste rouge nationale des espèces menacées.

Comité français de l'UICN

Musée de l'Homme
17, Place du Trocadéro
75016 Paris - FRANCE
contact : uicn@uicn.fr
www.uicn.fr