



HAL
open science

Dynamique de la mangrove de la région du Sud-ouest de Madagascar face aux actions anthropiques et au changement climatique. L'exemple des formations à palétuviers

Ricardo Andriatsiaronandroy Onjanamboara, Aude Nuscia Taïbi, Aurélie Davranche, Aziz Ballouche, Félicitée Rejo-Fienena

► To cite this version:

Ricardo Andriatsiaronandroy Onjanamboara, Aude Nuscia Taïbi, Aurélie Davranche, Aziz Ballouche, Félicitée Rejo-Fienena. Dynamique de la mangrove de la région du Sud-ouest de Madagascar face aux actions anthropiques et au changement climatique. L'exemple des formations à palétuviers. Territoires d'Afrique, 2017, 9, pp.41-52. hal-02872866

HAL Id: hal-02872866

<https://hal.science/hal-02872866>

Submitted on 14 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

REY Tony Editorial	3
REY Tony et FANGET Céline L'inadéquation entre les temporalités côtières et le temps des décisions et des actions au Sénégal : l'exemple de la brèche de Barbarie	5
MENIE OVONO Zéphirin Effets des changements climatiques en Afrique Centrale : le cas de l'érosion côtière sur le littoral du Gabon.	17
CHOUARI Walid Évaluation des terres à risque de submersion marine liée aux changements climatiques : le cas de la sebka de l'Ariana (Tunisie Nord-orientale).	29
ANDRIATSIARONANDROY O.R.Ratsimba, TAÏBI A.Nuscia, DAVRANCHE Aurélie, BALLOUCHE Aziz, REJO-FIENENA Félicitée Dynamique de la mangrove de la région du Sud-ouest de Madagascar face aux actions anthropiques et au changement climatique. L'exemple des formations à palétuviers	41
MBEVO Philippe , TCHINDJANG Mesmin , FONGNZOSSIE Evariste Analyse par télédétection de la vulnérabilité de la réserve de Mangrove de Mabe face aux changements climatiques, entre 1986 et 2014.	53
DESSE Michel, EL BOUZIDI Aissa Perception et adaptation au changement climatique dans le Gharb atlantique dans un contexte de mutations socioéconomiques dynamiques.	65
BOUATTOU Asma, Pr. BEREZOWSKA-AZZAG Ewa Stratégies de rafraîchissement urbain à Alger : aider la ville à contrer son réchauffement ..	75

A PARAITRE

Ressources naturelles - Jeu des acteurs : les spécificités africaines en revue.

T

ERRITOIRES D'AFRIQUE

A

N° 9
Mars 2017



Université Cheikh Anta Diop de Dakar
Département de géographie - ATDDL



Les impacts du changement climatique sur les littoraux d'Afrique



Numéro coordonné par :
Tony Rey, UMR GREDD,
Université Paul Valéry Montpellier 3
Stéphanie Defossez, UMR GREDD,
Université Paul Valéry Montpellier 3
Omar Diop, Professeur
Université Gaston Berger
de Saint-Louis

Sous la direction de :
Amadou DIOP, Professeur titulaire, Département de Géographie (FLSH - UCAD) - Coordonateur GERAD
John O. IGUE, géographe, Directeur du Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise Sociale (LARES)

DYNAMIQUE DE LA MANGROVE DE LA RÉGION DU SUD-OUEST DE MADAGASCAR FACE AUX ACTIONS ANTHROPIQUES ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE. L'EXEMPLE DES FORMATIONS À PALÉTUVIERS.

ANDRIATSIARONANDROY O.R.Ratsimba^{5,6}
TAÏBI A.Nuscia⁵,
DAVRANCHE Aurélie⁵,
BALLOUCHE Aziz⁵,
REJO-FIENENA Félicitée⁶.

Résumé :

Cette étude a pour objectifs l'identification et la cartographie des aires de répartition des mangroves de la région de Toliara dans le sud-ouest de Madagascar, le diagnostic de l'état actuel de la mangrove ainsi que sa dynamique d'évolution durant les sept dernières décennies, afin de déterminer les différents facteurs d'évolution. Pour atteindre ces objectifs, et ainsi combler l'insuffisance des connaissances de ces milieux dans cette région, deux approches ont été adoptées : la télédétection satellitaire d'une part et les recherches sur terrain d'autre part. La télédétection se base sur l'analyse diachronique d'images Spot de 1987, 2012 et 2014, et de photographies aériennes (1949). Les résultats montrent une évolution contrastée entre progression, stabilité et régression. Les régressions sont liées à des dynamiques géomorphologiques et hydrologiques et aussi à l'action de l'homme par coupes, feux, divagation de bétail, etc.

Mots clés : Mangroves, dynamique d'évolution, actions anthropiques Toliara, Madagascar.

Abstract:

This study aims the identification and mapping of mangrove range in Toliara's region in the southwest of Madagascar, the diagnosis of the current state of the mangrove and its evolution during the seven recent decades, to determine the factors of evolution. To achieve these objectives, and thus fill the lack of

knowledge of these environments in the region, two approaches were adopted: satellite remote sensing and field work. Remote sensing is based on the diachronic analysis of SPOT imagery of 1987, 2012 and 2014, and aerial photographs (1949). The results show contrasting trend evolutions, between growth, stability and regression. The regressions are linked to geomorphological and hydrological dynamics and also to the action of man by cuts, fires, cattle wandering, etc.

Keywords: Mangroves, Evolution, human activities, Toliara, Madagascar.

INTRODUCTION :

Madagascar, île continent située à 400 km à l'est de la côte africaine, entre l'Océan Indien et le Canal de Mozambique, figure parmi les 10 hot spots de la diversité biologique mondiale, avec des écosystèmes parmi les plus riches du monde. Les écosystèmes littoraux de la Grande île, sur 5 000 km de côtes, sont représentés par des récifs coralliens et des marais maritimes qui présentent tous des intérêts écologiques majeurs, en péril.

Le changement climatique et la perte de biodiversité sont deux des principaux défis auxquels font face les populations et les écosystèmes du littoral malgache. A Madagascar, ils affectent en particulier les marais maritimes composés de tannes et de mangroves (421 000 ha selon Lebigre en 2011). Ces dernières sont des écosystèmes hautement spécialisés et fra-

⁵ Littoral Environnement Télédétection Géomatique (LETG), Université d'Angers, CNRS, Université Bretagne Loire, Université d'Angers, UFR Sciences, 2 Bd Lavoisier, 49045 Angers Cedex 01, France, aorricardo@univ-angers.fr
⁶ Ecole doctorale de la biodiversité et environnement tropicaux, Université de Toliara, 601 Toliara, Madagascar

giles, qui dépérissent brutalement dès que l'un des paramètres de leur environnement se modifie (Blasco, 1991). Ce sont ainsi de très bons indicateurs des variations environnementales et de l'état de santé des milieux en général.

La mangrove est la végétation qui se développe dans la zone de balancement de marée des régions littorales intertropicales, en colonisant des zones alimentées en eau douce et à l'abri des courants marins, comme les estuaires, les systèmes lagunaires, c'est-à-dire des zones calmes et peu profondes. Dans les régions tropicales, elle occupe près de 75% du linéaire des côtes et deltas et selon les estimations, elle recouvre actuellement environ 14,7 millions d'ha des rivages tropicaux du monde (Wilkie et Fortuna, 2003 ; Bosire et al., 2008). Les mangroves sont des écosystèmes parmi les plus productifs en biomasse, aux nombreuses fonctions et valeurs majeures, notamment des fonctions écologiques, socio-économiques et des fonctions d'atténuation du changement climatique (Lee et al. 2014). Elles ont des fonctions physiques puisqu'elles forment une zone de transition en protégeant les côtes de l'agression due à la houle, aux tempêtes, à la force des vagues et aux cyclones d'ailleurs sa fonction de protection biologique est très importante avec l'élévation attendue du niveau de la mer de ce siècle (GIEC, 2007 ; Alongi, 2008 ; Gedan et al., 2009 ; Carney et al., 2014).

Elles agissent sur les sédiments par l'intermédiaire de leurs racines en piégeant les particules, en retenant les alluvions pour créer leur substrat qui va favoriser à son tour une accrétion littorale, en filtrant et en limitant la turbidité des eaux, en retenant les polluants notamment les métaux lourds et autres toxiques contenus dans l'eau (ainsi épurées elles sont favorables au développement des coraux). Il a été attesté que les dégâts du tsunami de décembre 2004 en Asie du Sud auraient été plus importants dans certaines régions si la force des vagues n'avait pas été absorbée par des zones de mangroves (www.sololiya.fr). On peut aussi se poser la question sur les dégâts liés aux cyclones dans la région de Toliara ces dernières années (cyclones Bingiza en 2011, Haruna en 2013, Fundi en 2015) si les mangroves n'étaient pas présentes.

La mangrove a aussi des fonctions chimiques puisqu'elle consomme de l'azote (N) et du phosphore (P) ainsi que de l'oxygène (O). Au niveau des

racines, elle a la particularité de fixer certains polluants et favorise le développement des phytoplanctons dont l'activité chlorophyllienne permet une fixation importante de carbone inorganique. Dans le fond vaseux de la mangrove, des bactéries et des champignons vont décomposer les feuilles de palétuviers ainsi que les autres végétaux tombés dans l'eau. La décomposition de ces bactéries et champignons fournit à leur tour des éléments nutritifs aux animaux microscopiques tels que les planctons (phytoplancton ou zooplancton), ces algues seront ensuite consommées par les alevins.

Les fonctions écologiques de la mangrove résultent du fait qu'elle forme une mosaïque d'habitats terrestres et aquatiques interdépendants, qui abritent une multitude de crustacés, de mollusques, de poissons, d'oiseaux, de reptiles et de mammifères. Tous tirent profit de l'abondante matière organique piégée dans les sédiments des vasières, ou issue de la transformation par des bactéries et champignons, des débris végétaux des palétuviers. Les poissons disparaîtraient s'ils n'avaient pas la possibilité de se reproduire à l'abri des racines des palétuviers afin d'éviter la prédation. S'il n'y avait plus de mangrove, les oiseaux migrateurs ne pourraient plus s'arrêter sur les zones côtières. Sur les neuf espèces d'oiseaux aquatiques en danger d'extinction à Madagascar, cinq sont inféodées aux mangroves (*Ardea humboldti*, *Anas bernieri*, *Threskiornis bernieri*, *Haliaetus vociferoides* et *Charadrius thoracicus*). Dans le cas des mammifères, deux espèces habitent les mangroves ; la chauve-souris de Madagascar, *Pteropus rufus*, qui dort dans les palétuviers, et *Delphinus sp.* En outre, les mangroves sont un habitat important pour les invertébrés. Les plus importants du point de vue économique sont le crabe *Scylla serrata* et deux espèces de crevettes ; *Penaeus indicus* et *Penaeus monodon* (FAO, 1994).

Les mangroves constituent également une zone de piégeage des gaz à effet de serre car elles fixent des quantités importantes de carbone influant ainsi sur le changement climatique. Il est estimé que les mangroves piègeraient 1000 tonnes de carbone par hectare (Van Bochove et al., 2014).

Du point de vue économique, les mangroves sont une source de richesse pour la pêche côtière, qu'elle soit artisanale, commerciale, récréative, de poissons, crabes, mollusque, huîtres ou d'autres espèces marines, puisque les eaux en leur sein et aux

alentours sont généralement riches en nutriments. Elles maintiennent ainsi une fabuleuse vie marine en servant de frayère, de nurserie, d'abri pour des juvéniles de poissons ou crustacés dont les adultes sont trouvés plus au large. Dans le monde, environ 30% de tous les poissons commerciaux sont dépendants de la mangrove (Naylor et al., 2000 ; Nagelkerken et al., 2015). D'autre part, de nos jours, l'apiculture est de plus en plus pratiquée dans les mangroves, par des associations d'habitants ainsi que par des entreprises privées.

Du point de vue social, les mangroves fournissent de nombreuses ressources ; à commencer par des ressources alimentaires (pêche et collecte de coquillages). Leur bois est exploité pour fabriquer du charbon à grande valeur calorifique, pour la construction de maisons, de bateaux... Ce bois est apprécié pour sa résistance à la pourriture et aux dégradations causées par certains invertébrés marins. Certaines espèces comme les *Xylocarpus granatum* ont des troncs qui sont utilisés pour la construction des cercueils. Elles offrent aussi des produits de pharmacopée, particulièrement les feuilles d'*Avicennia marina* séchées ou vertes qui sont infusées et consommées pour abrèger de troubles gastriques ou intestinaux. Les graines de certaines espèces renferment une amande utilisée comme produit antiseptique, elles sont portées directement sur les plaies, ou sont broyées pour l'application en onguent.

En général, les zones à mangroves ne sont pas perçues comme des sites propices à la récréation. Cependant, à Madagascar, cela est en train de changer rapidement, notamment dans la zone d'Ambondrolava où l'association « Honko » tente de faire découvrir la mangrove aux scolaires et aux touristes.

En contrepoint de leur richesse inestimable, les mangroves sont soumises à différents types de pressions anthropiques et naturelles dans le sud-ouest de Madagascar. Les perturbations d'origine humaine sont surtout provoquées par l'utilisation abusive de différentes ressources provenant de l'écosystème de mangrove notamment la coupe de bois des palétuviers, la pêche, l'élevage et divagation du bétail, les feux et défrichements, la crevetticulture ou la saliculture.

Les menaces d'origine naturelle sont liées à l'ensablement et à la dynamique hydrosédimentaire des fleuves. Cependant, le réchauffement climatique peut également intervenir sur les propriétés physico-chimiques des mangroves (Roger, 2007). En effet, l'élévation de la température, peut provoquer la montée capillaire de la nappe phréatique, faisant augmenter le taux de salinité au niveau du sol de la mangrove lorsque l'eau s'évapore et le sel reste en surface. Certains palétuviers peuvent succomber suite à ce phénomène, mais cette menace n'est pas ressentie directement (Roger, 2007). D'autre part, la carence en eau, provoquée par une réduction significative des précipitations, peut engendrer indirectement un assèchement des substrats et impacter les palétuviers. Inversement, l'augmentation de l'intensité des précipitations peut accentuer les processus d'érosion sur les bassins versants et accroître les apports sédimentaires au niveau des mangroves.

Malgré toutes ces fonctions et richesses, les mangroves du sud-ouest de Madagascar restent très mal connues. Pour répondre à cette insuffisance et méconnaissance, deux approches ont été adoptées pour évaluer l'état de santé et quantifier les surfaces des mangroves, combinant la télédétection satellitaire et des recherches sur terrain, en ciblant spécialement les peuplements de palétuviers.

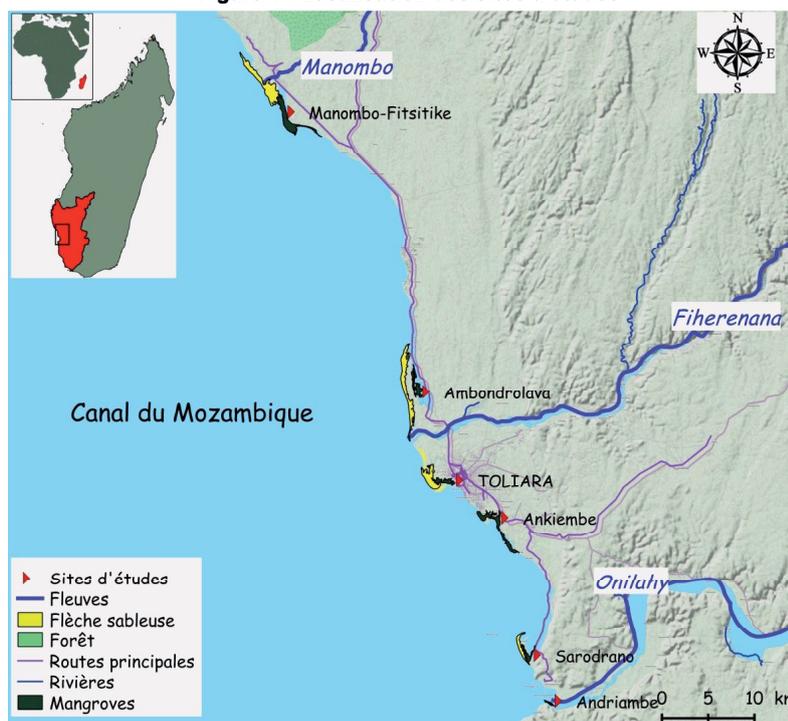
DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

La zone d'étude se situe dans la région de Toliara au sud-ouest de Madagascar, région chaude et semi-aride avec des précipitations moyennes annuelles de 355 mm et une forte variabilité interannuelle.

Bordée par le canal de Mozambique cette zone littorale est drainée par plusieurs fleuves intermittents comme le Manombo au nord de Toliara, le Fiherenana à Toliara, avec un bassin versant de 6750 km² et l'Onilahy au sud de la ville, fleuve pérenne avec un bassin versant de 32 000 km².

Plusieurs sites de mangroves ont été étudiés sur ce littoral (figure 1).

Figure 1 : Localisation des sites d'études



La mangrove de Manombo-Fitsitike se trouve à environ 40 km au nord de la ville de Toliara, de part et d'autre de l'embouchure du petit fleuve intermittent Manombo. Bordée à l'ouest et au sud par le Canal de Mozambique et au nord par des dunes vives, elle est limitée à l'Est par une bande de sable végétalisée, par des forêts xérophi les épineuses et des tannes. On peut considérer que la mangrove de Manombo-Fitsitike est actuellement la plus importante de la région du sud-ouest malgache tant par la surface que par le nombre d'espèces, puisque six espèces sont présentes dans cette mangrove : *Sonneratia alba*, *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Lumnitzera racemosa*, *Bruguiera gymnorrhiza* et quelques pieds de *Xylocarpus granatum* dans la partie nord.

La mangrove d'Ambondrolava se situe au nord de l'embouchure du fleuve de Fiherenana et à environ 10 km au nord de la ville de Toliara. Cette zone est limitée à l'est par des formations à xérophi les épineux et la RN9. Ces mangroves ne sont pas en contact direct avec la mer. Elles en sont déconnectées par un cordon de dunes littorales qui s'étire vers le nord. Elles sont alimentées en eau douce depuis des sources souterraines à l'est et par des intrusions d'eau salée de l'océan qui descendent du nord à par-

tir de l'interruption du cordon dunaire. Le site est entouré par quelques villages : Belalanda, Tanambao, Belitsake, Ambotsibotsike et Ambondrolava, dont les communautés dépendent de cet écosystème. Les 5 espèces qui sont présentes dans cette zone sont *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Lumnitzera racemosa* et *Sonneratia alba* (ainsi que quelques pieds de *Xylocarpus granatum* replantés).

La mangrove d'Andriambe se situe à une trentaine de kilomètre au sud de la ville de Toliara, à proximité du village de Saint Augustin. Très étroite, elle se trouve à l'intérieur même de l'embouchure du fleuve Onilahy, bordée au sud par des falaises calcaires. Le site est caractérisé surtout par l'abondance de *Xylocarpus granatum*. C'est un des rares sites à contenir cette espèce qui y est d'ailleurs dominante, probablement en raison des niveaux élevés d'apport d'eau douce, de son caractère estuarien ainsi que la corrélation positive entre la densité et la salinité (Woods-Ballard et al., 2003). Il y a aussi d'autres espèces telles que *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Rhizophora mucronata*, *Lumnitzera racemosa* et *Sonneratia alba*. Il est à noter qu'Andriambe fait partie du projet « réserve de biosphère » du littoral de la région de Toliara. Il s'agit d'une reconnaissance par l'UNESCO de zones modèles

conciliant la conservation de la biodiversité et le développement durable, dans le cadre du Programme « Homme et Biosphère » (MAB).

METHODOLOGIE

La spatialisation des mangroves et le suivi de leur dynamique d'évolution ont été réalisés à partir d'une double approche de terrain et par télédétection. Les données utilisées sont des images satellites SPOT de 1987, 2012 et 2014 et des photographies aériennes de 1949.

Tableau I : Récapitulatif des images satellites et des photographies aériennes utilisées

Satellites	Capteurs	Date	Correction	Résolution
Spot 1	HRV 1	11/12/1987	2A	20 m
Spot 5	HRG 2B	05/05/2012	2A	5 m
Spot 5	HRG 1	30/06/2014	1A	10 m
Ortho-image		2013		
Photographies aériennes		1949		1 : 60000

Après l'acquisition des différentes images satellites, différents prétraitements numériques leur ont été appliqués avant les traitements à proprement parler.

En effet, les facteurs comme l'angle d'élévation du soleil, la distance terre-soleil, la calibration des capteurs, les conditions atmosphériques et la géométrie de visée, différant selon les dates d'acquisition, affectent la valeur numérique des pixels (Eckhardt et al., 1990 in Lounis et Belhadj, 2005) et nécessitent des corrections radiométriques. Elles ont été réalisées sous ArcGis et 6S (Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum).

Ces données transformées en réflectance « exo-atmosphérique » ont ensuite été rééchantillonnées. Les images de 1987, initialement à 20 m, ont été rééchantillonnées à 5m de résolution spatiale comme les images de 2012. Les images de 2014, traitées à part dans un premier temps, ont été laissées à 10 m de résolution spatiale. Les sous-zones d'étude, extraites à partir de chacune des scènes Spot, ainsi que les photographies aériennes, ont été ensuite corrigées géométriquement à partir des points repères relevés sur une orthoimage de 2013, orthorectifiée par le SEAS-OI de la Réunion à partir d'un Modèle Numérique de terrain. Les données sont géoréférencées en WGS 84 UTM Zone 38 S.

Les traitements des images satellites et des photographies aériennes mis en œuvre sont basés sur des combinaisons et itérations de classifications non supervisées, d'Analyses en Composantes Principales et d'indices thématiques, interprétés visuellement et selon les signatures spectrales des objets.

La série de traitements appliquée aux images des différentes dates, combine en plusieurs étapes une première classification non supervisée à partir des canaux du bleu-vert, du rouge et du proche infra-rouge. A chaque date, l'image résultante a été reclasée ensuite en deux classes thématiques (les mangroves et les dunes et sables plus ou moins vifs) après interprétation visuelle à partir des images Google Earth et de la bibliographie. Cependant, ces classes thématiques restent encore très imparfaites, avec de nombreuses confusions entre objet au sein de chaque classe et entre les classes. Pour affiner la discrimination de chacun des objets, nous avons « retravaillé » séparément les pixels correspondants à chaque classe thématique. Pour cela nous avons dans un premier temps créé des masques binaires (0 – 1) où l'objet masqué est mis à 1 et le reste à 0. Ce masque est ensuite multiplié par les trois canaux des images brutes, l'objet masqué conservant ses valeurs spectrales d'origine et les autres objets restant à 0. Une analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée sur les trois canaux masqués thématiques, puis une classification non supervisée mise en œuvre sur les trois composantes issues de l'ACP pour chaque thème (mangrove et formations sableuses), permettant d'affiner leur discrimination et d'y mettre en évidence des sous classes distinctes. La réinterprétation visuelle une seconde fois des néo-images ainsi obtenue, en les comparant avec les images Quickbird de Google Earth et les cartographies récupérées dans la bibliographie, a permis de confirmer que les discriminations thématiques étaient nettement améliorées. In fine, toutes les néo-images masquées thématiques issues des étapes précédentes ont été additionnées 2 à 2 jusqu'à obtenir un document cartographique correspondant à l'occupation du sol aux différentes dates. Parfois certaines zones ont été également masquées par digitalisation d'un polygone dont les pixels ont été mis à 0. Il s'agit notamment des zones continentales qui présentaient fréquemment des confusions avec les objets thématiques ciblés.

Les photographies aériennes ont été scannées, géo-référencées, rééchantillonnées à 5m comme les images Spot de 1987 et 2012, découpées, concaténées et traitées en nous basant sur des combinaisons et itérations de classifications non supervisées et d'interprétation visuelle selon des critères de tons de structure et de texture.

Les quantifications effectuées aux quatre dates permettent dans un second temps de mesurer les changements existants entre 1949-1987-2012 pour les mangroves et 1949-2014 pour les dunes. Connaissant la taille et le nombre de pixels de chaque classe, la méthode de calcul se fait en multipliant le nombre de pixel de chaque classe par 0,0025 ha soit 25 m² (la surface d'un pixel de 5 m de côté).

Il est important de noter que ces quantifications restent relatives, car seules les données de 2014 ont été validées par une campagne de terrain réalisée à la même période que l'acquisition des images Spot. Les interprétations faites pour 1987 et 2012 s'appuient sur les signatures spectrales des objets de 2014, mais restent à confirmer par une validation statistique non encore réalisée. Cependant, ces documents sont malgré tout suffisants pour mettre en évidence et comprendre les dynamiques d'évolution des mangroves et des écosystèmes associés dans cette région du sud-ouest de Madagascar.

Ces analyses à partir d'images satellites ont été complétées et validées par des observations directes de terrain à partir de transects orientés de la mer ou fleuve vers l'intérieur. Les relevés réalisés le long des transects, sur des blocs de 5 mètres de largeur et 10 mètres de longueur, portaient sur l'identification floristique de tous les individus rencontrés, la mesure du diamètre du tronc à hauteur de poitrine (DHP), le dénombrement des pieds morts et coupés, et des juvéniles, et la caractérisation du milieu (hydrographie, substrat, ...).

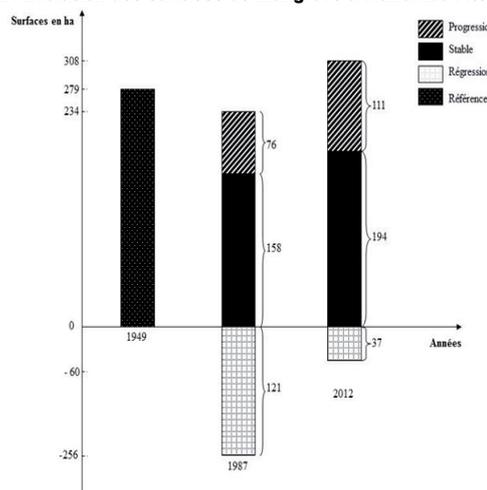
Des enquêtes réalisées dans les villages aux abords des zones à mangroves nous ont permis d'avoir les informations générales concernant le nombre d'habitants et de familles, les activités et les usages de la mangrove et les systèmes de production (techniques et pratiques culturelles...).

UNE EVOLUTION CONTRASTEE DES PEUPELEMENTS DE PALETUVIERS.

Les dynamiques d'évolution globales des mangroves du sud-ouest de Madagascar sont très contrastées selon les sites sur la période de 1949 à 2012/2014, et selon les périodes 1949-1987 et 1987-2012/2014 (tableau II).

D'un point de vue général, la mangrove de Manombo-Fitsitike a connu une extension entre 1949 et 2012 puisqu'elle est passée d'une surface de 279 ha en 1949 à 308 ha en 2012, soit une progression de 10% par rapport à sa surface initiale (figure 2). Cependant, cette évolution n'est pas linéaire. En effet, la dynamique observée entre 1949 et 1987 dans la zone de Manombo-Fitsitike montre une régression de 45 ha (279 ha en 1949 contre 234 ha en 1987) suivie par une importante progression de 74 ha entre 1987 et 2012. Par ailleurs, ces évolutions globales masquent un fonctionnement plus complexe. Ainsi, pour les périodes 1949 et 1987, si 121 ha de mangroves ont disparu durant ces 38 ans, 76 ha de nouveaux palétuviers ont colonisés parallèlement la partie nord de la mangrove. Les zones de recul sont concentrées non seulement sur les marges extérieures des mangroves, comme dans la partie nord-ouest où les dunes vives tendent à envahir les mangroves, mais également au cœur de la forêt de palétuviers dans certaines parties à substrat plus sableux. Les nouvelles mangroves se sont elles développées dans le prolongement sud-ouest des peuplements de 1949, dans des zones en contact avec la mer.

Figure 2 : Evolution des surfaces de mangrove à Manombo-Fitsitike



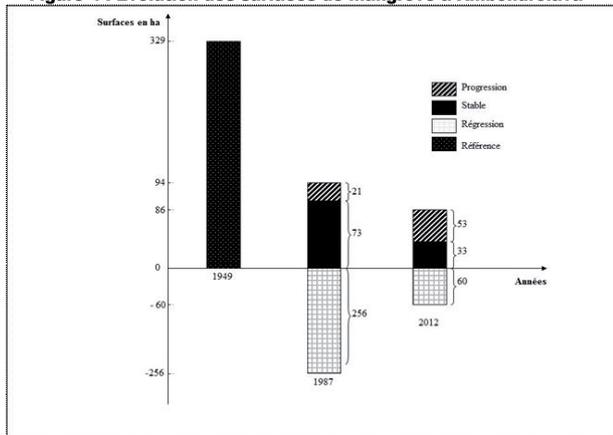
Par la suite, l'accroissement global de 74 ha entre 1987 et 2012 de cette mangrove de Manombo-Fitsitike, correspond en réalité à la combinaison de la disparition de 37 ha de mangrove, qu'il faut coupler avec 111 ha qui ont été colonisés par de nouveaux palétuviers. Durant cette période, les zones d'extension de la mangrove se trouvent dans la continuité de celles déjà colonisées entre 1949 et 1987, sur la frange littorale en contact permanent avec la mer et/ou durant la marée haute. Depuis 1949, ces zones d'extension de la mangrove sont bien denses pour celles développées vers la mer (figure 3), alors qu'elles sont ouvertes pour celles développées en arrière mangrove. Enfin, la mangrove la plus stable se trouve surtout dans la partie centrale.

Figure 3 : Peuplement de *Sonneratia alba dense* (Manombo-Fitsitike)



Dans l'ensemble, la forêt de palétuviers d'Ambondrolava a perdu 73% de sa surface en 63 ans indiquant la fragilité de ce site. Cette tendance de régression peut être divisée en deux phases, très active entre 1949 et 1987 et plus lente entre 1987 et 2012 (figure 4).

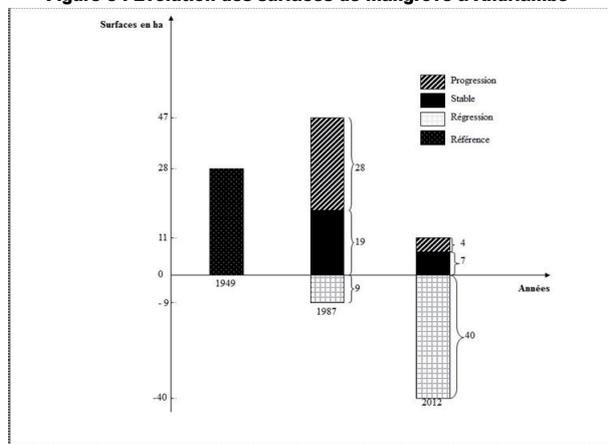
Figure 4 : Évolution des surfaces de mangrove à Ambondrolava



La dynamique observée entre 1949 et 1987 montre une forte régression avec une disparition de 235 ha de mangroves (soit une disparition moyenne de 6.2 ha par an) essentiellement dans les zones périphériques et tout le long de la RN9 résultant de la ponction de la population environnant. Elles ont été remplacées par des salines (dans la partie nord de la mangrove) et des cultures de typha qui sont concentrées dans la partie est (le nom « Ambondrolava » vient d'ailleurs de « vondro » qui veut dire « typha » et « lava » qui veut dire « long »). Cette évolution se fait parallèlement à l'allongement vers le nord d'une flèche sableuse (50m en moyenne par an) à partir de l'embouchure du fleuve Fihérénana. Pendant cette période, 21 ha de nouvelles mangroves se sont développées au nord, au niveau de la bouche du bras de mer ainsi que dans des zones à résurgences d'eau douce, favorisant alors le développement d'espèces dulçaquicoles comme *Lumnitzera racemosa*. La dynamique d'évolution de la surface des mangroves entre 1987 et 2012 indique une régression globale de 8 ha (0,3ha/an en moyenne) beaucoup plus faible par rapport à la période précédente, mais qui masque la disparition de 60 ha, compensés par une colonisation de 53 ha de nouvelles mangroves.

D'une manière générale, les formations à palétuviers d'Andriambe ont connu une forte régression de 17 ha en 63 ans, soit 60% de sa surface totale initiale (figure 5).

Figure 5 : Évolution des surfaces de mangrove à Andriambe



Entre 1949 et 1987, la dynamique de cette mangrove montre une augmentation globale de 19 ha, mais qui combine une colonisation de 28 ha par de nouvelles mangroves dans sa partie nord vers l'Oni-

lahy tandis que dans cette même partie vers le Canal de Mozambique, on observe une disparition de 9 ha. Elle a été favorisée par la quasi-absence des pressions anthropiques : faible taux démographique dans les villages aux alentours combiné à l'abondance d'autres ressources forestières. Le centre de la zone, plus intact, est plus stable.

Par contre, entre 1987 et 2012, la mangrove d'Andriambe a connu une importante régression globale d'environ 36 ha, qui résulte, là encore, de la disparition de 40 ha et de la colonisation de 4 ha. Cette régression est essentiellement liée au fait que les mangroves qui ont colonisées la partie nord est de la zone sont soumises à un problème d'érosion des berges par le fleuve Onilahy surtout pendant les périodes cycloniques. Ce phénomène est accentué par le changement climatique qui engendre une accélération consécutive de l'érosion des berges tout en ralentissant leur reconstruction naturelle entre les tempêtes. Par conséquent, les mangroves tendent à se développer vers le plateau calcaire.

Tableau I: Evolution des surfaces des mangroves entre 1949-1987-2012

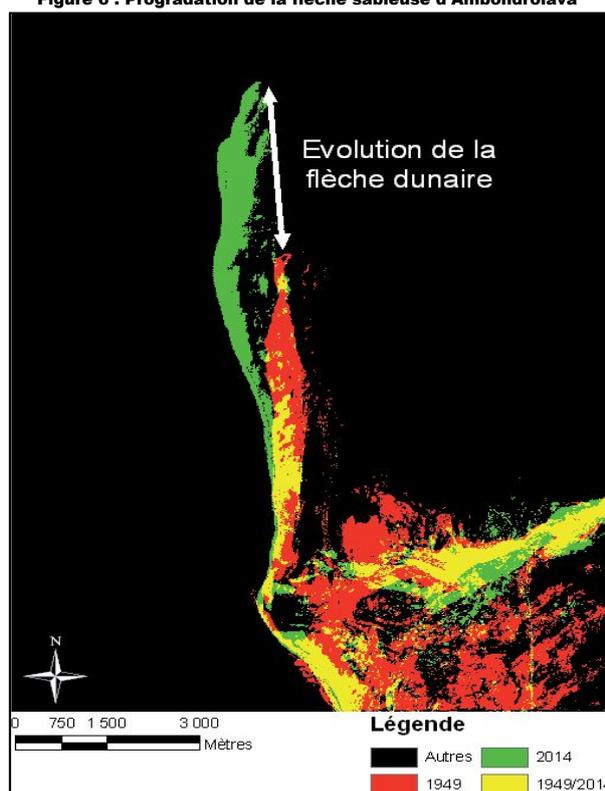
Sites	1949	1987	2012
Manombo-Fitsitike	279 ha	234 ha	305 ha
Ambondrolava	329 ha	94 ha	86 ha
Andriambe	28 ha	47 ha	11 ha

DES FACTEURS D'EVOLUTION COMPLEXES.

Dans les trois sites étudiés, les facteurs expliquant la régression ou la progression des mangroves sont à la fois naturels et anthropiques. Parmi les facteurs naturels, le principal découle de la dynamique sédimentaire côtière, marine, fluviale et éolienne, très active dans les trois sites.

Ainsi à Ambondrolava, la progradation d'une flèche sableuse (50 m en moyenne par an) vers le nord à partir de l'embouchure du fleuve Fiherenana (figure 6), vient déconnecter les mangroves de l'océan. Les apports en eau de mer s'étant fortement réduits depuis les années 1940, les formations à palétuviers sont progressivement remplacées par des formations à Typha et Acrostichum dans ce qui devient des marais d'eau douce.

Figure 6 : Progradation de la flèche sableuse d'Ambondrolava



A Manombo-Fitsitike les apports sédimentaires du fleuve Manombo favorisent également le développement de flèches sableuses de part et d'autre de l'embouchure. La flèche sableuse qui se développe vers le sud, associé à une dynamique éolienne active, vient recouvrir la partie nord des mangroves qui dépérissent rapidement. Les apports sédimentaires vers le sud semblent également modifier la granulométrie des substrats vaseux qui deviennent plus sableux dans la partie centrale de l'appendice formé par les mangroves de cette zone. Les formations à palétuviers y sont alors beaucoup plus ouvertes. De manière générale, cette dynamique sédimentaire active se traduit par une accréation du littoral dans la zone de Toliara (Salomon, 2009), probablement aussi en lien avec une augmentation des processus d'érosion sur les bassins versants de ces fleuves.

Le recul de la mangrove d'Andriambe résulte, elle, pour l'essentiel de l'action combinée de la houle et de la dynamique hydro-sédimentaire du fleuve Onilahy.

Ce fleuve est caractérisé par des crues puissantes qui érodent brutalement à intervalles réguliers les îles et dépôts sédimentaires notamment à son embouchure où il débouche dans un profond canyon sous-marin. Il est probable également que cette action est démultipliée lors des cyclones dont la fréquence aurait augmenté ces dernières années. Après le démantèlement de ces îles et les mangroves qui les couvraient, elles se reconstituent progressivement favorisant une recolonisation par les palétuviers. Les facteurs anthropiques interviennent dans la dégradation des mangroves comme dans leur développement.

La coupe de bois de palétuviers (figure 7) est un facteur majeur de leur régression voire disparition. Ils sont en majorité exploités localement pour l'énergie combustible et la construction (support des maisons, enclos, pirogues). Les défrichements de certaines zones de mangrove ont aussi pour objectif de les transformer en champs de culture (culture de *Typha angustifolia*) ou bien pour faciliter l'accès à la mer.

Figure 7 : Coupe des palétuviers (Manombo-Fitsitike)



A Manombo-Fitsitike, la mise en valeur des terres par l'agriculture, particulièrement la culture de *Typha angustifolia* est une des causes majeures de la régression des formations à palétuviers, puisque les palétuviers sont coupés afin d'y planter le *Typha* destiné à la construction des maisons pour les personnes le plus démunies dans la ville de Toliara. La demande ne cessant d'augmenter avec l'accroissement de la population, la surface de mangrove défrichée s'accroît à son tour. Les pressions s'exercent surtout aux alentours des villages Manombo, Fitsitike, Tsihake (la population dans ces villages ne cesse d'augmenter) et l'extension de Tsihake vers le sud le long de la route reliant Tuléar à Manombo. Sur

ce site, la présence de routes importantes bordant la mangrove à l'est et la traversant dans sa partie nord et sud, favorise également ces pressions. A Ambondrolava, c'est la proximité de la RN9 qui exacerbe les pressions sur les mangroves. A Manombo-Fitsitike, les zones en régression se trouvent dans le nord de la mangrove, ce qui laisse penser qu'elles résultent de ponctions par la population riveraine du village de Manombo, de Tsihake et de Fitsitike qui semble préférer s'approvisionner dans ces mangroves faciles d'accès, déjà ouverte par les dunes. Le recul des mangroves peut également résulter de l'extension des villages avec la croissance démographique, ou d'infrastructures hôtelières avec le développement du tourisme. L'augmentation des rejets d'eaux usées et d'ordures et déchets divers directement dans l'environnement, viennent potentiellement modifier les propriétés physico-chimiques des sols et pourraient provoquer la mort des jeunes palétuviers. Les coupes observées peuvent aussi résulter de pratiques de charbonnage. L'élevage, avec la divagation des animaux dans les mangroves à marée basse, constitue un autre facteur de pression important. Dans le sud de Madagascar, la possession de zébus constituant un élément majeur du statut social, le cheptel peut être très important. En 2012, il y avait 1 020 500 zébus et 907 210 ovins-caprins dans la région du sud-ouest selon le Ministère de l'élevage. Les zébus broutant les jeunes plantules très appréciées, ils freinent la régénération naturelle des palétuviers. Ces pressions se font particulièrement sentir aux alentours des villages à Manombo-Fitsitike et Ambondrolava.

Certaines pratiques traditionnelles telles que la pêche et l'exploitation des crabes, crevettes, anguilles et des concombres de mer peuvent être néfastes aux écosystèmes de mangrove lorsqu'elles sont disproportionnées. L'installation de bassins de culture de crevettes ainsi que la production de sel alimentaire par cristallisation se sont également développés ces dernières décennies. Dans la plupart des cas, les opérateurs s'installent au détriment des mangroves, en défrichant les forêts de palétuviers.

La progression des palétuviers est favorisée par de bonnes conditions biophysiques et du milieu en général, ainsi qu'une forte capacité de régénération naturelle. Les zones concernées sont également en général éloignées des villages et voies d'accès, et non soumises à des processus d'ensablement.

C'est par exemple le cas dans la partie sud-ouest de Manombo-Fitsitike et à Andriambe, même si ces dernières sont coincées en position inconfortable entre le plateau calcaire d'un côté et le fleuve de l'Onilahy de l'autre.

La progression peut aussi résulter de reboisements. Ainsi à Ambondrolava l'extension se fait surtout vers le nord grâce aux plantations faites par l'association « Honko », un organisme de bienfaisance belge fondé en 2007 qui travaille à la protection de l'environnement, spécialement les mangroves, en partenariat avec les communautés locale de base afin d'améliorer le niveau et la qualité de vie. Leur travail a porté ses fruits là où il y a des petits chenaux qui irriguent les zones de reboisement et là où il y a beaucoup de résurgences favorisant le développement des espèces dulçaquicoles, associé à une régénération naturelle assistée. Cependant, ces reboisements ne sont pas suffisants pour compenser les pertes.

CONCLUSION :

Les résultats obtenus ont montré que la dynamique d'évolution des mangroves du sud-ouest de Madagascar était très contrastée, entre progression globale à Manombo-Fitsitike et régression à Ambondrolava et Andriambe.

Par ailleurs, il faut tenir compte que, dans les résultats ci-dessus, même si on parle de régression entre deux dates, cela ne signifie pas qu'il n'y ait pas eu une partie de mangrove qui se soit développée. De même, quand on parle de progression.

Ces dynamiques ne sont également pas linéaires et varient beaucoup entre les périodes 1949-1987 et 1987-2012/14. Les facteurs anthropiques notamment ont changés entre les deux périodes. Si d'un côté la croissance démographique a accru les pressions directes (prélèvements) ou indirectes (pollutions), ainsi que le développement de nouvelles

activités (crevetticulture, etc.), le transfert de gestion aux communautés locales de base (VOI) a très certainement modifié localement ces pressions, soit en impulsant des reboisements (soutenu par des ONG internationales), soit en favorisant une prise de conscience.

L'évaluation quantitative présentée dans cet article met en lumière l'apport de la télédétection dans l'estimation des surfaces des mangroves dans le sud-ouest de Madagascar. Elle a permis de mesurer avec un bon degré de précision l'évolution des surfaces des formations à palétuviers et certains écosystèmes associés. Sans cet outil, le seul travail de terrain n'aurait pas permis de spatialiser l'ensemble de ces écosystèmes, car il aurait demandé un temps et un budget considérables. La télédétection est donc un recours intéressant lorsque les données sont très lacunaires ou les surfaces à investiguer de grande envergure.

Ce travail, encore en cours, reste incomplet. Ce sont notamment les connaissances sur l'état de santé des formations à palétuviers et l'évolution de leur ouverture et fermeture qui restent à évaluer.

Les connaissances acquises sur les dynamiques d'évolution des mangroves nous invitent à mieux définir les sites de restauration. Ainsi les sites de reboisement choisis par l'association Honko à Ambondrolava semblent peu judicieux au regard de la dynamique hydrologique et de la progradation de la flèche sableuse qui transforme les milieux soumis au balancement de la marée en milieux dulçaquicoles.

Au final, en s'appuyant sur la cartographie des peuplements à palétuviers dans les mangroves et les recherches sur terrain, il est possible à terme de mettre à la disposition de tous, un outil d'aide à la décision et à la gestion, particulièrement dans le contexte du changement climatique qui va impacter les dynamiques d'évolution naturelles et les forçages anthropiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BLASCO (F), 1991, Les mangroves. *La Recherche*, 22, p. 444-453.
- BOSIRE (J.O), DAHDOUH-GUEBAS (F), WALTON (M), CRONA (B.I), LEWIS III (R.R), FIELD (C), KAIRO (J.G), KOEDAM (N), 2008, Functionality of restored mangroves: A review. *Aquatic Botany*, 89, p. 251-259.
- CALOZ (R) et COLLET (C), 2001, *Précis de télé-détection*. Vol. 3 : *Traitements numériques d'images télédétection*. Presses de l'Université de Québec et Agence universitaire de la Francophonie, Sainte-Foy (Québec), 386 p.
- CARNEY(J), GILLESPIE (T.W), ROSOMOFF(R), 2014, Assessing forest change in a priority West African mangrove ecosystem : 1986-2010. *Geoforum*, 53, p. 126-135.
- FAO, 1994, *Mangrove forest management guidelines*. FAO Forestry Paper, Rome, 117 p.
- LEBIGRE (J-M), 2011, *Les marais à mangrove de Madagascar : carte et estimation des superficies*. Mangrove.mangals.over-blog.com
- LEE (S. Y), PRIMAVERA (J.H), DAHDOUH-GUEBAS (F), MCKEE (K), BOSIRE (J.O), CANNICCI (S), DIELE (K), FROMARD (F), KOEDAM (N), MARCHAND (C), MENDELSSOHN (I), MUKHERJEE (N), RECORD (S), 2014, Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, 23(7), p. 726-743.
- LOUNIS (B), BELHADJ AISSA (A), 2005, Pollution signature of water quality using remote sensing data. *25th EARSeL Symposium, Global developments in environmental earth observation from space*. p. 6-11.
- NAGELKERKEN (S.J.M), BLABER (S), BOUILLON (P), GREEN (M), HAYWOOD (L.G), KIRTON (J-O), MEYNECKE (J), PAWLIK (H.M), PENROSE (A), SASEKUMAR (P.J), SOMERFIELD, 2008, The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, 89, p.155–185.
- RENO (B), 2003, *La dynamique sol-végétation des zones humides du Sud du Parc National du Banc d'Arguin (Mauritanie) par télédétection satellitaire*. Mémoire de maîtrise en géographie, Angers, 94 p.
- ROGER (E), 2007, *Etat de lieu de mangrove de Madagascar vis à vis du changement climatique*. Rapport, Université d'Antananarivo, 30 p.
- SALOMON (J.N), 2009, L'accrétion littorale sur la côte Ouest de Madagascar. *Physio-Géo*, 3, p. 35-59.
- SPALDING (M), KAINUMA (M), COLLINS (L), 2011, *World Atlas of Mangroves*, Earthscan from Routledge, 304 p.

- TROUCHAUD (J.P), 1965, Contribution à l'étude géographique de Madagascar, la Basse plaine du Mangoky. 2, 3, *Cahiers O.R.S.T.O.M. Séries sciences humaines*, 95 p.
- VAN BOCHOVE (J), SULLIVAN (E), NAKAMURA (T), 2014, *The importance of mangroves to people: A call to action*. United Nations Environment Program World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, 128 p.
- WOODS-BALLARD (A.J), RIX (C.E) , EIBLEIS (F), 2003, *Mangrove biodiversity survey south of the Onilahy river: Lavadanora, Lovokampy and Mangoro systems*, *Frontier Madagascar*, Université de Toliary, Institut halieutique et des sciences marine, Society for Environmental Exploration, 47 p.

SITOGRAFIE

- http://www.sololiya.fr/tout_sur_l_eau/eau_et_nature/les_milieux/mangrove/4_les_mangroves_au_service_de_l_homme
- <http://mangrove.mangals.over-blog.com/article-33433160.html>

REMERCIEMENTS

Cette étude de la dynamique de la mangrove de la Région de Toliara entre dans le cadre d'une convention signée entre l'Université d'Angers et l'Université de Toliara. Elle a été soutenue par le Collège Doctoral RAMI du programme "Horizons Francophones" de l'AUF (Agence Universitaire de la Francophonie) et l'IFS (International Fondation for Science). Les images de 1987 et de 2012 ont été données à titre gracieux par le programme Planet Action d'Astrium. Celle de 2014 et l'ortho-image de 2013 ont été acquises par le SEAS-OI de la Réunion et les photographies aériennes ont été obtenues par la FTM (ou Institut géographique et hydrographique de Madagascar).

LEGENDE DES FIGURES

- figure 1 : Localisation des sites d'études
- figure 2 : Evolution des surfaces de mangroves à Manombo-Fitsitike
- figure 3 : Peuplement de *Sonneratia alba* dense (Manombo-Fitsitike)
- figure 4 : Evolution des surfaces de mangroves à Ambondrolava
- figure 5 : Evolution des surfaces de mangroves à Andriambe
- figure 6 : Progradation de la flèche sableuse d'Ambondrolava
- figure 7 : Coupe des palétuviers (Manombo-Fitsitike)