

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Mbolamanana Ziva RANDRIAMINAHY: Chercheur-Enseignant au Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, Antananarivo-Madagascar ; Géographe-Doctorant à l'École Doctorale sur les Ecosystèmes Naturels, Université de Mahajanga-Madagascar

Boromé RAMAROMILANTO : Chercheur-Enseignant, Directeur du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, Antananarivo-Madagascar

Solofoniaina RAZAFIMANDIMBY : Enseignant-Chercheur à l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo de l'Université d'Antananarivo, Madagascar

Hery Lisy Tiana RANARIJAONA: Professeur titulaire, Directeur de l'École Doctorale sur les Ecosystèmes Naturels-Université de Mahajanga, Madagascar

James RAVALISON : Professeur, Département de Géographie- Université d'Antananarivo, Madagascar

Tahiana ANDRIAHARIMALALA : Chercheur-Enseignant au sein du Centre National de Recherches sur l'Environnement, Antananarivo-Madagascar

Estin Pascal SOLOMANANA: Enseignant vacataire à l'Université de Mahajanga (à l'UFRSS Mandritsara); Etudiant- Doctorant à l'Institut Supérieur des Sciences Environnement et Développement Durable (ISSEDD)- Université de Toamasina.

RESUME

Situés dans le Nord Est de Madagascar, à cheval entre le district d'Antalaha et de Maroantsetra, les trois secteurs du Parc National Masoala sont confrontés à de nombreux changements en relations directes aux activités de la population locale. La cartographie de l'état des surfaces de la forêt dense de 1996 à 2016 fut réalisée par télédétection puis intégrée dans un système d'information géographique comprenant des données de terrain et socio-économiques. Les résultats y obtenus indiquent une dégradation relativement importante de cet écosystème. Ainsi, la période d'étude a permis de relever que la forêt dense avait perdu 5,6% de son étendue, passant de 799,7605 Km² (42,71%) en 1996 à 694,9076 Km² (37,11%) en 2016, par contre la forêt dégradée avait connu une

régénération de 0,81%. Les savanes arborées avaient augmenté respectivement de 7,28 % en 1996 et de 9,49% en 2016, tandis que les savanes herbeuses de 5,81% en 1996 et de 8,12% en 2016, de même pour les mosaïques de cultures. Dus à l'extension des espaces agricoles et à des habitats humains, les terrains de cultures « rizière » avaient enregistré une augmentation de superficie de 4,61% en 1996, de 5,77% en 2006 et de 5,94% en 2016. Cette étude montre que le site est dominé par plusieurs activités anthropiques différentes. Les défrichements pour les cultures, le laly (Piège à lémurien), et la coupe sélective des bois de grande valeur sont les facteurs explicatifs de la dégradation de ces trois secteurs du Parc National Masoala

Mots-Clés : Masoala, dynamique spatio-temporelle forestière, Pression anthropiques, Occupation du sol, SIG (Système d'Information Géographique), Télédétection, Conservation.

ABSTRACT

Located in the North East of Madagascar, straddling Antalaha district and Maroantsetra, the three sectors of the Masoala National Park are confronted with many changes in direct relations to the activities of the local population. The mapping of the state of the dense forest areas from 1996 to 2016 was carried out by remote

sensing and then integrated into a geographic information system including field and socio-economic data. The results obtained indicate a relatively significant degradation of this ecosystem. Thus, the study period revealed that the dense forest had lost 5.6% of its extent, rising from 799, 7605 km² (42.71%) in 1996 to 694, 9076 km² (37.11%). in 2016, however, the degraded forest experienced

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

0.81% regeneration. The savannahs grew by 7.28% in 1996 and 9.49% respectively in 2016, while grassy savannahs grew by 5.81% in 1996 and by 8.12% in 2016, as well as for mosaics growing crops. As a result of the expansion of agricultural areas and human settlements, paddy fields had recorded an increase of 4.61% in 1996, 5.7% in 2006 and

5.94% in 2016. This study shows that the site is dominated by several different human activities. Crop clearance, the laly (lemur trap), and selective cutting of high value timber are the explanatory factors for the degradation of these three sectors of Masoala National Park.

Keywords: Masoala, forest spatio-temporal dynamics, Anthropogenic Pressure, Land Use, GIS (Geographic Information System), Remote Sensing, Conservation.

INTRODUCTION

Depuis longtemps, Masoala fait l'objet des trafiquants car, trois ans à peine après le début de la colonisation, M. Cayeux, installé à Ratsiharana, au sud d'Antalaha, exportait déjà 50 tonnes de bois de rose par mois (environ 49 m³), tandis que la société Vinany Be, installée au sud de Masoala, se contentait de 200 tonnes pour les deux années 1900 et 1901 (Zhou Lieu, 2010). L'exploitation à l'intérieur de la presqu'île représenta toujours un enjeu considérable dans l'économie nationale et régionale durant les périodes creuses. Louvel (1910) donna une description détaillée de l'espèce intéressante et nota que les concessions avaient utilisé 10 à 20 km de portion navigable des cours d'eau de l'Est pour exploiter les forêts. Ces phénomènes sont inquiétants pour la gestion de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes dans les aires protégées (Clerici et al., 2007; Jeremy et al., 2007). Pourtant l'exploitation illicite des forêts se poursuit sur l'ensemble des côtes de la péninsule de Masoala, du fait de l'accès maritime. Le bassin versant d'Ianobe fut particulièrement touché en raison de sa proximité avec la route d'Ambohitralanana-Antalaha (Rakotoarisoa, 1997). Aux termes d'une période d'accalmie en 2009, la grande richesse du Parc National Masoala devint, de nouveau victime de nombreuses formes d'exploitation illicite, en particulier celle des bois précieux. Malgré les efforts déployés des responsables pour protéger ce patrimoine et l'article n°03 du décret n°97-141 portant

sur la création du Parc National Masoala, la situation est critique. La dégradation de ses écosystèmes de Masoala prend l'allure d'une véritable catastrophe écologique aux conséquences graves. Actuellement, les paysages sont modifiés ou transformés par les activités humaines pour répondre aux besoins socio-économiques des populations (Fahrig, 2003). Depuis, la situation tend à s'aggraver et la détérioration de la biodiversité dans ce parc à revêtir plusieurs formes, à savoir : défrichements à des fins agricoles, défrichements pour Laly (Pièges pour lémuriens), extractions de cœurs des palmiers rares, collectes d'œufs des tortues marines dans les zones de ponte, pêches illicites dans les aires protégées marines et coupes illicites des bois de valeur. En prenant conscience de la destruction de ce dernier bloc forestier de l'Est, des risques écologiques, environnementaux, économiques et sociaux, NaturAlg Madagascar a pris l'initiative d'adopter des mesures de sécurisation et de conservation du parc à travers l'Algoculture. Les informations actualisées sur les pressions subies par Masoala sont insuffisantes, d'où les difficultés à mesurer sa dégradation récente. Cette étude va permettre d'analyser l'évolution spatio-temporelle de la forêt et l'occupation du sol de ces trois secteurs du parc Masoala entre 1996 et 2016. Par la suite, la fragilité de l'aire protégée au défrichement va l'être par les informations obtenues sur terrain avec les données diachroniques de l'occupation du sol.

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

OBJECTIFS ET HYPOTHESES :

Les objectifs spécifiques de cette étude visent à:

1. Analyser les différents types d'occupation du sol des trois secteurs du Parc National Masoala ;
2. Procéder à l'analyse diachronique de l'évolution de la forêt dense de 1996 à 2006 et de 2006 à 2016 (qui est marquée par une intensification des espaces dégradés dans la forêt dense humide de moyenne altitude, forêt dense humide de basse altitude, forêt littorale) ;
3. Dégager les facteurs de dégradation des trois secteurs du Parc National Masoala (modes d'utilisation des ressources naturelles du parc volées et les formes de pressions qui menacent la conservation de la diversité biologique de Masoala) ;
4. Proposer des recommandations pour une gestion efficace de l'aire protégée et pour une sécurisation durable du Parc Masoala.

I-PRESENTATION DU SITE :

Situés au Nord-est de Madagascar, les trois secteurs du Parc National Masoala se trouvent entre les latitudes 15°11'38,97" S et 16°01'28,93" S et les longitudes 49°45'07,75" E et 50°20'42,50"E. Ils s'étendent sur une superficie de 1.872,6811 Km² (CARE, 1993), laquelle est limitée par la Baie d'Antongil à l'Ouest et par l'Océan Indien à l'Est. A cheval entre les districts de Maroantsetra et d'Antalaha, ils constituent la plus grande aire protégée dans le réseau Madagascar National Parks. Le secteur Nord a une superficie totale de 574,1349Km², le secteur centre 607,0344Km² et le secteur sud 691,5118Km². L'altitude varie de 0 à 1.224 m (CARE, 1993), mais la grande partie se trouve entre 0 à 800 m (MNP- Masoala 2017). Depuis sa création¹ en 1997², Masoala est connu pour son niveau d'endémisme local, tant sur le plan floristique que sur le plan faunistique du Pays (PAG MAOSALA 2013). Selon le plan GRAP (2001), le site est classé Aire Protégée de catégorie II de l'IUCN, avec une biodiversité exceptionnelle avec un niveau de menace inférieur et la politique de conservation à appliquer est la stratégie C. En 2007, le Parc National Masoala fait partie du site patrimoine dénommé « Forêts Humides de l'Antsinanana », classé patrimoine mondial sous les critères IX³ et X⁴. Le site et ses

écosystèmes appartiennent à l'écorégion de l'Antsinanana qui se caractérise par la présence des forêts humides allant de 0 à 1.300 m d'altitude (PAG MAOSALA 2013). L'écosystème marin et côtier appartient à l'écorégion du Nord Est, grâce à la présence des îlots forestiers, aux récifs coralliens, aux mangroves et aux zones d'herbiers. A l'heure actuelle, la forêt du parc national Masoala est reliée au plateau de Makira par un corridor forestier (PAG MAOSALA 2013). Ce corridor joue un grand rôle important, pour que Masoala ne devienne pas un îlot plus ou moins génétique. En termes de biodiversité, parmi les aires protégées de Madagascar National Parks, Masoala dispose une richesse considérable dont 50% d'espèces de plantes de Madagascar et plus de 50% d'espèces de Mammifères, d'Oiseaux, d'Amphibiens et de Reptiles. Le parc Masoala est la seule Aire protégée Malagasy qui possède une forêt littorale orientale et inondée (PCDI Masoala 1993-1996). Tous les types de végétation de la forêt humide de l'Est se trouvent dans le Parc National Masoala ayant ou non subi de pressions anthropiques et naturelles. Cet habitat, forêt dense humide de basse altitude (entre 0 et 800m d'altitude), est plus facilement accessible que les autres de catégorie de forêt dense humide. Il figure parmi les habitats classés les plus menacés à Madagascar.

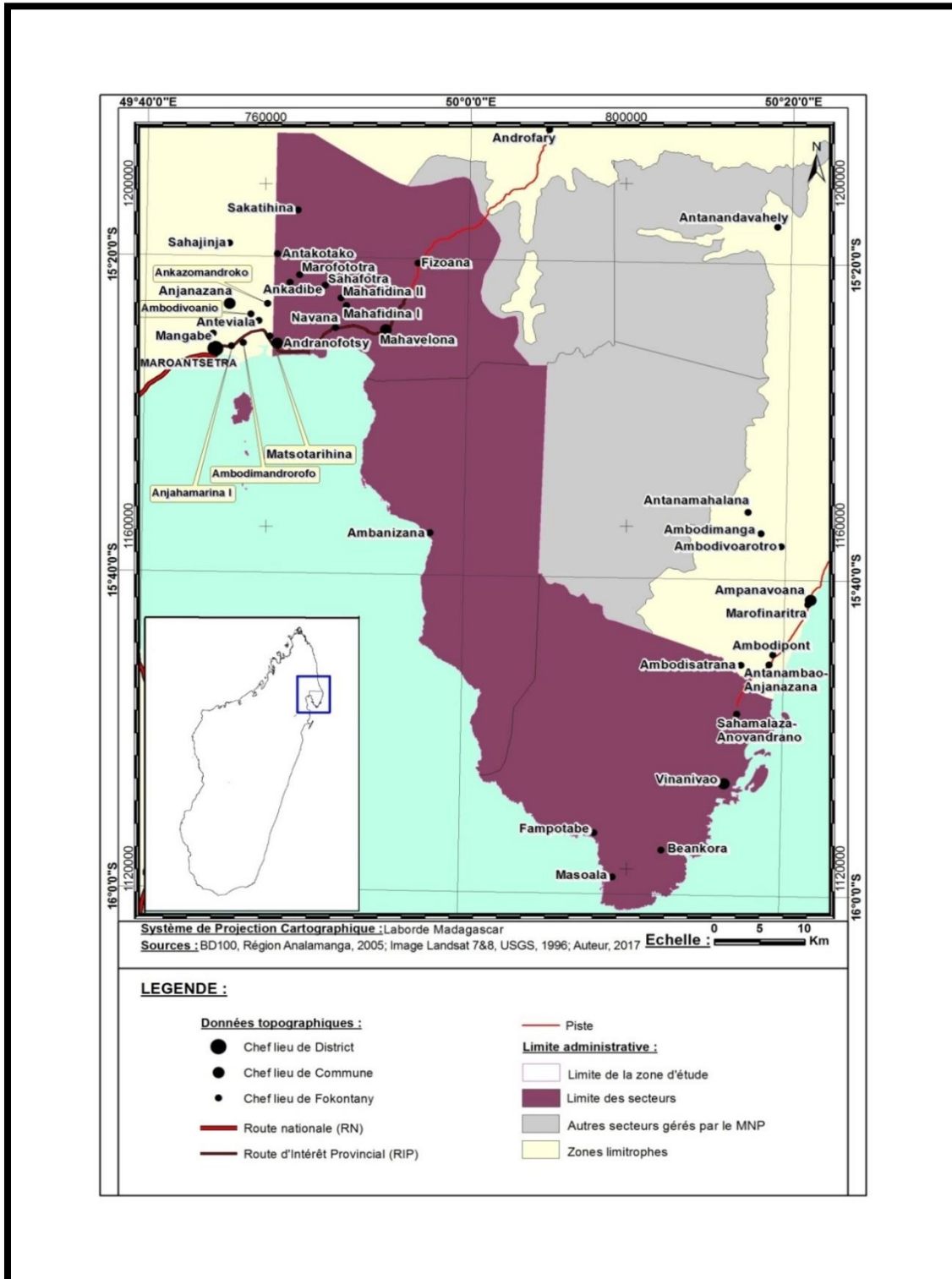
¹A titre d'information : c'est en 1927 que la seconde Réserve Naturelle Intégrale de Madagascar était délimitée à la presqu'île Masoala. En 1962, 27682 ha de la partie Nord-est était officiellement déclarée Réserve Naturelle Intégrale n°02.

² Le parc National Masoala a vu officiellement le jour 02 mars 1997 sous le Décret de création N°97-141

³Critère (ix) : les forêts pluviales d'Antsinanana sont des forêts reliques, essentiellement associées à des terrains abrupts le long de l'escarpement et des montagnes de l'est de Madagascar. Les zones protégées comprises dans ce bien sériel ont acquis une importance critique pour le maintien de processus écologiques en cours nécessaires à la survie de la biodiversité unique de

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Croquis 1 : Localisation du site d'étude



Madagascar. Cette biodiversité est le reflet de l'histoire géologique et de la situation géographique de l'île. Madagascar est la quatrième plus grande île du monde ; elle est séparée de toute autre masse terrestre depuis au moins 60 à 80 millions d'années de sorte que la majorité de ses plantes et de ses animaux ont évolué dans l'isolement. Ces forêts ont également été un important refuge pour des espèces durant les périodes passées de changements climatiques et joueront un rôle essentiel pour l'adaptation et la survie des espèces à la lumière des futurs changements climatiques.

⁴**Critère (x)** : à l'intérieur du bien, le taux d'endémisme est d'environ 80 à 90 pour cent pour tous les groupes, et les familles et genres endémiques sont communs. Madagascar est parmi les premiers pays de mégadiversité du monde et possède un nombre extraordinairement élevé (env. 12 000) d'espèces de plantes endémiques. Le bien revêt aussi une importance mondiale pour la faune, en particulier les primates : les cinq familles de primates malgaches, toutes les familles de lémuriniens endémiques, sept genres endémiques de rongeurs, six genres endémiques de carnivores et plusieurs espèces de chiroptères y sont représentés. Sur les 123 espèces de mammifères non volants de Madagascar (dont 72 sont sur la Liste rouge de l'UICN des espèces

II-METHODOLOGIE

II-1-Choix d'outils et de matériels

- **Choix des outils**

A travers cette étude, depuis la phase préalable jusqu'à l'acquisition des résultats, plusieurs outils ont été utilisés parmi la Télédétection et le Système d'Information Géographique (SIG) lesquels ont été choisis comme outils de base. L'intérêt de leur utilisation est largement développé, telle l'analyse cartographique, l'étude diachronique, la gestion des ressources et surtout l'analyse spatiale.

- **Choix de matériels**

Les matériels employés sont regroupés en deux (2) catégories :

- les matériels physiques regroupant l'ordinateur et ses accessoires ainsi que les matériels cartographiques utilisés lors des travaux de terrains comme le GPS.
- l'ensemble des logiciels de traitements et d'analyses des données, tels les logiciels de transformations d'images (Photoshop, Paint,...), le logiciel de télédétection (ENVI), le logiciel SIG (Arc GIS) et le logiciel de traitement d'enquête socio-économiques et d'analyse statistique (Sphinx Plus² et SPSS).

- **Types de données collectées**

Les données collectées peuvent être subdivisées en deux principales catégories à savoir : les alphanumériques et les cartographiques. Celles alphanumériques sont définies comme l'ensemble des informations non spatialisées de types qualitatifs, puis de quantitatifs montrant les données environnementales ou physiques (faunistiques et floristiques, climatiques,...), les données sociales (démographie, infrastructures de base,..) et les données économiques (secteurs d'activités, revenus économique,...).

II-2-Acquisition des données

- **Méthodes de collecte et acquisition des données**

Cette phase consiste à collecter et surtout à actualiser toutes les données nécessaires à la réalisation de la recherche. L'étude préalable est l'ensemble de travaux de documentations auprès des différentes entités à l'aide des recueils bibliographiques et webographiques. Les travaux de terrains ont eu pour intérêts de compléter, de corriger et confirmer les données obtenues lors de la phase préalable. Des campagnes de terrain ont été organisées pour identifier les types d'occupations du sol. Elles ont été respectivement effectuées en 2014 et 2016. Elles ont permis de collecter les données environnementales dont l'occupation du sol, les données sociales et, enfin les données économiques afin de connaître les caractéristiques des contraintes subies par l'écosystème rencontré dans la zone d'étude. Au total, trois secteurs du parc (côté Maroantsetra) ont été visités dont la plupart ont servi à la déterminer la classe d'occupation du sol définitive. Les travaux de terrain et les demandes d'informations ont permis de recueillir certaines données auprès des différentes entités et des personnes ressources.

Les données cartographiques sont constituées par l'ensemble des informations spatialisées comme les cartes topographiques, les données thématiques et les images satellites. Les images satellitaires multi dates utilisées sont fournies par USGS (années 1996, 2006 et 2016) sous les références 158/71 et 157/71. Elles ont la même résolution spatiale de 30 m (tableau 1). Outre ces images, les documents utilisés sont indiqués sur le tableau 1 ci-après.

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Tableau 01 : Types des données cartographiques utilisées à travers cette étude

Catégories des données	Types des données	Référence ou échelle	Autres caractéristiques
Données cartographiques	Données thématiques	BD500 fournie par le FTM ayant une échelle de 1/500 000 ^{ème}	Base de données montrant l'occupation du sol de Madagascar
	Carte topographique	Cartes fournies par le FTM à une échelle de 1/100 000 ^{ème} (W38, X38, X39 et Y39)	Carte montrant l'ensemble de données topographique de base telle que la toponymie, les réseaux routiers, les réseaux hydrographique, ...
	Images satellites de types Landsat 7 et 8	Images satellites multi dates fournies par USGS (années 1996, 2006 et 2016) ayant des références 158/71 et 157/71	30 mètres de résolution au sol

Source : <http://earthexplorer.usgs.gov/>, Images satellites multi dates fournies par USGS (Années 1996, 2006 et 2016), BD 500 FTM)

II-3-Traitements et analyses des données

La plupart des informations collectées lors de l'étude préalable et des travaux de terrain sont sous formes brutes qui doivent subir certains traitements généralisés ou spécifiques à l'aide d'outils et de méthodes appropriés. Techniquement, le type de leurs traitements choisi dépend de leur nature.

- **Traitements et analyses des données alphanumériques**

Pour qu'elles soient exploitables, il faut les organiser ou les regrouper selon leur qualité ou types d'informations. En d'autres termes, il faut procéder à l'étape de conception et de structuration de bases des données. Celles-ci ont permis de stocker et de gérer les différentes données via le ou les logiciels de gestion de base, tels Sphinx Plus2, SPSS, voire le logiciel SIG (Arcgis 10.3).

- **Traitements et analyses des données cartographiques**

La plupart des données cartographiques utilisées ont nécessité des traitements généraux ou spécifiques avant de les exploiter.

- **Principaux traitements et analyses des données cartographiques**

Trois principaux travaux ont été réalisés lors des traitements et des analyses des données cartographiques, tels la conception et la structuration des bases de données, la vectorisation ou l'acquisition d'informations et enfin l'analyse des données au cours desquelles a recouru toujours à l'utilisation du logiciel Arcgis 10.3.

- **Traitements et analyses des images satellitaires**

Parmi les données cartographiques utilisées ou exploitées, les images satellites ont dû subir des traitements et d'analyses assez complexes pour faciliter l'acquisition d'information.

L'ensemble des travaux réalisés lors des traitements et des interprétations des images satellites pour élaborer de la carte d'occupation du sol de la zone étudiée est décrit dans l'étape suivante.

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

a. Phase de prétraitements

Il s'agit de l'ensemble des travaux de corrections effectués sur l'image utilisée. Deux types ont ainsi été réalisés tels la correction géométrique et la correction radiométrique. Trois principaux travaux ont été accomplis lors de la correction géométrique, à savoir : l'orthorectification, le rééchantillonnage, le mosaïquage et, enfin, le recadrage. Pour que les résultats des traitements soient cohérents, les images multi dates doivent être superposables entre elles à l'aide de la méthode d'orthorectification et de géoréférencement en utilisant une donnée de référence spatiale via le logiciel SIG comme Arcgis. Une fois que les images bien géoréférencées, il faut passer à l'étape de rééchantillonnage pour que la taille des pixels de chaque image soit pratiquement identique avec une résolution au sol de 20 m. Afin de faciliter la gestion des deux images satellites recouvrant la zone étudiée, il a été procédé à l'étape de mosaïquage appelée aussi méthode de combinaison d'images pour avoir un seul fichier. Spatialement, la zone d'étude est moins étendue que l'ensemble des deux images satellites déjà combinées, le nouveau bloc d'image a été recadré ou découpé sur la zone d'étude.

La correction radiométrique a pour objectif d'améliorer ou de rehausser la qualité d'images en utilisant des filtres. Cette méthode permet de pouvoir y réduire ou y supprimer le maximum d'éléments perturbateurs de l'image, tels les nuages et les ombres.

b. Phase de traitements

Cette étape est fondamentale pour acquérir les résultats attendus, en particulier l'occupation du sol recouvrant la zone d'étude. Au total, 02 phases interdépendantes les unes des autres ont été suivies au cours du traitement des images satellites utilisées.

o **Création des néocanaux ou indices**

Il s'agit de créer une bande statistique à partir des bandes spectrales permettant de détecter une telle information sur l'image satellite exploitée. Les indices ou les néocanaux utilisés sont subdivisés en deux principales catégories : les indices de végétation et les indices de sols. Les indices de végétation ont pour intérêt de détecter les formations végétales par rapport aux autres types d'informations, alors que les indices de sols servent à en identifier les caractéristiques, telles les sols nus et les zones sableuses. Les indices de végétation utilisés sont : NDVI (Indice de Végétation Normalisé) qui réduit les effets d'éclairement ou de pente sur la réflectance des couverts végétaux (Bonn, 1996; Lau, 1997) et qui permet de mieux séparer la végétation (forêts, cultures) des sols nus et des surfaces urbanisées, RVI (Ratio Vegetation Index), WdVI (Weighted Difference Vegetation Index), PVI (Perpendicular Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), TSAVI (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index). Concernant les indices de sols, il a été créé trois néocanaux (Voir le tableau 02).

Tableau 02 : Indice de Brillances, 'Indice de Couleur d'un sol et Indice d'Humidité d'un sol

Indices de brillances (IB)	Equation générale : $IB1 = \sqrt{(B^2 + V^2 + R^2)}$ D'après Dauteuil (1998) $IB2 = \sqrt{V + R^2 + \left(\frac{PIR^2}{3}\right)}$
L'Indice de Couleur d'un sol (IC)	$IC = \sqrt{(R - B) / (R + B)}$
Indice d'Humidité d'un sol (IH)	$IH = PIR/IR$

Source : Caloz et Puech, 1996 ; Gilabert et al., 2002 ; Dauteuil, 1998

○ **Classification des images satellites**

Deux méthodes complémentaires ont été utilisées pour différencier les thématiques ou les types d'occupation du sol rencontrés dans la zone d'étude : la classification non supervisée et la classification supervisée des images multi spectrales

- **Classification non supervisée**

Il s'agit de la classification automatique de l'occupation du sol recouvrant l'ensemble de la zone d'étude. Dans ce cas, le logiciel de télédétection a essayé de nous donner le nombre d'occupations du sol possibles selon leur valeur spectrale. Au cours de cette phase, il a été obtenu 11 classes d'occupations du sol qui sont considérées comme des résultats provisoires par rapport à la vérité terrain.

- **Classification supervisée**

La classification supervisée est basée sur la connaissance a priori de la zone étudiée, ainsi que sur la méthode de la « maximum vraisemblance » considérée comme la plus performante pour produire des cartes thématiques dans le domaine de l'occupation du sol (Kouassi, 2007). Il a été réalisé six (06) phases de travaux :

1. Composition d'images

Avant de déterminer les différentes classes d'occupation du sol, il faut procéder à l'étape de la composition des bandes spectrales. Il a été réalisé deux principales compositions d'images, telles la composition naturelle en utilisant les bandes rouges, verte et bleue et aussi la composition fausse couleur en combinant les bandes proches infrarouge, rouge et verte.

2. Réalisation de parcelle d'entraînement

Une fois la composition d'images effectuée, procéder à l'étape de travaux de vectorisation des différentes classes d'occupation du sol dans la parcelle d'entraînement ou ROI (Region of Interest). La technique de différenciation d'un type d'occupation du sol est basée sur ses caractéristiques physiques (couleurs, structures, formes, textures) et spectrales différentes les unes des autres.

3. Classification des images

Après avoir établi et vectorisé les différentes classes d'occupations du sol possibles rencontrées dans la zone d'étude, il a pu être passé à l'étape leur classification pendant laquelle le logiciel de télédétection a donné complètement l'ensemble d'occupations de sol la constituant, même aux niveaux de ses anciennes zones à l'extérieur de la parcelle d'entraînement. Au total, le nombre d'occupations du sol établies compte 17 classes. Des opérations de filtrage post-classification seront appliquées sur les images classifiées, afin d'éliminer les pixels isolés contenus dans une fenêtre de filtre prédéfini. Ces classes sont considérées comme provisoires.

4. Test de fiabilité de la classification

Cette étape est très importante pour connaître les classes entrant en confusion lors de la classification effectuée par le logiciel de télédétection. Dans le domaine de l'analyse d'images satellitaires, les matrices de confusion restent une méthode fiable pour vérifier l'exactitude d'une classification. A travers cette étude, pour ainsi dire, que le résultat de classification est satisfaisant, caractérisé par un taux de fiabilité moyen de l'ordre de 0,87 ou 87 %. La superficie de la zone d'échantillonnage est définie en fonction de la séparabilité des classes (seuil radiométrique entre les classes) et de l'échelle d'analyse souhaitée.

5. Vérité terrain

Pour étudier les différentes classes d'occupations du sol établies, la réalisation de travaux de terrain a offert beaucoup d'intérêt pour les raisons suivantes :

-Détermination des noms de chaque classe d'occupation du sol,

-Etablissement du nombre d'occupation du sol réel, rencontré dans la zone d'étude.

6. Classification définitive

Par rapport aux résultats de classifications et aux réalités sur le terrain, il existe une sorte de correction pour améliorer et affiner les classes d'occupation du sol définitive. Il est à noter que les types d'occupation du sol rencontrés dans cette zone d'étude peuvent regrouper finalement douze (12) classes.

III-RESULTATS

Ce chapitre expose les résultats statistiques de toutes les classes, en surface et en pourcentage, obtenus lors de la classification supervisée et il analyse aussi les résultats en se basant sur les données satellitaires et les données issues des travaux de terrain, afin de pouvoir démontrer qu'entre 1996 et 2016 (en l'espace de 20 ans), le site avait subi un changement d'origine naturelle ou humaine. Nous commençons par analyser les types d'occupations du sol, ensuite la dynamique de l'occupation du sol et, enfin par évoquer les facteurs de dégradation des trois secteurs du parc national Masoala.

III-1-Analyse de type d'occupation du sol dans les trois secteurs du parc Masoala

Les cartes d'occupation du sol de 1996 à 2016 ont permis d'analyser le recul de la formation végétale et de caractériser les activités humaines dans les trois secteurs du parc National Masoala et de leurs périphéries.

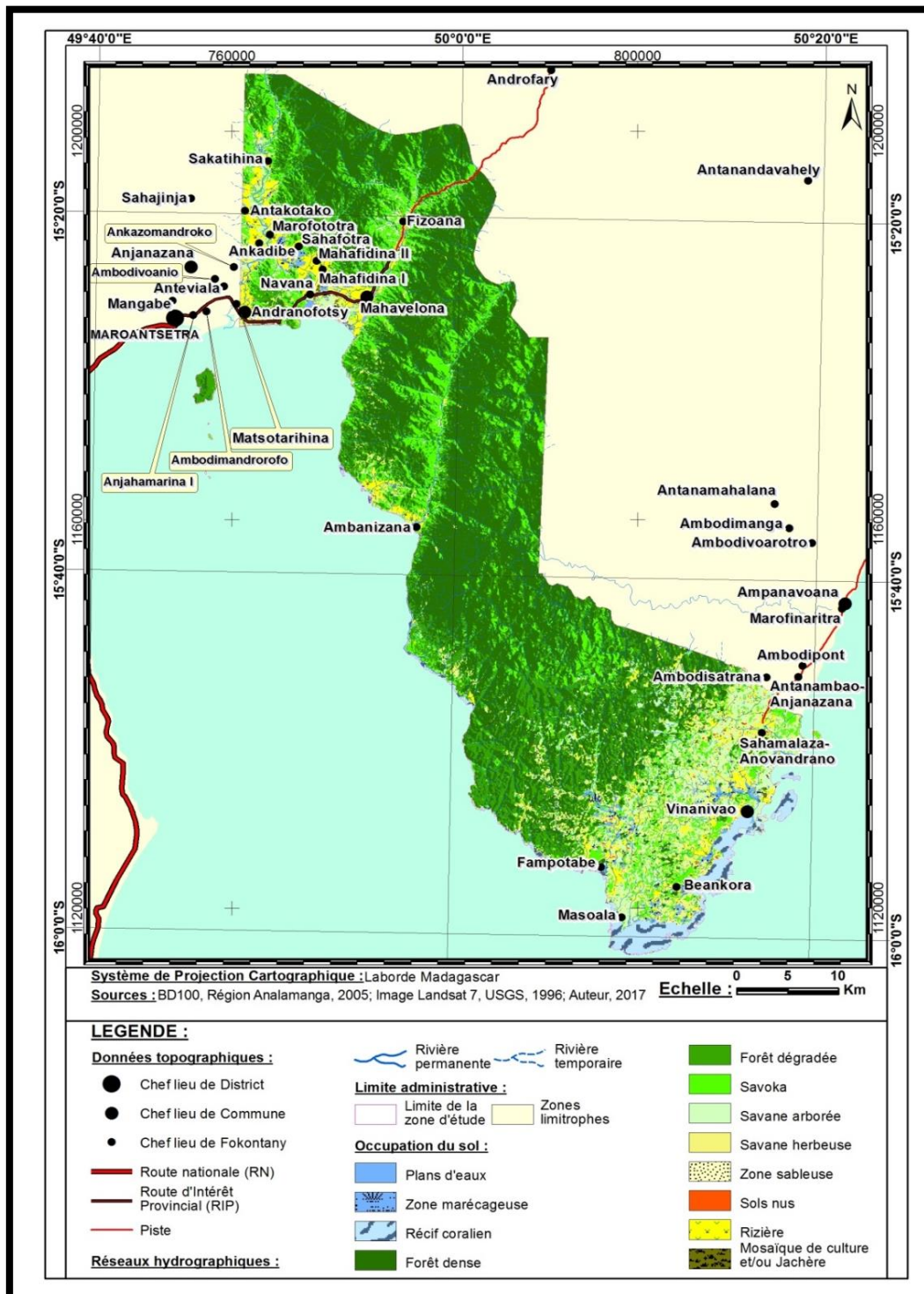
III-1-1-Etat de l'occupation du sol en 1996

L'occupation du sol en 1996 (Croquis 2) dans le secteur (Nord) Mahalevona, (Centre) Ambanizana et (Sud) Vinanivao montre un paysage dominé par la forêt dense humide sempervirente de 0-400m,

la forêt dense humide sempervirente de 400-800m, la forêt humide sempervirente de 800-1200 m à canopée fermée. Ce type d'occupation représente une superficie estimée à 799,7605 Km², soit 42,71% de la superficie du site, tandis que la forêt dégradée y occupe une surface de 357,6101 Km², soit 19,10% sur la carte d'occupation du sol produite à partir des images Landsat-7 et Landsat-8. Ces deux formations forestières représentent 61,81 % du paysage. Quant au «Savoka », sa superficie y est estimée à 279,0817 Km², soit 14,90 %. Les savanes arborées et herbeuses y représentent respectivement 136,2857 Km², soit 7,28 % et 108,7570 Km², soit 5,81 % de la superficie. Quelques surfaces au sein et à la périphérie du périmètre du site sont dominées par les parcelles de « mosaïques de cultures ». Elles y occupent 8,6665 Km², soit 0,46% et sont majoritairement localisées dans les parties Nord-Ouest et Sud Est avec une extension vers le Sud. Les rizières qui s'étendent sur 86,3268 Km², soit 4,61% y accaparent une partie du Nord-Ouest et du Sud Est. Les plans d'eau, les sols nus, la zone marécageuse, la zone sableuse et le récif corallien n'y occupent que 96,1922 Km², soit 5,14%. (Tableau 3)

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Croquis 2 : Occupation du sol dans les trois secteurs et dans la périphérie du Parc National Masoala en 1996



III-1-2-Etat de l'occupation du sol en 2006

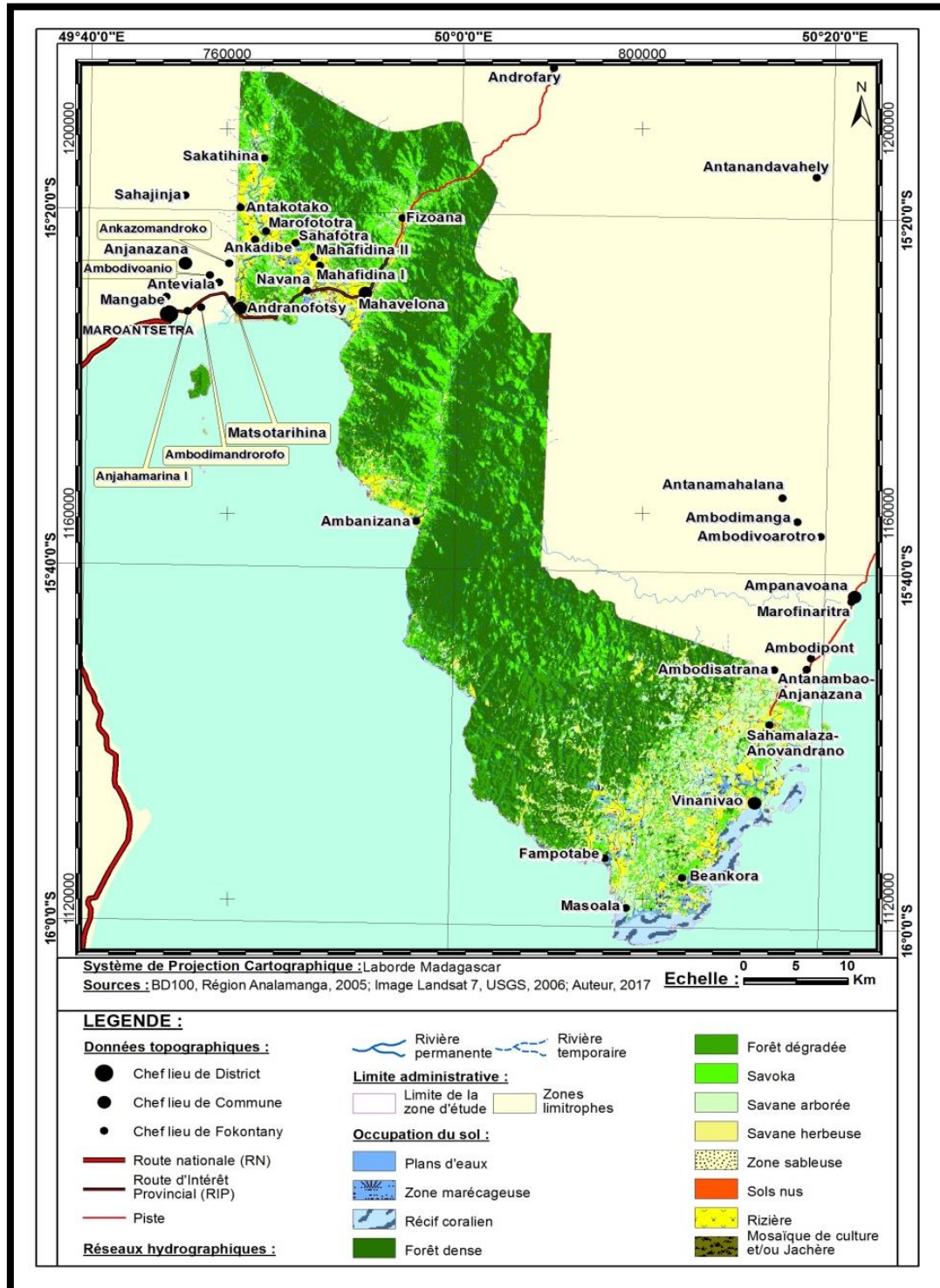
Le milieu est toujours dominé par la forêt dense humide sempervirente et occupe 754,4324 Km², soit 40,29% de la superficie (Croquis 3 et Tableau 03). Après la forêt dense, les forêts dégradées et les Savoka constituent aussi l'une des formations

végétales dominantes sur 346,4705 Km², soit 18,50% et 307,3033 Km², soit 16,41% de la superficie du site d'étude. Les formations naturelles composées essentiellement de savanes arborées, de savanes herbeuses s'observent un peu partout et occupent respectivement 186,1203 Km², soit 9,94% et

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

65,1954 Km², soit 3,48 % de la superficie. (tableau 3). Les jachères et/ou mosaïques de Les sols nus, les plans d’eaux, la zone marécageuse, les récifs corallien et zone respectivement 16,454 Km² soit 0,88% et sableuse occupent respectivement 0,22%, 108,1061 Km², soit 5,77% (tableau3). 0,37%, 1,30%, 2,64%, 0,19% en 2006

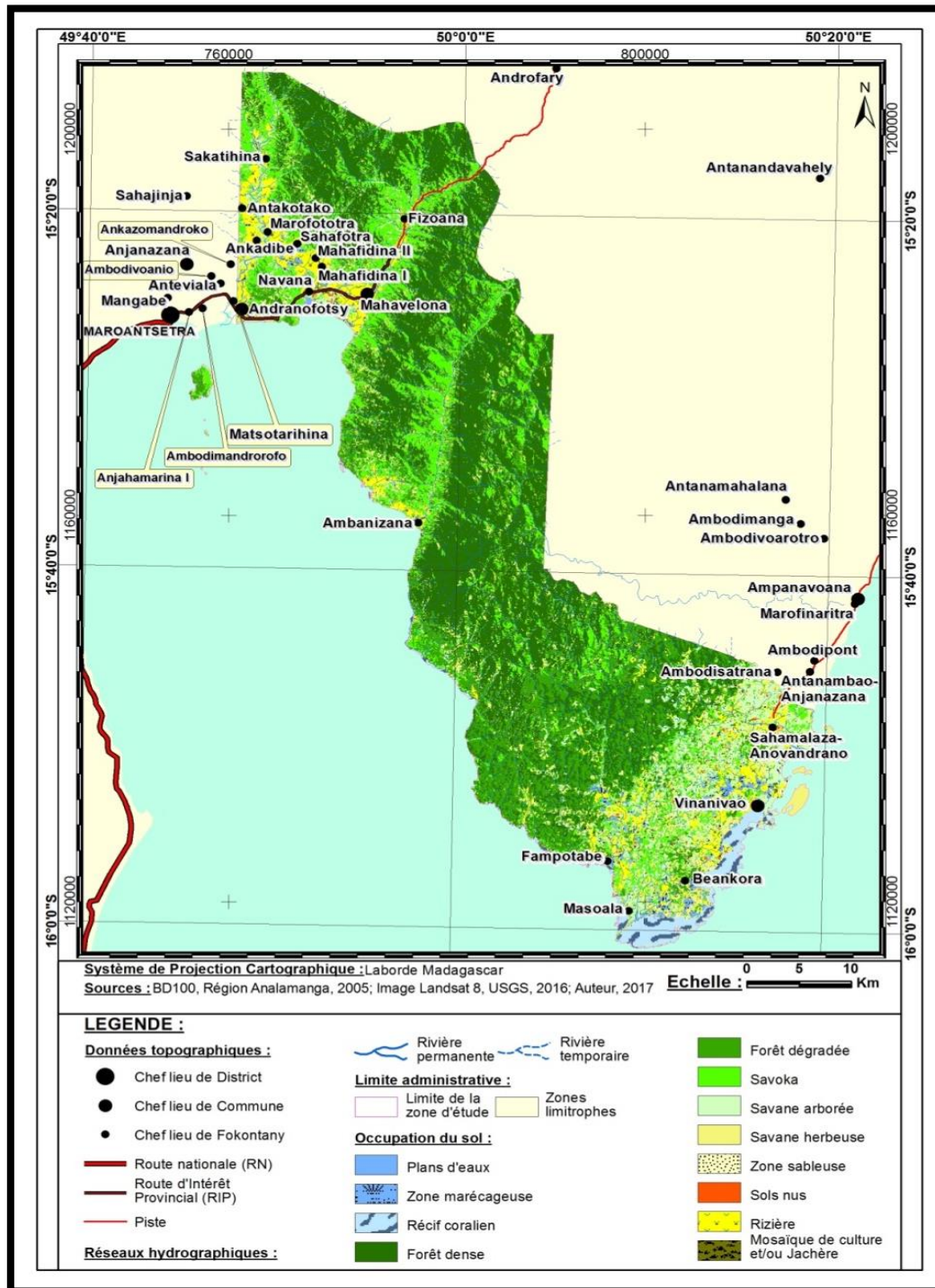
Croquis 3 : Occupation du sol dans les trois secteurs et dans la périphérie du Parc National Masoala en 2006



« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

III-1-1-Etat de l'occupation du sol des trois secteurs du Parc Masoala en 2016

Croquis 4 : Occupation du sol dans les trois secteurs et dans la périphérie du Parc National Masoala en 2016



Les forêts denses humides sempervirentes constituent l'essentiel du couvert forestier du site d'étude en 2016 et représentent 694,9076Km², soit 37,11% de la superficie. Les forêts dégradées y occupent 372,8797Km², soit 19,91%. Elles y sont suivies respectivement par les Savoka sur

303,9177Km², soit 16,23%, par les savanes arborées sur 140,3529Km² soit, 7,49% superficie, les savanes herbeuses sur 151,9725Km² soit 8,12%. Les principales zones de cultures « rizières » se localisent à proximité des villages. Ces espaces sont des domaines de production rizicole et du maïs et

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

y représentent 111,1658Km²soit 5,94%. Les classes des sols nus, des plans d'eaux, de la zone marécageuse, du récif corallien et de la zone sableuse y occupent respectivement 0,26%, 0,35%, 1,13%, 2,28% et 0,17% de la superficie des trois secteurs du parc.

III-2- Dynamique de l'occupation du sol des trois secteurs du Parc National Masoala entre 1996 et 2016

III-2-1-Analyse spatio-temporelle et diachronique de la dynamique de l'occupation du sol

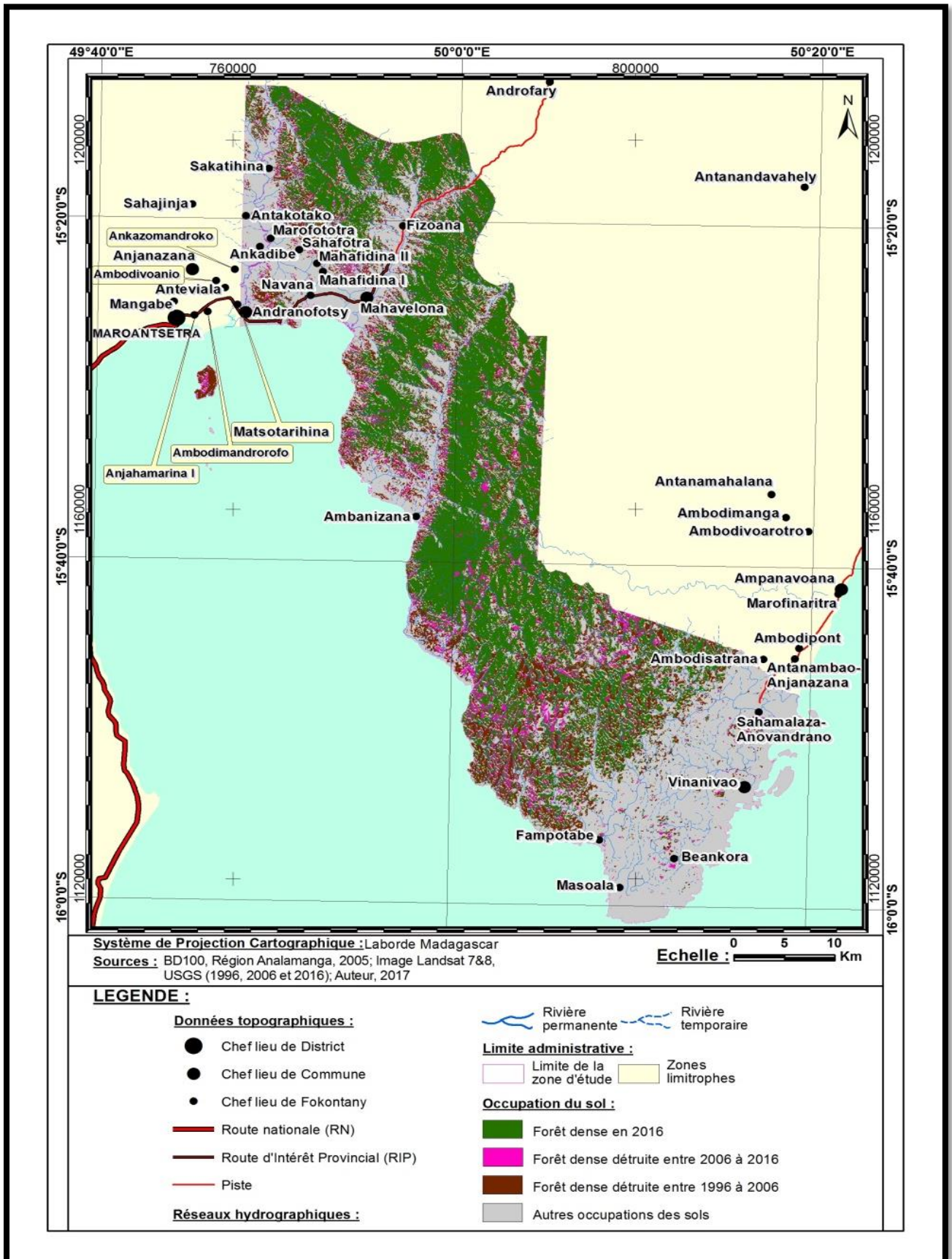
L'examen des croquis 2, 3 et 4 et des tableaux 03 et 04 révèle un changement de l'occupation du sol en général et de la couverture végétale entre 1996 et 2016. Ainsi, il est constaté une régression de la forêt dense en 20ans, car étant passée de 799,7605 Km² (42,71%) en 1996 à 694,9076 Km² (37,11%) en 2016. En général, la forêt dense détruite entre 1996-2006 était de 45,3281 km², dont 11,2793 Km² dans le secteur nord, 19,3977 Km² dans le secteur centre et 14,6511 dans le secteur sud (Tableau 03). De 2006 à 2016, la forêt dense détruite atteignait 59,5248 km², dont 15,9001 Km² dans le secteur nord, 19,4330 Km² dans le secteur centre et 24,1918km² dans le secteur sud (Tableau 04). Il est noté une régénération de la forêt dégradée : en effet, de 357,6101 Km² (19,10%) en 1996, elle était de 346,4705 Km² (18,50%) en 2006 mais, aux termes d'une période d'accalmie en 2009, il fut constaté une extension de la superficie de cette forêt dégradée de 15,2696 Km² (0,81%).

En 2016, les surfaces de Mosaiques de cultures et/ou de Jachères occupent 19,1444Km², soit 1,02% des secteurs cibles et se localisent principalement dans les périphéries Est et Ouest du site. (Tableau 03).

Quant aux sols nus, entre 1996 à 2006 leurs superficies avaient augmenté de 1,5575 Km² (0,08%), tandis qu'entre 2006 à 2016, elles ne connaissaient qu'une augmentation de 0,5935 Km² (0,04%). La superficie des mosaïques de culture a presque doublé en l'espace de 20 ans puisqu'en 1996 elle avait été de 8,6665 Km² (0,46%) pour devenir 19,1444 Km² (1,02%) en 2016. L'augmentation des superficies des rizières, des sols nus, des savanes arborées et herbeuses pourrait être due à des pressions anthropiques. Autour des fokontany et des communes riveraines se développe de plus en plus l'agriculture qui commence à occuper une grande superficie. Il est constaté que la superficie des rizières avait augmenté de 21,7793 Km² (1,16%) entre 1996 et 2006 et de 3,0597 Km² (0,17%) entre 2006 et 2016. Au contraire, cette hausse pourrait être les causes de la diminution des superficies des autres types d'occupations du sol comme celles plans d'eau sur 9,3378 Km² (0,50 %) en 1996, 7,0223 Km² (0,33 %) en 2006 et 6,4782 Km² ((0,35 %) en 2016. Cette baisse de superficie pourrait être due aux prélèvements d'eau dans les retenues ou à la variabilité climatique créant la diminution des écoulements.

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Croquis 5 : Evolution spatio-temporelle de la forêt dense du site en 20 ans (1996 à 2016)



« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Tableau 03 : Statistiques détaillées des occupations du sol entre 1996 et 2016

Types d'occupations du sol	1996		2006		2016	
	Superficie en Km ²	%	Superficie en Km ²	%	Superficie en Km ²	%
Plans d'eau	9,3378	0,50	7,0223	0,37	6,4782	0,35
Zone marécageuse	27,8133	1,49	24,2879	1,30	21,0869	1,13
Récif corallien	53,9014	2,88	49,4472	2,64	42,7261	2,28
Forêt dense	799,7605	42,71	754,4324	40,29	694,9076	37,11
Forêt dégradée	357,6101	19,10	346,4705	18,50	372,8797	19,91
Savoka	279,0817	14,90	307,3033	16,41	303,9177	16,23
Savane arborée	136,2857	7,28	186,1203	9,94	140,3529	7,49
Savane herbeuse	108,7570	5,81	65,1954	3,48	151,9725	8,12
Zone sableuse	2,5066	0,13	3,6505	0,19	3,2646	0,17
Sols nus	2,6337	0,14	4,1912	0,22	4,7847	0,26
Rizière	86,3268	4,61	108,1061	5,77	111,1658	5,94
Mosaïque de cultures et/ou Jachères	8,6665	0,46	16,454	0,88	19,1444	1,02
TOTAL	1872,6811	100,	1872,6811	100	1872,6811	100

Source : Données issues du traitement des images satellitaires 1996, 2006 et 2016

Tableau 04 : Analyse diachronique de l'évolution de la forêt dense de 1996 à 2006 et de 2006 à 2016

Situation de la forêt dense	Secteur Nord MAHALEVONA	Secteur Centre AMBANIZANA	Secteur Sud VINANIVAO	TOTAL
Forêt dense détruite entre 1996-2006	11,2793 Km ²	19,3977 Km ²	14,6511 Km ²	45,3281 Km ²
Forêt dense détruite entre 2006-2016	15,9001 Km ²	19,4330 Km ²	24,1918 Km ²	59,5248 Km ²

Source : Données issues du traitement des images satellitaires 1996, 2006 et 2016

III-3- Facteurs de dégradation des trois secteurs du Parc National Masoala

Les demandes d'informations et les observations directes menées en 2014 et 2016 ont permis d'observer les différentes de pressions subies par les trois secteurs du Parc National Masoala. Il existe trois types de pressions selon leur apparition dans le temps : La pression historique : il s'agit de

celle subie par le Parc dans le passé dont l'impact est encore perceptible puis la pression active : celle qui le sape actuellement et la pression anticipée : celle bien que ne l'affectant ou ne le touchant pas encore risqueraient de l'affecter, si aucune disposition n'était prise dès maintenant (2016) L'enclavement du site est la cause principale des pressions observées (Accès difficile, topographie très accidentée, abondance de rivières bondées des

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

crocodiles, éloignement du parc). Les défrichements pour les cultures, défrichements pour laly (Piège à lémurien), défrichements des mangroves, l'extension de l'habitat humain, la coupe sélective des bois de grande valeur (bois de rose, palissandre), l'exploitation illicite des palmiers rares, les collectes des produits forestiers secondaires et la faible application des lois (Code des Aires Protégées) lui emboitent le pas. Les forêts denses humides sempervirentes (FDHS) de 0 à 400 m, de 400 à 800 m et de 800 à 1200 m du site sont menacées par les défrichements, l'exploitation illicite des bois d'œuvre (*Dalbergia martima*, *Diospyros sp*), la collecte des produits secondaires (*Ravenia lakatra*, *Dyopsis pussilla*, *Evodia bilahe*, *Pandanus spp.*, *Dioscorea ovala*). La forêt de 0-400m est d'une importance particulière car 80% des forêts protégées de cet habitat à Madagascar se trouvent à l'intérieur du Parc National Masoala, et dont la plupart demeurant sans protection existent sur la presque île et dans les trois secteurs du Parc National Masoala. Cet habitat est, sans doute, le plus riche en espèces de tous les habitats de Madagascar, mais également le plus menacé. Pour la Forêt littorale orientale du site, elle est très menacée à cause de sa proximité au village. En ce qui concerne les palmiers, ce sont des espèces très rares et endémiques à Masoala d'une part, et d'autre part, elles sont victimes des pressions anthropiques dans certains site (secteur Mahalevona et Ambanizana) : cueillettes de feuilles et leurs noix et même collectes illicites de leurs graines en vue d'une exportation sont soupçonnées. Les espèces emblématiques retenues comme cibles avec une répartition réduite connue dans la forêt de basse altitude (0 à 400m) des trois secteurs sont : *Voanioala gerardii* (voanioala), *Lemurophoenix halleuxii* (hovitra varignena), *Marojeya darianii* (ravimbe). Des souches d'arbres de 75 cm de diamètre ont été observées, même si leurs effectifs ne sont précisément chiffrés. Lors de la visite du parc, il a été constaté que les localités les plus touchées se trouvent à d'Andravimbe (secteur Nord Mahalevona) et

à d'Ankaramarivo, à Masiaposa et à Amboditangegny (secteur centre Ambanizana). A souligner une l'énorme réduction du domaine vital des animaux et l'ouverture de la canopée du noyau dur de la forêt de Masoala dans le site. La vitesse de dégradation des ressources forestières est alarmante entre 1996 et 2006, en particulier celle de la forêt dense. La surveillance est rendue plus difficile par la superficie du parc et la multiplicité des axes de pénétration, tandis que les agents du Madagascar National Parks ne peuvent être présents partout en même temps. Les zones enclavées ou mal desservies par les routes comme le site d'étude sont des terrains favorables aux vols. L'espace géographique de la zone étudiée favorise les activités des trafiquants, car le milieu est riche en voies d'accès naturels. La pauvreté constitue une des principales causes de l'utilisation des ressources forestières du site. La majorité de la population n'est pas consciente de la valeur cette richesse naturelle locale, de nombreux groupes des jeunes ont tendance à foncer à l'exploiter. Pour leurs besoins temporaires, certains groupes de jeunes locaux ont déjà participé aux coupes illicites des bois de rose qui étaient néanmoins essentiellement dirigées par des gens de l'extérieur en 2012. Selon les informations obtenues, profitant de l'immensité de la zone, de l'insécurité et de la défaillance de l'Etat Malagasy, les voleurs ont impliqué la population locale dans l'exploitation illicite des ressources naturelles du parc, plus précisément dans la coupe sélective des bois de valeur pour mieux satisfaire la clientèle Asiatique. Dans le secteur (Centre) Ambanizana, les Nanto (*Mimusopsis lecontel*) sont abattus, massacrés massivement sous le motif de bois de construction, le Bilahy (*Evodia bilahe*) pour la fabrication du « Betsabetsa » (boisson alcoolisée locale) tout cela sous l'œil complice de l'autorité, ceux-là mettent en danger la survie de la biodiversité forestière de Masoala. Malgré certaines lacunes en matière légale, les lois pour protéger les aires protégées existent (Code des Aires Protégées). Pourtant, elles restent

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

peu appliquées par les autorités compétentes. Souvent, les personnes surprises en flagrant délit sont aussitôt relâchées par les responsables administratifs à la base moyennant paiement d'une amende modique, ce qui favorise la récidive, à l'instar du cas d'une autorité à Sahavary (fokontany limitrophe du secteur Mahalevona) en Juillet 2017. En général, la défaillance du système juridique et du régime foncier, le manque d'assistance technique et le prix élevé de certaines espèces

(Palissandre et bois de rose) accentuent davantage les pressions sur les ressources forestières. Certaines activités connues comme ayant des conséquences néfastes sont souvent tolérées voire encouragées par certaines autorités coutumières ou « Tangalamena » pour cause de pauvreté. Des fois, les infractions sont commises avec l'implication de certaines personnes de l'administration, ce qui rend impossible l'application intégrale de la loi.

Photos n° 01 : Les signes de la destruction des trois secteurs du Parc National Masoala



Source : Mbolamanana Ziva RANDRIAMINAHY, Année 2017

Pour un développement durable du Parc National Masoala, une maîtrise de l'espace s'avèrerait inéluctable en adoptant la stratégie de l'Algoculture et mettre en place le Dina comme système informel et endogène pour sécuriser le milieu rural et le Parc.

IV- STRATEGIE DEVELOPPEE PAR LA POPULATION LOCALE POUR UNE MEILLEURE PROTECTION ET PRESERVATION DURABLE DES RESSOURCES NATURELLES DU PARC NATIONAL MASOALA ET ROPOSITION DU «DINA»

IV-1-L'algoculture : Une ligne directrice orientée vers une esquisse de résolution de la situation.

La culture d'algue est la plus récente des activités du secteur primaire à Madagascar.

Sur la zone côtière du Cap Est Malgache, plus précisément au bord de la grande parcelle terrestre du Parc National Masoala, la Société NaturAlg Madagascar cultive l'algue rouge *Eucheuma striatum*⁵ appelée *Euchema cottonii*, riche en carraghénanes⁶. L'action de NTA (NaturAlg) Madagascar va dans le sens de celles de l'Union Européenne, de la Banque mondiale et de l'Etat malgache, qui unissent leurs efforts contre la destruction des écosystèmes, tant terrestre ou marine. Les emplois créés dans le lagon par cette société se substituent aux activités précaires issues de la coupe illégale des bois précieux.

⁵ *Eucheuma striatum* (Algue rouge) est systématiquement utilisée comme épaississant, stabilisant, émulsifiant, humectant, gélifiants, agent d'enrobage, agent diluant de recouvrement. (NTA, 2013)

⁶ A titre indicatif : Le marché mondial de carraghénanes connaît une croissance notable depuis quelques années suite à l'interdiction des productions d'origine animale. Dans l'alimentation, les carraghénanes sont présents dans les confitures, les gelées, les crèmes glacées, les desserts, les laits aromatisés, les biscuits. Dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique, le produit est utilisé pour les médicaments et les crèmes. (RANDRIARILALA, 1999)

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Ils contribuent à freiner l'exploitation forestière et le défrichage des terres par le feu (Tavy), facteurs principaux d'appauvrissement de la biodiversité locale. Parallèlement, l'algoculteur peut également

• **Coopération de la NTA avec la population locale**

Au Cap Est Malgache et à la périphérie du Parc National Masoala, la pêche artisanale constitue une pression importante dans les 03 aires protégées marines de Masoala. L'exploitation illicite de ses parcs marins s'explique par des critères sociaux et économiques. Sur le plan environnemental, la culture d'algues diminue les pressions exercées par des activités comme la pêche ou la collecte des produits marins. Elle contribue à préserver l'écosystème récifal et ses habitants. La pratique de l'algoculture requiert un environnement sain pour prospérer. Ainsi, cette activité agit comme un outil de sensibilisation sur la nécessité de préserver son l'environnement. Elle est fondamentale dans la région et procure des emplois à la population riveraine. L'algoculture exercée par NTA constitue une solution contre la pêche illicite dans les trois parcelles détachées marines de Masoala. NTA Madagascar développe un partenariat dynamique et efficace avec les VOI (Vondron'Olona Ifotony), à travers un comité local chargé de coordonner l'activité de la mer⁷ et de la terre, afin que la pêche et l'algoculteur de la zone évoluent dans une

éviter la pêche abusive et préserver les 03 Aires marines protégées de Masoala. La pérennité de cette activité est, en outre, assurée par la demande mondiale croissante de carraghénanes.

stratégie commune, contribuant ainsi au développement régional. NTA entretient de bons rapports humains avec les algoculteurs de la région, organisés en auto exploitation. Elle fournit les intrants et le matériel nécessaires aux plantations et assure la logistique depuis la basse vie jusqu'au champ de culture, facilitant ainsi le travail des algoculteurs. L'engagement de NaturAlg Madagascar comprend la formation, l'investissement matériel et la logistique. Ces trois éléments favoriseront la pérennisation de la culture de l'algue rouge sur la zone, source de revenu local, tout en offrant à chacun un vrai partenariat humain. NaturAlg Madagascar a réussi la convertir des pêcheurs et des nombreux coupeurs illégaux de bois précieux en algoculteurs⁸: la production d'algues rouges est désormais effective. Sa croissance dans le lagon du cap Est malgache génère, pour de nombreuses familles, une activité économique durable. La société NTA a transformé la vie de la population locale en permettant aux algoculteurs de vivre de leur travail. En plus, ces derniers veillent à éviter également l'abattage illégal de bois de grande valeur et les effets désastreux des défrichements, sur cette zone naturelle particulièrement sensible.

⁷ Le système de culture se fait par bouturage. Il consiste à découper en fragments de 70 à 10g de thalles d'Euclima. C'est la méthode appelée « le système philippin ». Un fil en nylon monofilament de 1 à 3 m de diamètre est maintenu perpendiculairement au courant, par fixation sur piquet planté au sol. (RANDRIARILALA, 1999)

⁸ A titre indicatif : 122 ouvriers recrutés par NTA en 2013. Source : NTA Madagascar 2012

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Photos n°02 : Les emplois créés par la société NaturAlg Madagascar depuis son implantation en 2013 à Ambodirafia-Antalaha (Région SAVA)



Source : Ziva Mbolamanana RANDRIAMINAHY et NTA, Année 2017.

• Un partenariat efficace en vue d'une action commune

L'action de NaturAlg Madagascar pour l'algoculture, dont l'exploitation est implantée dans le lagon du Cap Est, à proximité immédiate du Cap Masoala, participe très activement à la préservation et à la protection de cet endroit magnifique, encore isolé du monde, tout en s'inscrivant dans une démarche économique durable. L'algoculture se pratique toute l'année offrant à la population riveraine une source de revenus stable, ce qui n'est pas le cas de la pêche par exemple. Elle représente une voie prometteuse de développement durable pour le Parc National Masoala. Il n'existe pas de classe d'âges pour être algoculteur et

certaines personnes âgées en retirent des revenus non négligeables d'après les informations obtenues auprès du Directeur de la NTA. Les femmes y jouent un rôle prépondérant par exemple : l'Atelier de bouturage et de cordage leur est réservé. L'algoculture est une petite industrie en soi, où le fermier reste indépendant tout en maintenant ses cultures traditionnelles locales. NaturAlg Madagascar assure le transport des algoculteurs, de la basse vie jusqu'au champ de culture. La société leur offre, en outre, la formation technique et le matériel de plantation. La basse vie est située au sein du village. C'est là que s'organisent la logistique, le séchage des algues et le départ des navires.

Photo n°03 : La société NaturAlg Madagascar



Source : Mbolamanana Ziva RANDRIAMINAHY et NTA, Année 2017

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

IV-2-Le Dina

Le « Dina » est inspiré d'un ensemble de règles lesquelles régissent la vie de la société. Il est proposé par le chef de région, à partir des desideratas de la population pour instaurer la paix sociale indispensable à la promotion de l'économie et du développement local. Le dina est issu d'une logique contractuelle liant les membres de la société désireuse de vivre en paix. Par conséquent il puisse donc ses sources dans les sentiments d'insécurité, engendrés par les vols de produits agricoles.

L'avis du Procureur de la République est indispensable à l'homologation du « Dina », qui devrait être enregistré officiellement et praticable dans tous les districts de la Région dont Maroantsetra. Il serait à préciser qu'avant toute mise en œuvre effective du dina, une campagne de formation et d'information soit dispensée par les autorités locales au profit des membres des Comités

Pour la Circulation des bois

- Pour les bois de menuiserie destinés à la vente en dehors du district, le Chef d'Arrondissement Administratif délivre le passeport avec le papier relatif au marquage des bois.
- La circulation nocturne des bois est prohibée par le « Dina ».
- La circulation est libre à partir de six heures du matin jusqu'à dix-huit heures du soir.
- L'évacuation des bois doit être déclarées au Chef du fokontany et au Comité locale du Parc, en cas de repos des transporteurs d'un ou de plusieurs jours dans le fokontany.
- Les surveillances du parc sont obligatoires pour les hommes aptes de 18ans à 45ans, sous le contrôle du Chef Fokontany et du CLP.
- Les personnes arrêtées après enquêtes du fokonolona sont amenées à l'autorité compétente avec le procès-verbal de l'enquête.

exécutifs du « Dina » de tout niveau. Tous les habitants qui souhaiteraient migrer devraient faire une déclaration au chef de fokontany au moment de leur départ. De ce fait, leurs noms devraient être radiés du registre du Fokontany. Les migrants qui penseraient s'installer dans un autre fokontany devraient avoir un certificat de radiation du registre de son ancien fokontany. Par conséquent il devrait présenter à son nouveau fokontany les pièces d'identité régulièrement exigées, il en est de même pour la déclaration au chef de fokontany du propriétaire de la maison qui les accueille. Tous les visiteurs qui restent une nuit dans un village doivent être déclarés verbalement avec l'obligation de présentation de leur carte d'identité Nationale par la personne les hébergeant au responsable du fokontany. Ce dernier doit enregistrer les informations dans le registre réservé aux visiteurs du fokontany.

- Les personnes qui ne délivrent pas l'auteur de vol de bois de valeur aux autorités ou qui ne dénoncent pas le lieu de refuge des malfaiteurs sont considérées comme voleurs et sanctionnées par le « Dina »

• La politique de gestion du site

La couverture territoriale en matière de sécurisation rurale

Elle réside dans l'acte de présence des forces de l'ordre auprès de la population et la couverture spatiale de la campagne.

Elle nécessite d'avoir une banque de données sur :

- ✓ La zone victimes des coupes illégales des bois de valeur :

Nombre cas

Nombre de souches de bois du parc coupés

Organisation d'auto-défense villageoise

- ✓ Les passages obligés des trafiquants

Nombre de cas

Nombre de souches des bois volés observés dans la zone

Considération de la population environnante

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

Coordination des Actions :

- ✓ Les éléments de la Gendarmerie et du Compagnie Militaire le plus proche agiront par des opérations complémentaires
- ✓ Les éléments OPJ (Officier de Police Judiciaire) de la Gendarmerie seront détachés pour soutenir les éléments de l'Armée en mission de sécurisation auxquels ils font partie intégrante.
- ✓ L'organisation de l'auto-défense villageoise se focaliserait sur les efforts des éléments GN, tandis que la préoccupation du Madagascar National Parks, des gardes côtes porteront sur le contrôle autour du parc.

Concernant le comportement de certains agents de la justice et des forces de l'ordre, les solutions classiques ci-après mériteraient d'être recommandées :

- Affectation périodique
- Suivi de près par leur hiérarchie compétente
- Possibilité de sanctions disciplinaires pour les corrompus
- Renforcement du BIANCO dans les zones
 - ✓ réputées comme zone rouge aux vols de bois de grande valeur du parc zone d'étude. Jusqu'ici, aucune action répressive du Bianco n'a été constatée.

CONCLUSION

Une analyse de la dynamique occupation du sol des trois secteurs du Parc National Masoala entre 1996 et 2006 a été réalisée à partir des traitements d'images satellites Landsat 8 et 7 fournies par USGS ayant les références 158/71 et 157/71. La méthode de classification supervisée a permis d'y discriminer 12 classes d'occupation du sol, à savoir : Plans d'eau, zone marécageuse, récif corallien, forêt dense, forêt dégradée, savoka, savane arborée, savane herbeuse, zone sableuse, sols nus, rizière et mosaïque de cultures. En effet, cette étude a permis d'obtenir les preuves sur l'augmentation ou la diminution des superficies de types des classes d'occupation du sol en l'espace de 20 ans (1996 à 2016), plus précisément de suivre l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol du site étudié. L'analyse diachronique des images satellitaires a permis d'y mettre en évidence ses mutations importantes. Les défrichements pour les cultures, les défrichements pour laly (Piège à lémurien), et la coupe sélective des bois de grande valeur sont les facteurs explicatifs de la dégradation des trois secteurs du Parc National Masoala. L'adoption de la Stratégie développée par la population locale en

convertissant des ex coupeurs illégaux des bois précieux en algoculteurs pourraient mieux résoudre de façon efficace la protection et la préservation durables des trois secteurs du parc national Masoala. D'ailleurs, les actes criminels (trafics de bois de rose) pourraient être éradiqués par la volonté d'agir ensemble de tous les acteurs de la paix sociale et, par conséquent le développement que sont la population, les élus, MNP, l'administration et les forces Armées. La présente étude ne prétend pas avoir traité tous les aspects de la destruction et de l'évolution de l'occupation du sol dans le site. Toutefois, elle a certainement apporté un éclaircissement sur certains obstacles au développement du parc et pourrait être utile à l'identification efficace des secteurs vulnérables des forêts denses. Les cartographies permettraient aux décideurs et autorités locales de mettre en place des stratégies adéquates pour surveiller des espaces soumis aux risques de défrichements et pour restaurer des secteurs déjà exploités. Aussi, utiliser la télédétection pour cartographier la dynamique des forêts classées, à moindre coût, permettrait d'améliorer les politiques de gestion de ces entités en localisant les espaces agricoles et ceux soumis aux actions anthropiques

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

BIBLIOGRAPHIE

AKOEGNINO (A), AKPAGANA (K), 1997 : « Étude cartographique et dynamique de la végétation de l'aire classée de la colline de Savalou (Bénin) ». J. Bot. Soc. bot. Fr., 3, p 69-81.

ANDRIAMBAHOAKA (H), RANDRIANARIVELO G.-B, 2001 : « Etude sur les procédures d'attribution des permis, de suivi et de contrôle des produits forestiers ». Etude CIRAD-Forêt, SCAC Antananarivo, DGEF, Antananarivo, 43p.

AUBERTIN Catherine et RODARY Estienne, 2008 : « Aires protégées, espace durables ? ». Marseille, IRD Editions, coll. Objectifs Suds, 2016p.

AXEL (A), DEVIGNEAU (J.L) et VIDAL (M), 2005 : « Les facteurs principaux de l'évolution des milieux riverains du Mouhon près de Boromo (Burkina Faso) : changement climatique ou dégradation anthropique ? ». Sécheresse, vol. 16, n° 3, p. 199-207.

BATTISTINI (R), 1964 : Les caractères morphologiques du secteur littoral compris entre Foulpointe et Maroantsetra 157p. Madagascar Revue de géographie n°04.157p

BATIONO, TAONDA, ILBOUDO (D), GUISSOU (T), ILBOULDO (B), 2006 : «Approche Fermes Écologiques et gestion durable des ressources naturelles dans le Centre-Ouest du Burkina Faso». Journal forestier Suisse, 157, 11, p 513-518.

BERTIN (J), 1967 : « Sémiologie graphique, les diagrammes-les réseaux-les cartes ». Edition MASSON & C^{ie}, Paris-La Haye, 462p.

BONN, 1996 : «Précis de Télédétection». Volume 2-Applications thématiques .Presse de l'Université du Québec/AUPELF, 633p.

BOUMEDINE BOIGELOT, 2007 : « Méthode et outils de diagnostic pour l'aide à la décision, Application à la création de Zones d'Activités Economiques dans une optique de Développement Durable ». Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, 277p.

B.H. DAOUD, 1997 : « Intégration de l'analyse multicritère dans les systèmes d'information géographique, développement d'un prototype MapInfo-Electre ». Centre National des Techniques Spatiales, Arzew, Algérie, Thèse de magister, 93 p.

COUDREAU (J), 1937 : « La forêt malgache : son rôle dans l'économie générale du pays, sa conservation, son amélioration ». Antananarivo, Bulletin Economique de Madagascar, p.75-96.

DUJARDIN(F), 2010 : « Conception et élaboration d'un système d'information pour la gestion des ressources en géomantique ». CNAM, Paris, 144p.

FAHRIG L, 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Ann RevE col Evol Syst 34: 48-75-15.

GLOBAL WITNESS ET ENVIRONMENTAL INVESTIGATION AGENCY, 2009 : « Enquête sur l'Exploitation, le Transport et l'Exploitation illicite de bois précieux dans la Région SAVA à Madagascar », 43p.

GADDAS (F), 2001 : « Proposition d'une méthode de cartographie des pédopaysages, application à la moyenne vallée du Rhone ». Institut National Agronomique Paris-Grignon, 203p.

HAGEN (R), RAHARISON (R), RARIVOMANANA (P), RAJAONSON (B). 2000 : « L'évaluation des projets pilotes d'aménagement des forêts naturelles à Madagascar ». Directions générale des eaux et forêts, DGEF, 55p.

« Dynamique spatio-temporelle forestière des trois secteurs du Parc National Masoala suivie par télédétection et stratégies de conservation (Nord-est de Madagascar) »

- JEREMY (B), YOUSOUFOU (S), YAHAYA (S), JEAN (C), LAURE (G), CHANTAL KZ, et al, 2007: «Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional Park : A pilot study. Biol Conserv 238 : 73-88.
- JAONASY (J.B) : « La déforestation et ses Impacts sur le milieu dans la commune rurale d'Ambohitralanana, District d'Antalaha (Région SAVA) », Mémoire de maîtrise de géographie. Université de Toamasina, 94p.
- K.E.N'GUESSAN, 1990 : « Etude de l'évolution de la végétation du V Baoulé (contact forêt/savane en Côte d'Ivoire) par télédétection ». Télédétection Secheresse. Ed.AUPELF-UREF.pp.1881-196.
- LAU, 1997: « Geomorphologic Distribution of Normalized Difference Vegetation Index ». Proceedings online of the Asian conference on Remote Sensing (ACRS), (<http://gisdevelopment.net/aars/1997/ts10/ts10004.asp>).
- LISAN Benjamin, 2015 : « Le trafic de bois de rose à Madagascar ».101p
- ONE, DGDF, FTM, MNP, et CI, 2013 : « Evolution de la couverture des forêts naturelles à Madagascar2005-2010 ». Antananarivo, 42p
- PANEGOS (P), 2011 : « Le lien entre Aires protégées et Service Environnementaux. Cas de Madagascar ». Master II Economie et Gestion de l'Environnement, Université Montesquieu Bordeaux IV. Programme SERENA, C3EDM/IRD, 53p.
- Projet de conservation et de développement intégré de Masoala (1993-1996)
- RAMAMONJISOA (B), 2001 : « Analyse d l'évolution des stratégies de conservation de la biodiversité à Madagascar ». Stocktaking USAID, 35p.
- RAMAMONJISOA (B), 2004 : « Origines et impacts des politiques de gestion des ressources naturelles à Madagascar ». Journal forestier Suisse, 155,p 467-475.
- RANDRIAMALALA Hery et Zhou LIU, 2010 : «Bois de rose de Madagascar : Entre démocratie et protection de la nature »,56p
- RATOVOSON (C), Décembre 1979 : « Les problèmes du Tavy sur la côte-Est malgache ». In Madagascar Revue de Géographie n° 35.pp 141-163.
- STASSE (A), 2012 : « La filière Bois de rose (Région d'Antalaha-Nord est de Madagascar) »,95p.
- STEVEN M. Goodman, 2008 : « Paysage naturel et biodiversité de Madagascar » pp 515-536.
- WEBER (J), 1995 : « L'occupation humaine des aires protégées à Madagascar : diagnostic et élément pour une gestion viable ». Natures-Sciences –Société, vol.3(2), p.157-164.