

Etude écologique pour la gestion des mangroves à Madagascar

Comparaison d'une mangrove littorale et d'estuaire à l'aide de la télédétection

Inauguraldissertation

zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie
vorgelegt der
Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Basel
von

Clarah Arison Julie Andriamalala
aus Madagaskar, Antananarivo

Basel, 2007

**Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
auf Antrag von**

Prof. Dr. Peter Nagel

Prof. Dr. Eberhard Parlow

PD. Dr. Ralf Peveling

Basel, den 27. März 2007

Prof. Dr. Hans-Peter Hauri

Dekan

Résumé

Comme les forêts tropicales, les forêts de mangrove ne sont pas épargnées du recul constant en superficie à Madagascar, comme partout dans le monde. Les mangroves sont d'une grande richesse, groupant une gamme d'activités humaines comprenant la pêche traditionnelle de subsistance en premier lieu, l'extraction de bois de construction et de combustible orientée vers le marché ainsi que l'affermage crevetteière moderne.

A Madagascar, l'ingérence du marché de bois de mangrove à des fins diverses détruit celle-ci et risque sa future disparition sans une gestion adéquate. Les ressources naturelles liées aux mangroves provoquent certains heurts qui surgissent entre la conservation et les intérêts d'exploitation.

Les deux sites d'étude, Mariarano et Boanamary, sur la côte nord-ouest de Madagascar, présentent des aspects différents. Ils ont été étudiés et comparés afin de comprendre l'écologie, l'utilisation et l'exploitation des mangroves en vue d'une gestion durable. Pour cela, l'étude a utilisé les techniques de télédétection, des inventaires biologiques, des questionnaires et des analyses socio-économiques. Les données sont présentées dans un système d'information géographique. Des cartes thématiques de synthèse à partir de l'analyse de la télédétection ont été produites montrant les formations actuelles des mangroves étudiées, leur répartition et leur exploitation anthropogénique.

A partir de ces résultats, une proposition d'aménagement a été faite pour le cas de Mariarano. Il s'agit d'une base de planification pour une protection améliorée et/ ou pour une utilisation durable des mangroves.

Mots-clés : Mangrove, télédétection, écologie, enquête, atelier, gestion durable, Madagascar.

Summary

Like tropical rain forests, mangrove woodlands do not remain unaffected by a continuous surface loss, neither in Madagascar nor in other parts of the world. Mangroves contain a great richness. They support different economic activities, especially traditional subsistence fishery, but also a market-oriented extraction of timber and fuel wood, as well as the installation of modern shrimp farms.

In Madagascar, the activities of a multi-purpose mangrove wood market are threatening the sensitive mangrove ecosystems. Without an appropriate management, this involves the risk of its disappearance. Natural resources linked with the mangroves are a source of conflicts of interests between people promoting conservation or exploitation advantages.

Both study areas, Mariarano and Boanamary on the north-western coast of Madagascar, present different aspects. They were studied and compared in order to understand their ecology, as well as the use and exploitation of mangrove wood – aiming at an ecologically and socio-economically sustainable management. For that purpose, the present work used remote sensing techniques, biological inventories, standardized questionnaires, and socio-economical analyses. The results were integrated in a Geographical Information System. Synthetic thematic maps based on satellite detection analyses show the studied mangrove formations in their present-day distribution as well as the extend of exploitation by man.

Starting from these results, a planning concept was elaborated for the site of Mariarano, as a basis for a better protection and/ or a sustainable use of the mangroves.

Zusammenfassung

Wie die tropischen Regenwälder bleiben auch die Mangrovenwälder nicht von einem ständigen Flächenschwund verschont, in Madagaskar wie andernorts auf der Welt. Die Mangrovengehölze beherbergen einen grossen Reichtum. Sie bieten sich für eine Reihe menschlicher Nutzungsaktivitäten an, insbesondere für den traditionellen Subsistenz-Fischfang, aber auch für die Marktorientierte Entnahme von Bau- und Brennholz sowie für die Anlage moderner Shrimps-Farmen.

In Madagaskar wirken sich die vielschichtigen Eingriffe des Mangrovenholzmarktes zerstörerisch auf die sensiblen Ökosysteme aus. Ohne angepasstes Management riskiert man deren Verschwinden. Die natürlichen Ressourcen und Einkommensquellen aus den Mangrovenwäldern verursachen Auseinandersetzungen aufgrund der Interessenskonflikte zwischen den Vorteilen des Schutzes einerseits und der Ausbeutung andererseits.

Die beiden untersuchten Standorte Mariarano und Boanamary liegen an der Nordwestküste Madagaskars und zeigen verschiedenartige Aspekte der Mangroven. Sie wurden studiert und verglichen, um deren Ökologie, Nutzung und Ausbeutung zu erfassen – auch im Hinblick auf ein nachhaltiges Management. Dazu benutzte die vorliegende Arbeit Fernerkundungsverfahren, biologische Bestandesaufnahmen, standardisierte Fragebögen und sozioökonomische Analysen. Die erhobenen Daten wurden in ein Geographisches Informations-System (GIS) eingespeist. Die thematischen Synthesekarten, hergestellt auf der Basis von Fernerkundungsanalysen, zeigen die untersuchten Mangroven-Formationen in ihrer aktuellen Zusammensetzung und Verbreitung, sowie das Ausmass des anthropogenen Holzschlags.

Ausgehend von den Ergebnissen der Studie wurde für Mariarano ein Planungskonzept erarbeitet – als Basis für einen verbesserten Schutz und/ oder für eine nachhaltige Nutzung der Mangroven.

PREFACE ET REMERCIEMENTS

Le présent travail n'aurait pas été possible et pleinement réussi sans le grand engagement d'un bon nombre de personnes. J'exprime ici ma gratitude très profonde vis-à-vis des institutions et des personnes suivantes :

- L'Institut «Natur-, Landschafts- und Umweltschutz» (NLU-Biogeographie), la FAG (Freie Akademische Gesellschaft Basel) et la KFPE (Kommission für Forschungspartnerschaften mit Entwicklungsländern) pour le financement de ma thèse.
- Prof. Dr. Peter Nagel, de l'Institut Biogéographie (NLU), Université de Bâle, qui exprime son intérêt pour les recherches en Afrique aussi par la voie de ce projet sur les mangroves de Madagascar. Il m'a procuré un lieu de travail avec une atmosphère sereine et m'a toujours soutenu pendant mon séjour en Suisse.
- Prof. Dr. Eberhard Parlow, de l'Institut de la météorologie, Université de Bâle, qui a consacré son temps précieux pour me conseiller en matière de télédétection malgré ses multiples occupations.
- PD. Dr. Ralf Peveling, de l'Institut Biogéographie (NLU), Université de Bâle, qui, par ses multiples suggestions, a largement contribué à la réussite de ce travail.
- Le Service des Eaux et Forêts de Mahajanga, la SOMAQUA (Société d'Aquaculture de Mahajanga), le Service de la Pêche et des Ressources Halieutiques de Mahajanga et le programme GTZ – Protection et gestion durable des ressources naturelles – de Mahajanga et d'Antananarivo, Madagascar, en particulier Monsieur Tombo Arthur.
- Les populations locales des Fokontany de Mariarano et de Boanamary pour leur étroite collaboration pendant le travail sur le terrain réalisé entre 2004 et 2006.
- Les responsables locaux de Mariarano et de Boanamary (Maires, adjoints au Maire, présidents des Fokontany, présidents des VOI et leurs membres) pour leur précieuse collaboration.
- Dr. Razafinjara Lala, Directeur de recherche et du Laboratoire Pédologique de Tsimbazaza de Madagascar, pour ses conseils pour l'analyse des échantillons de sol et Prof. Dr. Till Förster, Ethnologisches Seminar, Université de Bâle, pour ses conseils concernant la réalisation de l'enquête.

- Le département de l'Ecologie et de la Biologie Végétale (DEBV) de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, en particulier Dr. Jeannoda Vololoniaina et Dr. Roger Edmond, ainsi que l'Institut et Observatoire de Géophysique d'Antananarivo (IOGA), en particulier Dr. Rakotondraompiana Solofo, pour leur collaboration dans le projet de thèse.
- Les étudiants de la DEBV, Rajerisoa Tefinirina et de l'IOGA, Razafindramasy Vololona qui ont exprimé leur intérêt sur le thème mangrove en acceptant de participer activement dans la réalisation de l'enquête.
- Les bibliothèques de l'Université d'Antananarivo, de la Météorologie d'Ampandrionomby, de la GTZ, de l'IRD, du CITE, du WWF et du CNRE qui m'ont ouvert grand leur porte en mettant leurs documents à ma disposition.
- Les collègues de l'Institut Biogéographie (NLU), Université de Bâle, en particulier Dr. Michèle Glasstetter qui a revu et corrigé le manuscrit de ma thèse.

En dernier lieu, je remercie toute ma famille, en particulier mes parents, amis et connaissances pour les diverses recommandations et le soutien moral qu'ils m'ont toujours donné tout au long de mes études.

Je dédie cette thèse à mon mari Aina, à mon fils Arison qui ont fait des sacrifices et ont fait preuve de persévérance durant les longues séparations sur terrain, et à notre futur bébé Andy qui m'a beaucoup supporté pendant les courtes nuits vers la fin de ce travail.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|----|
| RESUME..... | 1 |
| SUMMARY | 2 |
| ZUSAMMENFASSUNG..... | 3 |
| PREFACE ET REMERCIEMENTS..... | 4 |
| TABLE DES MATIERES | 16 |
| LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS..... | 10 |
| SIGLES ET ABREVIATIONS | 14 |
| GLOSSAIRE..... | 16 |
| 1. INTRODUCTION..... | 20 |
| 1.1. CONTEXTE..... | 20 |
| 1.2. HISTORIQUE..... | 21 |
| 1.3. PROBLEMES ET ENJEUX | 22 |
| 2. LE MILIEU D’ETUDE..... | 27 |
| 2.1. GENERALITES..... | 27 |
| 2.1.1. Répartition de la mangrove | 27 |
| 2.1.2. La forêt de mangrove | 31 |
| 2.1.2.1. Définition | 31 |
| 2.1.2.2. Ecologie de mangrove..... | 32 |
| 2.2. PRESENTATION DES ZONES D’ETUDE | 40 |
| 2.2.1. Choix des zones d’étude..... | 40 |
| 2.2.2. Description des zones d’étude..... | 40 |
| 2.2.2.1. Situation géographique et administrative..... | 40 |
| 2.2.2.2. Infrastructure | 43 |
| 2.2.2.3. Climatologie..... | 45 |
| 2.2.2.4. Sol et relief..... | 50 |
| 2.2.2.5. Hydrologie..... | 51 |
| 2.2.2.6. Végétation | 54 |
| 3. METHODOLOGIE..... | 56 |
| 3.1. METHODOLOGIE DE L’ENQUETE ET DE L’ATELIER..... | 56 |
| 3.1.1. Les villages et les personnes ciblées pour l’enquête | 56 |
| 3.1.2. Le pré-test et le questionnaire de l’enquête..... | 58 |
| 3.1.3. L’atelier | 59 |

| | |
|---|-----|
| 3.2. MATERIELS ET METHODES DE TELEDETECTION | 60 |
| 3.2.1. Données utilisées et matériel informatique | 60 |
| 3.2.2. Méthode de traitement des données | 63 |
| 3.3. Méthode d'étude du sol et de l'eau | 71 |
| 3.3.1. Choix des sites et prélèvement des échantillons de sol | 71 |
| 3.3.2. Choix des sites et prélèvement des échantillons d'eau | 73 |
| 3.3.3. Analyse in situ et au laboratoire | 74 |
| 3.4. Méthode d'étude de végétation | 78 |
| 3.4.1. Choix des relevés | 78 |
| 3.4.2. Paramètres étudiés | 80 |
| 3.4.3. Méthode d'analyse et de calcul | 80 |
| 3.4.3.1. Méthode de groupement et d'ordination | 80 |
| 3.4.3.2. Méthode d'analyse statistique | 82 |
| 3.4.3.3. Méthode de calcul du taux de régénération | 83 |
| 3.4.3.4. Méthode de calcul du biovolume | 83 |
| 4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS | 84 |
| 4.1. Etude éco-socio-économique | 84 |
| 4.1.1. MARIARANO | 84 |
| 4.1.1.1. Statistique de Mariarano | 85 |
| 4.1.1.2. Economie de mariarano | 86 |
| 4.1.1.3. Historique | 89 |
| 4.1.1.4. Exploitation massive des bois de mangrove | 90 |
| 4.1.1.5. Commercialisation | 96 |
| 4.1.1.6. Utilisation des palétuviers à Mariarano | 97 |
| 4.1.1.7. Les ressources autres que les bois de mangrove | 101 |
| 4.1.1.8. Loi et gestion des mangroves | 104 |
| 4.1.1.9. Faune et flore de Mariarano | 106 |
| 4.1.2. BOANAMARY | 107 |
| 4.1.2.1. Statistique de Boanamary | 107 |
| 4.1.2.2. Economie | 108 |
| 4.1.2.3. Historique | 110 |
| 4.1.2.4. L'exploitation des bois de mangrove | 112 |
| 4.1.2.5. Utilisation des bois des palétuviers à Boanamary | 115 |
| 4.1.2.6. Les ressources autres que les bois de mangrove | 117 |
| 4.1.2.7. Evaluation du transfert de gestion des mangroves | 120 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.2.8. Faune et flore de Boanamary | 124 |
| 4.1.3. CONCLUSION | 125 |
| 4.2. L'APPLICATION DE LA TELEDETECTION | 127 |
| 4.2.1. Résultats et interprétations | 127 |
| 4.2.1.1. Modèle numérique d'élévation..... | 127 |
| 4.2.1.2. Classification de l'image Landsat TM et Aster..... | 130 |
| 4.2.1.3. L'évolution des mangroves | 141 |
| 4.2.1.4. L'évolution de la ligne des cotes..... | 146 |
| 4.2.2. CONCLUSION | 150 |
| 4.3. ETUDE ECOLOGIQUE DES MANGROVES | 151 |
| 4.3.1. Etude hydro-chimique et du substrat..... | 151 |
| 4.3.1.1. Résultats d'analyse..... | 151 |
| 4.3.1.2. Interprétation des résultats | 153 |
| 4.3.1.3. Conclusion..... | 163 |
| 4.3.2. Etude de la végétation | 165 |
| 4.3.2.1. Diversité floristique du milieu d'étude..... | 165 |
| 4.3.2.2. Zonation | 167 |
| Les différents types de peuplement..... | 167 |
| Les caractéristiques des différentes régions de mangrove | 168 |
| 4.3.2.3. Etude des mangroves de Mariarano et Boanamary | 174 |
| Groupements des relevés..... | 174 |
| Analyse des caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary | 178 |
| Analyse de corrélation avec les différents paramètres écologiques..... | 188 |
| 4.3.2.4. Conclusion..... | 196 |
| 5. PERSPECTIVE D'UNE GESTION DURABLE DES MANGROVES..... | 198 |
| 5.1. LA GESTION DES MANGROVES A MADAGASCAR | 198 |
| 5.1.1. Les textes officiels relatifs aux mangroves | 198 |
| 5.1.2. Le régime juridique de l'exploitation de la mangrove..... | 199 |
| 5.1.3. La politique nationale de développement durable des zones côtières de Madagascar..... | 199 |
| 5.1.4. Le transfert de gestion | 201 |
| 5.2. SUGGESTION D'ELABORATION D'UN PLAN D'AMENAGEMENT DES MANGROVES. CAS DE MARIARANO..... | 204 |
| 5.3. RECOMMANDATIONS..... | 209 |
| 6. Discussions et conclusion generale | 212 |

| | |
|---|-----|
| 6.1. DISCUSSIONS | 212 |
| 6.2. CONCLUSION GENERALE | 218 |
| BIBLIOGRAPHIE | 220 |
| ANNEXES | 165 |
| ANNEXE 1 : Données brutes des relevés floristiques de Mariarano et Boanamaray | 165 |
| ANNEXE 2. Questionnaire pour l'enquête en version malgache (a) et française (b) | 231 |
| ANNEXE 3 : Faune de Mariarano et de Boanamaray | 239 |
| ANNEXE 4. Points de références GPS pour le choix des zones d'entraînement des espèces de mangrove | 248 |
| ANNEXE 5 : Séparabilité des classes par Jeffries-Matusita pour l'image satellitaire de Mariarano | 250 |
| ANNEXE 6 : Séparabilité des classes par Jeffries-Matusita pour l'image satellitaire de Boanamaray | 259 |
| ANNEXE 7 : Résultats de la classification en pixels par la matrice de confusion de l'image satellitaire de Mariarano | 262 |
| ANNEXE 8 : Résultats de la classification en pixels par la matrice de confusion de l'image satellitaire de Boanamaray | 264 |
| ANNEXE 9 : Données des échantillons de sol | 265 |
| ANNEXE 10 : Liste floristique rencontrée dans la région de Mariarano et Boanamaray | 267 |
| ANNEXE 11 : Textes détaillés sur la forêt de mangrove et du transfert de gestion | 268 |

LISTE DES FIGURES ET DES PHOTOS

- Fig. 1 :** Carte de localisation des deux sites
- Fig. 2 :** Les mangroves de Madagascar selon Kiener (1966) modifié.
- Fig. 3 :** Les racines aériennes des palétuviers
- Fig. 4 :** Situation géographique de Mariarano et de Boanamary
- Fig. 6 :** Fréquence annuelle de directions de vent de la station de Mahajanga (1990 à 2000)
- Fig. 7 :** Variation des marées journalières durant l'année 2004 dans la station Hellville
- Fig. 8 :** La situation géographique de la station océanographique de Helville
- Fig. 9 :** Image superposée des trois parties d'images ASTER
- Fig. 10 :** Organigramme de traitement
- Fig. 11 :** Bande 4-5-7 de Landsat TM en couleur infrarouge
- Fig. 12 :** Bande 3-2-1 de l'image ASTER en couleur infrarouge
- Fig. 13 :** Les points d'échantillonnage de sol dans le plateau
- Fig. 14 :** Protocole d'échantillonnage des relevés floristiques sur une parcelle de 450 m²
- Fig. 15 :** Carte communale de Mariarano
- Fig. 16 :** Carte du site d'étude de Mariarano
- Fig. 17 :** Exploitation des bois des palétuviers
- Fig. 18 :** Type de bateau utilisé pour le transport
- Fig. 19 :** Embarquement des produits de bois
- Fig. 20 :** Les bois de palétuviers dans la construction de maison
- Fig. 21 :** Bois utilisé dans la construction de bateau
- Fig. 22 :** Utilisation des bois pour la clôture
- Fig. 23 :** Charbon de bois de mangrove
- Fig. 24 :** Variation de la production de pêche avant 1990 et en 2005
- Fig. 25 :** Pourcentage de la fréquence des espèces dans les différents lieux de mangrove à Mariarano
- Fig. 26 :** Carte communale de Boanamary
- Fig. 27 :** Carte du site d'étude de Boanamary
- Fig. 28 :** Aménagement dans la mangrove et sur les tannes
- Fig. 29 :** Variation de la production de pêche avant 1997 et 2005
- Fig. 30 :** Pourcentage des espèces animales recensées à Mariarano et Boanamary
- Fig. 31 :** Pourcentage de la fréquence des espèces dans les différents lieux de mangrove étudiés à Boanamary
- Fig. 32 :** Modèle numérique d'élévation de Mariarano
- Fig. 33 :** Contours d'équidistance de 5 m pour une altitude inférieure à 30 m
- Fig. 34 :** Modèle numérique d'élévation de Boanamary
- Fig. 35 :** Contours d'équidistance de 5 m pour une altitude inférieure à 20 m
- Fig. 36 :** Les zones d'entraînement de Mariarano
- Fig. 37 :** Résultat de la classification de Mariarano

- Fig. 38** : La principale zone d'étude de Mariarano
- Fig. 39** : Les zones d'entraînement de Boanamary
- Fig. 40** : Résultat de la classification de Boanamary
- Fig. 41** : La principale zone d'étude de Boanamary
- Fig. 42** : Carte présentant les mangroves de Mariarano en 1973
- Fig. 43** : Carte présentant les mangroves de Mariarano en 2003
- Fig. 44** : Carte d'évolution des mangroves de 1989 à 2003
- Fig. 45** : L'évolution des lignes de côte de Mariarano entre 1973 et 2003
- Fig. 46** : L'évolution des lignes de côte de Boanamary entre 1973 et 2003
- Fig. 47** : Carte des relevés d'échantillons de sol à Mariarano
- Fig. 48** : Carte des relevés d'échantillons de sol à Boanamary
- Fig. 49** : Carte des prélèvements d'eau à Mariarano
- Fig. 50** : Carte des prélèvements d'eau à Boanamary
- Fig. 51** : Carte des relevés d'étude floristique dans la mangrove de Mariarano
- Fig. 52** : Carte des relevés d'étude floristique dans la mangrove de Boanamary
- Fig. 53** : Dendrogramme montrant les relations entre les différents relevés dans les deux sites
- Fig. 54** : Positions des relevés et des espèces sur l'axe 1 et 2 par l'analyse d'ordination PCA réalisée par la matrice (relevé, espèce)
- Fig. 55** : Dendrogramme montrant les relations entre les espèces végétales dans les deux sites.
- Fig. 56** : Positions des relevés et des espèces sur l'axe 1 et 2 par l'analyse d'ordination DCA réalisée par la matrice (espèce, relevé)
- Fig. 57** : Fréquence des espèces à Mariarano et à Boanamary
- Fig. 58** : Tendence d'abondance des adultes par rapport à la distance à la terre
- Fig. 59** : Tendence d'abondance des adultes par rapport à la distance à la mer
- Fig. 60** : Volume des bois à l'ha en m³ dans les placeaux de Mariarano
- Fig. 61** : Volume des bois à l'ha en m³ dans les placeaux de Boanamary
- Fig. 62** : Hauteur moyenne des espèces de palétuviers à Mariarano et Boanamary
- Fig. 63** : Diamètre moyen à hauteur de poitrine des espèces de palétuviers
- Fig. 64** : Taux de régénération des espèces de palétuviers à Mariarano et Boanamary
- Fig. 65** : Abondance des souches et morts sur pied dans les placeaux de Mariarano et Boanamary
- Fig. 66** : La droite de corrélation entre la variable *AviM_m* (*Avicennia* mort) et *Dterre* (distance en terre)
- Fig. 67** : Corrélation entre *Dterre* et logarithme des hauteurs de *RizM_h* (*Rhizophora mucronata*) et *AviM_h* (*Avicennia marina*)
- Fig. 68** : Droite de corrélation entre la variable *RizM_m* (*Rhizophora* mort) et *Dmer* (distance en mer)
- Fig. 69** : Position des relevés et vecteurs des variables environnementales sur l'axe 1 et 2
- Fig. 70** : Position des relevés et vecteurs des variables environnementales sur l'axe 1 et 3
- Fig. 71** : Carte d'aménagement de Mariarano

LISTE DES TABLEAUX

- Tab. 1 :** La superficie des principaux marais maritimes de Madagascar
- Tab. 2 :** Nombre des espèces de mangrove dans le monde
- Tab. 3 :** Répartition des espèces de mangrove du monde entier
- Tab. 4 :** Les mangroves de Madagascar
- Tab. 5 :** Les Fokontany et leur distance par rapport à la commune de Mariarano
- Tab. 6 :** Les Fokontany et leur distance par rapport à la commune de Boanamary
- Tab. 7 :** Température en °C en chiffre arrondi de la station de Mahajanga (1971-2000)
- Tab. 8 :** Pluviométrie mensuelle en mm en chiffre arrondi de la station de Mahajanga (1971-2000)
- Tab. 9 :** Humidité relative moyenne mensuelle (Umoy) en pourcentage de 1990 à 1999
- Tab. 10 :** Vitesse moyenne mensuelle du vent (Vmoy) de 1990 à 1999
- Tab. 11 :** Liste des cyclones tropicaux qui ont frappé la région de Mahajanga où se trouvent nos deux zones d'étude entre 1973 à 2006
- Tab. 12 :** Les marées dans la station de Helville
- Tab. 13 :** Nombre de personnes enquêtées en groupe
- Tab. 14 :** Les lieux de prélèvements d'échantillon de sol de Mariarano
- Tab. 15 :** Les lieux de prélèvements d'échantillon de sol de Boanamary
- Tab. 16 :** Les lieux de prélèvement d'eau à Mariarano
- Tab. 17 :** Les lieux de prélèvement d'eau à Boanamary
- Tab. 18 :** Les placeaux de Mariarano dans les différentes zones d'échantillonnage
- Tab. 19 :** Les placeaux de Boanamary dans les différentes zones d'échantillonnage
- Tab. 20 :** Statistique de Mariarano
- Tab. 21 :** Tableau récapitulatif de recensement de la population de Mariarano en 2004
- Tab. 22 :** Les exploitants successifs à Mariarano
- Tab. 23 :** Le nombre de bois transportés par les différents moyens de transport par voyage
- Tab. 24 :** Résumé des résultats d'enquête sur l'exploitation des bois de palétuviers dans les différents villages enquêtés
- Tab. 25 :** Les catégories de bois de palétuviers et leur âge d'exploitation
- Tab. 26 :** Les prix de vente des bois coupés
- Tab. 27 :** Effets et utilisation thérapeutique des bois de palétuviers de Mariarano
- Tab. 28 :** Changement des produits halieutiques capturés
- Tab. 29 :** Prix des produits halieutiques
- Tab. 30 :** Aménagement de la zone de mangrove de Mariarano
- Tab. 31 :** Statistique de Boanamary
- Tab. 32 :** Les années qui ont marqué l'histoire de Boanamary
- Tab. 33 :** Augmentation de la surface exploitée de 1997 à 2006
- Tab. 34 :** Effets et utilisation thérapeutique des bois de palétuviers de Boanamary

- Tab. 35** : Outils et prix des produits halieutiques
- Tab. 36** : Statistique sur le transfert de gestion à Boanamary
- Tab. 37** : Evaluation du transfert de gestion
- Tab. 38** : Les classes choisies pour la classification de Mariarano
- Tab. 39** : Superficie des différentes classes dans la zone d'étude de Mariarano
- Tab. 40** : Les classes choisies pour la classification de l'image de Boanamary
- Tab. 41** : Superficie des différentes classes dans la zone d'étude de Boanamary
- Tab. 42** : Tableau des surfaces perdues et gagnées entre 1973 et 2003
- Tab. 43** : Comparaison des trois horizons pour Mariarano et Boanamary par T-Test
- Tab. 44** : Comparaison des différents prélèvements des sites d'étude entre les trois horizons par l'analyse de variance
- Tab. 45** : Les valeurs des moyennes des prélèvements d'eau le long de la mer et du fleuve
- Tab.46** : Liste floristique de la mangrove de Mariarano
- Tab. 47** : Les herbacées et épiphytes dans la zone de mangrove de Mariarano
- Tab. 48** : Liste floristique de la mangrove de Boanamary
- Tab. 49** : Liste des espèces herbacées de la mangrove
- Tab. 50** : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Fréquences relatives des espèces ligneuses
- Tab. 51** : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Densités des espèces ligneuses (adultes)
- Tab. 52** : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Hauteurs maximales des espèces ligneuses
- Tab. 53** : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Diamètres des espèces ligneuses
- Tab. 54** : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Plantules
- Tab. 55** : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Souches et morts sur pied
- Tab. 56** : Résultat de corrélation significative des variables avec Dterre
- Tab. 57**: Résultat de corrélation des variables avec Dmer
- Tab. 58** : Le pourcentage de variabilité des axes
- Tab. 59** : Statistique de la régression multiple par test ANOVA
- Tab. 60** : Résultats des corrélations par méthode rétrograde
- Tab. 61** : Nombre de contrats au mois de décembre 2002

SIGLES ET ABREVIATIONS

| | |
|---------|---|
| AGERAS | : Appui à la Gestion Rationalisée des Ressources Naturelles et à l'Approche Spatiale |
| ANAE | : Association Nationale pour les Actions Environnementales |
| ANGAP | : Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées |
| ArcGIS | : Logiciel de visualisation cartographique et des systèmes d'informations géographiques |
| AQUAMAS | : Aquaculture de Madagascar Soalala |
| ASTER | : Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer |
| BM | : Banque Mondiale |
| CIRAD | : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement |
| CIREF | : Circonscription Régionale des Eaux et Forêts |
| CNRE | : Centre National de Recherches sur l'Environnement |
| CNRO | : Centre National de Recherches Océanographiques |
| COBA | : Comité de base (ou VOI) |
| DEBV | : Département d'Ecologie et de Biologie Végétale (Antananarivo) |
| DGRF | : Direction pour la Gestion des Ressources Forestières |
| DIREF | : Direction Régionale des Eaux et Forêts |
| EMC | : Environnement Marin et Côtier |
| ENVI | : Logiciel de traitement des images en télédétection |
| ESSA | : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'Antananarivo |
| ETM | : Enhanced Thematic Mapper |
| FAO | : Food and Agriculture Organization |
| FOFIFA | : Foibe Fikarohana momba ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra (Centre National de Recherches Appliquées au Développement Rural) |
| FRANCO | : Société Française Commerciale |
| FTM | : Foiben-Taosaritanin'i Madagasikara |
| GCES | : Gestion Conservatoire des Eaux et des Sols |
| GELOSE | : Gestion Locale Sécurisée des ressources renouvelables |
| GIZC | : Gestion Intégrée des Zones Côtières |
| GPF | : Gestion et Protection des Forêts |
| GPA | : Global Programme of Action for the protection of the Marine Environment |
| GTZ | : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit – Agence allemande de coopération technique |
| HRAC | : Human Response in Environmental Change |
| IDRISI | : Logiciel de télédétection permet de faire l'analyse spatiale et du traitement d'image |
| IOGA | : Institut et Observatoire de Géophysique d'Antananarivo |
| IRD | : Institut de Recherche et de Développement |
| M.O. | : Matières Organiques |
| MECIE | : Mise En Comptabilité des Investissements avec l'Environnement |

| | |
|--------------|---|
| MEF | : Ministère des Eaux et Forêts |
| MSS | : Multispectral Scanner |
| NASA | : National Aeronautics and Space Administration |
| ONE | : Office National pour l'Environnement |
| ONG GREEN | : Groupe d'Organisations Non Gouvernementales Environnementales |
| ORSTOM | : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (actuellement IRD ou Institut de Recherche pour le Développement) |
| PC-ORD | : Logiciel pour « multivariate » analyse statistique de communautés écologiques, y compris analyse de groupe, ordination et diversité de l'espèce |
| POLFOR | : Projet Politique Forestière de la GTZ |
| PNAE | : Plan National d'Action Environnemental |
| PNUD | : Programmes des Nations Unies pour le Développement |
| PNUE | : Programme des Nations Unies pour l'Environnement |
| REFRIGEPECHE | : Société œuvrant dans la pêche à Madagascar |
| SAGE | : Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement |
| SANCA | : Société Anonyme de la Cimenterie d'Amboanio |
| SECA | : Société d'Eco-Aménagement |
| SFR | : Sécurisation Foncière Relative |
| SIG | : Système d'Informations Géographiques |
| sp. | : espèce |
| spp. | : espèces |
| SPSS | : Statistical Package for the Social Sciences |
| SOMAPECHE | : Société Malgache des Pêcheries |
| SOMAQUA | : Société Malgache d'Aquaculture |
| SRTM | : Shuttle Radar Topography Mission |
| SWIR | : Shortwave Infrared |
| TGRN | : Transfert de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables |
| TR | : Thermal Infrared |
| UNEP | : United Nations Environment Programme |
| UNESCO | : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization |
| UTM | : Universal Transverse Mercator |
| VNIR | : Visible and Near Infrared |
| VOI | : Vondron'Olona Ifotony (ou COBA) |
| WCMC | : World Conservation Monitoring Centre |
| WRM | : World Rainforest Movement |
| WWF | : World Wildlife Funds (Fonds Mondial pour la Vie Sauvage) |

GLOSSAIRE

Akora saja : terme malgache - ce sont les coquilles des huîtres mortes.

Alluvion : dépôts de sédiments (boues, sables, graviers, cailloux) abandonnés par un cours d'eau quand la pente ou le débit sont devenus insuffisants.

Arrière-mangrove : partie interne du marais maritime se situant entre la mangrove et la terre ferme.

Baie : échancrure d'un littoral.

Bécher : Un bécher est un récipient cylindrique en verre, au bord haut évasé et muni d'un bec de versement. Il est souvent gradué. Aussi appelé Vase de Berlin ou Berlin.

Boanamary : terme malgache - c'est une mesure équivalente à 8 boîtes de Nestlé utilisé dans la commune rurale de Boanamary.

Chenal : passage resserré naturel ou artificiel entre des terres ou des hauts-fonds.

Communauté locale de base (COBA) ou Vondron'Olonan Ifotony (VOI) : c'est un ensemble d'un village ou à un groupe d'intérêt associé à des ressources naturelles qui se constitue en une communauté.

Dina : terme malgache - Il est assimilé à une règle de conduite (pacte social) régissant les relations entre les membres d'une communauté. Il existe des traditions régissant les conduites et les comportements des individus qui font office de réglementation et de loi intra-communautaire.

Doany : terme malgache - lieu sacré où certaines personnes y vénèrent et feront des sacrifices.

Erlenmeyer : L'erenmeyer ou fiole conique est un flacon inventé par le scientifique allemand Emil Erlenmeyer. Il est très utile en chimie pour contenir les liquides en remplacement des autres types de flacons, car il présente l'avantage d'être plus stable, d'éviter l'évaporation rapide, et permet d'agiter son contenu sans risquer de le renverser.

Extraction : Procédé d'extraction des composés volatils par entraînement à l'aide d'un gaz.

Fady : terme malgache - tabou ou interdit contrairement à la tradition.

Fanamo : terme malgache - C'est une pêche au poison végétal interdit par la loi.

Faritany : circonscription administrative la plus grande correspond à la province.

Fiaraha-monina : la vie en société.

Fihavanana : prône la préservation de l'union ou de l'unité, des liens qui unifient la société en général et la famille (au sens large) en particulier. On préfère sacrifier l'intérêt du particulier dans le but de sauvegarder la paix, la solidarité, l'unité ou l'union.

Fingavitra : terme malgache - harpon.

Fintana : terme malgache - ligne avec hameçons.

Firaisana : commune rurale.

Fitampoha : terme malgache - C'est une manifestation traditionnelle spectaculaire dans la région de Menabe qui aura lieu chaque année donnant lieu à de grandes fêtes et à de nombreux sacrifices et offrandes.

Fivondronana : canton.

Fokonolona : villageois

Fokontany : la plus petite cellule territoriale de base groupant plusieurs villages.

Garigary ou **Treko** : terme malgache - sorte de piège à appât pour les crabes.

Gaulettes : ce sont les plus petites unités de bois de mangrove commercialisés généralement d'un diamètre entre 3 à 5 cm d'une hauteur d'au moins 1,50 m.

Halophile ou **halophyte** : plante qui vit sur un sol salé.

Harato : terme malgache - filet de maille différente variant entre 25 et 35 mm et de longueur différente suivant le type de bateau de pêche. La maille la plus utilisée varie entre 30 et 35 mm.

Hotte : Une hotte de laboratoire est un dispositif qui permet généralement l'extraction des vapeurs nocives produites lors de manipulation. Elle permet non seulement l'extraction mais aussi, avec certains modèles, la filtration et la décontamination des vapeurs.

Kapoaka : terme malgache - c'est une mesure équivalente à une boîte de lait Nestlé

Karatsaka: des gaulettes de palétuviers.

Karavoko ou **poteau** : terme malgache - c'est un bois utilisé pour le pilier de la maison ou la traverse de la toiture.

Kasama : des flotteurs des pirogues

Kopiko : terme malgache - appelé pêche à pieds à la moustiquaire à l'aide d'un filet fait en tissu moustiquaire d'une maille de 6 mm. C'est un engin traditionnel utilisé en mer calme pour la recherche de crevette. Son aspect général ressemble à un mini-chalut. Il est construit en mailles très fines et tiré par deux personnes à l'aide de ses ailes.

Marais maritime : entité géomorphologique caractérisée par des étendues de sédiments meubles et fins soumises à l'oscillation des marées, et par la présence de mangrove dans les pays tropicaux.

Marais : région basse où sont accumulées, sur une faible épaisseur, des eaux stagnantes, caractérisée par une végétation et une faune particulière.

Marais salant : ensemble de bassins et de canaux, où le sel est produit par évaporation des eaux de mer sous l'action du soleil et du vent.

Médiateur : Il s'agit ici d'un médiateur environnemental légal chargé de faciliter les différentes négociations des éléments du contrat de GELOSE.

Mètre cube (m³) : terme utilisé par les gens pour désigner l'exploitation des bois en m³ dans la région.

Olobe : ce sont personnes âgées respectées ou chefs de lignée qui ont le plein pouvoir sur le patrimoine de la famille.

Palétuvier (mangrove en anglais) : essence d'arbre inféodée aux marais maritimes tropicaux.

Ristourne : taxe demandée par la commune pour les produits de vente sortants de la région.

Rôgo : ruche d'abeilles.

Sihitra : terme malgache - C'est la pêche à la senne. La senne, généralement sans poche, est halée au rivage par deux filins et manœuvrée par deux ou trois personnes de chaque côté. Les pêcheurs utilisent des sennes en nylon câblé de 100 m de long sur trois à quatre mètres de haut avec une maille étirée de 10 à 15 m.

Sirasira : terme malgache - étendue salée, donc blanchâtre lorsqu'elle est sèche ; dans le cas des marais maritimes, on peut parler de tanne vif.

Sol sulfaté acide : sol caractéristique des marais où les Rhizophoracées ont formé des accumulations de matière organique riches en sulfures, oxydées lors de l'assèchement du sol survenant lors des marées de morte eau en période sèche.

Solution tampon : En chimie, une solution tampon est une solution qui maintient approximativement le même pH malgré l'addition de petites quantités d'un acide, d'une base ou d'une dilution. Si l'un de ces trois critères n'est pas vérifié, alors la solution est un pseudo-tampon.

Tafia : terme malgache local – ports embarcadères.

Tanne : grands espaces du sol nu ou herbacé situés entre la forêt de mangrove et la terre ferme.

Tanne herbacé : tanne couvert de végétation herbacée basse.

Tanne vif : tanne nu, dépourvu de végétation.

Taroma : terme malgache local – support de bois à l'intérieur du bateau.

Tovona : terme malgache local – plancher.

Tsivakia : terme malgache désignant les petites crevettes

Tube de digestion : Il est aussi appelé minéralisation, utilisé dans le thermoréacteur de digestion. La digestion permet de détruire les composants organiques.

Valakira : terme malgache - Ce sont des barrages côtiers fonctionnant durant les périodes de vives eaux. Il peut y avoir jusqu'à trois ou quatre rangées de barrages. Ils sont formés d'un assemblage de cloisons en nervures de raphia maintenu par des pieux en bois de palétuvier. Ils sont fixes et permanents. L'installation se fait deux ou trois jours avant la période de pleine ou nouvelle lune.

Varilava : terme malgache désignant les petits poissons

Vase : boue qui se dépose au fond des eaux. **Vasière** : étendue côtière ou sous-marine couverte de vase, réservoir disposé au point le plus haut d'un marais salant pour y stoker, entre deux grandes marées, les eaux destinées à son alimentation.

Vonokinga ou **Teriba** : filet bâti entre le chenal pour la pêche.

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Les forêts de palétuviers se composent d'arbres et d'arbustes tropicaux adaptés aux sols saumâtres et humides et périodiquement envahies par des marées. Elles constituent un écosystème côtier primaire de grande diversité biologique (CIRAD-FAO 1999). C'est un lieu de rencontre exclusif entre la faune aquatique et terrestre. Les écosystèmes de mangrove sont généralement fragiles et ont une priorité élevée dans la conservation de la biodiversité.

Ces forêts côtières ont traditionnellement été la base des moyens de subsistance de la population locale en lui fournissant, parmi d'autres produits, de la nourriture (les mangroves sont la zone de frai et d'évolution de beaucoup d'espèces marines), du bois de chauffage et du bois de construction. C'était une exploitation traditionnelle moins agressive où la forêt des palétuviers se régénère spontanément et il n'y a eu question d'une technique sylvicole.

Mais au cours du temps, les tentatives d'exploitation intense se multiplient, et à grande échelle. Ceci est dû à la prise de conscience de la valeur économique et des potentialités des mangroves. Les terres de mangrove sont souvent transformées en rizières ou en ferme d'élevage de crevettes et l'exploitation des bois de mangrove s'intensifie. La pression démographique et le faible niveau de vie de la population ont accéléré ce nouveau mode d'exploitation.

A Madagascar, les ressources naturelles liées aux mangroves provoquent certains heurts qui surgissent entre la conservation et les intérêts d'exploitation. Ce problème s'est encore aggravé à cause des responsabilités mal définies sur la protection et la gestion des mangroves entre les départements environnementaux, sylviculture et pêche où les plans de développement écologiques et socio-économiques sont insuffisants.

Madagascar est devenue le 113^{ème} membre de la convention sur les zones humides Ramsar depuis le 25 septembre 1998 (Ramsar 2002). Cette convention consiste à conserver la biodiversité endémique des zones humides d'importance internationale comme à Madagascar, parmi lesquelles sont classées les mangroves. Il faut remarquer que malgré les différentes activités internationales sous différents programmes environnementaux, les écosystèmes de mangrove ne sont pas encore considérés comme prioritaires par tous malgré les aggravations de la situation au

fil des années. La valorisation durable de la biodiversité créée par les acteurs environnementaux reste encore une citation sans action pour l'écosystème mangrove. Une vision des mangroves sous un autre angle est donc à promouvoir dans le futur avec tous les acteurs environnementaux. Avec les enjeux écologiques, mais également socio-économiques, cette recherche vise à ressortir en différents lieux les actions mieux coordonnées entre pouvoirs publics, communautés locales et opérateurs économiques pour la gestion durable des mangroves.

1.2. HISTORIQUE

La forêt de mangrove est une forêt ancienne mais elle ne représentait un intérêt récent pour les chercheurs qu'au milieu du 20^{ème} siècle. En cette période, la conception de la mangrove devenait différente : c'est un écosystème riche, complexe, fragile à protéger. Les travaux commençaient à se multiplier et à se diversifier. Si on parle des grandes études remarquables depuis 1970 sur les mangroves, on peut citer celles de Schnell (1971), Chapman (1976), Blasco et al. (1980), Teas (1983), Saenger et al. (1983), Lugo et Snedaker (1974), Snedaker (1984), Lacerda (ed) (2001). Pourtant notre connaissance sur la forêt de mangrove est encore bien moindre comparée aux autres écosystèmes. Pour le cas de Madagascar, les ouvrages de Hervieu (1965), Lebigre (1983, 1984, 1990), Blasco et al. (1980) et Marius (1995) sont des références pour la mangrove malgache. Il faut aussi noter les recherches de l'Université de Madagascar faites auprès du programme « fonctionnement et évolution de la mangrove dans l'ouest malgache » qui s'est déroulé entre 1991 et 1996, réalisé par l'ORSTOM (Institut français de recherches scientifiques pour le développement en coopération) et le CNRE (Centre National de Recherches sur l'Environnement) (Iltis 1994). Ces dernières ont surtout été réalisées plus particulièrement dans la région de Menabe, axées sur la dynamique des écosystèmes de mangrove, sur la valorisation des systèmes de production et sur l'inventaire des ressources de ces écosystèmes (Chartier 1994). Mais ces études demeurent toujours insuffisantes, vu la multitude du champ de recherche dans le domaine.

Les précédentes recherches à Madagascar se concentrent surtout dans la région du littoral Sud-ouest et du Menabe, et elles ne sont plus d'actualité face à la forte pression économique et humaine et à la dynamique des mangroves. Plus récemment, le thème mangrove est toujours considéré comme « peu d'informations » et plusieurs portes de recherche sont encore ouvertes (ONE 2003). Malgré leur grande sensibilité aux perturbations humaines, les mangroves sont l'habitat le moins étudié et le plus mal connu à Madagascar - alors que

l'augmentation des besoins des communautés et le développement de l'élevage de crevettes portent les mangroves à un stade critique. En effet, lorsque l'on détruit une mangrove, on détruit également l'intégralité de l'écosystème abritée par celle-ci, et tous les bénéfices à long terme qu'elle fournit sont irrémédiablement perdus.

Devant les différentes activités qui menacent le littoral ouest malgache, les mangroves ne sont pas épargnées. Il est évident que la solution à ce problème ne pourrait être trouvée sans une étude approfondie de cet écosystème et son environnement. La recherche basée sur l'inventaire et la cartographie des mangroves de Madagascar a aussi été recommandée par Bunyard et Ward (1992), qui, selon ces auteurs, est une condition essentielle pour la mise en place d'un programme de conservation et de gestion durable des mangroves dans le pays.

1.3. PROBLEMES ET ENJEUX

L'activité humaine et la pression économique atteignant l'écosystème mangrove ne cessent d'augmenter à Madagascar. Une aggravation des risques est à craindre par le cumul et l'interaction des impacts des systèmes d'exploitation aux rationalités divergentes : pêche industrielle de la crevette, extraction du sel, exploitation forestière en bois de chauffage et en matériaux de construction.

Une évaluation exacte de la situation des mangroves à Madagascar est difficile à faire car les recherches sont ponctuelles, pourtant la déforestation des mangroves est bien réelle. Il est estimé au niveau mondial que 50% des mangroves n'existent déjà plus, et qu'une bonne partie de celles qui restent sont en péril (WRM 2001). Pourtant, les mangroves sont une source importante de revenus, non seulement pour le pays, mais également pour la population locale dans le cas de Madagascar. Vu la situation alarmante, une gestion des mangroves s'impose pour limiter les dégâts afin de les préserver pour les générations futures.

Les mangroves jouent un rôle important tant au niveau national qu'international. Citons l'article n°4 de la Résolution VIII.32 de la convention de Ramsar sur la conservation des écosystèmes de mangrove : « Consciente que des écosystèmes de mangrove en bon état, avec leurs récifs coralliens, herbiers marins et étendues intertidales associés peuvent jouer un rôle important en atténuant les effets des changements climatiques et de l'élévation du niveau des mers, y compris par le piégeage de carbone et par leur rôle tampon contre l'élévation du niveau des mers et les tempêtes... » (Ramsar 2002).

Les mangroves ou forêts de palétuviers sont un écosystème unique et irremplaçable, à la fois fragiles et limitées en superficie mais comptant parmi les plus productifs du monde. Elles sont l'habitat de nombreux êtres vivants : oiseaux migrateurs, animaux marins et reptiles, en plus d'espèces végétales associées. Sur les neuf espèces d'oiseaux aquatiques en danger d'extinction à Madagascar, cinq se trouvent dans les mangroves (*Ardea humboldti*, *Anas bernieri*, *Threskiornis bernieri*, *Haliaeetus vociferoides* et *Charadrius thoracicus*) (Ilitis et al. 1998). Les racines aériennes des arbres forment un réseau habité par de nombreuses espèces d'animaux (des poissons, des mollusques, des crustacés) et fonctionnent comme des lieux de frai, de refuge et d'élevage de beaucoup d'animaux dont certains sont très importants pour l'alimentation humaine. De ce fait, des populations ont pu s'établir dans les environs de ces écosystèmes qui produisent les ressources nécessaires à leur subsistance.

Mais l'élevage industriel de crevettes est venu perturber la population qui vit des écosystèmes en question. L'augmentation de la demande du marché de crevettes au niveau international présente aussi un grand danger car il y aura de plus en plus de surexploitation des ressources des mangroves et de transformation de zones de mangrove en bassins d'élevage crevette. La production de mangrove n'est pas suffisante pour supporter à la fois l'activité extractive des pêcheurs artisanaux et l'industrie de la crevette qui réduit beaucoup la capacité de l'écosystème.

L'établissement de fermes de crevettes a été la cause principale de la disparition des mangroves dans plusieurs régions tropicales au cours des 30 dernières années (WRM 2001). A Madagascar, on dénombre 7 fermes industrielles de crevettes opérationnelles en 2002 dont la superficie peut atteindre des milliers d'hectares (EOS.D2C 2003).

Il a été remarqué que les revenus substantiels tirés de la production crevette par les petits pêcheurs sont porteurs de progrès socio-économique, mais aussi de déstabilisation (conflits, arrivée massive de migrants, etc) (Ranaivoson 2001).

La question se pose donc : y a-t-il une solution pour éviter ou atténuer l'exploitation massive des bois de mangrove ainsi que les autres types d'utilisation? La présence de la ferme crevette est-elle vraiment destructive pour l'écosystème de mangrove? Quel est le type d'utilisation qui porte le plus atteinte aux mangroves ? Y a-t-il un plan d'aménagement possible ?

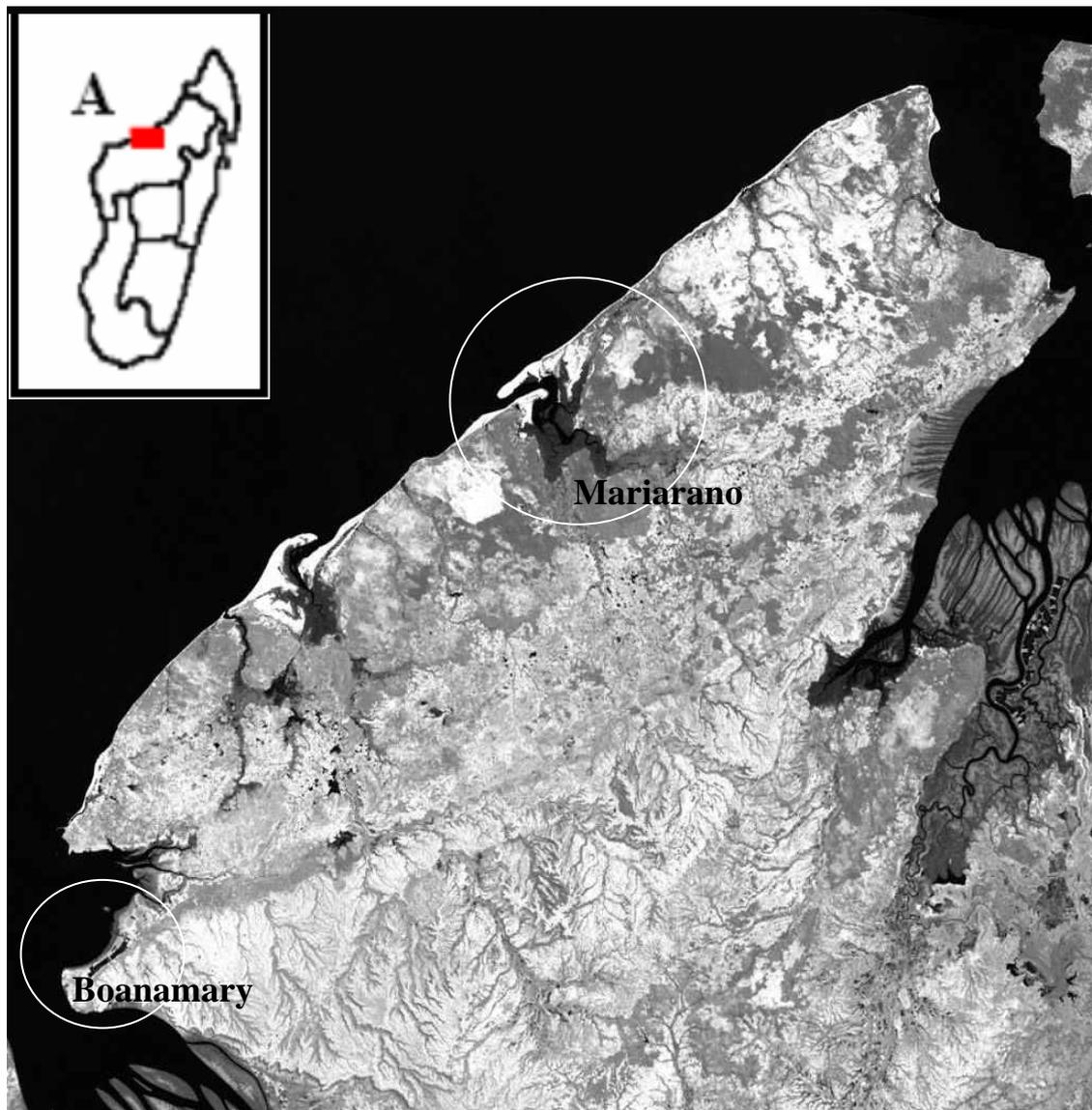


Figure 1 : Carte de localisation des deux sites

Pour répondre à ces questions, il faut d'abord connaître l'écosystème de mangrove à partir les différents types d'exploitation possible, les différents types de mangrove, le mode d'utilisation, les différents types de gestion des ressources, ainsi que la société elle-même dans sa vie quotidienne.

Pour cette étude, nous avons choisi deux sites présentant ces caractéristiques. Les mangroves de Mariarano et de Boanamary se trouvant au Moyen-Ouest de Madagascar, sont nos deux sites d'étude (voir figure 1).

La zone d'étude de Boanamary a la caractéristique d'élevage crevette, mangrove dégradée en général avec des zones de mangrove transférées à la population locale. Elle se trouve dans l'estuaire de la Betsiboka à environ 10 km de la ville de Mahajanga. Tandis que Mariarano a la caractéristique d'une mangrove dense en général en cours d'exploitation intensive de coupe anarchique. Elle se trouve entre l'estuaire de la Betsiboka et la baie de Mahajamba dans le Nord-Ouest de la province de Mahajanga. Le choix de ces deux sites permettra de faire une étude comparative du milieu, de son écologie et les types d'utilisation des terres et des bois de mangrove en premier lieu et de faire une approche de gestion en second lieu.

Les objectifs principaux étaient de comparer les deux zones d'étude dans le cadre de la télédétection, de l'étude écologique et socio-économique afin de déterminer les actions importantes à la gestion des mangroves.

Les différentes tâches pour ce travail sont les suivantes :

- Etudier la végétation de mangrove, sa structure, sa régénération et sa zonation pour voir les différentes espèces existantes, la structure de la végétation, la possibilité de reproduction et la situation des différents peuplements
- Etudier le substrat des différents types du milieu de mangrove afin de connaître les caractéristiques de sol mangrove
- Etudier l'éco-socio-économique pour connaître les modes d'exploitation et les types d'utilisation existants
- Etablir une technique d'analyse satellitaire des mangroves (télédétection) en utilisant des images LANDSAT MSS/TM et ASTER
- Analyser des différents types d'occupation des mangroves et leur exploitation tout en tenant compte des facteurs socio-économiques
- Analyser la dynamique du milieu de mangrove des trente dernières années
- Comparer et synthétiser les données
- Etablir des mesures de recommandations et suggérer un aménagement adapté pour la conservation et la gestion durable des mangroves pour le cas de Mariarano, voire pour Madagascar.

L'étude du SIG (Système d'Informations Géographiques) qui est un outil de décision pour tous les scientifiques, autorités et projets oeuvrant dans ce domaine permettant d'améliorer et/ou de trouver une solution aux problèmes de gestion de la zone côtière afin de limiter les impacts sur la biodiversité et épargner les moyens de subsistance de la communauté riveraine.

Le traitement des images satellitaires à l'aide d'un système d'information géographique ainsi que la base de données produite permet d'analyser et de synthétiser la situation et d'émettre des recommandations aux organismes et personnes cibles impliquées dans l'exploitation et la gestion des mangroves.

En conclusion, cette étude essaiera donc de réunir plusieurs paramètres environnementaux issus d'études écologiques, d'inventaires forestiers, d'enquêtes socio-économiques et de l'analyse d'images satellites pour mettre en évidence la dynamique, l'utilisation et l'exploitation des mangroves. Ceci permettra de faire des suggestions et des recommandations sur la gestion rationnelle et durable des mangroves.

2. LE MILIEU D'ETUDE

2.1. GENERALITES

2.1.1. Répartition de la mangrove

Madagascar était séparé de l'Afrique depuis 100 millions d'années (Raven & Axelrod 1974), couvrant une richesse floristique estimée à 10 000-12 000 espèces végétales avec 85% de taux d'endémicité (Koechlin et al. 1974).

Madagascar possède environ 3 270 km² de surface occupée par la mangrove dont 4 200 km² en incluant les tannes (Rasolofo 1997).

FAO (2003) estime la superficie des mangroves de Madagascar en 1980 autour de 327 000 ha, en 1987 pour 325 560 ha, en 1990 pour 320 000 ha et en 2000 pour 314 000 ha. Cela indique un taux de diminution de 0,2% tous les 10 ans.

La superficie de forêt de mangrove de Madagascar couvre 20% des mangroves africaines ou 2% des mangroves mondiales. Les 98% de la superficie totale des mangroves se situent sur la côte ouest face au canal de Mozambique et les 2% sur la côte orientale dans les estuaires abrités.

Trois pays renferment plus de 50% des surfaces recouvertes par les mangroves : le Brésil (25 000 km²), l'Indonésie (21 000 km²) et l'Australie (11 000 km²).

Géographiquement, les mangroves se divisent en deux grands groupes : le groupe oriental ou les mangroves indopacifiques et le groupe occidental ou les mangroves atlantiques.

Les zones de mangrove de Madagascar se résument dans le tableau 1 et leur répartition dans la figure 2.

Tableau 1 : La superficie des principaux marais maritimes de Madagascar (Unité : hectare) (PNUD et BM 1994)

| Mangrove | Superficie d'après KIENER 1972 | Superficie d'après LEBIGRE 1990 |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| LITTORAL OCCIDENTAL (S->N) | | |
| 1. Lagune de Bevoalava 25°15 S | pm | ? |
| 2. Linta (delta) | - | ? |
| 3. Mangoro (lagune) | 150 | 150 |
| 4. Embouchure de l'Onilahy | | |
| -Lavadanoro | pm | 90 |
| -Saint Augustin | - | 1 |
| 5. Lagon de Tuléar | | |
| -Sarodrano (anse) | - | 90 |
| -Ankiembe | pm | 250 |
| 6. Delta du Fiherenana | | |
| -Batterie | pm | 200 |
| -Nord-Fiherenana | 300 | 450 |
| 7. Fitsitaka | 300 | 400 |
| 8. Manombo-Nord | - | 20 |
| 9. Baie des Assassins | - | 2 500 |
| 10. Rivière Saint Vincent (baie) | - | 3 500 |
| 11. Baie de Tsingilofilo | 2 400 | 2 000 |
| 12. Estuaire d'Antsaranamefitra | 1 100 | 1 100 |
| 13. Mangoky (delta) | 23 200 | 23 200 |
| 14. Ankoba (lagune) | - | 100 |
| 15. Belo/Mer (lagune) | 1 600 | 6 000 |
| 16. Cap Ankarana (lagune) | - | 1 000 |
| 17. Maharivo (embouchure) | 1 900 | 1 900 |
| 18. Kabatomena (embouchure) | - | ? |
| 19. Morondava-Bosy (lagunes) | 9 | 9 000 |
| 20. Tsiribihina (delta) | 28 000 | 35 000 |
| 21. Manambolo (delta) | 9 000 | 17 500 |
| 22. Sohany (delta) | - | 2 400 |
| 23. Tondrolo (lagune) | 600 | 600 |
| 24. Maintirano (lagune) | 25 450 | 12 000 |
| 25. Tambohorano-Besalampy (lagunes) | 25 500 | 40 000 |
| 26. Sambao (embouchure) | - | 9 000 |
| 27. Cap Saint André (lagunes) | 20 200 | 6 000 |
| 28. Antalihy (baie) | - | 10 000 |
| 29. Kapiloza (estuaire) | - | 5 000 |
| 30. Masamana (estuaire) /Maroalika/ | - | 600 |
| 31. Baly (baie) /Soalala/ | - | 7 500 |
| 32. Marambitsy (baie) | - | 13 000 |
| 33. Mahavavy su Sud (delta) | 34 000 | 22 500 |
| 34. Boeny (baie) | - | 7 000 |
| 35. Betsiboka (estuaire) | 46 000 | 46 000 |
| 36. Mahamavo (lagune) | - | 2 000 |
| 37. Antsena (estuaire) | 2 750 | 2 000 |

(suite tableau I)

| Mangrove | Superficie d'après KIENER 1972 | Superficie d'après LEBIGRE 1990 |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 38. Tsianinkara (lagune) | - | 300 |
| 39. Mahajamba (baie) | 39 400 | 47 500 |
| 40. Moromony (cap) | - | 3 000 |
| 41. Narinda (baie) | 3 500 | 3 000 |
| 42. Nosy Lava (île) | - | 400 |
| 43. Izoa (estuaire) | 18 000 | 18 000 |
| 44. Sahamalaza (baie) | 8 000 | 10 000 |
| 45. Rafaralahy (baie) | - | 3 000 |
| 46. Ampasindava (péninsule) | - | 1 700 |
| 47. Nosy be (île) | 1 195 | 1 200 |
| 48. Sambirano (delta) | - | 10 000 |
| 49. Ifasy (delta) | 14 000 | 15 000 |
| 50. Mahavavy du Nord (delta) | 11 200 | 15 000 |
| 51. Baie de Ramanetaka | - | ? |
| 52. Cap Saint Sébastien | 600 | 600 |
| 53. Baie du Courrier | - | ? |
| 54. Cap d'Ambre | 1 500 | 1 500 |
| Superficie totale | *320 745* | *420 000* |
| LITTORAL ORIENTAL | | |
| 55. Rade de Diégo (Nord) | 600 | |
| 56. Baie d'Ambodivahibe | 250 | |
| 57. Baie de Rigny | 1 250 | |
| 58. Baie d'Irody | 2 185 | |
| 59. Baie de Lokia | 530 | |
| 60. Baie de Mangerivy | pm | |
| 61. Baie d'Iharana (Vohémar) | pm | |
| 62. Manompana et île Sainte Marie | pm | |
| 63. Foulpointe | pm | |
| 64. Manantenina | pm | |
| 65. Sainte Luce | pm | |
| 66. Tolagnaro (SE) | pm | |
| Superficie totale | *4 815* | |

pm = petite mangrove

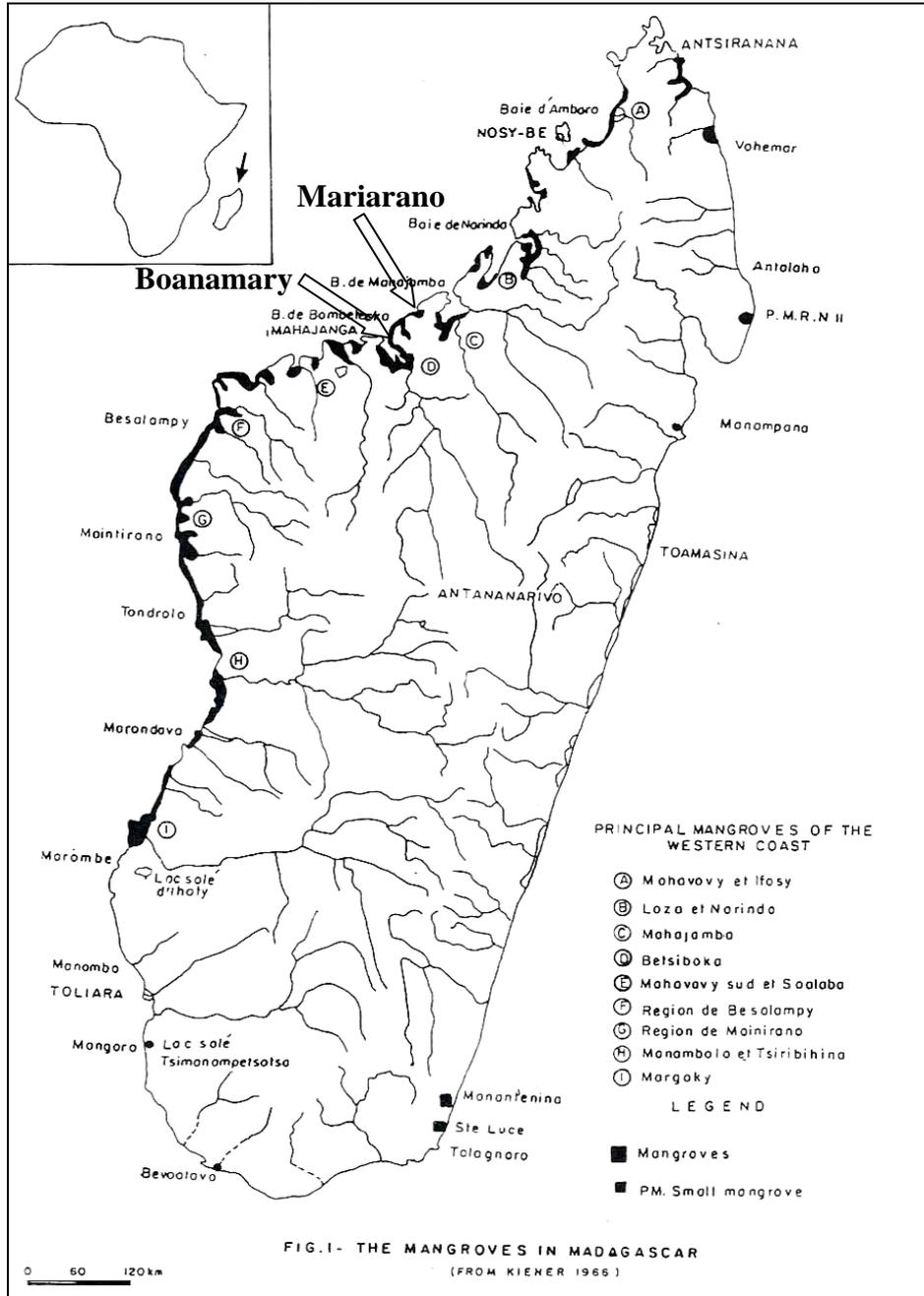


Figure 2 : Les mangroves de Madagascar selon Kiener (1966) modifié.

2.1.2. La forêt de mangrove

2.1.2.1. Définition

La définition du mot « mangrove » présente une ambiguïté donnant plusieurs sortes de définitions non contradictoires mais complémentaires. Il y a ceux qui le considèrent comme une formation végétale côtière unique/proprie et ceux qui le définissent comme un écosystème englobant les propres caractéristiques du milieu littoral (eau, sol, flore et faune).

D'abord, le terme « mangrove », d'origine malaise *mangui* est introduit par la langue anglaise et néerlandaise, désigne une forêt plus ou moins dense, constituée de palétuviers poussant dans les vases côtières des pays tropicaux (Cabanis et al. 1969). Le mot palétuviers était ici longtemps utilisé par les Français pour désigner la forêt de mangrove.

- La mangrove définie comme un écosystème caractéristique du milieu littoral :

La mangrove est une association végétale halophile ayant les pieds périodiquement dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre (Kiener 1972).

Marius (1985) définit la mangrove comme un ensemble des formations végétales arborescentes ou buissonnantes qui colonisent les atterrissements intertidaux marins ou fluviaux des côtes tropicales. De même, Tomlinson (1986) considère aussi la mangrove comme une formation forestière tropicale des zones inondées et Blasco (1991) parle d'une forêt de palétuviers se développant dans les zones de balancement des marées.

- La mangrove définie comme un écosystème complexe :

Selon Betouille (1992) et Conand (1994), la mangrove désigne la formation végétale de palétuviers. Elle forme un écosystème avec l'ensemble de ses compartiments : sol, eau, flore et faune.

Iltis (1994) indique que la mangrove peut être considérée comme un écosystème englobant la forêt halophile des palétuviers des côtes tropicales, la faune, le sol et les eaux propres à ces littoraux.

Elles jouent un rôle dans la réduction des inondations, elles contribuent à éviter l'érosion des bords des rivières, et permettent également d'atténuer les effets des vagues ainsi que, en une moindre mesure, ceux des vents forts (IUCN 2000).

2.1.2.2. Ecologie de mangrove

- **Les facteurs biotiques**

La flore de mangrove

La forêt de mangrove est pauvre en espèces à cause des conditions sévères dans lesquelles quelques plantes ont réussi à survivre et à prospérer dans des marais saumâtres et à résister aux fréquentes inondations de la mer. Elle abrite quelques familles comme les Rhizophoracées, Combrétacées, Avicenniaceae, Meliaceae, Sonneratiaceae, Sterculiaceae, Euphorbiaceae, Theaceae et les Pelliceriacées. Des espèces appartenant à d'autres familles sont parfois présentes, principalement dans des situations où les limites de la forêt de mangrove n'ont pas été préalablement bien définies. D'ailleurs, selon le type de mangrove et la définition que l'on donne à son habitat, le nombre d'espèces citées par différentes sources varie considérablement (tableau 2). La répartition des espèces dans le monde est présentée dans le tableau 3.

Tableau 2 : Nombre des espèces de mangrove dans le monde (FAO 1994)

| Source | Familles | Genres | Espèces |
|------------------------------------|----------|--------|---------|
| Lugo et Snedaker, 1974 | 23 | 32 | 75 |
| Saenger et al., 1983 | 16 | 22 | 60 |
| Cintrón et Schaeffer-Novelli, 1983 | 13 | 17 | 56 |
| Chapman, 1970 et Walsh, 1974 | 11 | 16 | 55 |
| Chapman, 1974 | 10 | 15 | 53 |
| Blasco, 1984 | 16 | 22 | 53 |
| Mercer et Hamilton, 1984 | 8 | 12 | ? |

Huit espèces sont recensées à Madagascar, réparties dans cinq familles. La famille des Rhizophoraceae prédomine avec trois espèces, les autres familles sont représentées par une seule espèce. La famille des Rhizophoracées est représentée par les genres *Rhizophora*, *Ceriops* et *Bruguiera*. La famille des Combrétacées, proche de la précédente, par les genres *Lumnitzera*. Elle se trouve surtout à la périphérie de la mangrove au contact de la terre ferme. Aux Sonneratiaceae, également proches des Rhizophoracées, appartiennent les *Sonneratia*.

La mangrove de Madagascar appartient au type de mangrove orientale (tableau 4). En effet, « la mangrove orientale » s'étend sur les côtes de l'Afrique de l'Est, de l'Asie continentale, de l'Asie insulaire, de certaines îles du Pacifique et de la côte ouest de l'Amérique, contrairement à « la mangrove atlantique » des côtes ouest de l'Afrique et de l'Est de l'Amérique. La mangrove orientale est plus riche que la mangrove atlantique pour les genres qui leur sont propres *Bruguiera*, *Ceriops*, *Sonneratia*, *Lumnitzera*, *Xylocarpus*, *Acanthus* et *Nypa*. Les deux types de mangrove se diffèrent considérablement bien qu'ils renferment des genres communs.

Tableau 3 : Répartition des espèces de mangrove du monde entier (Van Steenis (1962) cité dans Schnell en 1971)

| Familles | Genres | Nombre total d'espèces | Océan Indien au Pacifique occidental | Amérique pacifique | Amérique atlantique | Afrique occidentale |
|----------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora</i> | 7 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| | <i>Bruguiera</i> | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Ceriops</i> | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Kandelia</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Avicenniaceae | <i>Avicennia</i> | 11 | 6? | 3 | 2 | 1 |
| Meliaceae | <i>Xylocarpus</i> | 8? | 8? | 1? | 0 | 0 |
| Combretaceae | <i>Languncularia</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | <i>Conocarpus</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | <i>Lumnitzera</i> | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Sonneratiaceae | <i>Sonneratia</i> | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Bombacaceae | <i>Camptostemon</i> | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Sterculiaceae | <i>Heritiera</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Plombaginaceae | <i>Aegialitis</i> | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Myrtaceae | <i>Osbornia</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Myrsinaceae | <i>Aegiceras</i> | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Acanthaceae | <i>Acanthus</i> | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Rubiaceae | <i>Scyphiphora</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Araceae | <i>Cryptocoryne</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Arecaceae | <i>Nypa</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 58 ? | 49 ? | 6 ? | 7 | 6 |

Tableau 4 : Les mangroves de Madagascar

| Famille | Noms scientifiques et auteurs | Noms vernaculaires |
|----------------|--|--------------------|
| Avicenniaceae | <i>Avicennia marina</i> (Forsk) Vierh | Afiaty |
| Sonneratiaceae | <i>Sonneratia alba</i> (Smith) | Farafaka |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mucronata</i> (Lewis, 1956) Lank | Honkolahy |
| Rhizophoraceae | <i>Ceriops tagal</i> (C.B. Robinson) | Honkovavy |
| Rhizophoraceae | <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Lank | Tsitolomy |
| Meliaceae | <i>Xylocarpus granatum</i> (Koenig) | Sarigavo |
| Combretaceae | <i>Lumnitzera racemosa</i> (Willd.) | Lovinjo |
| Sterculiaceae | <i>Heritiera littoralis</i> (Dryand) | Moromony |

Caractéristiques des palétuviers

Enracinement et alimentation en oxygène :

Les racines des palétuviers sont particulières, elles assurent la respiration et la fixation sur un substrat mou.

Les *Rhizophora mucronata* possèdent des racines échasses présentant des racines aériennes en forme d'arceau issues du tronc (figure 3).

Les *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza* et *Sonneratia alba* ont des pneumatophores de variations différentes. *Avicennia marina* est caractérisée par de petits pneumatophores grêles, flexibles et très nombreux ; *Sonneratia alba* avec des pneumatophores peu nombreux, coniques et rigides et *Bruguiera gymnorrhiza* par des pneumatophores d'apparence de genou plié (figure 3).

Xylocarpus granatum, *Ceriops tagal* et *Bruguiera gymnorrhiza* présentent des contreforts. *Xylocarpus granatum* ont des contreforts comprimés latéralement ressemblant à de grosses racines palettes, les *Ceriops tagal* et *Bruguiera gymnorrhiza* ont des contreforts ailés.

Lumnitzera racemosa ne présente pas un ancrage particulier, elle se rencontre surtout près de la terre ferme.

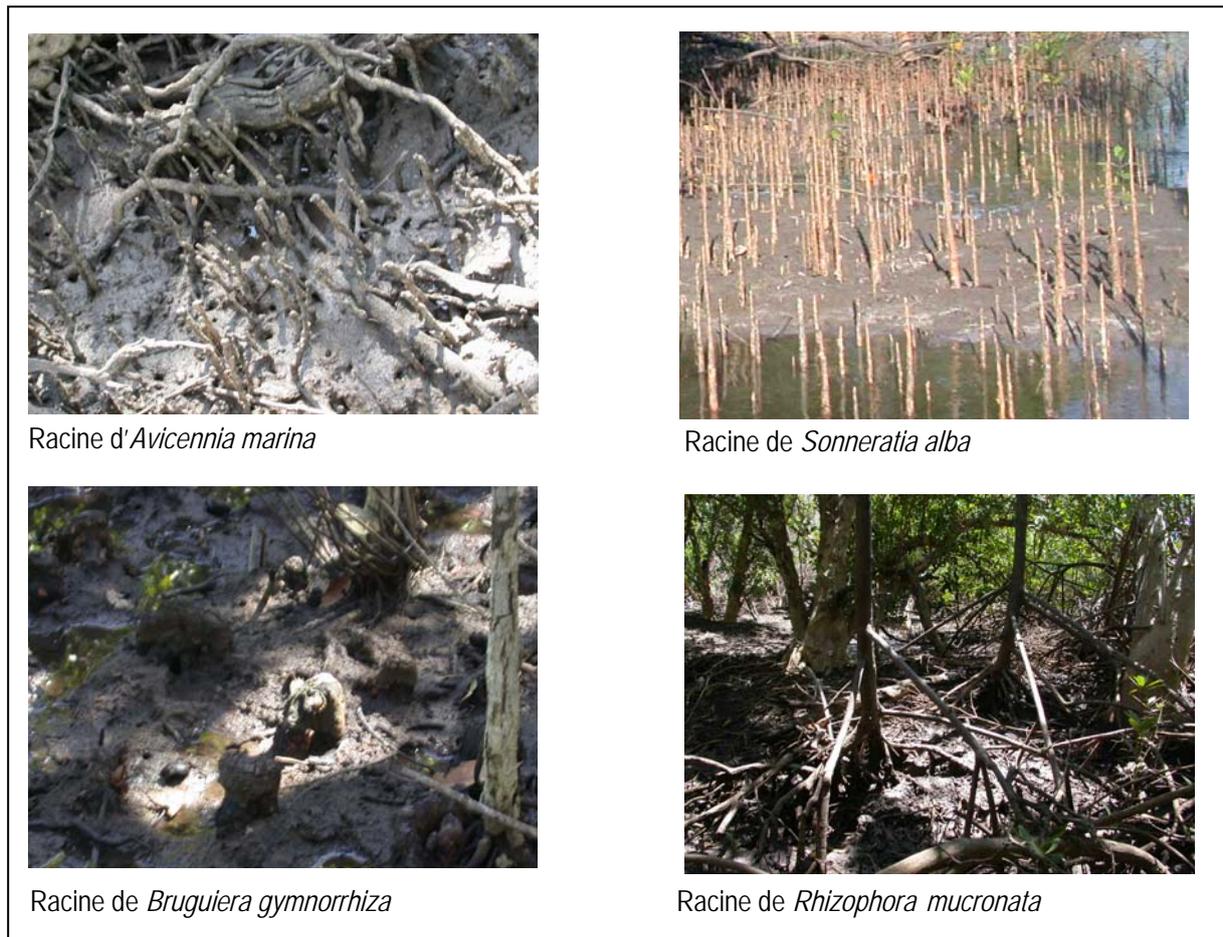


Figure 3 : Les racines aériennes des palétuviers (Photos : C. Andriamalala)

Grâce à ces racines aériennes, les palétuviers sont capables d'absorber de l'oxygène atmosphérique et de rejeter le gaz carbonique du sol. En effet, le sol mangrove est perpétuellement gorgé d'eau d'où le milieu riche en gaz carbonique et pauvre en oxygène dissout. D'après Lemée (1978), les feuilles de *Rhizophora* sont couvertes de duvets protecteurs ayant pour rôle de limiter l'évapotranspiration, et les pneumatophores de *Bruguiera*, *Sonneratia* et *Avicennia* comportent des lenticelles et des parenchymes lacuneux assurant des échanges gazeux avec l'atmosphère.

Salinité : Les palétuviers résistent aux fortes salinités par des adaptations physiologiques.

Chez les crynhalophytes, l'adaptation se traduit par l'excrétion de sel par des glandes épidermiques. Ces dernières peuvent être absentes dans le milieu dulcicole. Le nombre de ces glandes est proportionnel à la salinité du milieu. L'espèce type est l'*Avicennia marina*, les feuilles sont réduites, nombreuses, coriaces et la face inférieure présente des cristaux de sel en saison sèche.

Chez les glycohalophytes, l'adaptation se fait par la filtration du sel au niveau des racines. Dans ce cas, il y a une régulation de la pression osmotique interne de la plante en fonction de la salinité du milieu : plus la pression osmotique interne est élevée, plus les racines ont une forte succion. *Rhizophora mucronata* et *Sonneratia alba* semblent pouvoir dissocier le sel de l'eau au niveau des racines.

Reproduction : Par les marées, l'hydrochorie est le principal agent de dissémination des graines et des plantules des palétuviers. La zoochorie est le second agent de dissémination par l'aide des espèces animales comme les chauves souris.

Chez les Rhizophoraceae, on observe le phénomène de la viviparité. Après la fécondation, les graines commencent leur germination sur la plante mère. L'hypocotyle perce le fruit. A maturité, ces plantules se décrochent de leur géniteur et se fixent dans la vase en tombant. La taille de ces propagules varie selon les espèces et suivant les conditions du milieu. Les propagules ont une grande viabilité et résistent à une flottaison prolongée grâce aux caractères spongieux du noyau. Ainsi, elles peuvent s'implanter loin de la plante mère à marée basse.

Pour les espèces non vivipares, comme les *Avicennia marina*, *Sonneratia alba* et *Xylocarpus granatum*, les organes de dissémination sont transportés par l'eau. Le fruit de l'*Avicennia marina* est cordiforme légèrement comprimé à style et calice persistant qui lui permet de flotter facilement sur l'eau. Les fruits de *Xylocarpus granatum* sont en forme de flotteur sphérique nécessitant la présence d'un obstacle assez fort pour pouvoir germer. L'obstacle va casser le péricarpe et les graines vont être libérées. Le fruit de *Heritiera littoralis* est muni d'une quille ou d'une petite voile servant de flotteur. Le fruit de *Sonneratia alba* est une baie globuleuse en forme de toupie ; il flotte grâce au calice, c'est à dire des sépales recourbés et persistants. Lorsque celui-ci se détache, le fruit coule et la graine peut germer sur le fond.

La faune de mangrove

La mangrove qui est une zone d'interpénétration marine et terrestre, sert d'habitat de transition ou permanent à la faune des deux écosystèmes. Il est difficile de caractériser la faune réelle de mangrove car certains animaux peuvent être vus occasionnellement appelés « visiteurs », certains ont leur habitat en permanence et d'autres sont « associés » c'est-à-dire ils viennent s'y abriter pendant un certain temps (Saenger et al. 1977 ; Tomlinson 1986).

La forêt des palétuviers offre des substances nutritives par l'apport des chenaux fluvio-marins permettant l'évolution de beaucoup d'espèces à la fois marines et terrestres. Elle est caractérisée par une faune abondante mais assez pauvre en espèces. On y trouve les principales groupes

suivant : les crustacés, les mollusques, les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Les différentes espèces rencontrées dans les deux sites d'étude seront traitées dans la prochaine partie.

- **Les facteurs abiotiques**

- Facteurs climatiques**

La température devrait être supérieure à 16°C, des fluctuations de 5°C constituent la limite supportable pour les palétuviers. Les graines dont le mode de dissémination est l'hydrochorie, sont très sensibles aux gelées et aux froids (Chapman 1984).

Sous climats humides, les sols sont continuellement lessivés par des fortes pluies, ce qui limite la salinité du milieu et favorise encore plus l'installation des palétuviers qui sont des halophytes.

Dans la région à saison sèche très marquée, la mangrove y est moins dense, réduite à des zones sursalées car la salinité de l'eau peut dépasser celle de l'eau de mer (Betouille 1982).

Comme la pluviométrie, l'évapotranspiration conditionne la richesse, l'étendue des mangroves ainsi que leur distribution par rapport au gradient de salinité (Blasco 1991).

- Facteur hydrologique**

Le milieu de mangrove est dit saumâtre, caractérisé par un apport d'eau salée d'origine thalassique et d'eau douce d'origine fluviale et souterraine.

La marée joue un rôle important dans l'établissement des mangroves. C'est là qu'on parle souvent du mot intertidal (de l'anglais « tide » signifiant marée), espace oblique entre les niveaux entre les marées les plus basses enregistrées et les marées les plus hautes enregistrées. Lorsque cet étage intertidal acquiert beaucoup d'importance sur les côtes en pente douce, les biocénoses, tout comme le biotope, doivent s'adapter à ce régime hybride. Vient alors s'installer une basse forêt qui pousse dans les marais maritimes saumâtres, c'est la mangrove : avec l'arrière mangrove sur la schorre, et la mangrove maritime à palétuviers arc-boutés dans le slikke (Demangeot 1990).

La régularité du régime hydrique (l'alimentation en eau douce et la durée d'immersion quotidienne par les marées) ainsi que l'apport constant et suffisant en éléments nutritifs produits par les matières organiques de cet écosystème jouent un rôle important dans l'implantation des mangroves. Les mangroves ont pour principaux habitats : les deltas, la lagune, les embouchures d'un fleuve ou d'une rivière, et les baies (Snedaker 1984).

Facteur hydrodynamique

D'après l'étude de Blasco (1984) sur les causes de mortalité des mangroves sur tous les continents, les moindres variations hydrodynamiques leur sont, en général, fatales.

Les rivages des mangroves sont sans cesse remodelés par des alternances d'envasement et de dévasement sur la mer. Ces phénomènes dépendent de la topographie locale et de l'amplitude des marées.

La topographie doit être uniforme, en pente douce vers la mer. Des irrégularités locales comme des dépressions ou barrières récifales peuvent influencer la physionomie des mangroves.

Selon Lebigre (1984), sur la zone où la durée des périodes d'immersion est largement supérieure à celle de l'émersion, la mangrove ne peut s'établir. Cette zone reste en effet immergée pendant de très longues périodes. Ce qui ne permet pas aux plantules, qui s'ancrent parfois au substrat au moment des courtes phases d'émersion des vives et moyennes eaux, d'atteindre un stade de développement qui les libérerait de cette contingence, au cas où une agitation suffisamment faible de l'eau leur laisserait une chance de survie.

L'installation des palétuviers sur substrat vaseux et la dégradation de la mangrove s'effectuent d'une façon lente et progressive. D'une façon générale, *Avicennia marina* est l'espèce pionnière suivie par l'invasion des autres espèces.

Notons que si les conditions sont favorables, la mangrove claire se transforme en mangrove dense. Dans le cas contraire, elle se modifie en mangrove rabougrie.

La transformation régressive de la mangrove se manifeste sous divers stades. Une mangrove dense se dégrade en premier lieu par le stade en voie de dégradation, en second lieu en stade dégradé, et enfin, au stade ultime, en tanne.

Par contre, la dégradation de la mangrove du front de mer s'effectue d'une façon brusque dû à un ensablement très fort, accompagné de sursalure.

Facteurs physico-chimiques du substrat

La mangrove se trouve essentiellement sur des substrats meubles, vaseux à des degrés variables. Cela n'empêche certaines formes de mangrove de s'installer sur des sables, sur des substrats caillouteux ou des côtes rocheuses.

Le sol de mangrove est caractérisé par une hydromorphie importante par la présence d'une nappe phréatique permanente, une teneur en sodium élevée, des conditions sulfato-réductrices liées au milieu anaérobie, un milieu réducteur au niveau de racine de palétuviers, la présence de bactéries sulfato-réductrices, la salinité, une couleur gris-noir et une odeur nauséabonde (à cause des composés sulfurés tels que H_2S , FeS , FeS_2).

Marius (1985) a affirmé que les sols à fraction colloïdale fine, riche en argile et en matière organique conviennent le mieux aux mangroves.

2.2. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE

2.2.1. Choix des zones d'étude

Les deux zones d'étude, Mariarano et Boanamary, se trouvent dans la même province de Mahajanga. Toutes les deux se trouvent dans la région de Boina sur le littoral nord-ouest de Madagascar et dans la sous-préfecture de Mahajanga II.

L'accessibilité de la zone était la question primordiale pour la réalisation de ce projet d'où vient l'idée de combiner avec les matériels d'étude en main comme les images satellites. Il fallait donc prendre deux zones dans l'image possédant deux aspects différents et satisfaisantes au niveau des objectifs attendus. Les principaux choix des deux zones reposent sur la différence de type de mangrove, le type d'exploitation et d'utilisation, et la conservation.

Mariarano est connu pour son exploitation anarchique de la mangrove. La mangrove de Mariarano est de type estuaire et n'est pas soumise à une loi de gestion ni de conservation. Tandis qu'à Boanamary, dans notre zone d'étude, elle est de type littoral, et soumise à une gestion communautaire. Une mangrove est nommée littorale du fait qu'elle longe parallèlement la côte (Weiss 1972). L'arrière mangrove est occupée par des bassins d'élevage de crevettes.

Ces différences existant entre les deux zones d'études vont nous éclaircir sur l'écologie des mangroves ainsi que sur la gestion appropriée à la conservation des mangroves.

2.2.2. Description des zones d'étude

2.2.2.1. Situation géographique et administrative

La carte dans la figure 4 montre la situation géographique et administrative de Mariarano et Boanamary.

- **Mariarano**

Le chef lieu de la commune de Mariarano aux coordonnées géographiques 15°28'56'' Sud et 46°41'35'' Est se trouve à environ 65 km au nord de Mahajanga. Du point de vue administratif, Mariarano appartient à la province autonome de Mahajanga et dans la sous-

préfecture de Mahajanga II. La commune de Mariarano se divise en onze (11) fokontany dont Mariarano, Marosakoa, Komany, Mitsinjo, Ambondrobe, Ambenja, Mataibory, Tsianikira, Antanambao, Ampasimaleotra et Pont-ciment. Sa superficie totale est d'environ 1 713 km².

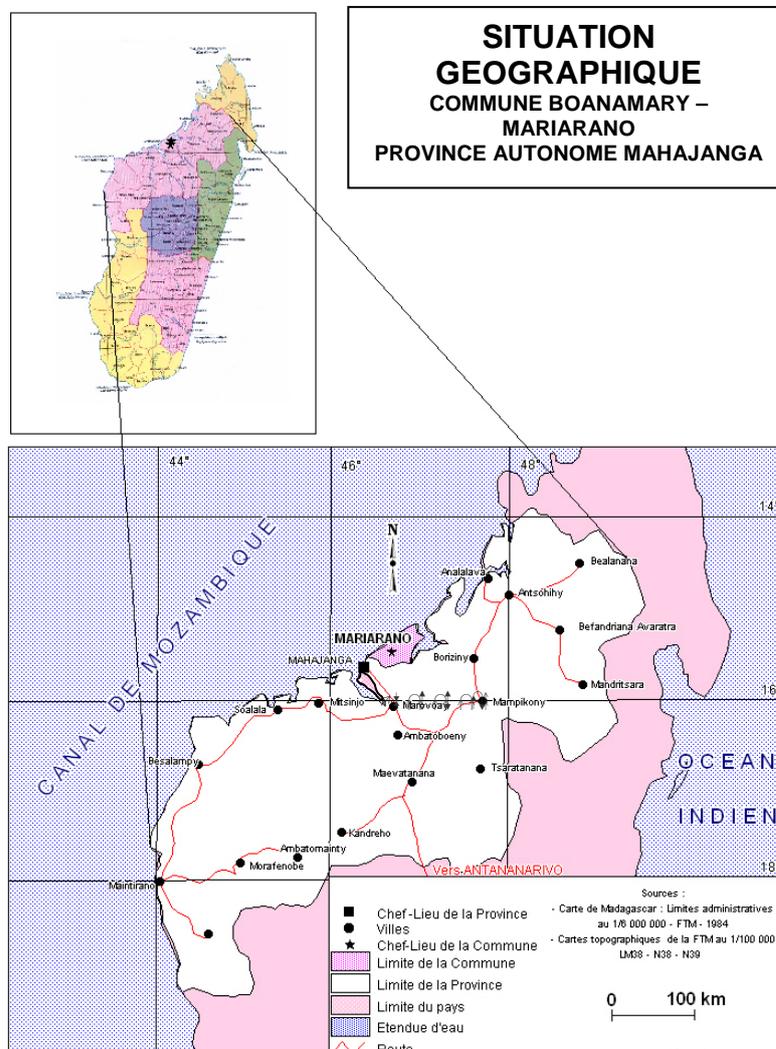


Figure 4 : Situation géographique de Mariarano et Boanamary. (Source : FTM (1984), modifié)

Notre zone d'étude, la mangrove de Mariarano appartient aux deux fokontany Mariarano et Marosakoa. Le fokontany de Mariarano est divisé en cinq secteurs : Mariarano, Antsangabe, Antanandava, Antsena et Andimaka. D'autre part, le fokontany de Marosakoa est divisé en trois secteurs : Marosakoa, Berafia et Anjiamanjoro.

L'estuaire de Mariarano sur le littoral Nord-Ouest de Madagascar se situe entre la baie de Mahajamba et la baie de Bombetoka. La mangrove de Mariarano avec sa superficie aux environs de 2000 ha est délimitée comme suit :

- Au Nord : par un terrain de sable d'Ankobobo, par un terrain marécageux de Berafia, la forêt continentale d'Antsena et le bas-fond d'Andimaka
- A l'Est : par le terrain marécageux de la plaine d'Antanambao
- Au Sud : par la forêt continentale d'Ankatsabe, la plaine de Mariarano, le terrain sableux d'Anjiamandroro et la forêt continentale de Marosakoa et Ambodiala
- A l'Ouest : par l'embouchure d'Antsakoambezo (Mariarano- Canal de Mozambique).

- **Boanamary**

La commune rurale de Boanamary se trouve au sud de la ville de Mahajanga, reliée par une route goudronnée de 36 km entre la ville de Mahajanga et de Boanamary. Sa superficie est de 326 km². Le chef lieu de la commune est de coordonnées géographiques 15°49'55,8'' Sud et 46°19'8,5'' Est.

La commune de Boanamary se limite comme suit :

- Limite nord : la forêt de Mahagogo limitée par un pont et la région de Belobaka/Ambalakida
- Limite sud : par la baie de Bombetoka
- Limite est : Commune rurale de Bemarivo (sous-perfecture Marovoay)
- Limite ouest : Commune rurale de Marovoay Banlieu et Manaratsandry (sous-perfecture Marovoay).

Boanamary est composé de 7 fokontany ou quartiers.

1. Fokontany Boanamary divisé en 3 secteurs: Tanambao, Bazar Afovoany et Andafian-drefana
2. Fokontany Amboanio divisé en 4 secteurs: Tanambao I, Tanambao II, Tanambe et Besisika
3. Fokontany Tsararivotra divisé en 5 secteurs Tsararivotra I à V
4. Fokontany Ambatomalama divisé en 4 secteurs : Ambatomalama, Ambatolampy, Maropapango et Ambalakida
5. Fokontany Maromiandra
6. Fokontany Ambalatany-Befotaka divisé en 2 secteurs: Befotaka et Ambalatany

7. Fokontany Morahariva-Mandrosoa divisé en 2 secteurs Morahariva et Mandrosoa.

La zone d'étude de mangrove de Boanamary se trouve entre la zone de tannes nues où se trouvent les bassins de d'aquaculture de la SOMAQUA (Société Malgache d'Aquaculture) et la mer de Betsiboka. Sa superficie s'étend à 400 ha environ en forêt de palétuviers.

2.2.2.2. Infrastructure

Le fokontany de Mariarano est accessible par voiture pendant la saison sèche. Sur les 65 km qui séparent Mariarano de la ville de Mahajanga, 20 km comprend une route nationale goudronnée numéro 4 (RN4) et le reste est une piste adaptée aux voitures tout terrain. L'accès est très difficile, voire même impossible, pendant la saison des pluies. Ainsi, les bateaux à balancier sont les principaux moyens de transport pour bon nombre de population qui relie Mahajanga à Mariarano. Les villages bordant le grand fleuve (Antsena, Anjiamandroro, Marosakoa) sont joignables par ces bateaux à balancier. Par contre, d'autres endroits nécessitent des pirogues et quelques marches à pied pour y accéder. L'enclavement de la région est surpassé par la voie maritime qui est heureusement praticable toute l'année sauf en cas de mauvais temps. Cette voie maritime est le seul moyen pratique pour évacuer des produits de la forêt et de la pêche durant toute l'année. Dans toute la commune, on ne trouve pas d'électricité et moins de la moitié des villages possèdent des puits. L'éducation scolaire se limite à la classe de 7^{ème} de l'école primaire publique.

La commune de Boanamary est reliée à la ville de Mahajanga par une route goudronnée : la route nationale numéro 4 (RN 4). Les fokontany d'Ambatomalama, Befotaka-Ambalatany, Amboanio, Tsararivotra, Boanamary ainsi que la zone d'élevage de la SOMAQUA sont accessibles en voiture durant toute l'année. Les réseaux fluviaux servent plutôt pour le transport des marchandises de pêche. Cette commune est servie quotidiennement par un transport public appelé « taxi-brousse » géré par des associations de transporteurs privés. Cette région est plus développée que Mariarano au niveau des infrastructures : l'électricité, l'eau potable, la route et l'éducation. Le développement de la commune de Boanamary se distingue par la proximité de la ville de Mahajanga et par la présence des entreprises potentielles implantées dans la région comme l'ancienne entreprise SANCA (Société de Cimenterie) et l'actuel société SOMAQUA.

Tableau 5 : Les Fokontany et leur distance par rapport à la commune de Mariarano à partir des données récoltées sur terrain (Original : C. Andriamalala)

| Fokontany | Distance en route vers Mariarano (m) | Distance en pirogue vers Mariarano (m) |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| Mariarano | | |
| Antanandava | 1 900 | - |
| Ampanolora | 2 880 | - |
| Tanavaovao | 3 470 | - |
| Antafiamahagandra | 2 580 | - |
| Ambohibe | 2 200 | - |
| Ambahiviky | 6 000 | - |
| Antsira | 7 900 | - |
| Anjiamandroro | 10 400 | 9 660 |
| Marosakoa | 10 800 | 17 000 |
| Andimaka | - | 7 200 |
| Antsena | - | 9 000 |
| Berafia | - | 18 100 |
| Asarimanga | - | 12 400 |
| Maroangola | - | 10 900 |
| Andimaka | - | 7 200 |
| Ankobohobo | - | 13 900 |

Tableau 6 : Les Fokontany et leur distance par rapport à la commune de Boanamary à partir des données récoltées sur terrain (Original : C. Andriamalala)

| Fokontany | Distance en route vers Boanamary (m) |
|--------------|--------------------------------------|
| Boanamary | |
| Ambatolampy | 10 200 |
| Ambatomalama | 8 000 |
| Amboanio | 2 100 |
| Tsararivotra | 2 500 |
| Befotaka | 6 000 |
| Ambalatany | 5 300 |
| Somaqua | 7 400 |
| Ambalakisoa | 900 |

Les tableaux 5 et 6 ci-dessus montrent que la commune rurale de Mariarano est très vaste par rapport à Boanamary. Les fokontany sont très distantes les uns des autres surtout pour le cas de Mariarano.

2.2.2.3. Climatologie

Un climat tropical chaud représente les deux régions d'étude sous le régime de deux types de vents : la mousson et l'alizé. La région occidentale malgache est sous la dépendance du régime de la Mousson, avec des pluies estivales et un hiver austral sec (Donque 1975). L'alizé, vent humide de direction SSE-NNO qui souffle pendant toute l'année, trouve son humidité retenue par la façade orientale, et seul un vent sec arrive dans la région occidentale sous l'effet de Foehn (Duverge 1979).

Pour décrire les paramètres climatiques de Mariarano et Boanamary, nous nous sommes référés à la station météorologique de Mahajanga de coordonnées 46°21'E / 15°40'S, la seule référence de la région, proche des deux sites d'étude.

- **Température**

La température présente une faible amplitude thermique. La moyenne du mois le plus froid (juillet) oscille entre 18°C et 31°C, et celle du mois plus chaud (novembre) entre 24°C et

33°C. La moyenne annuelle de la température est de 27°C formée par la moyenne annuelle des températures maximales, qui est de 32°C, et par celle des températures minimales, qui est de l'ordre de 22°C (tableau 7).

Tableau 7 : Température en °C en chiffre arrondi de la station de Mahajanga (1971-2000)

| | Janv | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc | MOY |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| T°min | 24 | 24 | 24 | 23 | 21 | 19 | 18 | 18 | 20 | 22 | 24 | 24 | 22 |
| T°max | 31 | 31 | 32 | 33 | 32 | 31 | 31 | 32 | 32 | 33 | 33 | 32 | 32 |
| T | 27 | 27 | 28 | 28 | 27 | 25 | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 27 |

Source : www.meteo.mg

Tmin : valeur moyenne de la température minimale

Tmax : valeur moyenne de la température maximale

T : valeur moyenne de la température [(Tmin + Tmax)/2]

• Pluviométrie

Cette région a deux saisons bien distinctes : la saison pluvieuse qui commence au mois de novembre et se termine au mois de mars et la saison sèche qui va du mois d'avril au mois d'octobre.

Le mois le plus arrosé est le mois de janvier durant lequel la pluviosité atteint 439 mm en 20 jours, tandis que le mois de juin est le mois le plus sec (tableau 8). La pluviométrie annuelle moyenne est de 1509 mm répartis irrégulièrement sur 90 jours (essentiellement de novembre à mars).

Tableau 8 : Pluviométrie mensuelle en mm en chiffre arrondi de la station de Mahajanga (1971-2000)

| | Janv | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc |
|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pluie | 439 | 410 | 205 | 69 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 19 | 107 | 248 |
| nb.j | 20 | 19 | 14 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 8 | 15 |
| Max | 341 | 254 | 287 | 235 | 32 | 8 | 11 | 26 | 17 | 71 | 132 | 129 |
| Date | 3_92 | 25_77 | 19_82 | 11_84 | 7_90 | 6_91 | 24_82 | 17_94 | 15_76 | 30_79 | 17_83 | 27_82 |

Source : www.meteo.mg

Nb.j : nombre de jours de pluie

Max : précipitation maximale dans le mois

Date : date de la précipitation maximale du mois

- **Courbe ombrothermique**

A partir des données des températures et des précipitations présentées dans le tableau 7 et 8, le diagramme climatique selon Walter et Lieth (1967) a été établi (figure 5). C'est un diagramme ombrothermique selon la méthode de Gaussen ($P=2T$).

Lorsque $P < 2T$, la pluviométrie est inférieure au double de la température, les mois sont écologiquement secs. Ceci correspond aux zones arides et humides.

Les zones arides se trouvent au dessous de la courbe de température et la zone humide se situe entre la courbe de température et l'axe de $P=2T$.

Lorsque $P \geq 2T$, la pluviométrie est supérieure au double de la température, les mois sont pluvieux. Ceci correspond aux zones perhumides.

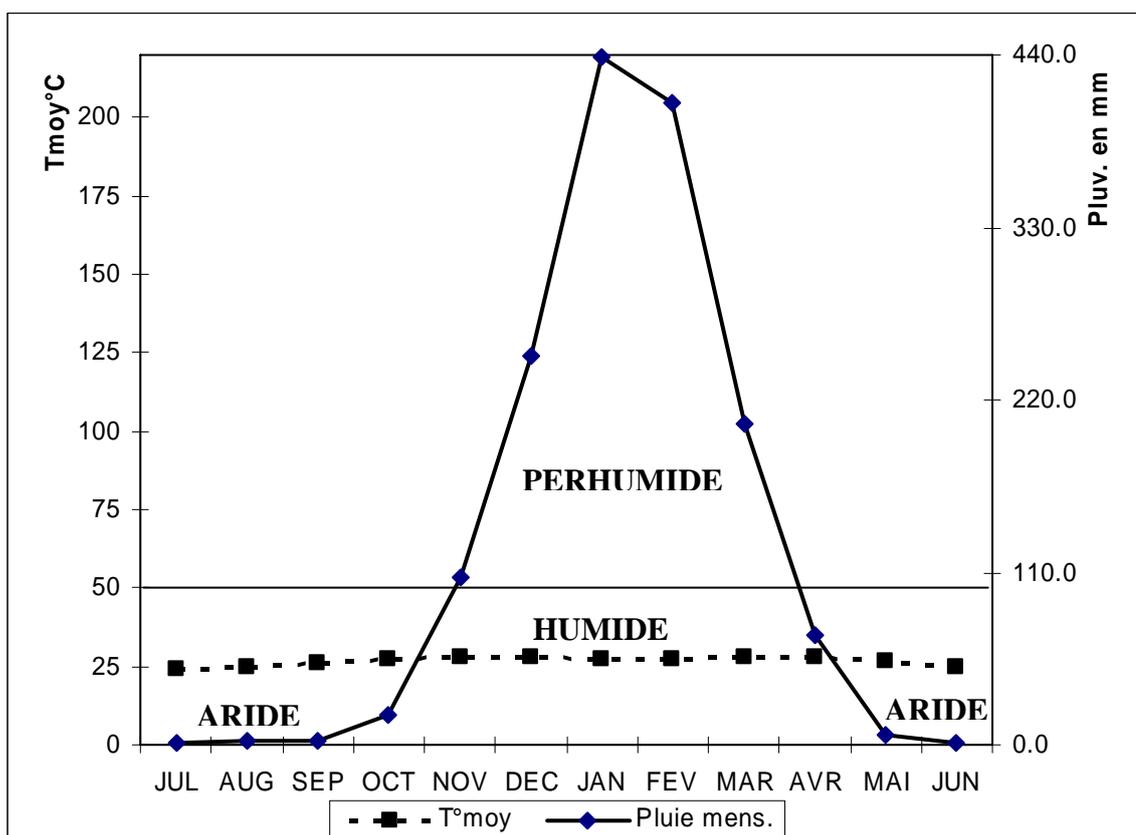


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Mahajanga d'après les données de www.meteo.mg. (Original : C. Andriamalala).

- **Humidité relative**

L'humidité relative est généralement élevée surtout pendant la saison des pluies où elle dépasse 80%. La valeur moyenne annuelle est de 71% (tableau 9). Cette forte humidité s'explique par la proximité de la mer.

Tableau 9 : Humidité relative moyenne mensuelle (Umoy) en pourcentage de 1990 à 1999

| | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc | Annuel |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|
| Umoy (%) | 83 | 84 | 80 | 75 | 71 | 66 | 60 | 61 | 64 | 66 | 70 | 76 | 71 |

Source : www.meteo.mg

- **Vent**

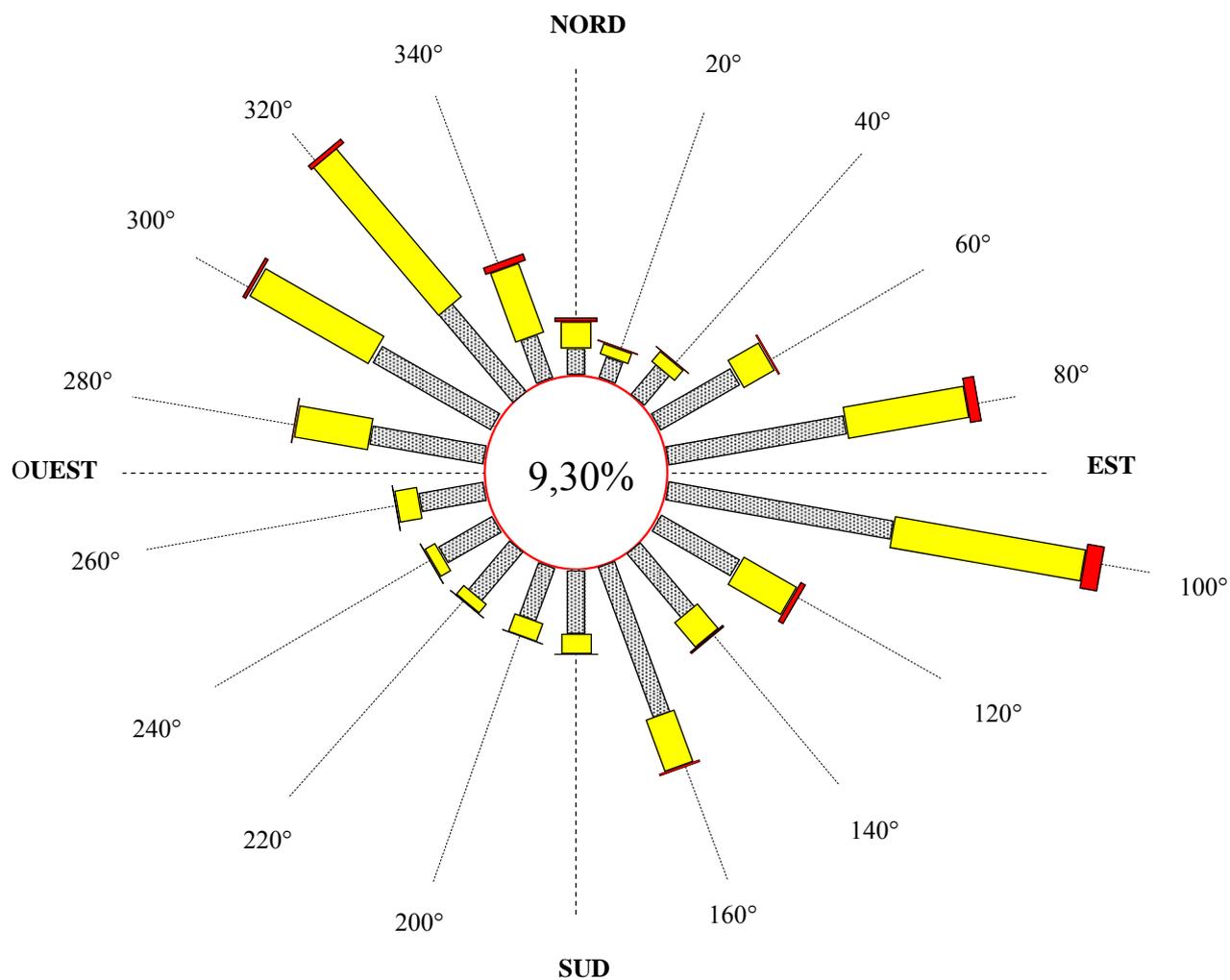
La vitesse moyenne annuelle du vent est de 11,3 km/h (tableau 10). Le vent du secteur nord-ouest prédomine pendant toute l'année (figure 6). Ce sont ces vents dominants qui forment la houle, une agitation de la mer sous forme d'ondulation régulière.

Pendant l'hiver austral, le régime des pressions sur l'île de Madagascar est marqué par l'établissement de deux grandes cellules de hautes pressions : l'anticyclone de l'Océan Indien qui dirige sur la côte Est des masses d'air humide et l'anticyclone de l'Afrique du Sud générateur de vents d'Ouest.

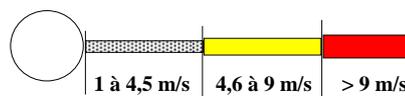
Tableau 10 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (Vmoy) de 1990 à 1999 (1km/h=0,3m/s)

| | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sep | Oct | Nov | Déc | Annuel |
|-------------|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Vmoy (km/h) | 11,4 | 11 | 9,1 | 10,2 | 9,6 | 10,2 | 11,4 | 12,3 | 13,1 | 13,4 | 12,7 | 10,7 | 11,3 |
| Vmoy (m/s) | 3,8 | 3 | 2,5 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,7 | 3,5 | 3 | 3,2 |

Source : www.meteo.mg



LEGENDE



Le chiffre dans le cercle indique le pourcentage de calmes.
 La longueur des segments de flèches comptées à partir du cercle est proportionnelle à la fréquence 5mm = 1%

Figure 6 : Fréquence annuelle de directions de vent de la station de Mahajanga (période 1990 à 2000) (Source : www.meteo.mg)

- **Cyclone**

D'après la statistique, 28% des cyclones qui frappent Madagascar touchent la partie nord-ouest par les renseignements du service météorologique d'Antananarivo. L'été austral est la saison propice à leur développement en particulier entre le mois de décembre à avril.

Neuf cyclones de forte intensité ont eu lieu dans la région de Mahajanga entre 1973 et 2006 dépassant la vitesse de 150 km/h. Trois cyclones ont enregistré des pluies maximales supérieures à 200 mm en 24 h. Le cyclone Kamisy en avril 1984 était le plus marquant restant dans les mémoires des personnes qui ont vécu ces jours (tableau 11).

Tableau 11 : Liste des cyclones tropicaux qui ont frappé la région de Mahajanga où se trouvent nos deux zones d'étude entre 1973 à 2006 d'après les relevés des données issues des revues de saison cyclonique annuelle du Service de la Météorologie nationale.

| NOMS | DATE | Pression | Vitesse max instantanée (vent) | Pluie max en 24 h |
|-----------|------------|----------|--------------------------------|-------------------|
| | | mb | km/h | mm |
| CHARLOTTE | 04.01.1973 | 1002,8 | 79 | 133,0 |
| BLANDINE | 07.01.1975 | - | 80 | - |
| DANAE | 13.01.1976 | 996,8 | sup.à 180 | - |
| CLOTILDE | 22.01.1976 | 989,8 | sup.à 180 | 111,0 |
| GLADYS | 30.03.1976 | 1007,2 | 75 | - |
| DOMITILE | 18.01.1977 | - | 120 | - |
| HERVEA | 24.02.1977 | 1001,9 | 180 | 272,0 |
| JUSTINE | 19.03.1982 | 1001,9 | 133 | 281,0 |
| ANDRY | 12.12.1983 | 1006,3 | 198 | 72,1 |
| KAMISY | 12.04.1984 | 970,1 | sup.à 250 | 232,2 |
| FILIKSA | 12.02.1985 | - | 80 | - |
| KALASANJY | 1989 | - | 185 | 109,7 |
| CYNTHIA | 1991 | - | 180 | 183,4 |
| DOAZA | 26.01.1988 | - | 60 | 113,9 |
| HELY | 28.03.1988 | - | 80 | - |
| HANTA | 23.12.1988 | - | 90 | - |
| ELITA | 28.01.2004 | 981,5 | sup à 180 | 148 |
| GAFILO | 08.03.2004 | 987,5 | 160 | 84,1 |

2.2.2.4. Sol et relief

Le sol est en général de type ferrallitique plus ou moins dégradé dominé par les types argilo-limoneux et sableux, que ce soit dans les mangroves, ou dans les forêts, ou sur les vallons appelés « tanety ». Toutefois, le sol près de la mer est sablonneux.

Les sols halomorphes prédominent dans les estuaires avec une dominance des fractions fines.

Le relief est relativement plat avec alternance de vallées peu profondes, de vastes plateaux et de monticules couverts de forêts. L'altitude varie de 0 à 150 m.

A Mariarano, dans les régions de mangrove, la pente diminue doucement en allant de la terre ferme vers la mer par la présence de la forêt sèche. Tandis qu'à Boanamary, où les tannes dominant derrière les mangroves, la pente est brusque après les tannes.

2.2.2.5. Hydrologie

- **Hydrologie fluviale**

Cinq rivières sillonnent la commune de Mariarano et se déversent dans la mer, plus précisément dans le canal de Mozambique : Mariarano, Antsena, Ambondro, Mahamavo et Vavankomany. A Boanamary, la rivière d'Ambatomalama sur laquelle se trouve la station de pompage de la société SOMAQUA est le grand cours d'eau dans la région d'étude.

Certaines rivières sont asséchées pendant la saison sèche, et d'autres sont alimentées toute l'année. On trouve aussi un lac de 5 ha à Maliolio où la population exerce la pêche. En outre, plusieurs petits lacs sont éparpillés dans la région et deux grands lacs permanents, à Ambongalatsaka et à Marosakoa, sont aussi présents. Toutes ces cours d'eau servent à la population pour irriguer leurs cultures et comme abreuvoir pour leur bétail.

En général, les pirogues traversent ces rivières mais certains endroits ne sont navigables que pendant la montée d'eau (marée haute) en saison sèche. Pour le cas des Mahamavo, Mariarano et Ambatomalama à large ouverture, de grands bateaux à balancier arrivent même à circuler dans ces régions lors des vives eaux.

- **Hydrologie marine**

La marée correspond à la variation du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle de la lune et du soleil, phénomène qui permet de prédire à long terme ces variations. Bien que la lune soit un astre moins imposant que le soleil, sa proximité de la terre (384 400 km au lieu de 150 millions de km) lui confère une influence prépondérante dans les phénomènes de marée (effet environ 2,5 fois supérieur à celui du soleil). La force génératrice de la marée est la résultante de deux forces : la force gravitationnelle exercée par l'astre et la force centrifuge identique en tout point de la terre, due au mouvement de la terre sur son orbite autour du centre de gravité du système terre-astre. A ces mouvements réguliers, se superposent des variations de hauteur d'eau d'origine météorologique, appelées surcotes et décotes, induites par les dépressions ou les anticyclones (Guérin 2004).

L'amplitude des marées ou marnage est la différence entre une pleine mer ou une basse mer successive. Cette amplitude est fonction de la position relative de la lune par rapport au soleil. On observe de fortes amplitudes lorsque la lune et le soleil sont en conjonction (nouvelle lune) ou en opposition (pleine lune), on parle alors de grandes marées ou marées de vives-eaux. A l'inverse, lorsque la lune et le soleil exercent leur force dans des directions perpendiculaires au cours du premier et dernier quartier, le marnage est faible. On parle alors de marées de mortes eaux.

A Madagascar, les ondes de marée sont du type semi-diurne avec alternance de deux basses et de deux hautes mers quotidiennes. Les mouvements des marées sont importants pour le développement et la répartition de la mangrove. Le tableau 12 et la figure 7 résument la variation des marées pour l'année 2004. La seule station fonctionnelle proche de la zone d'étude est la station Helville (figure 8).

La côte ouest malgache, relativement basse, présente un marnage important de 3,40 m d'après Lebigre (1984). En effet, un marnage moyen inférieur ou égal à 2 m est appelé « microtidal », « mesotidal » lorsqu'il est entre 2 à 4 m et « macrotidal » lorsqu'il est supérieur à 4 m. Dans les stations, comme sur la plupart des côtes à mangroves, le régime des marées est mésotidal.

Cette forte amplitude permet la croissance des mangroves dans la zone. Dans cette zone intertidale, les palétuviers sont sujets à un balancement des marées de 0,20 m en basse mer et 4,5 m en haute mer.

La montée d'eau se fait sentir plus vite dans la zone proche de la mer comme Boanamary tandis qu'à Mariarano, elle se fait plus lentement.

Tableau 12 : Les marées dans la station de Helville en m (Original : C. Andriamalala)

| Station Helville | 1ère descente | 1ère montée | 2ème descente | 2ème montée |
|------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| MIN | 0,5±0,1 | 2,6±0,2 | 0,5±0,2 | 2,6±0,2 |
| MAX | 1,9±0,2 | 4,1±0,3 | 2,0±0,4 | 4,1±0,2 |
| MOY | 1,1±0,1 | 3,4±0,2 | 1,1±0,1 | 3,5±0,1 |

Traité à partir des données <http://www.shom.fr/>

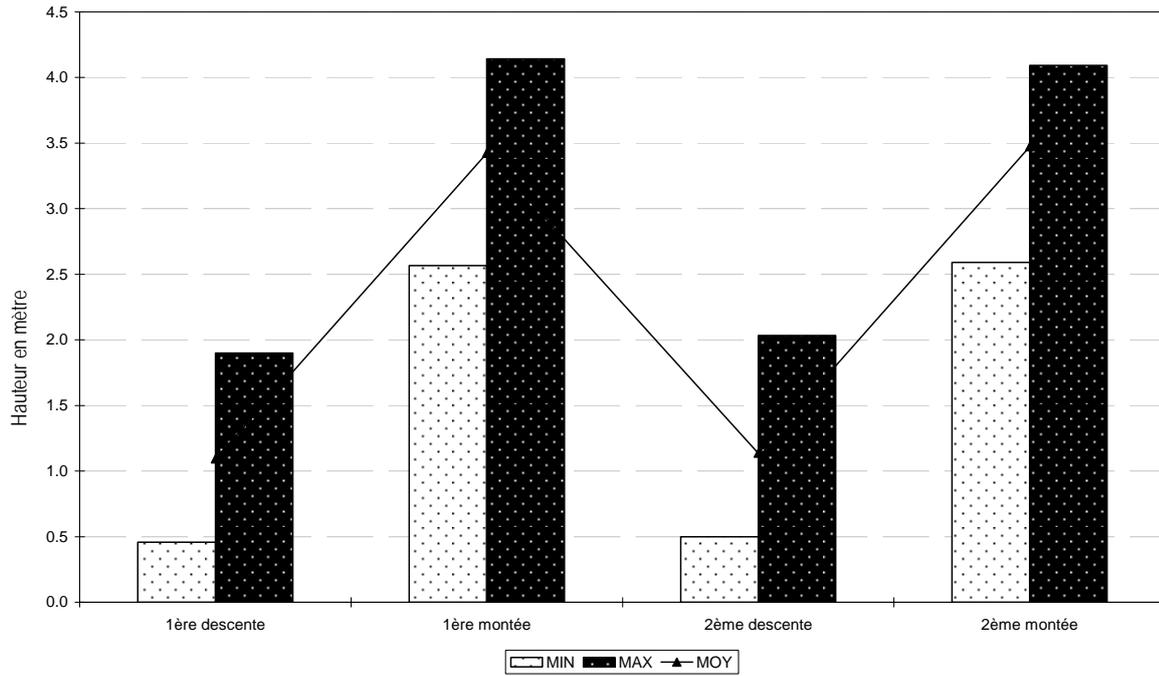


Figure 7: Variation des marées journalières durant l'année 2004 dans la station Helville à partir des données de <http://www.shom.fr/> (Original : C. Andriamalala).

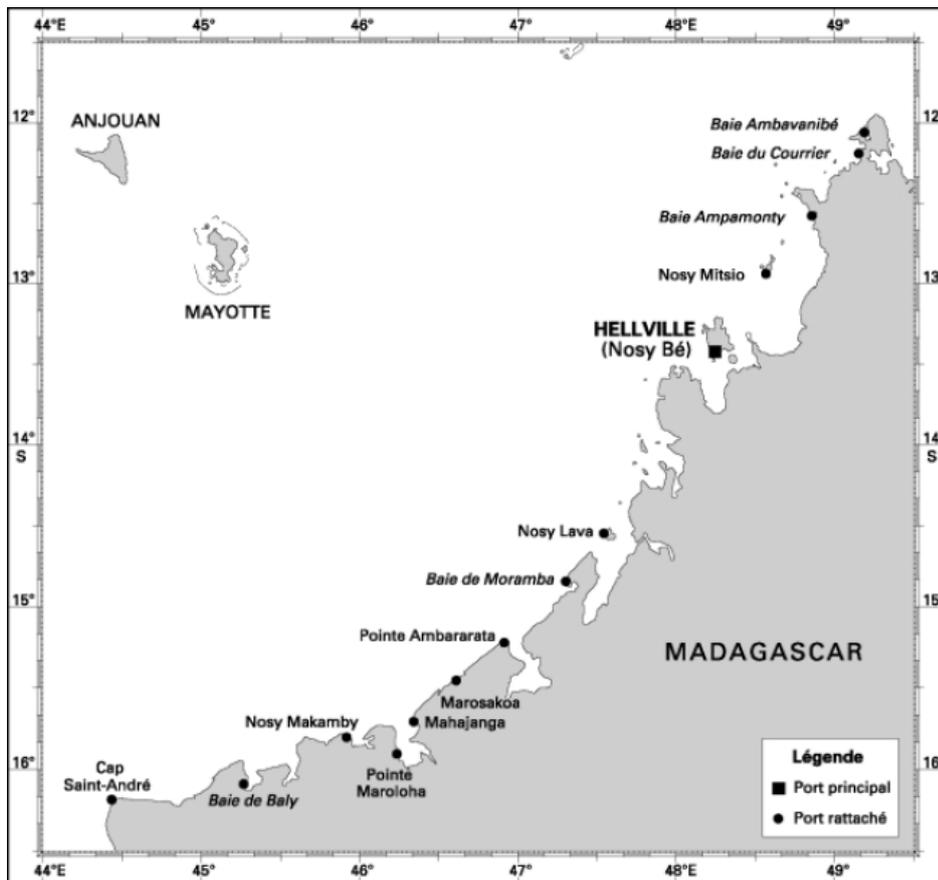


Figure 8 : La situation géographique de la station océanographique de Helville (Source : www.shom.fr/).

2.2.2.6. Végétation

On trouve six (6) types de végétation dans les deux régions confirmés dans Ackermann (2004) pour la région de Mariarano.

Type 1 : On trouve les forêts denses sèches semi-décidue. A Mariarano, elles sont composées des essences recherchées telles que *Ocotea* sp. (nom vernaculaire : varongy), *Dalbergia* sp. (manary), *Canarium madagascariensis* (ramy), *Hernandia* sp. (hazomalany).

Type 2 : Les forêts dégradées, conséquences de l'exploitation anarchique, des feux de forêts et des défrichements.

Type 3 : A Mariarano, la forêt galerie est composée principalement des espèces telles que : *Eugenia jambolana* (jambarao), *Cordia myxa* (tsimiranja), *Adina microcephala* (soihy), *Mangifera indica* (manga). Tandis qu'à Boanamary, elle est composée principalement de *Mangifera indica* (manga).

Type 4 : Les mangroves qui sont des formations forestières littorales aux rivages vaseux avec espèces semi-aquatiques ligneuses utilisées surtout pour les bois de construction et bois de chauffe dans les deux zones.

Type 5 : A Mariarano, la savane arborée est surtout constituée des " satrana " : *Bismarkia nobilis*, *Hyphaena sahtan*. Les « satrana » sont utilisés par la population pour la construction des toitures des cases. Il y a aussi des arbres et arbustes qui se situent un peu partout, telles que : *Tamarindus indica* (madiro), *Pourpatia caffra* (sakoa), *Zizyphus jujuba* (mokonazy) et qui constituent la savane de Boanamary.

Type 6 : La savane herbacée est constituée d'un tapis graminéen tel que : *Hyparrhenia rufa* (vero), *Heteropogon contortus* (danga) plus ou moins fourni. Cette savane constitue la base des pâturages.

Généralement, on distingue deux grands types de peuplement de mangroves en fonction de la nature du sol (Cabanis et al. 1969) :

1°) Sur les dépôts plus grossiers contenant plus de sable :

Mangrove littorale : avec *Sonneratia alba* (Sonneratiaceae) au large, et *Avicennia marina* (Avicenniaceae) sur les franges étroites ;

Mangrove d'estuaire : sols peu stabilisés au bord de mer occupés généralement par *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorrhiza* (Rhizophoraceae).

2°) Sur sols consolidés plus ou moins inondés à marée haute :

On pourra rencontrer de nouveau *Avicennia marina* et sur le bord interne éventuellement *Heritiera littoralis* (Sterculiaceae) ou *Xylocarpus granatum* (Meliaceae) qui sont des espèces de la végétation intermédiaire, auxquelles s'associent : *Acrostichum*, *Fimbristylis* sp. (Cyperaceae), *Thespesia populnea* (Malvaceae) ou *Hibiscus tiliaceus* (Malvaceae).

Concernant l'agriculture, les produits agricoles constituent l'alimentation de base de la population notamment le riz, le manioc et le maïs. Les paysans cultivent généralement les plantes agricoles (*Oriza sativa* (vary), *Zea mays* (katsaka), *Ipomoea batata* (batata), *Manihot utilissima* (mahogo)) et les plantes fruitières (*Cocos nucifera* (voanio), *Musa paradisiaca* (akondro), *Anona squamosa* (konokono), *Mangifera indica* (manga), *Artocarpus incisa* (Sonambo), *Citrus aurantifolia* (Matsitso)).

Mariarano possède une vaste surface en riziculture ce qui le différencie avec Boanamary. On y distingue trois types de culture du riz durant toute l'année :

- de janvier à avril, une culture pluviale appelée « vary asara »
- d'avril à juillet, une culture intermédiaire moins pratiquée appelée « vary atriatry »
- de juillet à décembre, une culture irriguée appelée « vary jeby »

La culture maraîchère n'est pas développée dans les deux régions. On peut citer les cultures de *Solanum tuberosum* (ovy), *Daucus carota* (karoty) et *Lycopersicon esculentum* (matimaty).

3. METHODOLOGIE

3.1. METHODOLOGIE DE L'ENQUETE ET DE L'ATELIER

3.1.1. Les villages et les personnes ciblées pour l'enquête

Dans la zone d'étude de Mariarano, dix villages dans deux fokontany qui sont proches de la mangrove se trouvant dans notre site d'étude nous ont intéressés. Il s'agit de Mariarano, Antanandava, Antsena, Berafia, Maroangolo, Andimaka, Ampanolora, Antsira, Anjiamanjoro et Marosakoa. A Boanamaray, cinq fokontany proches de la zone côtière de notre site d'étude ont été les centres de notre enquête. Il s'agit de Boanamaray, Amboanio, Tsararivotra, Befotaka-Ambalatany et Ambatomalama. Dans les deux cas, la méthode de l'enquête est la même. Il s'agit d'une enquête par questionnaire (Singly 1992) à l'aide d'un interview dirigé et par observation des personnes ciblées sur l'histoire de la mangrove: de son passé et de son présent, de son utilisation et de son exploitation.

Les interviews comptent au nombre des exemples de méthodologie de recherche qualitative. La recherche qualitative s'intéresse à l'étude des choses dans leurs milieux afin de chercher à comprendre ou à interpréter un événement en fonction du sens que les gens lui accordent (Denzin et Norman 2002).

Nous avons fait l'enquête entre le mois de juillet à août 2005 à Mariarano et entre le mois de septembre à octobre 2005 à Boanamaray.

L'enquête individuelle est au nombre de 78 en total à Mariarano, Antanandava, Maroangolo, Ampanolora, Antsira et Marosakoa.

Une enquête en groupe (tableau 13) a été faite pour le cas d'Antsena, Berafia, Anjiamanjoro et Andimaka. Il a été presque impossible dans ces régions de faire une enquête individuelle, car nous nous sommes toujours vus à l'encontre de cases qui sont vides ou ouvertes, mais dont l'occupant nous refuse de répondre. Des fois, s'il y a des réponses, c'est une réponse vague sans information intéressante ne répondant pas à nos questionnaires. Ceci nous a conduit à réunir les villageois par l'appel des chefs de secteurs pour répondre à nos questionnaires. Avant l'enquête, nous avons d'abord essayé de les sécuriser en leur disant que nous n'étions pas des autorités qui veulent leur faire peur, mais que nous étions de simples étudiants intéressés à connaître la forêt de mangrove dans leur région.

Tableau 13 : Nombre de personnes enquêtées en groupe (Original : C. Andriamalala)

| Village | ANTSENA | ANJIAMANJORO | ANDIMAKA | BERAFIA |
|--|---------|--------------|----------|---------|
| Nombre de personnes enquêtées par groupe | 17 | 15 | 8 | 25 |
| Nombre des femmes | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Age (inf 18 ans) | - | - | - | - |
| Age (18 à 40 ans) | 2 | - | - | - |
| Age (sup. à 40 ans) | - | - | - | - |
| Nombre des hommes | 15 | 15 | 8 | 25 |
| Age (inf 18 ans) | 2 | - | - | - |
| Age (18 à 40 ans) | 11 | 15 | 8 | 25 |
| Age (sup. à 40 ans) | 2 | - | - | - |

Pour Boanamary, l'enquête est entièrement individuelle, mais il a été difficile de trouver une personne consacrant son temps à nous répondre et les réponses obtenues ne sont pas satisfaisantes. Au total, 39 personnes ont été enquêtées.

Les types de personnes enquêtées sont composés:

1. des autorités sur place : le maire, l'adjoint au maire de la commune rurale de Mariarano, les chefs de quartier, les chefs de secteur,
2. des membres du Comité de Base (COBA) ou Vondron'Olona Ifotony (VOI) de la forêt sèche transférée d'Ankatsabe pour Mariarano et les VOI de la forêt de mangrove transférée pour Boanamary,
3. des personnes âgées dites « olobe »,
4. des exploitants, actuels et anciens, de mangrove,
5. des cultivateurs ou paysans et des pêcheurs (poissons, crabes).

Ces personnes de type (3, 4, 5) ont été repérées par l'intermédiaire du chef de secteur.

Plusieurs types d'utilisation de mangrove ont été distingués dans notre enquête pour connaître le type de bois de palétuviers utilisé :

- le bois de service : pour la construction de maison, de pirogue ou bateau de pêche, pour la clôture et la haie;
- le bois de chauffe: pour la cuisson,
- les plantes médicinales et autres.

3.1.2. Le pré-test et le questionnaire de l'enquête

Un pré-test a pour objet de valider l'instrument de collecte en s'assurant que les questions y sont claires et précises et qu'aucune ambiguïté ne subsiste (Kaufmann 1996). Il vise aussi à mesurer la longueur de l'entretien et à évaluer les questions posées ou qui devraient être posées. Ceci a été effectué entre août et septembre 2004 lors de la prospection sur terrain et les prises des points GPS pour l'analyse d'image satellite. Des personnes au hasard - ayant des connaissances requises de la région ou non - au nombre de 15 ont été prises pour répondre à nos questions test. L'interview a été enregistré pour pouvoir analyser ultérieurement tous les points des questionnaires. C'est à l'aide de ces tests que nous avons modifié nos questionnaires définitifs.

Le questionnaire a été conçu en s'inspirant de la situation de mangrove vue par la prospection sur terrain et les objectifs attendus de l'étude. Le questionnaire est bâti en différents thèmes et comporte des questions ouvertes et des questions fermées. Ces thèmes sont axés sur les activités de la personne enquêtée, l'exploitation des bois de mangrove (site d'exploitation, moyens en disposition des exploitants, la vente), l'exploitation et la vente engendrée par les activités autres que les bois de mangrove, l'écologie de mangrove, la faune et la flore, la loi et la gestion de mangrove et l'histoire de l'exploitation de mangrove dans la zone. Dans les deux sites, le questionnaire proposé aux enquêtés était différent à cause des différentes formes d'exploitation et de gestion (voir annexe 2).

Pendant l'enquête, nous avons montré une planche de photo en couleur de la faune et de la flore pré-établie de liste non exclusive munie d'une carte de localisation des régions de mangrove. Cela permet de trouver les espèces présentes ou non dans la région.

Il a été observé dans la plupart des cas, pendant le questionnaire, une réticence manifeste de la part des répondants à donner des informations. Malgré notre explication assistée par certains autochtones, il était difficile d'aborder les villageois de la région de Mariarano sur le thème mangrove, là où ils sont en pleine exploitation des bois de palétuviers. Ils se trouvent que certains sont méfiants sur notre propre identité en nous prenant pour des agents responsables des eaux et forêts. Aussi, ils ont peur de la suite de notre étude qui aboutira à la fermeture totale de la coupe des palétuviers alors que c'est leur source d'argent. Pour le cas de Boanamary, les enquêtes successives dans la région sont devenues insupportables pour beaucoup de gens, ainsi un bon nombre de personnes réclamaient en retour une gratification après l'enquête. La gratification est ici une récompense donnée aux enquêtés sous forme d'argent ou de cadeau après avoir répondu à nos questionnaires.

3.1.3. L'atelier

L'objectif de l'atelier est d'abord de valider les résultats de l'enquête que nous avons effectué et d'analyser l'avis des participants. Comme nous n'avons pas pu faire une enquête uniformisée pour le problème d'échantillonnage et des enquêtés, l'atelier nous a permis de nous éclaircir les renseignements flous et de faire les points sur certains sujets avec les participants d'une part et d'autre part de valider les résultats de classification des images.

L'atelier, c'est une plate forme de différentes entités de personnes en relation avec la mangrove dans la région. La réunion se déroulait sous forme d'un atelier de travail. Les groupes d'intérêts ont été divisés en deux groupes, de sorte que chaque groupe est représenté par chaque membre d'invité cité ci-dessous. Avec cette méthode, nous avons pu tirer deux différents résultats qui sont complémentaires et discutables pendant le moment de la restitution des données avec les deux groupes.

Chaque groupe de travail a été dirigé et animé par un coordinateur. Il appartient aux coordinateurs d'élaborer la problématique et le questionnement de l'atelier, de concevoir son déroulement et son animation. Ceux-ci ont été déjà préparés ensemble avant l'atelier.

Cette méthodologie est tirée de l'atelier de groupe de travail classique dont la plupart des cas, il n'existe pas une méthode standard à suivre.

Pendant le travail de groupe, les participants sont invités à participer activement aux travaux de l'atelier en prenant position sur la problématique en présentant sa réflexion. Lors de la restitution des résultats, chaque participant peut intervenir pour donner son avis et voir la réponse exacte des questions dans les thèmes de l'atelier.

Les personnes suivantes ont été invitées à cet atelier :

- les membres exécutifs de la commune à savoir :
 - o Le Maire
 - o L'Adjoint au maire
 - o Le Chef de Quartier
 - o Les différents chefs de secteurs
- le président des conseillers et ses membres
- les représentants de la VOI
- Direction des Eaux et Forêts :

- Directeur des Eaux et Forêts
- Chef du cantonnement
- Chef CIREF
- Chef de division de gestion des ressources naturelles
- Direction de la Pêche et des ressources halieutiques :
 - Directeur de la pêche et des ressources halieutiques à Mahajanga
 - Un représentant de la division du marché de la pêche
- Deux représentants par village des exploitants des ressources
- Deux représentants par village des non-exploitants de mangrove, connaissant le milieu de mangrove

Les thèmes abordés pendant cet atelier reposaient sur :

- la faune et la flore dans la mangrove
- l'occupation du sol et son évolution
- l'utilisation et l'exploitation des ressources
- la gestion des ressources.

3.2. MATERIELS ET METHODES DE TELEDETECTION

3.2.1. Données utilisées et matériel informatique

Nous avons disposé les données suivantes pour notre étude :

- Image LANDSAT pour la classification et l'évolution de l'occupation du sol (<http://www.landsat.org>)

Multispectral Scanner (MSS) : Les images MSS sont les plus anciennes (de 1972 à nos jours) et de qualité la plus faible des 3 capteurs LANDSAT. Le capteur MSS, monté sur les satellites LANDSAT 1 à 5, collecte les images en 4 bandes multispectrales (2 visibles, 2 infrarouges proches) à une résolution spatiale de 79 mètres (LANDSAT 1-3) et de 82 mètres (LANDSAT 4 et 5). Une scène MSS couvre une surface de +/- 180x170 km.

Thematic Mapper (TM) : La qualité des images TM a été améliorée par rapport au MSS. Le capteur TM à bord de satellites LANDSAT 4 et 5 produit des images depuis 1984 constituées

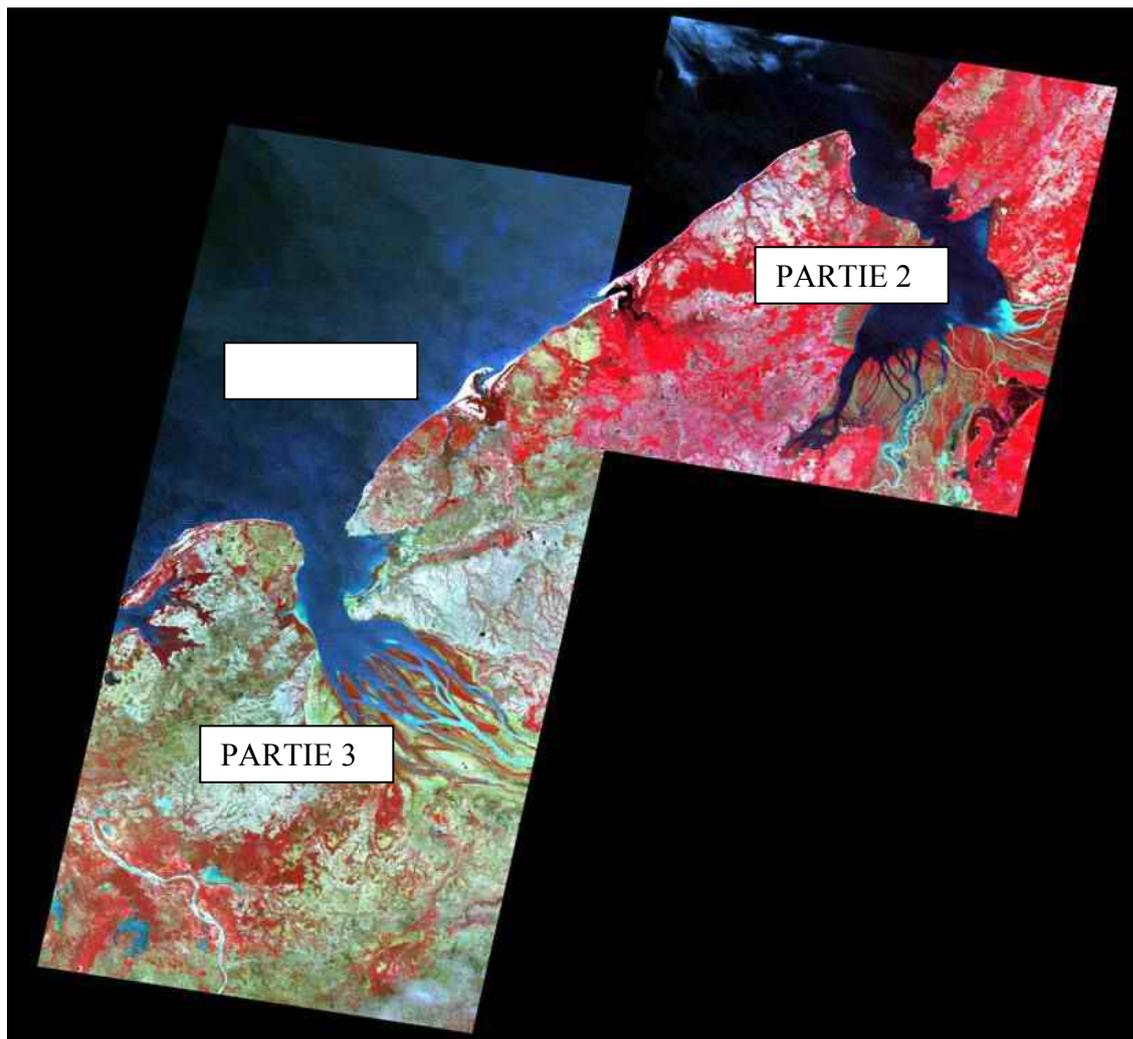


Figure 9 : Image superposée des trois parties d'images ASTER

- Image SRTM pour le modèle d'altitude (<http://srtm.usgs.gov>)

Les données SRTM sont des images satellites de topographie obtenues par le système de radar Shuttle Radar Topography Mission, à bord du satellite Space Shuttle Endeavour, en février 2000. Résolutions spatiales : 3 arc-seconde (ou 90 m) en format DEM pour les données couvrant toute la surface terrestre. Ce projet international SRTM dirigé par la National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) et la NASA, était de constituer une banque de données numériques de topographie de haute résolution et la plus complète couvrant toute la terre.

- Carte topographique pour les traitements du SIG

Une carte topographique de Mariarano à l'échelle de 1 : 100 000 en 1965 réalisée par la FTM.

Une carte topographique de Boanamary à l'échelle de 1 : 100 000 en 1965 réalisée par la FTM.

Les données de télédétection ont été traitées et analysées grâce aux logiciels ENVI et IDRISI. Le logiciel de Système d'Information Géographique ArcGIS a été utilisé pour la vectorisation et la numérisation puis la création des cartes.

3.2.2. Méthode de traitement des données

- **Les travaux sur terrain**

Une première photo-interprétation de l'image ASTER a permis d'orienter la campagne de terrain et de définir les différents points d'étude écologique. Par la suite, les conditions d'accès sur le terrain, particulièrement difficiles, ont limité considérablement l'inventaire.

Pendant les travaux sur terrain, nous avons aussi rassemblé des points de référence où les coordonnées des points restent inchangées au cours du temps (ports, coins des bassins, aéroport, route, croisement) à l'aide d'un GPS Garmin eTrex Vista C pour la correction de nos images et de définir les différentes classes d'occupation de sol pour le futur traitement d'images.

- **Le traitement des données**

L'organigramme de traitement

La procédure de traitement est résumée dans l'organigramme de la figure 10.

Géoréférencement et correction géométrique

La différence des géométries entre les images et les cartes ne permet pas de faire directement leur superposition ; cela demande la modification des propriétés géométriques, autrement dit de leurs coordonnées spatiales.

La première étape du travail fut le géoréférencement de toutes les cartes sur une même base de coordonnées géographiques. La méthode de correction géométrique se fait en redressant les images à partir d'une comparaison avec des points de contrôle ou points de calage (GCPs).

Les cartes topographiques, l'image LANDSAT, l'image SRTM et l'image ASTER ont été corrigées de cette manière et elles sont toutes projetées sur une même base cartographique WGS84 (Zone UTM 38S). L'image LANDSAT 2003 était l'image de référence pour la correction géométrique après validation des coordonnées par la comparaison de quelques points de référence pris sur terrain.

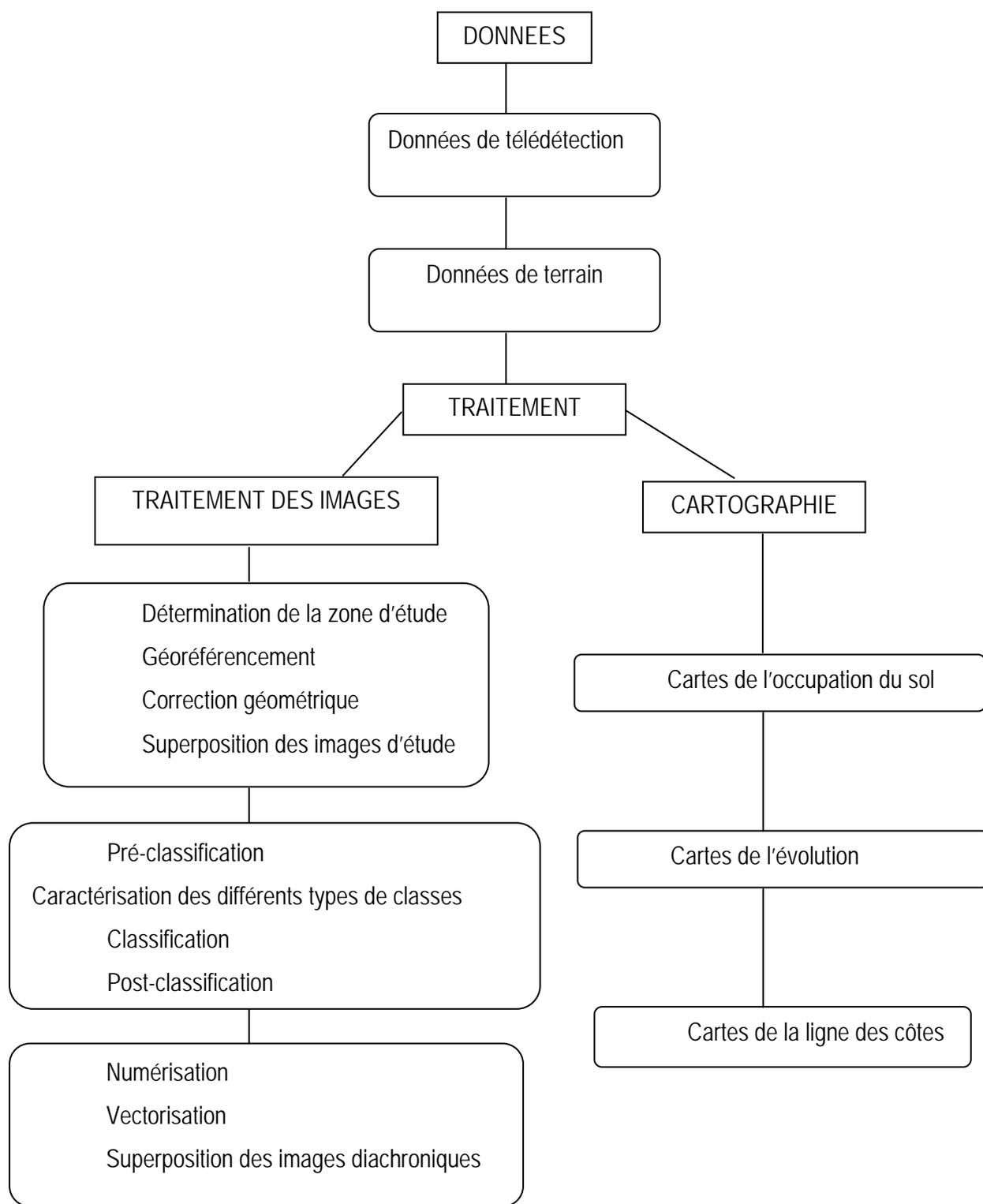


Figure 10 : Organigramme de traitement (Original : C. Andriamalala)

Afin de pouvoir traiter ensemble les images LANDSAT et ASTER, on a traité les images en même résolution 15 m sans changer les compositions spectrales.

Les images superposées ont été ensuite réduites aux dimensions des zones d'étude. La taille de l'image de Mariarano est de 2957x2167 et l'image de Boanamary est de dimension 1930x1420, tous deux de même résolution 15 m.

Superposition des images

Les régions d'étude de Boanamary et de Mariarano se trouvaient sur deux différentes images de ASTER, c'est-à-dire chaque région est représentée par deux images. Afin que les images ASTER soient traitées ensemble avec l'image LANDSAT, on a combiné les deux images. Pour cela, la fonction Mosaïking de ENVI a été utilisé après avoir bien géoréférencié les images à superposer.

Création d'images en couleurs composées

Les compositions colorées sont des images en couleurs composées dont les plus classiques étaient la coloration en fausses couleurs pour mieux visualiser l'image à classer. On avait surtout utilisé les bandes 4-5-7 pour le LANDSAT TM (figure 11) et les bandes 3-2-1 pour l'image ASTER (figure 12).



Figure 11 : Bande 4-5-7 de Landsat TM en couleur infrarouge

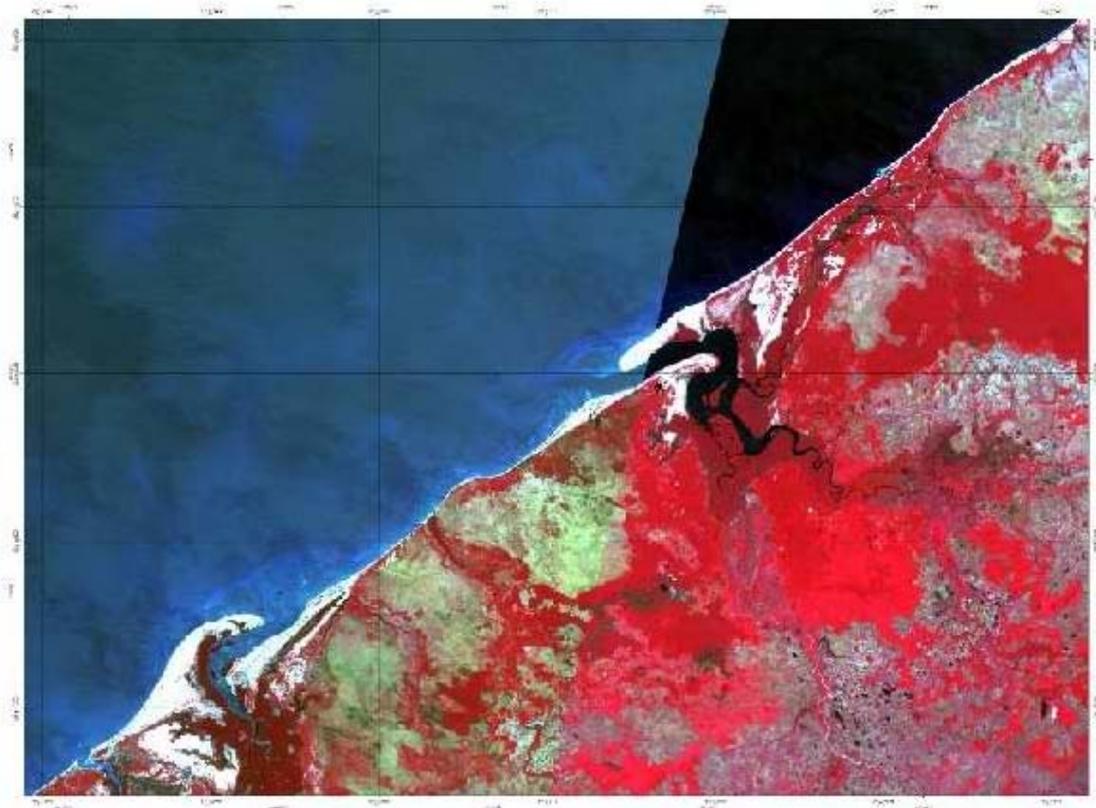


Figure 12 : Bande 3-2-1 de l'image ASTER en couleur infrarouge

Les sources peuvent être des images télédéteectées (images de scanner, images photographiques numérisées, images radar, etc.), des cartes thématiques, ainsi que toutes autres images d'intérêt, sans compter les images provenant d'un même capteur, mais prises à des instants différents (images multitudes). Quant aux manipulations de ces données, seule l'imagination nous limite dans les possibilités offertes : superposition bien sûr, mais aussi toute autre forme de manipulation mathématique des données (Bonn et Rochon 1993).

Classification

Dans les méthodes de classification, on distingue la voie dirigée et la voie non dirigée (Girard et Girard 1999). La méthode de classification par voie dirigée ou non supervisée classe les données automatiquement à partir de leurs caractéristiques spectrales, contrairement à la classification supervisée qui utilise les objets bien définis en groupe de pixels appelés des sites d'entraînement. Ces sites d'entraînement servent de base pour les calculs des algorithmes de classification. La méthode adoptée est une classification supervisée des images ASTER et LANDSAT. La classification a été effectuée dans les 15 canaux à savoir 9 canaux de l'image ASTER composée des bandes 1 à 9 et 6 canaux de l'image LANDSAT TM composée de la bande 1 à 5 et 7 (sans la bande 6 : infrarouge thermique).

- Choix des sites d'entraînement

Les points relevés par GPS sur terrain (annexe 4) et l'étude écologique ont aidé à la détermination des différentes classes de mangrove. Les cartes topographiques combinées avec l'observation sur terrain, l'enquête sur place et d'autres points GPS - non présentés en annexe - pris sur terrain ont permis de déterminer les autres classes. Les placettes d'étude écologique de taille de pixel 15m x 15m chacune ont été restitués sur l'image afin de distinguer les différents spectres végétaux dans les mangroves et ont servi de base à la définition de zones d'entraînement des classes de mangrove. Ceci permet de traduire les informations spectrales en classes thématiques, dont chacun des objets contenus dans l'image analysée appartient à une classe thématique. Il s'agit donc d'une classification multispectrale.

- Choix de l'algorithme de classification

Le « maximum de vraisemblance » (maximum likelihood) est l'algorithme de classification utilisé dans cette étude. Plusieurs algorithmes de classification ont aussi été essayés mais celui-ci donnait les meilleurs résultats.

La méthode de classification par maximum de vraisemblance est l'algorithme le plus utilisé pour la classification d'images en télédétection. Cette méthode est tout à fait satisfaisante mathématiquement car les pixels sont classés à partir d'une probabilité. On calcule pour chaque pixel de l'image sa probabilité d'être rattaché à telle ou telle classe plutôt qu'à une autre (Girard et Girard 1999).

La probabilité, que les pixels appartiennent à une certaine classe, est calculée en plusieurs étapes. La distance entre deux signatures est calculée, non seulement sur la base des moyennes, mais aussi sur la base de la distribution normale de ses niveaux de gris dans les différentes bandes. L'algorithme tient compte aussi de la marge d'erreur standard de la matrice de covariabilité des valeurs des pixels des différents sites d'entraînement. Ensuite une fonction de probabilité est calculée, avec laquelle un pixel appartient à une catégorie. Le pixel est ensuite classifié, d'après son niveau de gris dans une dimension multispectrale, dans la classe ayant la plus grande probabilité (maximum de vraisemblance) (Albertz 2001, Wilmet 1996).

La fonction de vraisemblance est définie par la formule suivante :

$$h(X)=d(X/C_i)*p(C_i)$$

où X : vecteur représentant un pixel

C_i : la $i^{\text{ème}}$ classe considérée

$p(C_i)$: la densité de probabilité à priori de la classe C_i

$d(X/ C_i)$: la densité de probabilité pour une mesure X dans la classe C_i

La mesure de $d(X/ C_i)$ est donnée par :

$$d(X/ C_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}^n \sqrt{|Q_i|}} \exp\left[-\frac{1}{2}(X - M_i)^T Q_i^{-1}(X - M_i)\right]$$

Ceci suppose que la distribution de pixels dans chaque classe (C_i) suit une loi normale avec la matrice de covariance Q_i et les moyennes M_i .

- Choix des classes retenues

Trois types de mangrove ont été considérés pour la classification :

- la mangrove intacte (mangrove dense) : c'est une formation dense à cime jointive avec une hauteur maximale variant de 4 à 15 m
- la mangrove en voie de dégradation (mangrove clairsemée) : c'est une formation composée d'individus matures et âgés, espacés avec la présence de plusieurs souches d'arbres coupés
- la mangrove dégradée : c'est une formation composée d'individus matures très espacés avec de très nombreuses souches d'arbres.

A partir des résultats de zonage de l'étude de la végétation, on a retenu quelques-uns pour la classification de la zone de mangrove:

- les peuplements homogènes de *Rhizophora*
- les peuplements homogènes d'Avicenniaceae
- les peuplements mixtes à *Avicennia* et *Sonneratia*
- les peuplements mixtes à *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal* et *Bruguiera gymnorrhiza*
- les peuplements mixtes composés d'autres espèces
- les peuplements mixtes à dominance herbacés

La séparabilité des zones a été vérifiée par le calcul de la distance de Jeffries-Matustita pour chacune des paires de classes à l'aide de la fonction « ROI separability » dans l'ENVI. C'est une analyse de la divergence qui calcule la distribution des niveaux de gris dans les différentes bandes, et ensuite les distances entre les moyennes. La distance de Jeffries-Matustita est égale à 0 lorsque les distributions sont identiques pour les deux classes spectrales. Une valeur de 2 indique qu'il n'y a aucun recoupement entre les deux distributions

autrement dit les deux classes spectrales sont séparables à 100%. Il s'agit d'une mesure statistique de la séparabilité de paires de catégories exprimée par la différence moyenne entre les fonctions de densité des deux catégories (Wilmet 1996).

Avec les deux images superposées de ASTER, on a eu des problèmes à séparer les classes dans une même image à classifier. Pour ne pas traiter séparément les deux images, nous avons pris une classe A1 dans l'image 1 et une classe A2 dans l'image 2 correspondant à la classe A.

Les sols brûlés, les savanes brûlées ou les forêts brûlées virent de noir en marron fumé. Ils sont fréquents dans les deux régions menacées par les feux de brousse en permanence. Le sol nu de Boanamary composé essentiellement de calcaire et de marne est en blanc, mais moins clair que le sable. Les côtes boueuses, les tannes humides et les mangroves rasées sont difficiles à distinguer par la dominance de la boue. En même temps, la savane et les forêts clairsemées se confondent parfois. L'eau se distingue bien mais représente des variations de brillance et des variations de grandeurs par la différence de périodes d'enregistrement des images, d'où la nécessité de définir plusieurs classes d'eau.

- Evaluation de la classification

La matrice de confusion sert à évaluer les qualités d'une classification. Elle est obtenue en comparant les données classées avec les données de référence qui doivent être différentes de celles ayant servi à la réalisation de la classification.

Elle donne un résultat statistique du nombre de pixels classés dans les différentes classes. Pour cela, il montre aussi l'erreur de commission et l'erreur d'omission. On parle d'«erreur de commission» lorsque le classificateur a affecté des pixels dans une classe autre que celle à laquelle ils appartiennent. Tandis que «l'erreur d'omission» est lorsque le classificateur n'a pas su affecter des pixels à une classe connue, ils vont les traiter comme «non classés».

Les erreurs d'omission sont plus acceptables que les erreurs de commission. Il vaut mieux alors avoir des pixels non classés que de les affecter dans une autre classe qui ne leur correspond pas.

L'estimation de la qualité de la classification est indiquée par le coefficient kappa qui varie de 0 (mauvais résultat) à 1 (bon résultat). Un kappa de 0,75 signifie que 75% de la classification ne sont pas dus au hasard (Girard et Girard 1999). C'est un estimateur de qualité qui tient compte des erreurs en lignes et en colonnes, défini par la formule suivante :

$$kappa = \frac{\left| N \sum_{i=1}^l x_{ii} - \sum_{i=1}^l (x_{i+} x_{+i}) \right|}{N^2 - \sum_{i=1}^l x_{i+} x_{+i}}$$

l = nombre de ligne et N = nombre total d'observations

- Post-classification

Il est toujours nécessaire de faire une vérification globale de chaque classe après classification. Une vérification sur terrain à partir de résultat obtenu a été faite dans certaines zones. L'atelier en 2006 a aussi permis de montrer aux gens locaux les images classifiées et de leur demander les fausses classes.

Des nombreuses classes ont été d'abord reclassifiées comme on a utilisé deux classes différentes dans l'image superposée à traiter.

Des pixels ponctuels pouvaient être dus à des fausses classifications ont été éliminés en appliquant le filtre médiane 3x3.

Des classes de mangroves (mangrove mixte et herbacée) se confondent avec les forêts après classification. Pour les éliminer, on a procédé au calcul par la fonction de « Image calculator » de IDRISI à la condition de seuil de niveau d'installation des mangroves. Avec les données de l'altitude issues de DEM (Digital Elevation Model), on a fixé que les mangroves ne devraient pas exister au-delà de 30 m d'altitude.

Les images ASTER superposées ont donné une bande mal classifiée le long de la superposition. La correction a été faite en créant un masque de polygone contenant la partie à corriger et de procéder ensuite à la fonction « SIEVE classes » dans ENVI.

Modèle d'altitude (DHM)

L'image SRTM a été d'abord corrigée à partir de 30 points de comparaison avec l'image LANDSAT, la moyenne d'écart de ces points a été calculée pour corriger l'image.

Des valeurs erronées se trouvaient dans la partie mer indiquant des valeurs négatives et positives, elles ont été corrigées en utilisant un masque « eau », résultat obtenu à partir de la classification de l'image ASTER et LANDSAT.

Cette correction a été appliquée pour les deux images celle de Boanamary et de Mariarano.

Dynamique des côtes

Pour l'étude de l'évolution des côtes, la classe « eau » de Boanamary et Mariarano issue de la classification en 2003 a été exportée en vecteur pour pouvoir le traiter en ArcGIS.

La ligne de côte de 1973 a été obtenue en utilisant une classification non supervisée « ISODATA » de l'image LANDSAT 1973. La classe « eau » obtenue serait ensuite changée en type vecteur pour être comparé avec celle de 2003 dans ArcGIS.

Dynamique des mangroves

La méthode de choix était de classer séparément les deux images et d'essayer de comparer certaines classes de mangrove.

Comme l'image LANDSAT 1973 est de basse résolution, cela implique qu'on ne pouvait pas avoir les mêmes classes que celle de 2003. Les classes qu'on voudrait chercher se limitent alors à identifier les mangroves denses, les mangroves clairsemées et dégradées.

Le problème repose sur la difficulté de séparer les classes de « mangrove » de la « forêt » dans l'image 1973. Les deux classes donnent une même réponse spectrale.

Un polygone limitant la zone de mangrove servant de masque a été créé pour limiter le traitement dans la zone mangrove d'étude.

3.3. METHODE D'ETUDE DU SOL ET DE L'EAU

3.3.1. Choix des sites et prélèvement des échantillons de sol

Les prélèvements des échantillons du sol sont réalisés sur chaque type de groupement de palétuviers en même temps de l'étude floristique pendant la basse marée où l'accès dans les mangroves est possible.

La méthode de prélèvement consiste à répéter des sondages des zones de prélèvement accompagnées de quelques observations sur terrain et mesures in situ.

La forte hydromorphie du substrat et la faible profondeur de la nappe phréatique dans les mangroves provoquent souvent l'écroulement des horizons supérieurs, ce qui rend impossible la prise d'échantillons pédologiques par le moyen d'une fosse.

Les échantillonnages sont effectués à marée basse à l'aide d'une tarière. C'est un demi-cylindre de 120 cm de long et de 8 cm de diamètre avec des bords tranchants munis d'une manche en « T » servant à enfoncer et à retirer la pelle en la faisant tourner. L'outil est enfoncé perpendiculairement par rapport à la surface du sol.

Une fois la pelle retirée et déposée à l'horizontale, la carotte est raclée au même niveau que les bords de la pelle pour qu'on puisse distinguer les différents horizons.

Il faut remarquer que les sols ont été échantillonnés dans les placeaux d'étude botanique d'une superficie de 15m x 30m. Le choix du lieu de prélèvement des échantillons repose sur le type de peuplement de mangrove et la position du placeau par rapport au fleuve, à la mer et à la terre (proximité et éloignement).

Le forage s'est fait en cinq points diagonaux (figure 13) après consultation de la méthodologie dans Maignien (1969). Si la différence entre les cinq trous était grande du point de vue couleur de l'horizon ainsi que la texture, on a augmenté le nombre de trous pour bien représenter la surface à échantillonner. Des seaux à différentes couleurs ont été préparés pour mettre la terre issue de chaque horizon. Chaque horizon a été identifié en fonction de la variation de la couleur de sol à partir de l'horizon supérieur. La terre était d'abord bien mélangée dans les seaux et un échantillon de 250 g environ a été mis dans un sac en plastique pour l'analyse au laboratoire.

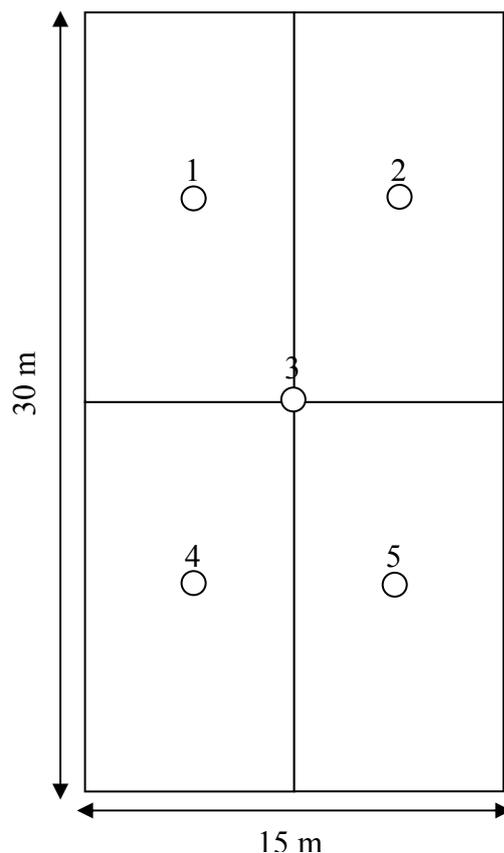


Figure 13 : Les points d'échantillonnage de sol dans le placeau

Onze échantillons ont été prélevés à Mariarano (tableau 14) et huit échantillons à Boanamary (tableau 15). Dans les deux sites, la méthode de prélèvement reste la même et la profondeur de prélèvement se limite au troisième horizon c'est-à-dire autour de 60 cm de profondeur. Un échantillon correspond à trois sacs en plastique avec du sol de trois horizons différents issus de 5 carottes d'une placette. Notons que le premier horizon a est l'horizon supérieur en moyenne de 0 à 20 cm, le deuxième horizon b est l'horizon intermédiaire en moyenne de profondeur entre 21 à 40 cm en dessous de la surface de sol et le troisième horizon c est l'horizon inférieur en moyenne de profondeur entre 41 à 60 cm au dessous du niveau de sol. Les coordonnées géographiques du centre du plateau de prélèvement ont été pris pour tous les échantillons.

Tableau 14 : Les lieux de prélèvements d'échantillon de sol de Mariarano

| MARIARANO | Zone NORD | ILOTS de mangrove | Zone SUD | Zone CENTRE et EST |
|--------------------------|-----------|----------------------|----------|--------------------|
| Proche de la terre ferme | MST | MS16 MS18 MS19 | MS1 | MSX |
| Intérieur de la mangrove | MS12 | | MS4 | MS10 |
| Proche du fleuve / mer | MS14 | | - | MP6 |

Tableau 15 : Les lieux de prélèvements d'échantillon de sol de Boanamary

| BOANAMARY | Zone NORD | Zone CENTRE | Zone SUD |
|--------------------------|-----------|-------------|----------|
| Proche de la terre ferme | BS7, BST | BS1 | - |
| Intérieur de la mangrove | BS5 | BS3 | BS14 |
| Proche du fleuve / mer | - | BSX | BS13 |

3.3.2. Choix des sites et prélèvement des échantillons d'eau

Les prélèvements de l'eau (tableau 16 et 17) se fait en marée haute en saison sèche.

Nous avons mesuré la salinité, le pH et la température de l'eau dans différents points le long du fleuve de Mariarano et le long de la côte de la zone d'étude de Boanamary en se déplaçant en bateau ou en pirogue (figure 14). La mesure se fait à l'aide d'un pH-mètre à électrodes et d'un conductimètre multiparamètre.

Tableau 16 : Les lieux de prélèvement d'eau à Mariarano

| MARIARANO | Zone NORD | Zone SUD | Zone CENTRE et EST |
|---------------|----------------|---------------|--------------------|
| Mer et fleuve | ME5, ME6, ME10 | ME4, ME9, ME8 | ME1, ME2, ME3, ME7 |

Tableau 17 : Les lieux de prélèvement d'eau à Boanamary

| BOANAMARY | Zone NORD | Zone CENTRE | Zone SUD |
|----------------|-----------|-------------|----------|
| Mer et fleuve | BE3, BE4 | BE7, BE8 | BE5, BE6 |
| Canal de rejet | BE1, BE2 | | |

3.3.3. Analyse in situ et au laboratoire

Les caractéristiques physico-chimiques ont été mesurées à l'échelle du site. A l'aide d'un équipement de terrain tels que pH-mètre à électrodes et conductimètre multiparamètres, le pH, la salinité (eau courante et eau du sol) et la température de l'eau ont été mesurés directement sur place ("in situ"). Pour obtenir l'eau du sol, des eaux de surface issues de trou de crabes d'une profondeur autour de 10 cm ont été prélevées dans le site à Mariarano. Tandis qu'à Boanamary, où il est difficile de trouver des eaux en surface, des trous creusés par une tarière ont été utilisés après stagnation des eaux autour de 10 minutes environ. La sonde du conductimètre est directement introduite dans le trou pour mesurer les paramètres susmentionnés.

Pour chaque horizon, les paramètres suivants : pH, T°, épaisseur de chaque horizon, couleur, la présence ou l'absence des débris organiques ont été notés sur terrain.

Pour le séchage, la terre est versée et étalée à l'air libre sur un sachet plastique portant une référence, dont le sac d'origine a été glissé sous l'échantillon afin de ne pas se tromper de référence.

Deux ou trois fois par jour, on écrase à la main les mottes de terre afin de favoriser le séchage. L'échantillon est sec lorsqu'il s'effrite entre les doigts sans coller. Dans notre cas où les terres de mangrove sont très humides, ce séchage a duré autour de deux semaines. Pour les analyses de routine, il faut conserver environ 500 g de cet échantillon dans un sachet plastique portant la référence.

Pour tous les échantillons du sol, le pH à sec, la teneur en matières organiques, le rapport C/N, la granulométrie et la conductivité ont été étudiés au laboratoire.

Pour certains échantillons représentatifs du site d'étude, les concentrations en potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg) et sodium (Na) ont été aussi analysées.

Pour préparer l'échantillon, il faut le faire passer à travers un tamis de maille de 2 mm. Après chaque opération de tamisage, on verse le refus sur une feuille de papier. Si celui-ci contient de la terre agglomérée, on le met dans un mortier en porcelaine, et à l'aide d'un pilon, on écrase les petites mottes de terre sans frapper trop fort. Pour certaines analyses, le tamisage de la terre au diamètre de 0,5 mm est nécessaire.

- **pH du sol et conductivité électrique** (CRAAQ 2002 et 2005^b)

La méthode pour déterminer le pH du sol consiste à peser 25 g de sol séché à l'air (2 mm) dans un bécher de 50 ml et d'y ajouter 25 ml d'eau distillée. On laisse en contact pendant 30 mn tout en agitant de temps en temps à l'aide d'une baguette.

Après l'étalonnage du pHmètre par la solution tampon pH 4 et pH 7, on introduit avec précaution l'électrode dans la suspension sans agiter la suspension durant la mesure.

Pour déterminer la conductivité électrique, la procédure est la même que pour le pH.

- **Granulométrie** (CRAAQ 2005^a)

Matériels et réactifs : Mixeur, cylindre jaugé de 1 litre, densimètre de Bouyoucos gradué en g/l, thermomètre, chronomètre, hexametaphosphate de sodium 5% dont 50 ml par échantillon, et alcool amylique.

Procédure : Après avoir pesé 50 g de sol (2 mm) d'un bécher de 600 ml, on y ajoute 50 ml d'hexametaphosphate de sodium et 100 ml d'eau distillée. Bien mélanger et laisser reposer pendant une nuit. Agiter pendant 5 mn à l'aide d'un mixeur. Transvaser dans un cylindre de 1 litre et à l'aide de l'eau de rinçage, compléter le volume jusqu'au trait. Ajouter 65 ml d'eau distillée et laisser reposer quelques minutes afin d'obtenir l'équilibre thermique avec le milieu ambiant. Boucher le cylindre et retourner vivement à plusieurs reprises pendant une minute. Laisser se reposer et déboucher. Après 40 s et 2 h de repos, introduire le densimètre dans le liquide surnageant et faire la lecture. L'introduction du densimètre dans le liquide se fait 10 s avant la lecture. S'il y a une mousse à la surface, ajouter quelques gouttes d'alcool amylique pour la faire disparaître.

Calcul : $\%sable = 100 - 2[L40 - B40 + 0,36(t40 - 20)]$

$\%argile = 2[L2h - LB2h + 0,36(t2h - 20)]$

$\%limon = 100 - (\%sable + \%argile)$

dont t40=température à 40 s et t2h=température après 2 h

L40=lecture après 40 s et LB40=lecture blanc 40 s

L2h=lecture après 2 h et LB2h=lecture blanc à 2 h

- **Bases échangeables Ca, Mg, K et Na (CRAAQ 2005^d)**

Réactifs : Acétate d'ammonium NH_4OAc 1N. Peser 77,08 g d'acétate d'ammonium et le dissoudre dans de l'eau distillée à 1 litre.

Procédure : Placer 10 g de sol (diamètre 2 mm) dans un erlenmeyer de 125 ml. Ajouter 40 ml d'acétate 1N. Tournoyer et laisser reposer pendant 1h ou plus. Transférer le contenu de l'erlenmeyer dans un bécher de 8 mm de diamètre adapté à une fiole à vide et garni d'un papier filtre (H2). Bien rincer plusieurs fois le contenu de l'erlenmeyer par 10 ml d'acétate et le transférer dans le bécher jusqu'à obtenir un volume de 100 ml et compléter le volume jusqu'au trait de la jauge par l'acétate. Déterminer les concentrations en Ca, Mg, K et Na par la spectrométrie d'émission atomique avec l'appareil d'absorption atomique Perkin Elmer 3300. Faire une dilution de la solution 1/10, 1/100, 1/1000.

$$\text{Még}/100\text{g}=(\text{lecture} \times \text{dilution})/\text{masse équivalente}$$

- **Carbone organique (CRAAQ 2005^c)**

Réactifs : Bichromate de potassium 1N, Acide phosphorique H_3PO_4 , Acide sulfurique H_2SO_4 et Sulfate ferreux Fe_2SO_4 .

Dissoudre 49,04 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ préalablement séché à 150°C pendant 2 heures dans environ 700 ml d'eau. Agiter et compléter à 1 litre avec de l'eau.

Solution indicatrice de la ferroïne : Dissoudre 1,485 g de 1,10-phenanthroline monohydraté et 0,695 g de $(\text{Fe}_2\text{SO}_4,7\text{H}_2\text{O})$ dans environ 70 ml d'eau. Compléter avec 100 ml avec de l'eau.

Sulfate ferreux 0.5N : Dissoudre 70 g de $(\text{Fe}_2\text{SO}_4,7\text{H}_2\text{O})$ dans environ 350 ml d'eau. Ajouter 20ml de H_2SO_4 et compléter à 500 ml avec de l'eau.

Procédure : Peser 0,25 g de sol dans une fiole conique de 250 à 300 ml et y ajouter 10 ml de bichromate de potassium 1N. Ajouter 20 ml d'acide sulfurique concentré, agiter rigoureusement pendant une minute et laisser reposer pendant 30minutes. Ajouter 150 à 200 ml d'eau déminéralisée, 10 ml d'acide phosphorique concentré et 10 à 15 gouttes de la solution indicatrice de ferroïne. Titrer l'excès de bichromate de potassium avec la solution de sulfate ferreux 0,5N ; lors de l'apparition de la coloration turquoise, titrer lentement jusqu'à la coloration finale brune.

Introduire dans un erlenmeyer 10 ml de bichromate de potassium 1N et 20 ml d'acide sulfurique. Brasser et compléter le titrage.

Le pourcentage de carbone dans l'échantillon exprimé en C% est :

$$C\% = [(A-B) \times 10 \times 0,004 \times 100] / P \times A$$

où C : concentration de carbone organique (%C)

A : volume de bichromate de potassium utilisé pour le témoin (ml)

B : volume de bichromate de potassium utilisé pour l'échantillon (ml)

10 : volume de bichromate ajouté initialement

0,004 : nombre de g de C par ml de bichromate

P : poids de l'échantillon titré

100 : facteur pour obtenir un pourcentage

La matière organique (M.O.) est calculée par la formule : **% M.O. = % C x 1,724**

- **Azote Kjeldahl** (CRAAQ 2004)

Réactifs : Na OH (10N)

Peser 400 g de NaOH, ajouter de l'eau distillée 800 ml, puis agiter avec la baguette de verre sous la hotte. Après refroidissement, ajouter de l'eau distillée jusqu'à 1 litre.

Acide borique 2%. Peser 40g de H₃BO₃ dans un bécher de 2 litres. Ajouter environ 1 600 ml de l'eau distillée puis agiter. Le mettre dans une fiole de 2 000 ml, ajouter 40 ml d'indicateur coloré et ajuster avec l'eau distillée.

Procédure : Peser 1 g d'échantillon de sol (0,5 mm) dans un tube de digestion. Ajouter un catalyseur (CuSO₄, K₂SO₄) et 10 ml de concentration de H₂SO₄. Agiter. Faire la digestion à 430°C pendant une demi-heure. Attendre 15 minutes environ avant de mettre le contenu dans une fiole de 50 ml. Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Extraction : Pipeter 10 ml de la solution préparée et le mettre dans l'appareil de digestion. Ajouter 10ml de NaOH (10N). Capter la vapeur dégagée avec une solution d'acide borique, continuer pendant 15 minutes. Titration avec une solution 0,01N d'H₂SO₄.

La concentration de l'azote total dans l'échantillon est :

$$\%N = \text{Normality of H}_2\text{SO}_4 \times (\text{ml of H}_2\text{SO}_4/1000) \times 1Y \times (50/10) \times (100/W)$$

où 1Y: (equivalent weight of N) poids équivalent de N

10: (10 ml out of 50 ml is taken for distillation) F: facteur de dilution

W: (weight of soil) poids de l'échantillon solide sur base sèche (g)

ml of H₂SO₄: concentration de H₂SO₄ en ml

3.4. METHODE D'ETUDE DE VEGETATION

3.4.1. Choix des relevés

Pour l'étude de végétation, le choix des différents placeaux dans les deux sites d'études Mariarano et Boanamarly est le même. La sélection nécessite qu'ils soient représentatifs de la zone d'échantillonnage. Quelques critères ont été pris en compte pour orienter notre choix :

- l'état des mangroves (formation intacte, écrémée, dégradée et tannes)
- l'emplacement suivant l'hydrographie (près des côtes, des fleuves ou des chenaux)
- l'éloignement par rapport à la terre et à la mer
- l'accessibilité des lieux et le danger des lieux par la présence des crocodiles
- la division régionale des zones de mangrove connue par la population.

Ces différentes informations ont été déterminées à partir des études bibliographiques sur tous les travaux déjà entrepris dans les régions et les prospections entreprises avant la descente sur le terrain.

Par contre, le choix direct sur le terrain était fonction de la méthodologie appliquée. La méthode de relevé adoptée pour cette étude est celle de Braun-Blanquet (1965). Elle permet d'évaluer le potentiel de régénération de chaque formation, d'effectuer l'inventaire floristique des différentes formations de mangroves et de déterminer le dynamisme de la végétation dans son milieu naturel. Nous avons tenu compte des trois critères d'homogénéité des formations (l'homogénéité de la physionomie, l'uniformité des conditions écologiques apparentes et l'homogénéité de la composition floristique) (Gounot 1969) et de la succession de la végétation dans les mangroves.

Une esquisse du plan d'échantillonnage a été préétablie sur une image satellitaire multispectrale ASTER agrandie de résolution 15m, ce qui nous a facilité l'orientation sur le terrain. Pour mettre en relation les résultats obtenus de la télédétection et de l'étude de la végétation, nous avons pris une surface de relevé équivalent à deux pixels (15m x30m). Cette

surface appelée plateau est délimitée par des mètres rubans soutenus par des piquets en bois à chaque côté. Elle est par la suite subdivisée en 4 placettes de 7,5m x 15m chacun (figure 14).

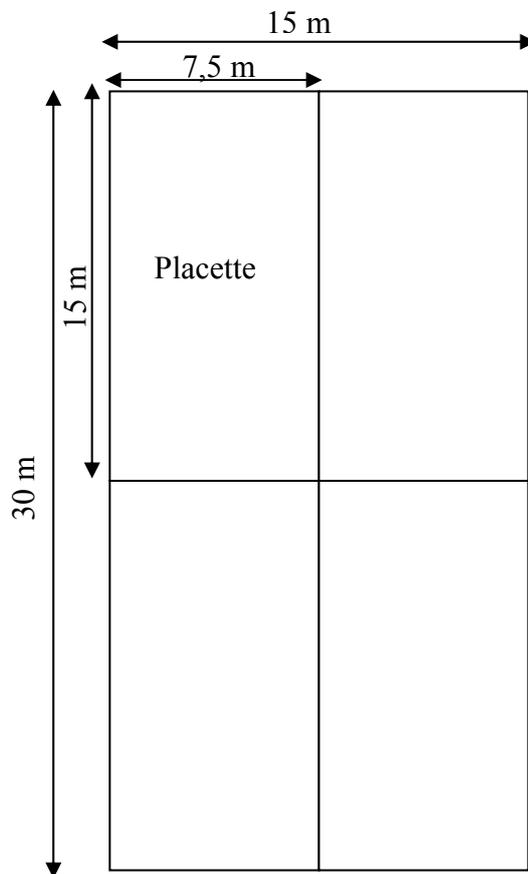


Figure 14 : Protocole d'échantillonnage des relevés floristiques sur une parcelle de 450 m²

Dans notre étude, 21 placeaux ont été sélectionnés à Mariarano (tableau 18) et 14 placeaux à Boanamary (tableau 19).

Tableau 18 : Les placeaux de Mariarano dans les différentes zones d'échantillonnage

| MARIARANO | Zone NORD | ILOTS de mangrove | Zone SUD | Zone CENTRE et EST |
|--------------------------|------------------|------------------------------|----------|--------------------|
| Proche de la terre ferme | MP8, MP11 | MP15 MP16 MP18 MP19 | MP1 | MPX, MP9 |
| Intérieur de la mangrove | MP7, MP12 | | MP2, MP4 | MP21, MP5, MP10 |
| Proche du fleuve / mer | MP13, MP14, MP20 | | MP3 | MP6 |

Tableau 19 : Les placeaux de Boanamary dans les différentes zones d'échantillonnage

| BOANAMARY | Zone NORD | Zone CENTRE | Zone SUD |
|--------------------------|---------------|-------------|------------|
| Proche de la terre ferme | BP7 | BP1 | BP15 |
| Intérieur de la mangrove | BP5, BP8, BP9 | BP2, BP3 | BP12, BP14 |
| Proche du fleuve / mer | BP6 | BP4 | BP13, BP11 |

3.4.2. Paramètres étudiés

Pour chaque relevé, les paramètres géographiques, floristiques et physiologiques ont été pris en considération.

Pour les paramètres géographiques, il s'agit de noter la localisation, les coordonnées géographiques, l'orientation et l'exposition.

Pour les paramètres floristiques et physiologiques, lorsque les arbres ont un diamètre de base à hauteur de la poitrine soit 1,3 m (DBH) supérieur ou égale à 3 cm, c'est à dire des individus matures ou semenciers, les paramètres ci-dessous ont été observés sur le terrain.

- *Le nom vernaculaire et/ou le nom scientifique* attribué à chaque individu pour permettre de les identifier ultérieurement.
- *Le diamètre du fût* ramené au diamètre à hauteur de poitrine, à 130 cm du sol.
- *La hauteur maximale* de tous les individus.
- *L'abondance numérique* : nombre total d'individus présents dans chaque placette
- *L'état phénologique de chaque individu* dont le DBH est supérieur ou égal à 10 cm. La phénologie concerne l'étude de l'influence des phénomènes saisonniers sur la plante. Cette dernière peut être en état végétatif, en fleur, ou en fruit selon son cycle de vie.

Pour les plantules ou les jeunes individus régénérés avec un DBH inférieur à 3 cm, l'abondance numérique des plantules ainsi que l'abondance des souches, des arbres abattus et des individus morts ont été notées. Il faut remarquer que dans le placeau où les plantules sont abondantes, nous les avons comptées dans une surface de un mètre carré que nous avons extrapolé sur toute la surface occupée.

3.4.3. Méthode d'analyse et de calcul

3.4.3.1. Méthode de groupement et d'ordination

Le principe d'une méthode de groupement ou de classification est de rassembler les objets ayant un degré de similarité suffisant pour être réunis dans le même ensemble. Dans le cadre

de l'analyse de la végétation, on groupe les relevés pour mettre en évidence des conditions écologiques particulières qui président à la reconnaissance des associations végétales. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel PC-ORD.

L'objectif d'une méthode d'ordination est d'ordonner des objets les uns par rapport aux autres de manière à éloigner les objets les plus différents en essayant de limiter le nombre de variables nécessaires. L'ordination en a défini les grands axes de variation.

Lorsque les variables écologiques sont corrélées, la méthode d'ordination permet de chercher à trouver un nouvel arrangement des stations qui résume mieux leurs interrelations connaissant le centre de gravité du nuage de points, soit la moyenne des variables (McCune et Grace 2002).

- **Méthode hiérarchique**

L'appellation hiérarchique correspond aux méthodes qui imposent de manière définitive la position d'un objet au sein d'une filière de la classification. Tous les objets doivent obligatoirement se retrouver dans la structure finale. Les méthodes hiérarchiques sont de deux types : elles sont agglomératives quand elles associent les objets en les groupant les uns avec les autres pour terminer par un seul groupe, ou elles sont divisives quand elles subdivisent les groupes jusqu'à obtenir autant de groupes qu'il y a d'objets (Pielou 1984).

Le dessin de dendrogramme visualise la similarité entre les différents objets sur une échelle graduée en fonction des valeurs de similarité décroissante.

- **Méthode d'analyse des composantes principales (ACP)**

L'ACP repose sur le calcul de coefficients de corrélation entre des variables, qui sont descriptives d'objets dont on souhaite synthétiser les interrelations.

Le calcul des coefficients de corrélation entre les variables permet de mesurer l'angle entre des droites par la valeur de ces coefficients qui sont présentés par des vecteurs partant d'un point d'origine. Ce point d'origine est défini comme étant le centre de gravité du nuage des variables. Pour le calculer, chacune des variables du fichier est d'abord centrée et standardisée. Pour se faire, on lui soustrait la moyenne et on la divise par l'écart-type. De ce fait, la moyenne de chacune est égale à 0 et l'écart-type vaut 1. Le centre de gravité du nuage est la coordonnée 0 sur tous les axes variables (Bouxin 2004).

Les deux axes principaux devraient être orthogonaux, le deuxième est à angle droit du premier identifié par la projection des différents vecteurs. Cela signifie que les corrélations entre les deux axes sont nulles avec l'angle de 90°, ils sont tout à fait indépendants.

3.4.3.2. Méthode d'analyse statistique

Pour déterminer les différences significatives entre les deux sites d'étude, nous avons choisi le test non paramétrique de Mann-Whitney (Zar 1984). Pour les calculs en SPPS, seuls les chiffres positifs ont été considérés où les espèces respectives sont présentes (voir annexe 1).

Afin de normaliser la distribution des données, l'ensemble des comparaisons a été réalisé sur des mesures transformées en logarithme (Legendre et Legendre 1984). Dans notre cas, une transformation logarithmique $\log_{10}(n+1)$ a été faite pour le calcul des corrélations, il permet d'uniformiser les données et d'éviter les valeurs nulles qui faussent les calculs. Toutes les données ont été transformées (McCune et Grace 2002) sauf les données Dmer et Dterre (voir annexe 1).

Le type de corrélation utilisé était le « Spearman rank correlation » avec une procédure non paramétrique.

Pour intégrer les données environnementales, la régression multiple en utilisant la méthode rétrograde (backward) a été utilisée. Cette méthode consiste à construire un modèle de régression complet (intégrant toutes les variables explicatives), et à en retirer une par une les variables dont le F (ou le t) partiel est non significatif, en commençant par celle qui explique le moins de variation (Pielou 1984).

3.4.3.3. Méthode de calcul du taux de régénération

Ce calcul permet de savoir si un placeau quelconque a une bonne ou faible régénération. C'est le rapport entre le nombre des plantules et des individus par station multiplié par cent. Il se calcule par :

$$\text{TR} = \frac{\text{Nombre d'individus de régénération (R)}}{\text{Nombre d'individus semenciers (S)}} \times 100$$

Un taux inférieur à 100, c'est à dire $\text{TR} < 100\%$ représente une faible régénération, tandis qu'un taux supérieur à 100 indique la possibilité du renouvellement de génération.

3.4.3.4. Méthode de calcul du biovolume

Il s'agit d'une analyse dendrométrique permettant de déterminer le volume des produits de la forêt. Les paramètres d'inventaire forestier permettent d'évaluer le potentiel ligneux à partir des calculs de la surface terrière et du biovolume.

La surface terrière renseigne sur la surface occupée par un arbre et caractérise la structure de la végétation. La surface terrière individuelle est notée g . Si l'on considère les arbres comme cylindriques et si l'on note d leur diamètre, on a : $g = \pi/4 * d^2$.

La surface totale G est la somme des surfaces terrières individuelles par unité de surface :

$$G = \sum g_i \quad \text{équivalente à la formule suivante : } G = \pi/4 * D^2$$

D : moyenne des diamètres de tous les arbres dans la surface de relevé

G : surface terrière en m^2

Le biovolume est : $V = 0,53 * G * H$ (Dawkins 1959)

0,53 : coefficient de forme

H : hauteur du fût

G : surface terrière

4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

4.1. ETUDE ECO-SOCIO-ECONOMIQUE

Résultats de l'enquête et de l'atelier

Les personnes enquêtées sont généralement du sexe masculin. La plupart des femmes refusent de répondre à nos questions et laissent la place à leur mari. Celles qui acceptent d'être interviewé ne donnent pas des réponses fiables. Dans la société Sakalava, les femmes sont soumises et ne devraient pas prendre de responsabilité. Elles doivent toujours consulter leur conjoint pour chaque événement.

L'âge des enquêtés varie entre 18 et 70 ans.

A Mariarano, 90% des enquêtés étaient des Sakalava et à Boanamary, les enquêtés sont d'origine diverse (Sakalava, Antesaka et Tsimihety) à peu près les mêmes pourcentages.

4.1.1. MARIARANO

L'enquête et l'atelier organisés à Mariarano étaient surtout axés sur la filière bois de mangrove : historique, exploitation, utilisation et commercialisation. Les autres ressources naturelles dans la zone des mangroves comme la pêche ont été aussi traitées pour connaître leurs potentialités.

D'après les résultats d'étude de Ackermann (2004), la taille moyenne de ménage est entre 6 et 7 personnes. L'ethnie dominante est le Sakalava à 80%, le Tsimihety représente 15% et les Betsileo, Betsirebaka et Antesaka sont 5%.

Le résultat de la statistique dans le tableau 20 donne des détails sur la dominance de chaque ethnie ainsi que sur la démographie et les principales activités dans chaque village enquêté.

4.1.1.1. Statistique de Mariarano

Tableau 20 : Statistique de Mariarano (Enquête 2005 et Atelier 2006)

| Régions d'enquête | Ethnie par ordre d'abondance | Nb de toits | Nb de pop° | Activités principales par ordre chronologique | | | | | | | Nb de bateau à voile | Nb de boutres | Tête de zébus estimatifs | Nb des Pêcheurs | Nb collecteurs de crabes | Exploitants des bois de mangrove (%) |
|------------------------------|---|-------------|------------|---|-------|------|------|-----|-------|-------|----------------------|---------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | | | | Cult. | Elev. | Conf | Pêch | E.M | E.Fô. | Apic. | | | | | | |
| Mariarano - Antafiamahagadra | Sakalava, Tsimihety, Antesaka, Betsileo | 100 | 600 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | 0 | 0 | 600 | 2 | 10 | 5 |
| Antanandava-Ambahiviky | Sakalava | 50 | 408 | 1 | 2 | 4 | 5 | 3 | | | 4 | 1 | 600 | 10 | | 20 |
| Antsena | Tsimihety, Sakalava | 25 | 70 | 3 | 4 | 5 | 2 | 1 | | | 4 | 1 | 40 | 20 | 30 | 95 |
| Berafia | Sakalava | 35 | 80 | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 | | | 5 | 1 | 300 | 30 | | 20 |
| Maroangola | Tsimihety | 06 | 15 | | | | 2 | 1 | | | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 100 |
| Andimaka | Sakalava, Betsileo | 50 | 300 | 1 | 2 | 5 | 4 | 3 | | | 5 | 0 | 200 | 3 | 20 | 15 |
| Ampanolora | Sakalava | 05 | 20 | 1 | 3 | | 4 | | | 2 | 0 | 0 | 20 | 2 | | 0 |
| Antsira | Sakalava | 4 | 20 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | | | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | ?100 |
| Anjiamanoro | Antesaka, Sakalava, Tsimihety | 40 | 150 | | | 3 | 1 | 2 | | | 15 | 0 | 0 | 30 | | 75 |
| Marosakoa | Sakalava, Tsimihety, Antesaka, Betsileo | 30 | 100 | | 2 | 4 | 1 | | 3 | | 5 | 0 | 60 | 7 | 0 | 2 |
| Antsakoambezo | Sakalava | 20 | 80 | 5 | 3 | 4 | 1 | 2 | | | 3 | 0 | 40 | 15 | | ?95 |
| Tsianongakalala | Sakalava | 10 | 40 | 1 | 2 | | | | | 3 | 1 | 0 | 300 | 0 | 0 | 0 |

Cult : Agriculture, El : Elevage, Conf : Artisanat, Pêch :Pêche, EM : Exploitation mangrove, EFô : Exploitation forestière, Apic : Apiculture

La population de Mariarano et Marosakoa est majoritairement jeune avec un pourcentage de femmes et d'hommes équivalent (tableau 21).

Tableau 21 : Tableau récapitulatif de recensement de la population de Mariarano en 2004 (Donnée communiquée gracieusement par la commune rurale de Mariarano en 2005)

| Commune | 0 à 5 ans | | 6 à 17 | | 18 à 59 | | 60 et plus | | Total | | TOTAL |
|-----------|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|------------|----|-------|-----|-------|
| | G | F | G | F | H | F | H | F | H | F | H & F |
| Mariarano | 158 | 161 | 376 | 387 | 312 | 327 | 56 | 51 | 902 | 926 | 1828 |
| Marosakoa | 43 | 49 | 113 | 105 | 117 | 126 | 19 | 16 | 292 | 296 | 588 |

G : garçons, F : Filles, H : Hommes, F : femmes

4.1.1.2. Economie de mariarano (figure 15)



LEGENDE

| | | | |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Vary akotry Paddy Katsaka Céréales Mais Sakamalao, tongolo, sakay, ... Gingembre, oignon, ail, painent, ... Voly fanondrana Voanjo, kafe, fary Plantation d'exportation Arachide, café, canne à sucre Voankazo Fruits Hanikotrana Tubercules | <ul style="list-style-type: none"> Fiompiana omby Cheptel ovins Ombivavy be rono Vache taureau Fiompiana kisoa Cheptel porcins Fiompiana ondry Cheptel ovins caprins Fiompiana akoho amam-borona Volailles | <p>Rakojavaboary <i>Occupations du sol</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Ala mikitroka Forêts denses Roranga misy hazo Savane arborée Roranga Savane herbueuse Honahona/ Horaka Marais/ Zone inondable Rano Plan d'eau Aiankonko Mangroves | <p>Infrastructures</p> <ul style="list-style-type: none"> Renirano maharitra Cours d'eau permanent Renirano asara Cours d'eau temporaire Sekolim-panjakana fanabeazana fototra Ecole primaire publique Sekoly fanabeazana fototra tsy miankina Ecole primaire privée CEG CEG CSB2 Masoivoiho Fandoavan-ketra Agence postale Brigadin'ny zandamaria Poste avancé/ Brigade de gendarmerie Orinasa mpampitao trano Industrie des matériaux de construction |
|--|---|--|---|

Figure 15 : Carte communale de Mariarano (Source : FTM (2005))

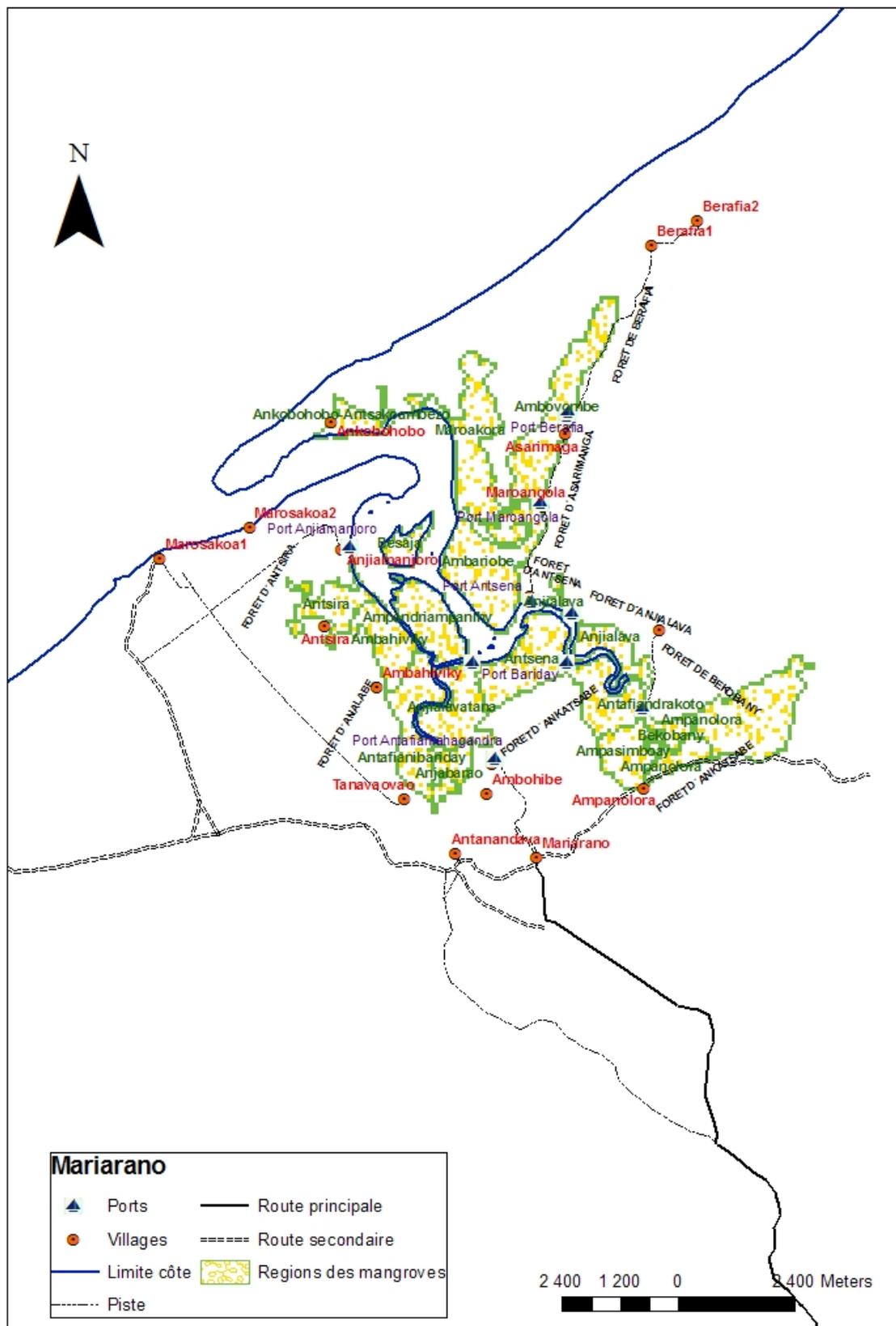


Figure 16 : Carte du site d'étude de Mariarano (Original: C. Andriamalala)

Mariarano, Antanandava, Berafia et Andimaka (figure 16) possèdent des rizières et la population de ces régions vit surtout de la culture du riz. Dans ces régions, la population pratique généralement la riziculture profitant de l'existence en permanence d'eau au niveau des marais et marécages. Mais il existe aussi d'autres cultures comme le manioc, le maïs, les bananes, la canne à sucre, les patates douces, les cocos, les mangues, les oranges et les citrons. Comme cultures maraîchères, on ne trouve que la culture des tomates et des brèdes (felimafana), même si d'autres cultures pourraient bien y pousser. Les gens refusent de pratiquer d'autres cultures contraires à leur tradition. Cette dernière joue un grand rôle au sein de la population ne lui permettant pas de s'ouvrir au développement.

Les villages d'Antsena et d'Anjiamanjoro sont entourés de sable, privés de terrain à cultiver. L'activité de la population est surtout la pêche et l'exploitation des mangroves.

La région de Berafia, la partie ouest d'Antanandava (Antafiky – Ambahiviky), la partie ouest d'Ampanolora, Marosakoa (Ampasihimena, Ampombodrahoma) et Andimaka possèdent des plantations de *Raphia ruffia* qui représente une source économique pour les villageois. Récemment, les raphias ont été coupés pour laisser la place à la riziculture. D'après notre connaissance, un collecteur à Antsena achète les raphias de ses environs et l'exporte à Mahajanga.

La possession de zébus est socialement valorisante. Les zébus jouent un rôle important dans la vie quotidienne en étant un moyen de transport et servant au piétinement des rizières. L'activité des pasteurs ne se limite pas à l'élevage ; ils sont aussi agriculteurs. Les zones de pâturages dans la région de Mariarano sont les suivantes: au sud de Marosakoa pour les éleveurs de la région d'Antanandava et ses alentours, au sud de Mariarano appelé « valan'ny vaksiny » pour la région de Mariarano et de ses alentours, au nord d'Andimaka : pour Andimaka et ses alentours, à l'est et à l'ouest de Berafia et dans les forêts proches pour Antsena et Ampanolora.

La pêche, l'exploitation des bois de forêt et de mangrove sont aussi des sources d'argent pour la population locale. La pêche est destinée à la fois à la nourriture familiale et à la vente. Le nombre de pêcheurs à Mariarano est assez faible comparé au nombre de population, cela dit qu'ils ne sont pas très motivés pour la pêche.

4.1.1.3. Historique

- **Exploitation**

L'exploitation des bois de mangrove à Mariarano a commencé vers 1920 par Bariday d'origine pakistanaise. Elle a occupé la partie Est à partir de Kingan'i Bariday appelé par son nom. En 1931, une certaine Razanadahy a occupé le nord d'Ambovombe dont l'exploitation était dirigée par un sénégalais appelé Tsamoko. Après, plusieurs concessionnaires à savoir Gaston, Randresa, Cécile dit Madame Be, Rasoa et Manjaitra ont succédé. Randresa d'origine ethnique Antesaka a occupé la partie Ouest de la mangrove de Mariarano, Madame Cécile qui vient des Hauts-Plateaux (Merina) a exploité la partie Nord-Est. Le territoire à partir d'Antsena jusqu'à Ambariobe a été acquis par un français, un certain Gaston, puis légué à sa fille Marie.

Tous ces concessionnaires (tableau 22) ont eu l'autorisation d'exploitation. Les bois coupés étaient destinés principalement au ravitaillement en bois de chauffe pour l'usine de Mahajanga, pour lequel ils ont fait travailler des gens locaux et de leurs employés.

A partir de 1990 jusqu'à nos jours, l'exploitation est ouverte à tout le monde. Aucune personne ne possède le permis d'exploitation, chacune fait ce que bon lui semble. C'est devenu une nouvelle source d'argent pour la plus grande part de la population, qui veut la garder à tout prix.

Tableau 22 : Les exploitants successifs à Mariarano (Source : Enquête en 2005)

| Exploitant | Année |
|---|------------------|
| Bariday | Vers 1920 |
| Razanadahy avec le caporal Tsamoko | 1931 |
| Gaston, Randresa | 1948 |
| Cécile, Rasoa, Manjaitra mari de Soamaneva, Marie fille de Gaston | A partir de 1971 |
| Non défini (pour tout le monde) | A partir de 1990 |

- **Mœurs et coutumes**

Le mardi et le jeudi sont des jours interdits pour travailler. Ils sont encore suivis et respectés par bon nombre de population.

Dans le passé, un sacrifice ou « joro » devait être fait avant le début d'une exploitation forestière. Tous les anciens exploitants ont suivis cette coutume. Actuellement, depuis l'exploitation commune, elle a cessé d'exister.

Antafiamanary et Bemangoraka sont les lieux sacrés dans les mangroves se trouvant chacun dans Ampasimboay et Bekobany.

Des sources d'eau appelées « boiboika » se trouvant dans les mangroves sont dites aussi sacrées. Il est interdit de faire les besoins dans la forêt des mangroves.

- **Les traditions Sakalava**

- Le « *Fitampoha* » est une manifestation traditionnelle spectaculaire, donnant lieu à de grandes fêtes et à de nombreux sacrifices et offrandes. Pendant cette fête, les reliques sont portées au bord du fleuve au rythme des tambours et sont immergées lentement, frottées doucement avant d'être posées sur des supports et mises à sécher.

- Pour les Sakalava, le crocodile ou *voay*, ne s'attaque qu'à ceux qui ne sont pas en paix avec leur conscience. Les plus téméraires se procurent des dents qui proviennent d'un animal capturé puis relâché dans la nature. Le crocodile, bien qu'originnaire du Nil, a fortement marqué les traditions des Sakalava, ils lui confèrent un caractère sacré. Les dents de ce reptile sont très recherchées car elles sont utilisées dans la fabrication de talismans.

- Zébus : La possession d'immenses troupeaux de zébus est un signe de richesse. Madagascar compte autant de zébus que d'habitants (<http://fr.wikipedia.org/wiki/>).

4.1.1.4. Exploitation massive des bois de mangrove

Les *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal* et *Bruguiera gymnorrhiza* sont les espèces les plus exploitées pour leur solidité et leur droiture en construction. Ils sont utilisés comme des bois ronds pour l'échafaudage de la construction d'une maison dans les grandes villes comme Mahajanga. Lors de la coupe, les bois sont sélectionnés de façon à avoir une hauteur moyenne de 4 m. Ce sont des bois à but commercial dont l'exploitation se fait partout dans la région de Mariarano. Les *Lumnitzera racemosa* sont aussi utilisées dans la construction des poutres, mais c'est seulement pour une utilisation ménagère locale.

Tandis que pour les gaulettes, toutes espèces confondues sont exploitées pour la clôture ou la haie d'une propriété. Elles sont souvent appréciées à Mahajanga. La coupe s'intensifie en fonction de la demande à Mahajanga.

L'*Avicennia marina* et *Xylocarpus granatum* sont surtout d'utilisation locale pour la construction d'une pirogue et de bateau. L'exploitation de ces espèces par ce genre d'utilisation est moindre ; mais par contre, pour le charbon de mangrove, le *Xylocarpus granatum* est le plus exploité. L'*Avicennia marina* est moins exploité car il est difficile à allumer.

Les bois de mangrove sont donc des bois de chauffe. Les bois secs sont utilisés sur place pour le fourneau et vendus à Mahajanga.

Actuellement, les bois collectés et vendus en tant que bois de construction sont souvent des perches, car les grands bois sont devenus rares ou se trouvent plus à l'intérieur de la zone de mangrove d'accès et de transport difficile.

La venue d'immigrants d'ethnies différentes de Mahajanga a accéléré la dégradation des mangroves. Ces immigrés sont surtout des Sakalava, Betsirebaka (Antesaka), Betsileo et Tsimihety. La vie à Mahajanga n'est pas aussi facile pour certains et ils cherchaient une ressource financière. De bouche à oreille, de famille en famille, la nouvelle se répand concernant la libre exploitation et la facilité de gain d'argent. Aussi, l'exploitation des bois est libre et les bois sont à forte potentialité. Des petits hameaux se sont formés et le nombre des habitants dans les villages a augmenté. On voit surtout cette situation à Antsena, Anjiamanjoro et Maroangolo où l'accès sur mer est facile et où les mangroves sont proches.

En plus, l'invasion acridienne en 1997 a forcé les gens à couper les bois de mangrove car la situation sur place était critique, les gens ont vécu dans la pauvreté. A cette époque, la récolte était minime car l'agriculture avait été anéantie par les criquets.

Le début d'une forte exploitation dans la région a surtout commencé en 2000. C'est vraiment une exploitation à la fois collective et individuelle. Certains bateaux sont loués ou appartiennent aux patrons qui emmènent des hommes prêts à couper les bois. Le patron fait sa commande et les ouvriers travaillent sur place. Après deux semaines, le bateau viendra pour chercher les bois.

Les exploitants travaillent en solo ou en famille. Les hommes coupent les bois avec la hache et les femmes enlèvent les écorces des bois. En effet, les bois devront être écorcés avant d'être vendus (figure 17), sinon ils ne seront pas acceptés par les revendeurs ou par les clients. Quelquefois, leurs enfants ou leurs femmes les aident aussi pour le transport des bois dans la pirogue vers les lieux de chargement.



(1) Enlèvement des écorces le long du village

(2) Collecte des bois coupés écorcés à l'intérieur de la mangrove

Figure 17 : Exploitation des bois des palétuviers (Photos : C. Andriamalala).

Après la coupe, ils les portent sur leurs épaules jusqu'aux canaux pour qu'ils puissent les transporter par leur pirogue ou par un bateau collecteur qui les attendent sur les lieux. Seules les pirogues arrivent à circuler dans les petits canaux et les grands bateaux dans les grandes berges.

Le prix de location des bateaux à voile varie entre 150 000 Fmg et 400 000 Fmg et il est entre 400 000 Fmg à 1 000 000 Fmg pour la location d'une boutre. Pour le transport des perches ou des poteaux, il est évalué entre 500 à 1500 Fmg par pièce.

La quantité de bois transporté dépend du type de bateau utilisé (figure 18). Le nombre de bois transporté par voyage est résumé dans le tableau 23.



(1) Boutre

(2) Bateau à voile

Figure 18 : Type de bateau utilisé pour le transport (Photos : C. Andriamalala).

Tableau 23 : Le nombre de bois transportés par les différents moyens de transport par voyage (Source : Enquête en 2005)

| | Bateau à voile | Boutre |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Chevrons ou « milimily » | 50 à 100 | 500 à 1000 |
| Poteaux ou « broty » | 100 à 200 | 700 à 1000 |
| Perches ou « matsio » | 100 à 300 | 700 à 1200 |
| Gaulettes | 250 à 400 | 2000 à 3000 |

Ils existent plusieurs ports appelés « *tafia* » dans les deux fokontany, Antafiamahagandra, Antafiamanary, Antafianibariday, Tafia Anjialava, Tafia Antsena, Tafia Bekobany, Tafia Anjiamanjoro, Tafia Maroangolo, Tafia Antsakoambezo. Ce sont des lieux de transport de personnes, de collecte (figure 19) et de vente des produits locaux comme la pêche et les bois de palétuviers. Certains collecteurs de bois viennent directement dans ces « *tafia* » pour réunir les bois coupés.



(1) Embarquement des charbons par une pirogue

(2) Embarquement des gaulettes dans les ports piroguiers (*tafia*)

Figure 19 : Embarquement des produits de bois (Photos : C. Andriamalala).

La livraison des bois en bateau se fait en moyenne deux fois par mois. En exemple, un bateau peut transporter 1 000 gaulettes après un travail de 10 jours par une personne. Ceci est équivalent à trois à cinq heures de travail par jour.

Pour chaque marée montante, 15 bateaux (5 boutres et 10 bateaux à voile) environ circulent dans les eaux de Mariarano. Ces bateaux transportent surtout des bois de mangrove ou du charbon. Pour les deux marées, 5 boutres (en moyenne 700 arbres par voyage) soit 7 000 arbres abattus et 10 bateaux à voile (en moyenne 150 arbres par voyage) soit 3 000 arbres abattus. Ce qui donne en total **10 000 arbres abattus par mois**.

Tableau 24 : Résumé des résultats d'enquête sur l'exploitation des bois de palétuviers dans les différents villages enquêtés (Source : Enquête en 2005)

| | Ampanolora | Andimaka | Antafiamahagadra | Antanandava | Antsira | Mariarano | Maroangola | Marosakoa | Berafia | Antsena | Anjiamanjoro |
|-----------------------------------|---------------------------|------------|-------------------------|--|---------------|------------------------------------|------------------|------------------------|------------|------------------------------------|---------------|
| Lieu d'activité | Ampanolora, Anjialavatana | Ambahiviky | Ambahiviky, Ampasimboay | Anjiamanjoro, Antsira, Antsena, Ambahiviky | Antsira | Antsena, Ambahiviky, Anjialavatana | Berafia, Antsena | Antsira, Anjiamandroro | Maroakoara | Ambovombe, Anjialavatana, Bekobany | Antsira |
| Nb de personnes enquêtés | 4 | 8 | 12 | 20 | 5 | 22 | 7 | 8 | 25 | 17 | 15 |
| Nb de jour d'activité par semaine | 6 | 4 à 5 | 3 à 5 | 3 à 6 | 4 | 2 à 7 | 4 à 6 | 7 | 3 à 5 | 5 à 7 | 3 à 6 |
| Rythme d'exploitation | Tous les 30j | 14j | 7 à 30j | 30j | - | 14 à 21j | 14j | 14j | 14j | 7 à 14j | 14j |
| Eloignement en minute | 20 | 30 | 20 à 60 | 30 à 60 | - | 60 à 120 | 20 | 60 | 20 à 30 | 20 à 40 | 20 |
| Arbres abattus par jour | 20 | 25 à 30 | 40 à 50 | 20 | - | 50 | 15 à 30 | | 20 à 30 | 30 | 20 |
| Arbres écorcés par jour | 20 | 25 | 50 | 30 | - | - | 50 | 50 | 30 | 50 | 50 |
| Hauteur moy d'arbre coupé | 4 | 4 | 3 à 6 | 4 | 4 | 3 à 4 | 3 à 4 | 4 à 5 | 4 | 3 à 4 | 3,5 à 4 |
| Espèce ciblée | RhM, CeT, BrG | RhM, CeT, | RhM, CeT, BrG | RhM, CeT, BrG | RhM, CeT, BrG | RhM, CeT, BrG | RhM, CeT, BrG | RhM, CeT, BrG | RhM, CeT | RhM, CeT | RhM, CeT, BrG |

RhM : *Rhizophora mucronata*, *CeT* : *Ceriops tagal*, *BrG* : *Bruguiera gymnorhiza*

Les résumés de l'enquête sur l'exploitation à Mariarano sont décrits dans le tableau 24. Les catégories de bois exploités en fonction de l'âge d'exploitation se trouvent dans le tableau 25. La diminution de la forêt de mangrove constaté par les enquêtés varie entre 20 jusqu'à 50% par rapport à son état primaire.

Tableau 25 : Les catégories de bois de palétuviers et leur âge d'exploitation (Source : Enquête 2005 et Atelier 2006)

| | Gaulettes | Perches (Matsio) | Poteau (Broty) | Chevron (Milimily) |
|----------------|-----------|------------------|----------------|--------------------|
| Diamètre en cm | 1,5 à 4 | 7 | 10 | 20 |
| Age (an) | 3 | 5 | 12 | 15-16 |

L'atelier a fait sortir quelques points positifs et négatifs sur l'exploitation de mangrove :

Les points positifs :

- rentrée d'argent pour les exploitants par la vente des bois coupés,
- rentrée d'argent pour la commune par la ristourne,
- utilisation pour la construction d'une case,
- utilisation pour la construction de la cour pour le bétail et pour les cultures,
- utilisation pour la construction de pirogue,
- construction d'une ruche,
- utilisation comme des plantes médicinales,
- la combinaison du transport des bois et des produits de pêche diminue le coût de transport,
- la facilité d'écoulement des bois coupés par les collecteurs sur place et les collecteurs à Mahajanga (Antsahabingo, Petit plage, Aranta et Terrain mena), en particulier les gaulettes.

Les points négatifs :

- dégradation très marquée de la mangrove,
- difficulté croissante de trouver des bois bien droits et grands,
- exploitation sauvage par des collecteurs de Mahajanga qui envoient leurs employés pour couper les types de bois selon les besoins de la demande,
- non-application de la gestion approuvée par la population locale pour les étrangers (concernant les gaulettes),

- inexistence de loi à appliquer pour les coupeurs étrangers,
- non-existence d'une planification de gestion régionale de la zone de mangrove,
- prix de location exorbitant pour les bateaux de transport de bois,
- existence de démarcheurs à Mahajanga créant un écart de bénéfice,
- inexistence d'associations d'exploitants ne permettant pas de gérer le prix de vente.

4.1.1.5. Commercialisation

D'après notre enquête, le commerce de bois de palétuviers rapporte au revenu d'une personne entre 200 000 Fmg et 1 500 000 Fmg par mois en fonction des prix de vente (tableau 26).

Ceux qui ont des grands bateaux vendent leurs bois collectés directement aux grands collecteurs appelés « patrons » à Mahajanga. Et ceux qui n'ont pas de bateaux vendent leurs bois auprès des collecteurs sur place. Les prix de vente diffèrent selon la taille des bois et de l'endroit de collecte.

Deux ports de débarquement à Mahajanga : Antsahambingo et Terrain Mena sont les ports pour les bateaux venant de Mariarano. Antsahambingo est le port de débarquement principal des bateaux venant de la commune de Mariarano, tandis que Terrain mena reçoit aussi les bateaux de Soalala et Mahajamba.

Il existe trois points de vente des bois de mangrove à Mahajanga dont Antsahambingo, Terrain mena et Tsararano. A Antsahambingo, on a recensé une vingtaine de vendeurs dont la plupart utilisent leurs bateaux pour la collecte des bois. A Terrain mena et Tsararano, on a dénombré une dizaine de vendeurs chacun. Ces deux endroits sont occupés principalement par des démarcheurs qui augmentent leur prix entre 1 000 Fmg et 3 000 Fmg par rapport au prix de vente à Antsahambingo.

Tableau 26 : Les prix de vente des bois coupés (Source : Enquête en 2005)

| Prix d'achat en Fmg | Gaulettes | Matsio | Broty | Milimily |
|---|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Prix 1 | 200 à 250 | 500 | 1 000 à 1 500 | 2 000 à 2 500 |
| Prix 2 | 200 à 250 | 500 | 1 000 à 1 500 | 2 000 à 2 500 |
| Prix 3 | 400 à 500 | 1000 | 1 500 à 2 000 | 3 000 |
| Prix 4 | 750 à 1000 | 1 500 à 2 000 | 3 000 à 4 000 | 6 000 |
| Prix de vente aux détaillants à Antsahambingo | 1 500 à 2 000 | 3 500 à 4 000 | 8 000 à 9 000 | 12 000 à 15 000 |

Prix en Fmg utilisé dans l'enquête. La monnaie utilisée est actuellement l'Ariary. (1Ariary équivalent à 5Fmg)

Le prix 1 est le prix d'achat des collecteurs sur place comme à Antsena, ils se chargent du transport des bois jusqu'à Mahajanga. Ces collecteurs ne donnent pas directement de l'argent aux vendeurs des bois, ils les donnent en échange de nourriture (riz, sucre, sel, huile, café) et de produits de première nécessité (savon, bougies, pétrole).

Le prix 2 est le prix d'achat des patrons qui envoient leur bateau sur place pour collecter les bois coupés et écorcés. Les prix sont à peu près les mêmes que les collecteurs sur place, quelquefois intéressant pour activer la commande. Pour cela, les gens n'obtiennent pas leur argent en entier, ils reçoivent en échange de nourriture (riz, sucre...) comme premier paiement. Quelquefois, ils n'arrivent pas à obtenir le reste de l'argent : la vente de bois est aussi une question de confiance.

Le prix 3 est le prix d'achat proposé par les collecteurs à Mahajanga en louant son bateau. Pour cela, il déduit la moitié du prix d'achat des produits venus à Mahajanga (prix 4) pour les charges du transport. Ainsi, le prix 3 est la moitié du prix 4.

Le prix 4 est le prix d'achat des patrons collecteurs à Mahajanga une fois que les produits se trouvent sur place. Pour ce genre de commerce, les gens s'associent souvent pour atteindre au plus vite le chargement du bateau et obtenir plus d'argent.

Dans tous ces cas, une « ristourne » d'un montant de 100 Fmg par bois transporté est payée par le propriétaire des marchandises à la commune. Il faut remarquer que la commune taxe les produits sortant de la commune par la ristourne.

4.1.1.6. Utilisation des palétuviers à Mariarano

- **Bois de service**

- **Construction d'une case ou de la maison** (figure 20)

Rhizophora mucronata et *Ceriops tagal* sont les bois les plus utilisés grâce à leur tronc vertical pour servir de gaulettes et de perches dans la construction des cases. Les perches utilisées comme des piliers, les gaulettes pour supporter les toitures sont les plus souvent rencontrées. Il a été remarqué que le bois de *Rhizophora mucronata* est le moins résistant aux termites lorsqu'il est enterré.

Le *Lumnitzera racemosa* estimé comme étant solide par quelques uns, s'utilise aussi dans la construction d'une maison en tant que piliers.

Le *Xylocarpus granatum* et le *Bruguiera gymnorrhiza* peuvent être aussi utilisé dans la construction aussi bien que les autres cités ci-dessus, mais ils sont moins appréciés et il est difficile de trouver des troncs bien droit.



Figure 20 : Les bois de palétuviers dans la construction de maison (Photos : C. Andriamalala)

- **Construction du bateau** (figure 21)

Avicennia marina : utilisé comme traverse ou support à l'intérieur du bateau, on les appelle « *taroma* ». Pour un bateau, on a besoin de 2 arbres pour faire le « *taroma* ».

Sonneratia alba : utilisé comme planches dans la construction du bateau appelé « *tovona* ». On a besoin de 8 arbres pour la construction du plancher d'un bateau. Les troncs de *Sonneratia alba* sont utilisés pour fabriquer les flotteurs des pirogues ou « *kasama* ».



Figure 21 : Bois utilisé dans la construction du bateau (Photos : C. Andriamalala)

- **Clôtures et haies** (figure 22)

Toutes espèces confondues de gaulettes sont utilisées pour faire les clôtures et les haies mais les *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* sont les plus utilisés pour leur tronc vertical. A

Mariarano, on rencontre souvent des maisons, des parcs bovins et même des champs clôturés par peur d'attaque des sangliers qui font des ravages dans les cultures.

Il est constaté qu'un mètre de clôture nécessite environ 20 gaullettes.



(1) Clôture d'une maison

(2) Clôture pour bétails

Figure 22 : Utilisation des bois pour la clôture (Photos : C. Andriamalala)

- **Bois de chauffe**

Tous les troncs secs et bois morts des palétuviers sont utilisés pour le bois de feu dans la vie quotidienne ménagère.

L'*Avicennia marina* et le *Xylocarpus granatum* sont utilisés pour faire du charbon de bois (figure 23) mais l'*Avicennia marina* est moins apprécié par les utilisateurs et les acheteurs puisqu'il ne s'allume pas bien.



(1) Charbon prêt à vendre

(2) Préparation des bois pour faire le charbon

Figure 23 : Charbon de bois de mangrove (Photos : C. Andriamalala)

- **Plantes médicinales**

Les palétuviers ont plusieurs fonctions thérapeutiques résumées dans le tableau suivant (tableau 27).

Tableau 27 : Effets et utilisation thérapeutique des bois de palétuviers de Mariarano (Sources : Enquête en 2005 et Atelier 2006)

| Espèce | Partie d'un arbre utilisé | Effets | Préparation | Dosage |
|-----------------------------|---------------------------|--|--|---|
| <i>Rhizophora mucronata</i> | Plantule | Effet viril pour les hommes en cas de fatigue musculaire | Jeunes plants à 50 cm de hauteur. Faire bouillir 1l d'eau avec le jeune plant sans racine. | Dépendant de la personne |
| <i>Xylocarpus granatum</i> | Feuilles | Maux de dos | Faire bouillir l'écorce équivalent de la paume de main dans 1l d'eau | Une tasse de café le matin et le soir jusqu'à la disparition du symptôme |
| <i>Avicennia marina</i> | Feuilles | Estomac | Faire bouillir 250g de feuilles d' <i>Avicennia marina</i> dans 2l d'eau | A boire comme de l'eau potable journalière jusqu'à la disparition du symptôme |
| | Feuilles | Jaunisse | Faire bouillir 250g de feuilles d' <i>Avicennia marina</i> dans 2l d'eau | A boire comme de l'eau potable journalière jusqu'à la disparition du symptôme |
| | Feuilles | Contre les diarrhées | A bouillir dans l'eau | Selon le besoin |
| | Résine | Maux des dents | Faire une petite ouverture dans le tronc à l'aide d'une hache et faire couler la résine. | A mettre sur les dents malades, elle soulage les douleurs. |
| | Branches | Contre les moustiques | A brûler | |
| <i>Sonneratia alba</i> | Feuilles | Maux d'estomac | Faire bouillir des feuilles de <i>Sonneratia alba</i> | A boire comme de l'eau potable journalière |
| <i>Lumnitzera racemosa</i> | Ecorce | Maux de ventre présentant des balonnements | Faire bouillir la deuxième écorce équivalente de la paume de main dans 1l d'eau | Une cuillère à café le matin et le soir jusqu'à la disparition du symptôme |

- **Autres**

Les troncs d'*Avicennia marina* sont utilisés pour fabriquer les mortiers et les pilons. De même, l'arbre d'*Avicennia marina* est aussi transformable en ruche d'abeilles appelée « rôgo » en le creusant à l'intérieur.

Les fruits de *Hibiscus tiliaceus* sont utilisés comme colorants. On les fait bouillir dans l'eau et après, on plonge les matériaux à colorer comme les tissus ou les pailles.

Les fruits de *Lumnitzera racemosa* écrasés servent de poudre de beauté que les femmes mettent sur leur visage.

4.1.1.7. Les ressources autres que les bois de mangrove

Dans la région de mangrove, il n'y avait que les ressources halieutiques après les ressources forestières de mangrove. On trouve aussi l'apiculture dans la zone mais elle n'est pas très développée. D'après notre enquête, le seul lieu d'apiculture se trouve à Ampanolora. Le miel n'est qu'un produit de vente locale, la production annuelle autour de 10 litres ne suffit que pour le marché de Mariarano. Le litre est vendu à 4 000 Fmg.

- **La pêche**

Les matériels de pêche utilisés dans la région

Pour les crevettes et les petits poissons : « *kopiko*¹ », « *sihitra*² ».

Pour les crabes : « *fintana*³ », « *fangavitra*⁴ », « *garigary*⁵ ».

Pour les poissons : « *fintana* », « *vonokinga*⁶ », « *harato*⁷ » et « *fanamo*⁸ ». Ce mode de pêche « *fanamo* » est interdit puisqu'il tue tous les poissons petits ou grands ainsi que les organismes invertébrés dans la zone empoisonnée. Le poison employé est un latex blanc extrait d'une Euphorbe (*Euphorbia laro*) (Le Barbier, 1908).

Les stations de pêche les plus fréquentées dans la région sont : Antafinibariday, Antafiamanary et Antsakoambezo.

La variation de la pêche

Le diagramme (figure 24) obtenu par le tableau 28 est une évaluation de la production halieutique de la région montrant une forte baisse de production. Il est clair que la quantité obtenue dépend essentiellement de la saison et du mode de collecte. En tout cas, il y a une forte diminution de la quantité de rendement à partir de 1990. Entre autres, les crabes ont eu une forte baisse de productivité pendant ces périodes. Cela laisse à penser que la diminution est reliée à l'intensité d'exploitation des bois de mangrove.

¹ C'est une pêche à pieds à la moustiquaire.

² C'est la pêche à la senne.

³ C'est une ligne avec hameçons.

⁴ Harpon

⁵ C'est une sorte de piège à appât pour les crabes.

⁶ A partir d'un filet bâti entre le chenal.

⁷ C'est un filet de maille différente variant entre 25 et 35mm.

⁸ C'est une pêche au poison végétal rarement utilisé par des pêcheurs.

La majorité des enquêtés confirment cette nette diminution de la production de pêche. Pourtant, quelques-uns affirment que cette forte baisse n'a été constatée que récemment et considèrent que la diminution n'est pas permanente mais plutôt saisonnière.

Tableau 28 : Changement des produits halieutiques capturés (Enquête 2005 et Atelier 2006)

| Ressources | Année | Prises obtenues en moyenne en kg |
|---------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Crabes | Avant 1990 | 30 |
| | A partir de 1990 | 2 |
| Poissons | Avant 1990 | 20 |
| | A partir de 1990 | 5 |
| Crevettes | Avant 1990 | 150 |
| | A partir de 1990 | 10 |
| Petits poissons « <i>Varilava</i> » | Avant 1990 | 150 |
| | A partir de 1990 | 5 |
| Petites crevettes « <i>Tsivakia</i> » | Avant 1990 | 150 |
| | A partir de 1990 | 10 |

Une prise est estimée à 5 heures. L'année 1990 : année de référence où l'exploitation n'a plus de limite

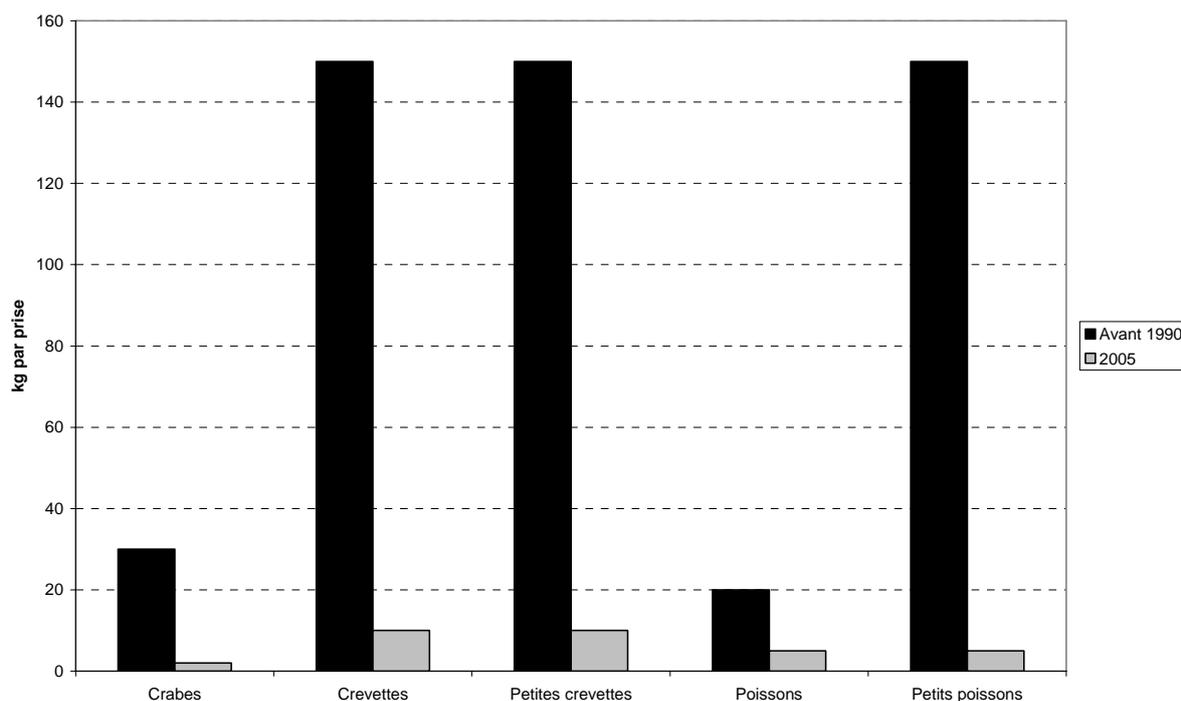


Figure 24 : Variation de la production de pêche avant 1990 et en 2005 (1990 : année de référence où l'exploitation n'a plus de limites) (Original : C. Andriamalala)

Commercialisation

Le port de débarquement des produits venant de Mariarano à Mahajanga est le port d'Antsahabingo et Terrain Mena.

La vente des poissons et des crabes se fait à Mariarano ou à Mahajanga selon la quantité obtenue des pêcheurs. Ils optent surtout pour le marché à Mahajanga pour avoir une grande marge de bénéfice (tableau 29).

Les crabes se vendent à 2 000 Fmg le kilo équivalent à trois pièces sur le marché local de Mariarano, alors qu'ils sont 4 500 Fmg par kilo à Mahajanga.

Tableau 29 : Prix des produits halieutiques (Sources : Enquête en 2005 et Atelier 2006)

| Ressources | Prix sur place | Prix à Mahajanga |
|--|--|--|
| Crabes | 2 000 Fmg/kg | 4 500 Fmg/kg |
| Poissons | 2 500 Fmg/kg (frais) 3 500 Fmg/kg (séché) | 6 500 à 7 500 Fmg/kg 7 500 à 8 000 Fmg/kg |
| <i>Crevettes, « Tsivakia » et « Varilava »</i> | 1 000 Fmg/kapoaka | 2 000 à 3 000 Fmg/kapoaka |

Kapoaka équivalent à une boîte de lait Nestlé

Quelques points positifs et négatifs concernant la pêche ont également été évoqués pendant l'atelier de travail à Mariarano.

Les points positifs sont :

- la rentrée d'argent pour les ménages,
- la nourriture,
- l'inexistence de la fermeture de pêche aux poissons pour les pêcheurs artisanaux,
- la variation des produits à vendre (produits frais, produits séchés, produits salés),
- la possibilité de vendre les produits de pêche plus chers à Mahajanga si l'on bénéficie d'une carte mareyeur.

Il est à noter que la carte pêcheur permet à l'individu de faire la pêche dans l'eau dans la région en question et d'exercer son activité, la carte mareyeur est au niveau du district en question, conçue pour les démarcheurs des produits de pêche ; et la carte collecteur validée partout à Madagascar est nécessaire pour les collecteurs de pêche.

Les points négatifs sont :

- l'insuffisance de matériel de pêche,
- le coût élevé des bois de construction de bateaux de pêche par leur rareté,
- la difficulté de faire la carte pêcheur, demandant un déplacement exclusif à Mahajanga,
- l'inexistence d'association de pêcheurs, ce qui ne facilite pas le transport commun des produits réunis vers Mahajanga. Dans la commune de Mariarano, on ne trouve qu'une association déclarée légale à Ampasimaniry avec 15 membres (Service régional de la pêche et des ressources halieutiques en 2006),

- l'existence des revendeurs qui tentent de réduire le prix de vente des produits,
- l'inexistence de formation de pêcheur,
- l'abondance des pêcheurs d'autres régions poursuivant leurs activités dans la région de Mariarano, vérifiée par la statistique dans le Service régional de la pêche et des ressources halieutiques à Mahajanga en 2006. Seize (16) pêcheurs étrangers ont une carte pêcheur et exercent leur activité légalement dans la zone de Mariarano, contre un (1) pêcheur de Mariarano. Ce qui veut dire que la majorité des pêcheurs dans cette région pêchent illégalement.
- la non application des mœurs et coutumes des ancêtres,
- la non-cohésion des pêcheurs.

4.1.1.8. Loi et gestion des mangroves

Si l'on revient sur l'historique de l'exploitation des mangroves dans la région, les exploitations dans la région ont déjà commencé depuis longtemps par des personnes autorisées par la circonscription des eaux et forêts. Depuis 2000, la circonscription des eaux et forêts ne délivre plus de permis d'exploitation. Jusque-là aussi, elle a délivré une autorisation provisoire de coupe valable pour un mois après une demande manuscrite pour raison de construction ou de rénovation.

Avant, les gens travaillaient pour le compte des exploitants ayant des permis d'exploitation. A partir de 2000, beaucoup travaillent à leur propre compte et la loi n'est pas respectée. Aucun plan de gestion n'est envisagé, tout le monde est libre d'exploiter sans limite.

L'application de la ristourne a débuté en 2004 depuis le mandat du Maire. Cette décision a été prise par le Maire et le district. Et l'interdiction de l'exploitation des gaulettes a commencé au mois d'août 2005.

Cette interdiction concernant les gaulettes n'est pas respectée selon notre constatation sur le terrain. Après notre interview sur place suivie d'une discussion en groupe, beaucoup de gens ont quand même pris conscience de la conséquence de la coupe des gaulettes et la menace de leur exploitation actuelle. Ils étaient prêts à commencer à reboiser dans les endroits dégradés. Pendant notre séjour, les exploitants d'Antsena se sont réunis et ont fixé une date pour un reboisement mensuel.

Par contre, il est difficile de changer leur rythme actuel. Beaucoup sont très attachés à cette exploitation, qui est un travail difficile mais facile pour gagner de l'argent. Comme certaines régions n'ont ni de riziculture ni d'endroit pour faire de la culture, ils ne font qu'exploiter les

ressources forestières. La pêche est moins exploitée, la plupart disent que les poissons sont en forte diminution.

Selon notre enquête, 20% des enquêtés disent ne rien savoir sur la gestion communautaire et sur le transfert de gestion. Le résultat du transfert de gestion des forêts sèches par le bon développement des forêts est apprécié par nombreux. Mais les critiques existent aussi, car des coupes illicites existent encore, et ils disent que ce sont ces personnes qui en bénéficient. Ils critiquent aussi le fait que toute exploitation dans ces zones transférées est défendue, même pour leurs besoins quotidiens. Un grand nombre d'exploitants sont pauvres, ils ne cherchent qu'à gagner leur pain quotidien en coupant les bois.

Quelques problèmes se rencontrent auprès des exploitants : le vol de bois prêt pour la livraison, les dettes qui s'accumulent et qui n'en finissent pas, le non-paiement de la ristourne, l'argent remplacé par des arbres de palétuviers coupés ou des produits de première nécessité (généralement le riz) et le refus de paiement des patrons.

Une suggestion pour la future gestion est sortie de l'atelier, elle est la suivante :

- mise en place d'un plan d'aménagement clair pour la gestion des mangroves
- reboisement et remise en état des mangroves
- mise en place d'une association de gestion des mangroves
- élaboration et application du « *dina* ». Cette loi interne (*dina*) devrait être créée par l'assemblée des exploitants des mangroves

Après l'analyse des différentes zones de mangroves, les participants de l'atelier ont conclu comme suit le plan d'aménagement de la mangrove de Mariarano. Les conclusions sont présentées dans le tableau 30.

Tableau 30 : Aménagement de la zone de mangrove de Mariarano (Source : Atelier 2006)

| Zone de mangrove « plus ou moins intact » | Zone de mangrove « dégradation moyenne » | Zone de mangrove « très dégradée » |
|---|---|--|
| Zone de CONSERVATION | Zone de PRODUCTION | Zone de RESTAURATION et d'ENRICHISSEMENT |
| Ampandiampanihy Antafinibariday Ampanolora Antafiandrakoto | Marosakoa: Ambariobe Maroakora Ambovombe Besaja Mariarano: Anjialavatana Antsena Anjialava Bekobany Ampasimboay | Ankobohobo Antsakoambezo Antsira Ambahiviky Anjambarao |

4.1.1.9. Faune et flore de Mariarano

- **La faune de Mariarano** (Annexe 3)

La faune des écosystèmes inondables des côtes de Mariarano est relativement diversifiée. En fonction de leur habitat, on peut diviser les animaux des mangroves en trois types :

- ceux qui vivent en permanence dans ces écosystèmes ;
- ceux qui y vivent seulement au stade juvénile ;
- ceux qui fourragent temporairement dans ces marécages.

Plusieurs espèces de Mammifères (singes, sangliers etc.) y passent ou y trouvent leur niche écologique. On rencontre également des oiseaux (hérons, perroquets etc.), des reptiles (crocodiles, serpents etc.) et des batraciens amphibies. Le tableau en annexe combine ces trois types en un : la faune de mangrove de Mariarano.

La comparaison de la faune de Mariarano avec Boanamary sera représentée dans le paragraphe sur Boanamary.

- **La flore de Mariarano**

D'après l'annexe 3, on a établi un diagramme montrant la fréquence des espèces de palétuviers dans les différents lieux de mangrove (figure 25).

La figure montre que le *Ceriops tagal* et le *Rhizophora mucronata* sont les plus fréquents dans la zone après *Avicennia marina*. Les autres espèces sont moins fréquentes ; l'*Heritiera littoralis* est le moins rencontré dans les lieux.

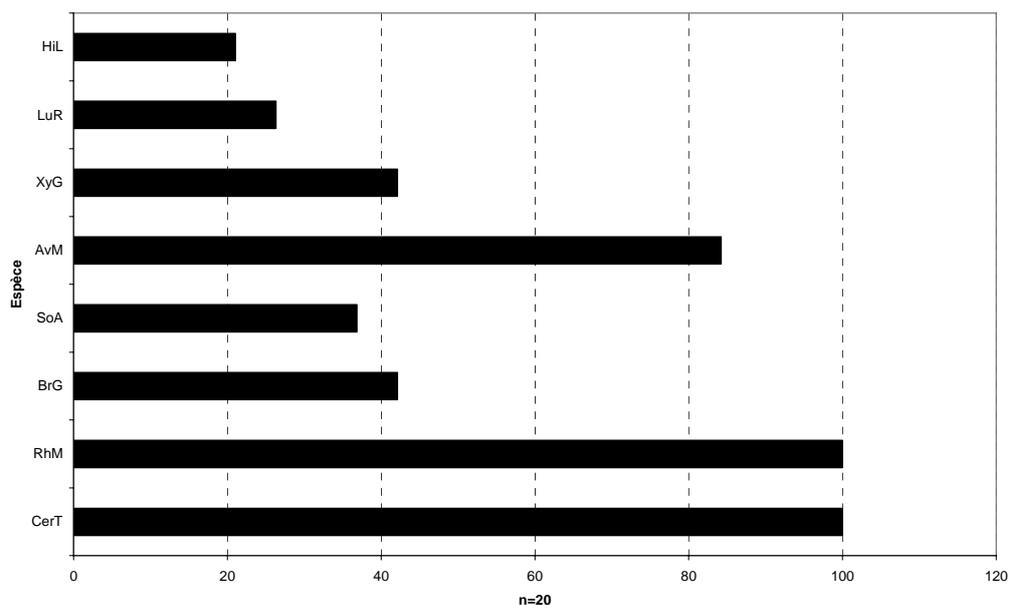


Figure 25: Pourcentage de la fréquence des espèces dans les différents lieux de mangrove à Mariarano (Source : Enquête 2005 et Atelier 2006) (Original : C. Andriamalala)

4.1.2. BOANAMARY

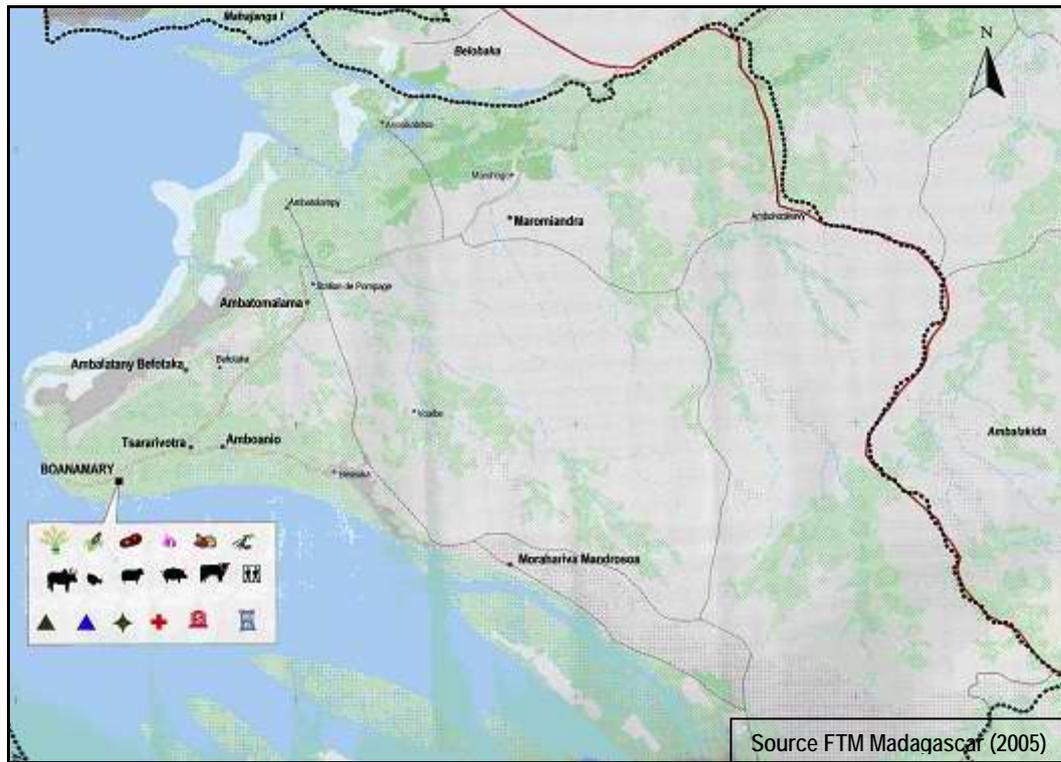
4.1.2.1. Statistique de Boanamary (tableau 31)

Tableau 31 : Statistique de Boanamary (Enquête 2005 et Atelier 2006)

| REGIONS | Ethnie par ordre d'abondance | Nb de toits | Nb de pop° | Activités principales par ordre chronologique | | | | | | | Nb de bateau à voile | Nb de boutre | Tête de zébus estimatifs | Pêcheurs (%) |
|--------------------------|--|-------------|------------|---|-------|------|------|--------|----------|--------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| | | | | Cult. | Elev. | Conf | Pêch | EBo is | Soma-qua | Autres | | | | |
| BOANAMARY | Betsileo, Sakalava-Antesaka, Ajojo (comoriens) | 320 | 1967 | | | | 1 | | 2 | 3 | 160 | 0 | 70 | 85 |
| AMBOANIO | Sakalava, Ajojo et autres | 252 | 1537 | 3 | | | 1 | | 2 | | 80 | 0 | 280 | 70 |
| TSARARIVOTRA | Antesaka, Betsileo | 211 | 1023 | | | | 1 | | 2 | 3 | 0 | 0 | 50 | 50 |
| BEFOTAKA-AMBALATANY | Antesaka | 176 | 437 | 2 | 1 | | | | 3 | | 3 | 0 | 370 | 20 |
| AMBATOMALAMA-AMBATOLAMPY | Antandroy, Sakalava, Tsimihety-Betsileo | 162 | 755 | 2 | 1 | | | | 3 | | 8 | 0 | 820 | 12 |
| MAROMIANDRA | Antandroy | 115 | 524 | 2 | 1 | | | | | | 0 | 0 | 1688 | 0 |
| MANDROSOA-MORAHARIVA | Sakalava, Tsimihety et autres | 132 | 768 | 3 | 2 | | 1 | | | | 70 | 0 | 1200 | 95 |

Cult : Agriculture, El : Elevage, Conf : Artisanat, Pêch : Pêche, EBois : Exploitation de bois, Somaqua : employé auprès de Somaqua, Autres : Marchands

4.1.2.2. Economie (figure 26)



Source FTM Madagascar (2005)

LEGENDE

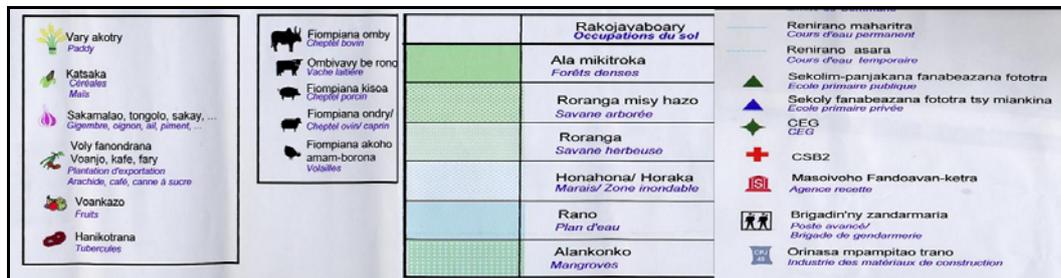


Figure 26 : Carte communale de Boanamary (Source : FTM (2005))

La pêche, l'élevage, les cultures et le travail auprès de SOMAQUA (Société Malgache d'Aquaculture) sont les principales activités de la population ; l'artisanat n'existe presque pas. Par contre, on trouve quelques commerçants de marchandises générales à Boanamary, Amboanio, Tsararivotra et Ambatomalama (voir figure 27). Selon la statistique de la commune, 5% de la population de la commune de Boanamary travaille à la SOMAQUA.

Plusieurs sortes de cultures se trouvent dans la région de Boanamary comme le riz, les céréales, le maïs, les patates, le manioc, les arachides, la canne à sucre, les épices (gingembre, oignon, ail, piment) et les fruits. Il faut remarquer que certaines cultures ne se pratiquent que pendant la saison des pluies par le manque d'eau et l'état de sol à dominance calcaire dans la région. Seuls le maïs et le manioc sont des produits commerciaux vers Mahajanga. L'arachide

qui donne une très bonne récolte ne se vend plus car les gens ont cessé la cultiver dû à l'inexistence de marché en dehors du marché local de Boanamary.

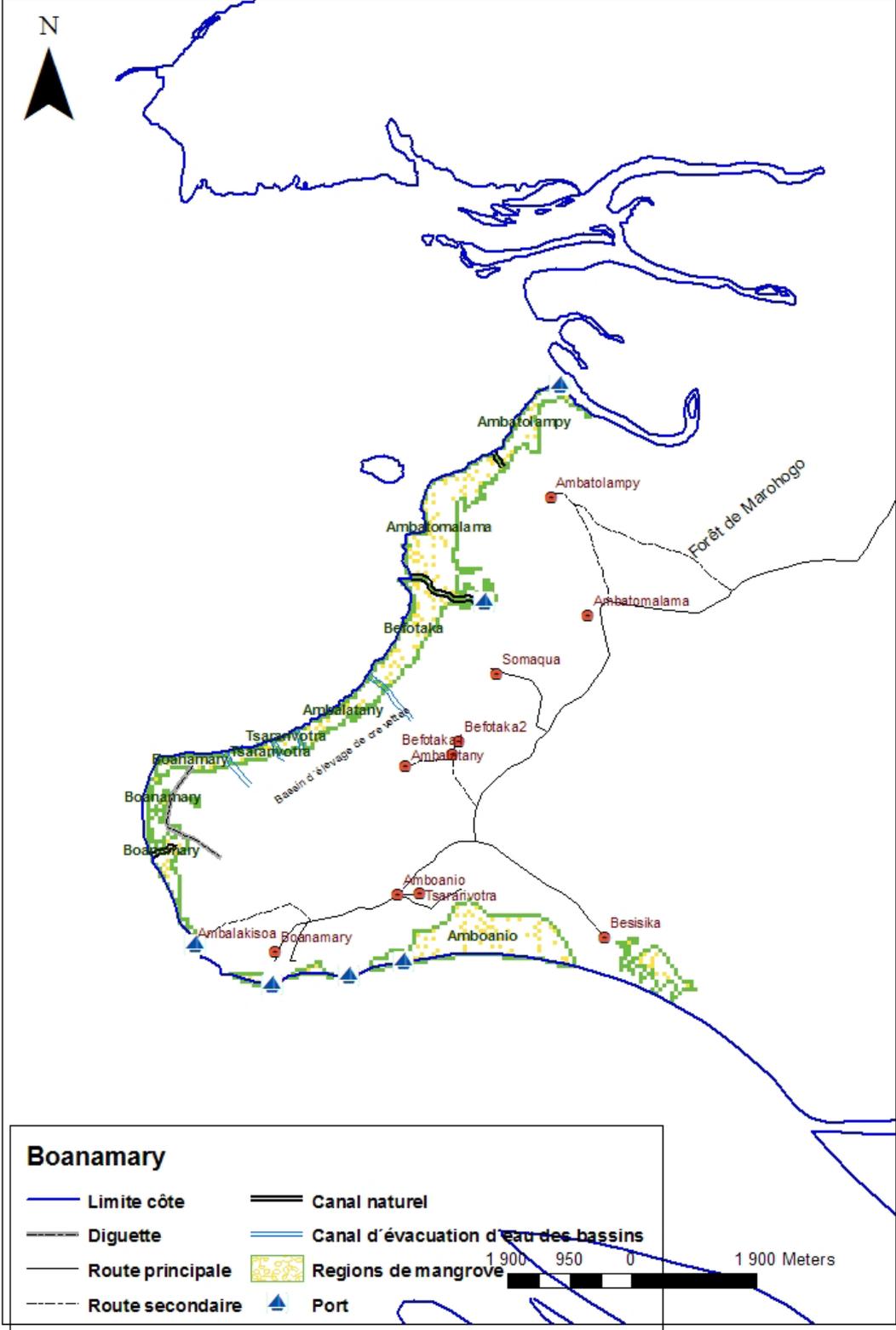


Figure 27 : Carte du site d'étude de Boanamary (Original : C. Boanamary)

L'élevage des zébus, des chèvres, des cochons, des poules et des canards se trouvent dans la région. Mais l'élevage bovin prédomine et les feux de pâturage maintiennent l'alimentation des zébus toute l'année. Les sœurs et frères jésuites font aussi l'élevage des poules pondeuses et des cochons à Tsararivotra.

Il faut remarquer que pour la population l'élevage de poules et de canards n'est pas un élevage à but lucratif contrairement à l'élevage des zébus. Plusieurs fokontany de Boanamary possèdent plus d'une centaine de tête de zébus. Le feu de brousse ou « *doro tanety* » est fréquent dans la région, soit dû à un feu involontaire provoqué par le charbon, soit par un feu volontaire pour faire pousser les herbes afin de nourrir les zébus.

4.1.2.3. Historique

Le tableau 32 résume l'histoire de Boanamary obtenue par notre enquête.

Tableau 32 : Les années qui ont marqué l'histoire de Boanamary (Source : Enquête en 2005)

| Année | Historique de Boanamary |
|----------------|---|
| Avant 1930 | Installation de l'usine SANCA |
| 1996 | Installation de la SOMAQUA |
| 1997 à 2003 | Exploitation des bois de mangrove en m ³ |
| 2001 | Procédure de transfert de gestion de Morahariva faite par le SAGE |
| 2002 | Signature du transfert de gestion de Morahariva |
| 2003 | Procédure de transfert de gestion de Boanamary jusqu'à Ambatolampy faite par le GREEN |
| 2003 | Chômage technique de l'usine SANCA |
| 2004 | Fermeture officielle de l'usine |
| Septembre 2004 | Signature du transfert de gestion de Boanamary jusqu'à Ambatolampy |

- **SOMAQUA**

La présence de la société d'aquaculture sous le nom de SOMAQUA actuellement installé à Boanamary depuis 1996 est d'intérêt économique de la région. La surface d'exploitation de la société est toujours en extension depuis son installation (tableau 33).

En 1996, le Faritany de Mahajanga décide d'allouer le terrain à la Somapêche pour y faire de l'aquaculture, le sérieux et la notoriété de l'entreprise nippon-malgache étant connus. Sitôt le bail accordé, les travaux de terrassement ont commencé et le Premier ministre et Chef d'Etat d'alors, Norbert Ratsirahonana, est descendu lui-même sur place pour le lancement du projet.

La société Aquamas, filiale du groupe Refrigépêche - deux sociétés placées sous la direction d'un certain Guy Besnardeau - avait obtenu un bail emphytéotique consenti par le faritany de Mahajanga sur le site d'aquaculture Boanamary en 1989. Toutefois, le faritany ayant constaté qu'Aquamas n'avait pas réalisé les investissements nécessaires sur le site, dans les temps impartis par contrat, avait décidé de résilier le droit de bail. Plus tard, le faritany octroya un second bail à la Somapêche sur le même site (Midi Madagascar, Oct. 2002).

Tableau 33 : Augmentation de la surface exploitée de 1997 à 2006 (communication personnelle par SOMAQUA 2006)

| Année | Surface de tanne exploitée en ha |
|----------------------|----------------------------------|
| 1997 | 36 |
| Fin 1999 | 112 |
| 2001 | 125,6 |
| 2003 | 171,6 |
| 2004 | 205 |
| 2006 en construction | 252 |

- **SANCA**

L'entreprise SANCA d'Amboanio datée de 1955-2003 était une compagnie belge, elle produisait de l'huile et du savon, plus tard elle s'est engagée dans la fabrication de chaux puis de ciment. De 1800 à 1955, le siège de SANCA se nommait FRANCO, c'est une compagnie française d'exportation de riz, de bateaux et de raphia.

Auparavant, autour de 85% de la population de Boanamary travaillaient au SANCA. Depuis la fermeture de la SANCA en 2003, pour 95% de la population la pêche est la principale source d'argent, et 5% travaille à la SOMAQUA.

Beaucoup sont venus dans la région de Boanamary pour travailler dans l'usine. Ainsi, on y trouve un certain nombre d'immigrants de différentes ethnies.

- **Mœurs et coutumes**

Au cours du temps, quelques interdictions des ancêtres ne sont plus suivies à la lettre comme le mardi et le jeudi qui sont des jours interdits de travailler pour les Sakalava. Beaucoup travaillent ces jours sauf quelques Sakalava qui les respectent pour ne pas travailler la terre. Les nouveaux venus de différentes ethnies ont fait diminuer de plus en plus les interdictions ou « *fady* » de la région. Certains suivent encore ces coutumes mais ils ne sont plus

majoritaires. Par contre, tout le monde respecte les interdits rattachés au « *joro* ». Par exemple, une partie des forêts près des mangroves qu'ils appelaient « *doany* » qui se trouve plus à l'intérieur de la tanne a été épargnée par l'exploitation. De même, s'ils veulent entreprendre un projet, le jour de commencement ne devrait pas être un mardi.

En ce moment, quelques personnes voudraient faire renaître les interdictions ancestrales et réunir les pêcheurs. Ils pensent que la chute des prises de pêche n'est autre qu'une punition du non-respect des coutumes. Afin que les produits de mer soient de nouveau abondants, il faudrait faire un sacrifice en tuant des zébus et laver la mer par le sang des zébus.

- **Associations**

Après le transfert de gestion des forêts en 2001 et 2003 auprès de la communauté locale, la procédure de transfert de gestion par la chasse et la commercialisation des espèces protégées dans la région a commencé en août 2005 par l'association Vorinosy. Pour ce début, ce VOI Vorinosy travaille dans trois fokontany de la commune de Boanamary : Boanamary, Amboanio et Morahariva selon la présidente enquêtée à Boanamary.

La commune a quatre (4) associations de pêcheurs enregistrés au service de la pêche de Mahajanga, dont trois au village de Boanamary et une à Morahariva.

4.1.2.4. L'exploitation des bois de mangrove

- **Intensité de l'exploitation des mangroves dans le passé**

L'exploitation a commencé à Amboanio en 1998 pour l'aménagement du port des pêcheurs, après il s'est répandu à Ambatolampy à partir de 2002. Il a été exploité pour l'approvisionnement en bois de chauffe de l'usine de fabrication de chaux à Belobaka. Les bois coupés sont réunis après découpage pour avoir le volume de vente d'un mètre cube devenu une appellation commune de la population « le m³ ». L'exploitation a été fermée en 2003 par l'intervention du maire, du sous-préfet de Mahajanga II et de la délégation des eaux et forêts.

A Amboanio, le quart de la population (autour de 100 hommes) travaillaient dans cette exploitation. 1m³ d'*Avicennia marina* est équivalent de 5 à 10 arbres selon le diamètre (mort/vivant) d'une hauteur moyenne de 4 m. Il est vendu entre 15 000 Fmg et 25 000 Fmg. La commune a pris une taxe de 5 000 Fmg des collecteurs pour chaque m³ acheté. Dans les mangroves, ils attachaient les bois coupés les uns aux autres pour construire une barque afin

d'éviter de les transporter sur les épaules, et ils les emmenaient à l'intérieur de la terre lors de la marée haute. Quelques accidents ont survenu à cause de cette technique de transport des bois. La hache était le moyen de coupe pour tout le monde. Les exploitants utilisaient des charrettes pour transporter les bois de mangrove jusqu'à la limite entre tanne et terre ferme, où les camions venaient les chercher. Trois à quatre camions faisaient un à deux voyages par jour sauf le dimanche.

A Ambatolampy, selon les anciens exploitants, trente personnes environ travaillaient dans l'exploitation selon les anciens exploitants. Une personne arrivait à abattre 30 à 50 arbres par jour, équivalent à 7 m³. Le nombre de camions de transport était autour de trois et le nombre de voyages par jour était de un à deux. Un voyage par camion arrivait à transporter autour de 20 m³ de bois en moyenne soit équivalent à environ 150 arbres. En un mois, on a : 150 arbres x 3 x 2 x 30j = **27 000 arbres abattus/mois**.

L'exploitation des bois de mangrove vue par les participants de l'atelier de Boanamary :

Les points positifs :

- remplir les besoins quotidiens pour faire la construction d'une maison, de la cour, d'un bateau,
- remplir les besoins en bois de chauffe pour la cuisson,
- offrir aux ménages une source d'argent en surplus.

Les points négatifs :

- accélérer l'érosion,
- augmenter l'action des vagues et des vents d'entrer aux rivages,
- diminuer les ressources abritant dans les mangroves,
- rendre instable la production des ressources comme celles des poissons et des crabes.

• **Les causes possibles de la dégradation de la zone de mangrove**

Phénomène anthropique

- L'exploitation intensive des bois de mangroves en m³ dans le passé pour l'approvisionnement de l'usine à chaux à Belobaka. Deux régions ont fait le m³ dans la région de Boanamary, la première se trouvait à Amboanio incluant les mangroves de Besisika entre 1998 à 2003 et la deuxième était située à Ambatolampy entre 2002 et 2003.
- La confection du charbon de bois de palétuviers est pratiquée par plusieurs personnes dans le passé jusqu'à maintenant. Par peur de la VOI, l'exploitation a fortement baissée et on

n'exploite que les soi-disant « bois morts » et les racines restantes de l'exploitation en m³. Les gens d'Ambatolampy qui vivent aux alentours des mangroves au voisinage des tannes sont ceux qui font encore du charbon de bois pour avoir une source d'argent. Peu de gens les exploitent, car ils ne sont pas très appréciés par les acheteurs de charbon du fait qu'il ne s'allume pas bien et abîme les marmites au fil du temps.

- Le bois de chauffe des palétuviers se vend sur place et à Mahajanga. Quand il y a de la demande, il y aura toujours de l'offre. Cette vente a déjà commencé depuis 1984 (le cyclone Kamisy).

- La coupe illicite par des exploitants étrangers venant de Mahajanga pendant la nuit a été contestée par beaucoup de personnes enquêtées.

- Les enquêtés ont constaté que le feu d'arbre d'*Avicennia marina* allumé pour chasser les moustiques et pour faire sécher les poissons pêchés pendant un séjour en mer est nuisible aux mangroves. Les arbres se trouvant aux alentours de 6 à 7 m de ce feu mourront peu après.

- L'aménagement du terrain d'aquaculture commencé par l'Aquamas suivi de la Somapêche (Somaqua actuellement) a aussi induit la coupe d'arbres. Selon l'enquête, l'Aquamas a fait coupé autour de 20 ha dans le fokontany de Boanamary pour la construction des digues entre 1992-93. Maintenant, les villageois s'en servent pour la charrette afin de transporter les engins de pêche au barrage côtier en charrette.

- Le pâturage de zébus dans les mangroves où ils broutent des feuilles et des fruits d'*Avicennia marina* au moment où les herbes se font rares pendant la saison sèche. Certains ont fait la remarque qu'ils n'ont pas le choix, même si l'*Avicennia marina* fait tousser leur bœuf et les rend malade.

Phénomène naturel

- Les cyclones sont des conséquences néfastes pour les palétuviers : ils les déracinent et les coupent. Kamisy en 1984, Elita et Gafilo en 2004 ont fait des nombreux dégâts par leur passage dans la zone ouest.

- Les feux de brousse fréquents dans la région et du côté de Marovoay accentuent les phénomènes d'érosion en amont dans les bassins versants (au niveau des fleuves), créant de l'ensablement et de l'envasement au niveau de la mer en particulier sur la rive, de la mangrove jusqu'aux tannes.

- Les vagues s'intensifient et la salinité diminue au cours des années, ce qui cause la mort sur pied dans la zone littorale de Boanamary.

Elevage industriel de crevettes

- La ferme de crevettes utilise des bois de mangrove dans les bassins puisqu'ils sont connus comme étant résistants et bien adaptés au milieu (figure 28-2).
- Les canalisations qui déversent l'eau des bassins d'élevage de crevettes vers la mer sont aménagées en forme des petites cours d'eau artificiels (figure 28-1).
- La superficie des tannes en bassins d'élevage augmente chaque année engendrant des nouveaux aménagements.



(1) Canalisation dans la zone d'aquaculture

(2) Passerelle dans le bassin

Figure 28 : Aménagement dans la mangrove et sur les tannes (Photos : C. Andriamalala)

4.1.2.5. Utilisation des bois des palétuviers à Boanamary

- **Construction de la maison**

L'*Avicennia marina* qui est l'espèce dominante dans la région s'utilise dans toutes sortes de constructions. L'arbre de taille moyenne appelé « karavoko » ou « poteau » est utilisé comme pilier de la maison et comme traverse pour la toiture. Même s'ils savent que l'*Avicennia marina* utilisé comme pilier résiste au maximum une année, un bon nombre de personnes les prennent toujours pour le besoin d'une année puis ils les remplacent. Par contre, il y a des perfectionnistes qui recherchent les bois connus comme très solides comme le *Ceriops tagal* et le *Rhizophora mucronata*.

Les espèces de palétuviers autres qu'*Avicennia marina* ne sont pas bien connues du fait qu'ils ne représentent qu'un petit pourcentage de palétuviers dans ce site d'étude. Certains viennent chercher les *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* reconnus solides à la construction dans

les environs de la région, dans les îlots de palétuviers : car depuis le transfert de gestion de la zone de mangrove, soit la coupe n'est pas autorisée, soit les bois se font rares. Dans la plupart des cas, les bois droits et longs sont très rares dans toutes les espèces existantes.

- **Construction du bateau**

Avicennia marina : utilisé comme traverse ou support à l'intérieur du bateau appelés « *taroma* ». Pour un bateau, on a besoin de trois arbres pour faire les « *taroma* ».

Sonneratia alba : utilisé comme des planches pour le bateau nommé « *tovona* ». Ce bois est cherché en dehors de la zone d'étude. Huit arbres sont nécessaires à la fabrication des planches d'un bateau.

- **Clôture et haie**

Toutes espèces confondues de palétuviers sont utilisables, en particulier les *Avicennia marina* qui sont abondants. Au bout de deux à trois ans, les *Avicennia marina* atteignent la taille suffisante pour en faire des gaulettes ou « *karatsaka* » exploitables pour haies et clôtures.

La clôture des maisons se pratique dans les villages plus développés comme Tsararivotra, Boanamary et Ambatomalama mais certains préfèrent utiliser les plantes de *Zyziphus jujuba* (mokonazy).

La haie pour l'élevage des zébus, des chèvres, des canards et des poules se trouve souvent dans toute la région.

- **Bois de chauffe**

Toutes sortes de bois secs et morts sont utilisables comme bois de cuisson. Pour le séchage des poissons, on utilise le *Xylocarpus granatum* et le *Sonneratia alba* pour éviter le goût amer réputé des autres types de bois.

Afin de brûler les pierres pour fabriquer la chaux, on utilise également les bois de mangrove. Une carrière de production de chaux fonctionne encore jusqu'à nos jours à Marovato-Belobaka.

La chaux est aussi utilisée pour le traitement des bassins avant l'élevage et après chaque récolte de crevettes. L'essor de la ferme crevettière industrielle à partir de 1992 a fait augmenter la demande en chaux dans ces entreprises.

Rhizophora mucronata et *Ceriops tagal* sont les plus utilisés pour faire le charbon. L'*Avicennia marina* est rarement utilisé. Il est moins apprécié par les acheteurs car il brûle trop fort jusqu'à trouer la marmite lors de la cuisson.

- **Vertus des palétuviers**

Avicennia marina : *Avicennia marina* est utilisé contre les maux d'estomac, contre le paludisme et les maux de dents. La fumée des feuilles d'*Avicennia marina* est connue pour faire fuir les moustiques. L'arbre d'*Avicennia marina* est aussi transformable – une fois creusée sur pied - en ruche d'abeilles nommée « *rôgo* ». Mais personne ne le pratique plus car il n'y a presque plus d'abeilles dans la région.

Xylocarpus granatum ou Antavela : utilisé contre les maux de ventre et la diarrhée.

Plantes médicinales (tableau 34)

Tableau 34 : Effets et utilisation thérapeutique des bois de palétuviers de Boanamary (Source : Enquête en 2005 et Atelier 2006)

| Espèces | Partie de l'arbre | Ses effets | Sa préparation |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|
| <i>Xylocarpus granatum</i> | Ecorce | Maux de ventre | A bouillir dans de l'eau et à boire trois fois par jour jusqu'à la disparition du symptôme |
| | Noix | Poudre cosmétique pour les femmes | A gratter avec de l'eau |
| <i>Avicennia marina</i> | Feuilles | Maux d'estomac | A bouillir dans de l'eau et à boire trois fois par jour jusqu'à la disparition du symptôme |
| | Branches | Contre les piqûres des moustiques | A brûler |
| | Essences | Soigne les dents trouées | A mettre sur les dents malades |

4.1.2.6. Les ressources autres que les bois de mangrove

Comme à Mariarano, on s'intéresse aux ressources halieutiques qu'on trouve dans la zone d'étude de Boanamary après les ressources forestières.

- **La pêche**

Les moyens de pêche utilisés dans la région

Pour les crevettes et les petits poissons : « *Valakira* », « *Kopiko* » et « *Sihitra* »

Pour les crabes : « *Treko* », « *Garigary* », « *Fintana* »,

Pour les poissons : « *Fintana* », « *Harato* »

La variation de la pêche

D'après la statistique issue de l'enquête et de l'atelier, tous les produits halieutiques présentaient une diminution de production dans les 10 à 20 ans passé.

Quand on parle de la diminution de la pêche, les personnes font souvent référence au cyclone Kamisy en 1984 ou à l'année de fonctionnement de la SOMAQUA en 1997 sans avoir une explication concrète.

L'augmentation du nombre de pêcheurs depuis la fermeture de SANCA, la recrudescence des pêcheurs Majungais dans la région, la dégradation de l'environnement côtier à la fois anthropique et naturel, et la présence de pêcheurs industriels dans la partie ouest ont considérablement diminué la récolte des produits de mer au cours des années. Certains enquêtés ont désignés coupables les pêcheurs industriels, la SOMAPECHE et la GTZ.

Les produits de mer se font rares près de la rive et les gens séjournent dans les zones de mangroves plus à l'intérieur de la mer pendant quelques jours pour rassembler plus de produits. Pendant ce temps-là, ils font sécher au feu leurs produits pour qu'ils ne se gâtent pas, puis ils les vendent à Mahajanga.

Pour chaque année, à partir du mois de mai jusqu'à l'arrivée des pluies, les fruits de mer sont plus abondants. Pendant la saison pluvieuse, les crabes sont particulièrement abondants. Mais comme les gens ne vont plus souvent à la pêche pendant la saison des pluies à cause du mauvais temps, c'est la saison morte.

Les résultats de l'enquête et de l'atelier sur la variation de la pêche se résument dans la figure 29. Elle montre une forte variation entre 1997 et 2005, et indique une diminution des produits de pêche. Le produit « crabes » a une productivité basse. On peut supposer que ceci est lié à la forte dégradation du milieu.

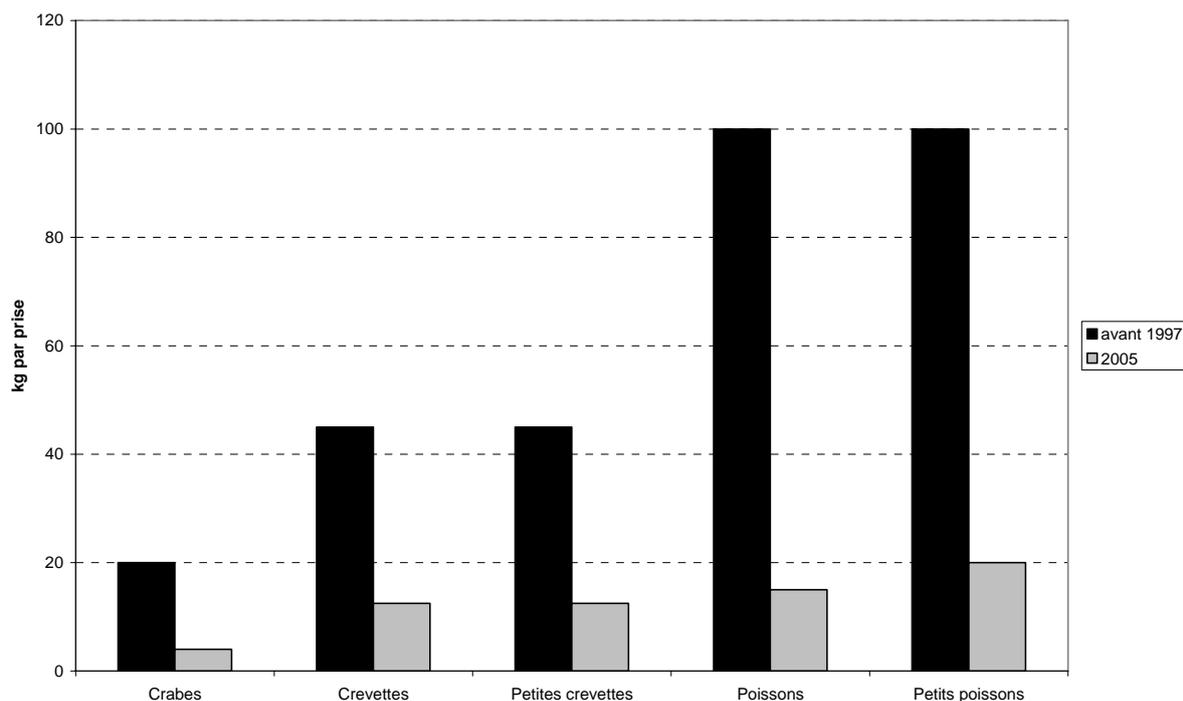


Figure 29 : Variation de la production de pêche avant 1997 et 2005 (1997 : année de référence où l'installation de SOMAQUA a débuté) (Source : Enquête 2005 et Atelier 2006) (Original : C. Andriamalala)

Commercialisation

Les collecteurs des produits de mer sont nombreux à Boanamary ; ce sont des gens sur place ou venant de Mahajanga.

Tous les produits issus de Boanamary sont acheminés au port de débarquement appelé Aranta à Mahajanga. Les pêcheurs utilisent des engins de pêche différents (tableau 35).

Tableau 35 : Outils et prix des produits halieutiques (Source : Enquête en 2005 et Atelier 2006)

| Ressources | Outils d'exploitation | Prix sur place | Prix à Mahajanga |
|--|---|---|-------------------------------------|
| Crabes | <i>Treko</i> ou <i>Garigary</i> , <i>Fisikotra</i> | 2500 à 3500 Fmg/kg | 3500 à 5000 Fmg/kg |
| Poissons | <i>Fintana</i> , <i>Vonokinga</i> ou <i>Teriba</i> , <i>Harato</i> 25-30-35, <i>Valakira</i> , <i>Fanamo</i> (rare) | 7000 Fmg/kg (frais) | 10000 à 12000 Fmg/kg |
| Crevettes | <i>Valakira</i> , <i>Sihitra</i> , <i>Kopiko</i> , <i>Harato</i> | 8000 Fmg/kg | 15000 à 20000 Fmg/kg |
| Petits poissons « <i>Varilava</i> » | <i>Harato</i> , <i>Sihitra</i> | 1 mesure Boanamary = 8 boîte de Nestlé est à 6000 Fmg | 8500 à 10000 Fmg/ Boanamary |
| Petites crevettes « <i>Tsivakia</i> » | <i>Sihitra</i> | 10000 à 12500 Fmg/Boanamary | 15000 à 17000 Fmg/Boanamary |
| Huitres | Marteau, Burin | 1 Boanamary = 2000 Fmg | 200 à 250 Fmg la pièce |
| « <i>Akora saja</i> » | collecte | 80 Fmg/kg | |
| « <i>Androngany</i> » | collecte | 1 boîte de Nestlé est à 750 Fmg | 1 boîte de Nestlé est à 1500 Fmg |

Quelques points positifs et négatifs ont également été évoqués pendant l'atelier de travail à Boanamary concernant l'exploitation des ressources halieutiques.

Les points positifs :

- nourriture,
- source d'argent,
- facilité de vendre les produits sur le marché.

Les points négatifs :

- les outils d'exploitation vétustes ne permettent pas convenablement de concurrencer, les autres pêcheurs professionnels,
- le nombre croissant des exploitants,
- l'inexistence de possibilité de congélation pour conserver les poissons frais.

4.1.2.7. Evaluation du transfert de gestion des mangroves

- **Transfert de gestion**

La société SOMAQUA a financé l'ONG GREEN pour effectuer les procédures du transfert de gestion de la forêt de mangrove de Boanamary en 2003. Pour la société, la présence des mangroves joue un grand rôle pour l'épuration de l'eau et pour la protection de la côte. Le SOMAQUA fait aussi un effort pour la protection environnementale, en plus, l'octroi des avis environnementaux favorables délivrés par l'Office National de l'Environnement (ONE) en mai 1995 est sous réserve du respect des clauses du cahier de charges.

Le but était de faire le transfert de gestion des forêts non déjà transférées auprès des villageois, c'est-à-dire la zone entre Besisika/Amboanio en passant devant le terrain de la Somaqua jusqu'à Ambatomalama/Ambatolampy. La zone de Morahariva a été exclue car elle avait déjà été transférée en 2001. Par contre, des litiges ont eu lieu à Amboanio avec les villageois, le SAGE et l'ONG GREEN empêchant le transfert dans cette région jusqu'à maintenant.

Les forêts de mangrove et les forêts sèches de Boanamary jusqu'à Ambatolampy ont donc été partagées dans quatre fokontany gérés par chaque VOI, Boanamary, Tsararivotra, Befotaka-Ambalatany et Ambatomalama. La gestion auprès de chaque VOI est un contrat renouvelable de 3 ans. Le VOI s'engage à faire un rapport de la situation tous les 6 mois auprès de la commune de Boanamary et de la direction des eaux et forêts à Mahajanga.

- VOI Avotra du fokontany de Tsararivotra (superficie 175 ha)

- Nord : forêt de mangrove de la VOI Fifambe
 - Est : tanne de Somaqua
 - Sud : forêt d'Ambalavola de la VOI FAB
 - Ouest : mer Bombetoka/Betsiboka
- VOI FAB du fokontany de Boanamary (superficie 482 ha)
- Nord : forêt d'Antafiandramena de VOI Avotra
 - Est : tanne de Somaqua
 - Sud : forêt de mangrove séparant Boanamary et Amboanio
 - Ouest : mer Bombetoka/Betsiboka
- VOI Voakajy du fokontany d'Ambalatany (superficie 295 ha)
- Nord : canal d'Ambatomalama
 - Est : tanne de Somaqua
 - Sud : forêt d'Antafiandramena de VOI Avotra
 - Ouest : mer Bombetoka/Betsiboka
- VOI Vonona du fokontany d'Ambatomalama (superficie 614 ha)
- Nord : canal de Marohogo
 - Est : tanne de Somaqua
 - Sud : canal d'Ambatomalama
 - Ouest : mer Bombetoka/Betsiboka.

Les points positifs et négatifs du transfert de gestion vus par les participants dans l'atelier 2006

Les points positifs du transfert de gestion de la région de Boanamary :

- la peur empêche les gens de faire de l'exploitation,
- la bonne régénération,
- la réduction de l'érosion des côtes,
- l'existence des bassins de Somaqua empêche les zébus de pénétrer dans la mangrove.

Les points négatifs :

- le transfert ne représente aucun intérêt particulier pour les responsables,
- il n'y a aucun changement dans l'essor des ressources halieutiques,
- érosion intense de la zone côtière de Besisika due à la dégradation des mangroves,
- augmentation de la surface envahie par l'eau lors de la montée d'eau dans le cas d'Amboanio,

- aucun pâturage possible pour le bétail dans la zone des mangroves pendant les mois de sécheresse,
- aucune rémunération pour le reboisement et la surveillance des plantules,
- aucune motivation pour les temps investi au cours du reboisement, de l'entretien des plantules et du comptage des pieds morts et vivants après le reboisement.

• **Evaluation d'après transfert** (tableau 36 et 37)

Seul Boanamary a fait un reboisement de 500 pieds d'*Avicennia marina* dans sa zone. Pour cela, les gens ont fait une transplantation des jeunes plants denses dans des endroits dégradés pendant la montée d'eau lunaire. Le reboisement avait un taux de réussite de 95%.

Le contrôle existe et la loi semble sévère pour les usagers non autorisés par le VOI. Mais les gens qui vivent au dessus de la loi sont encore présents, ce qui induit la coupe illicite, l'exploitation en charbon, la descente des zébus dans la zone des mangroves.

L'amitié malgache « *fihavanana* » et la vie en société « *fiaraha-monina* » font que certains membres de VOI gardent le silence à propos de personnes transgressant la loi.

Des conflits existent après les subdivisions des zones transférées au VOI de chaque fokontany. Ceux qui ont l'autorisation de coupe viennent aussi couper dans les zones appartenant à d'autre fokontany, créant ainsi des conflits locaux.

Tableau 36 : Statistique sur le transfert de gestion à Boanamary (Atelier 2006)

| Régions | GELOSE | | Nb ddeur de coupe pour droit d'usage | Remarque | Reboisement |
|--------------------------|--|-----|--------------------------------------|--|---|
| | OUI | NON | | | |
| Ambatolampy-Ambatomalama | X | | 4 | (2) réparation, (2) construction | 2 reboisements : En 2005, 150 pieds et 80% de réussite En 2006, 300 pieds et 100% de réussite |
| Tsararivotra | | X | 3 | Refusé | 1 reboisement |
| Boanamary | | X | 5 | Lieu de coupe : Ilôts de mangrove | 3 reboisements |
| Befotaka-Ambalatany | X | | 4 | (4) réparation après les dégâts du cyclone | 1 reboisement |
| Amboanio | Non transféré – libre de coupe pour les résidents selon les droits d'usage | | | | |
| Morahariva | X | | Aucune information | | |

Tableau 37 : Evaluation du transfert de gestion (Atelier 2006)

| ACTION | Exécuté | | Problèmes et remarques |
|--|---------|-----|--|
| | Oui | Non | |
| - Demande d'autorisation de coupe pour droit d'usage | X | | |
| - Surveillance des personnes ayant obtenu une autorisation de coupe pour droit d'usage | X | | |
| - Surveillance des personnes exploitantes non autorisées | | X | Difficile d'intervenir car il s'agit d'étrangers entrant clandestinement dans la zone de mangrove pour couper du bois, pour capturer des ressources halieutiques (poissons, crabes ...). Existence de menaces de mort. |
| - Surveillance du bétail descendant dans les mangroves | | X | On trouve encore la descente de bétail dans la région de Morahariva, Ambatolampy et Boanamary. On en rencontre surtout en période de sécheresse. |
| - Reboisement | | X | Aucun financement, aucune motivation. Le reboisement fait jusqu'à maintenant était réalisé avec les différentes associations (pêcheurs, VOI). Les personnes présentes n'excèdent pas le quart de la population. |
| - Application du <i>dina</i> | X | X | Brusque application de la loi de gestion. La non-continuité d'application des lois entre la population et les autorités. Si l'un est sévère, l'autre veut le contraire. |

D'après notre enquête, en exemple, le VOI de la région de Befotaka-Ambalatany délivre un permis de coupe pour construire contre un paiement de 10 000 Fmg. Par contre, les personnes des autres régions n'obtiennent pas de permis pour les zones transférées. Or, dans la zone de forêt ou de mangrove gérée par le VOI, il y a des zones exploitables (GELOSE) et des zones inexploitées. Les personnes qui font la demande de permis de coupe pour construire reçoivent un avis favorable du VOI et du maire, mais ils devraient couper ailleurs dans les endroits connus denses en mangrove, en dehors de la zone transférée. En effet, les villageois nécessitant les bois de palétuviers pour construction peuvent collecter jusqu'à 80 perches tous les 6 ans pour une taxe de 10 000 Fmg avec une demande manuscrite déposée au président du VOI. Le fokontany et le VOI sont donc les premiers décideurs sur place pour justifier la demande de coupe à titre de construction personnelle. Le maire ne fait que viser favorablement après leurs accords.

Avant le transfert, les charbonniers arrivaient à faire 20 à 25 sacs de charbon en une semaine. Mais actuellement, ils n'en font que 5 à 10 sacs par semaine en utilisant les bois mort sur pied ou soi-disant « déjà coupé » ainsi que les racines restant de la coupe de m³. On sait que la commune ne perçoit aucune taxe pour les charbons de bois de mangrove ou de bois de forêt sèche.

4.1.2.8. Faune et flore de Boanamary

- **Faune de Boanamary**

Les détails de la faune de Boanamary sont représentés dans l'annexe 3.

En comparant la faune de Boanamary avec celle de Mariarano, on remarque que Mariarano est riche en faune mais le pourcentage de présence d'espèces de poissons recensées dans le site de Boanamary est légèrement supérieur par rapport à celui de Mariarano (figure 30).

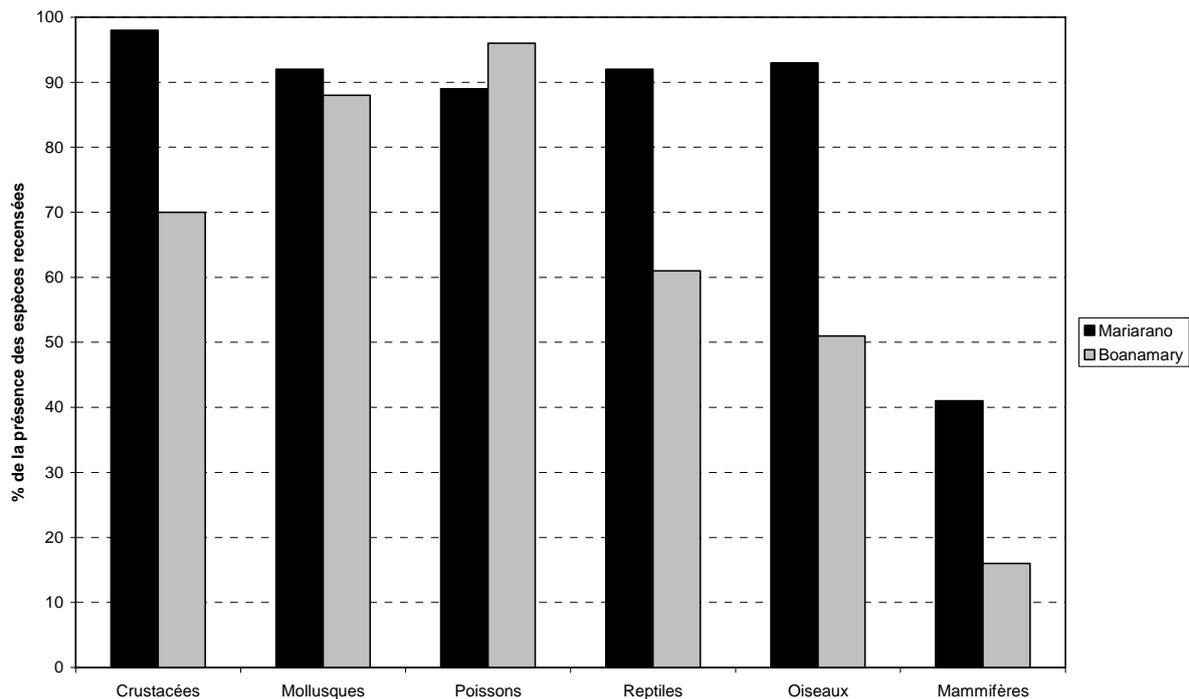


Figure 30 : Pourcentage des espèces animales recensées à Mariarano et Boanamary (n=19 à Mariarano et n=5 à Boanamary) (Enquête 2005 et Atelier 2006) (Original : C. Andriamalala)

- **Flore de Boanamary**

Pour la flore de Boanamary, le diagramme (figure 31) issu des données de l'atelier montre que cinq espèces sont présentes dans la zone. *Avicennia marina* est présent dans toutes les zones étudiées, suivie de *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata*. Le *Xylocarpus granatum* et *Sonneratia alba* sont les moins rencontrés.

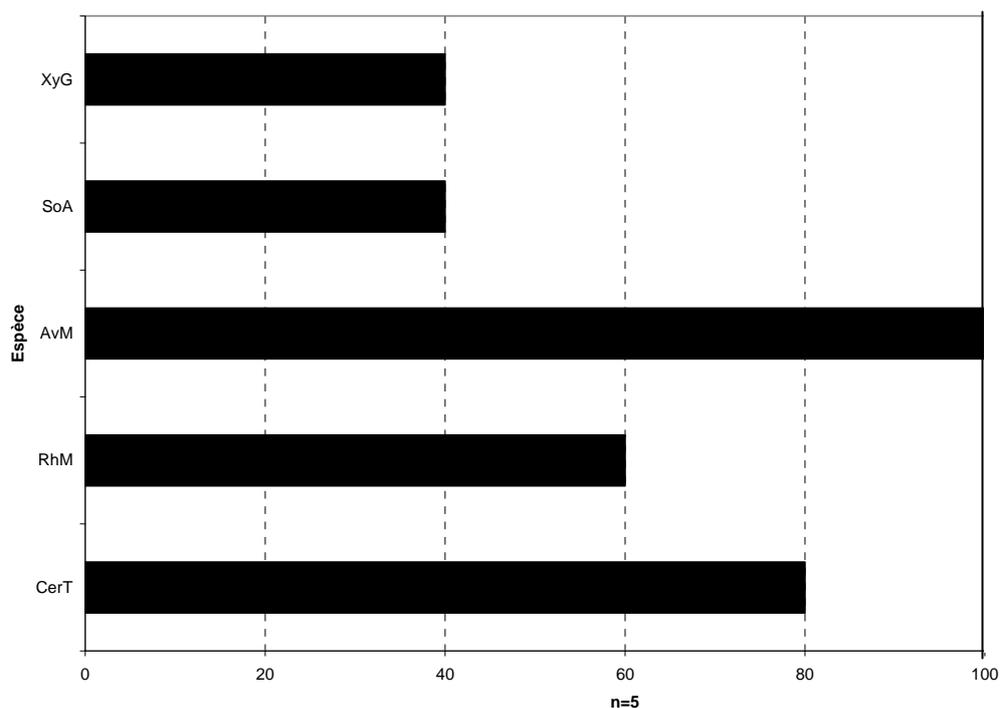


Figure 31: Pourcentage de la fréquence des espèces dans les différents lieux de mangrove étudiés à Boanamary (Enquête 2005 et Atelier 2006) (Original : C. Andriamalala)

4.1.3. CONCLUSION

- A Mariarano, la riziculture joue un rôle important dans l'activité de la population. Les autochtones possèdent des terres et pratiquent les cultures. Ils sont à la fois des agriculteurs et des éleveurs de zébus. Ceux qui sont implantés récemment font surtout de la pêche ou de l'exploitation forestière en première activité. Pour la plupart des autochtones, l'exploitation des bois de mangrove est une source d'argent supplémentaire en cas de manque de liquidité.

A Boanamary, la pêche est la principale activité, suivie par l'élevage et le travail au sein de la Somaqua. L'exploitation forestière ne figure pas comme une activité au sein de la population, c'est une activité clandestine concernant surtout les bois exploitables en charbon dans les alentours.

- Dans le passé, les bois de mangrove ont été bien exploités à Boanamary lors de vente des bois en mètre cube pour la fabrication de chaux de Belobaka, laissant des zones dégradées. Actuellement, les bois de mangrove de Mariarano sont transportés en dehors de la région pour ravitailler le commerce de bois à Mahajanga. Comme le bois de forêt sèche commence à diminuer dans la région, le bois de mangrove est une alternative. Le marché-cible pour les deux sites est différent ; mais toujours est-il que cela dépend de la demande du marché du bois au cours du temps ?

Le rythme d'exploitation des bois de palétuviers à Mariarano est accéléré par le mode de commercialisation (collecteurs sur place et à Mahajanga) existant dans la région. Ceci est une grande menace pour l'écosystème de mangrove dans la région. L'enquête a montré que l'exploitation à Boanamary était plus intense qu'à Mariarano avec **27 000 arbres abattus/mois** contre **10 000 arbres abattus/mois** à Mariarano.

A part les dégâts causés par l'exploitation anthropique, il y a aussi les cyclones qui font des ravages mais ils sont moins néfastes que la coupe anarchique.

- L'utilisation des bois de palétuviers dans la vie quotidienne des deux régions étudiées est à peu près la même malgré de petites différences concernant les connaissances d'utilisations des palétuviers en tant que plantes médicinales. Leur utilisation comme bois d'œuvre et de chauffe dépend essentiellement de la présence de l'espèce dominante existante dans la région. A Boanamary avec ces 5 espèces de palétuviers - dont les plus abondants sont les *Avicennia marina* - ils servent pour tous les types d'utilisation. Par contre, à Mariarano, ce sont les Rhizophoraceae qui dominent. Mais comme les 8 espèces recensées à Madagascar se trouvent dans la région, les gens peuvent bien choisir les bois qui les intéressent.

- Par rapport à Boanamary, les gens de Mariarano exploitent moins leurs ressources halieutiques. Il y a moins de pêcheurs à Mariarano qu'à Boanamary si on consulte la statistique. Les villages de Mariarano proches de l'accès à la mer sont ceux dont l'activité est rattachée à l'eau, comme Anjiamanoro et Marosakoa. Dans les deux régions, la production des ressources halieutiques a nettement diminué durant les vingt dernières années. La cause de cette diminution est supposée liée à la surpopulation, à la pêche industrielle et à la dégradation de l'écosystème de mangrove où les poissons et les crevettes pondent leurs oeufs.

- La flore de mangrove de Mariarano est riche en espèces comparée à celle de Boanamary. Beaucoup d'espèces de la faune de Mariarano ne se trouvent pas à Boanamary, comme le montre la comparaison des résultats d'enquête et d'atelier à partir des planches d'images données.

- La gestion des mangroves de Boanamary est soumise à la gestion communautaire. La mangrove d'Amboanio est la seule mangrove non transférée à la gestion locale. La présence des bassins de la SOMAQUA proches de quelques zones transférées rend les mangroves moins accessibles et plus protégées au niveau de la coupe illicite. A Mariarano où la gestion n'existe pas, la forêt de mangrove est en pleine exploitation anarchique. La mise en place d'une gestion est encore improbable vu la situation actuelle.

4.2. L'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

4.2.1. Résultats et interprétations

4.2.1.1. Modèle numérique d'élévation

Le modèle numérique d'élévation (MNE) ou le modèle altimétrique de terrain appelé aussi DEM (digital elevation model en anglais) a été construit à partir de l'image SRTM. Le contenu de chaque pixel représente la hauteur du terrain.

On a effectué des traitements et des corrections pour aboutir aux résultats comme il a été décrit dans la partie méthodologie.

Le MNE de Mariarano indique que l'altitude maximale dans la région est de 136 m (figure 32). Pour Boanamary, elle est de 232 m. Les zones de mangrove pour les deux régions se limitent au maximum à 20 m d'altitude (figure 33 et 34).

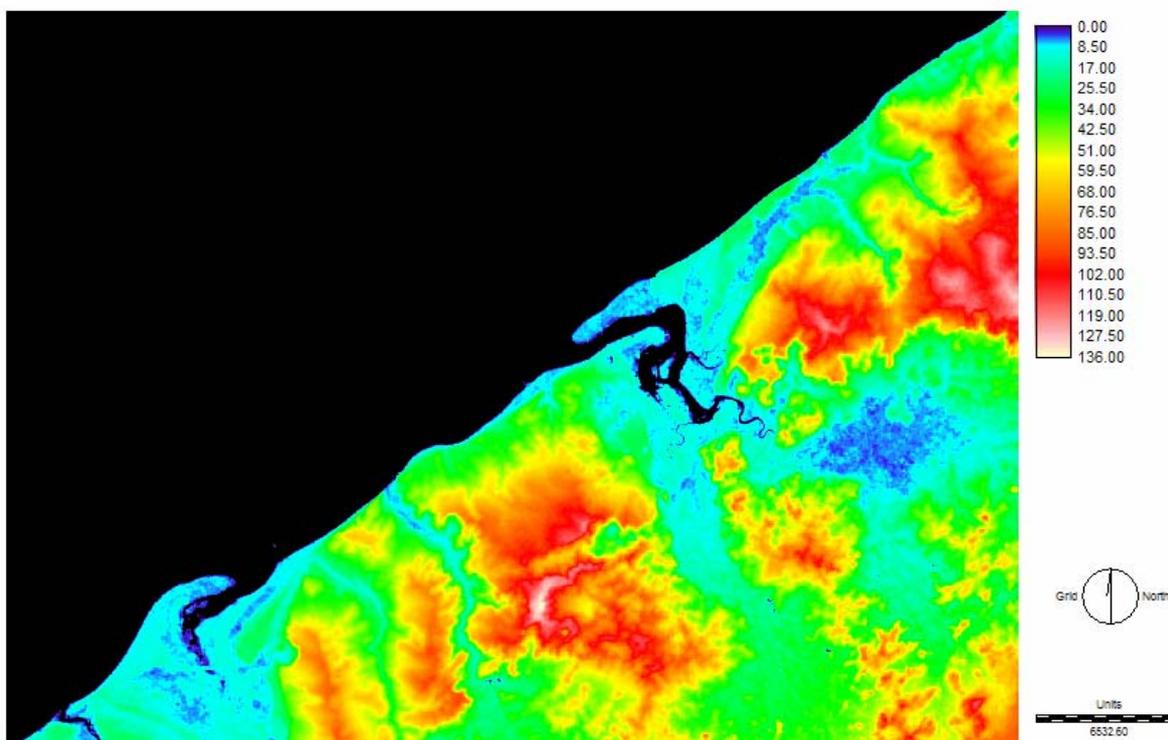


Figure 32 : Modèle numérique d'élévation de Mariarano (Original : C. Andriamalala)

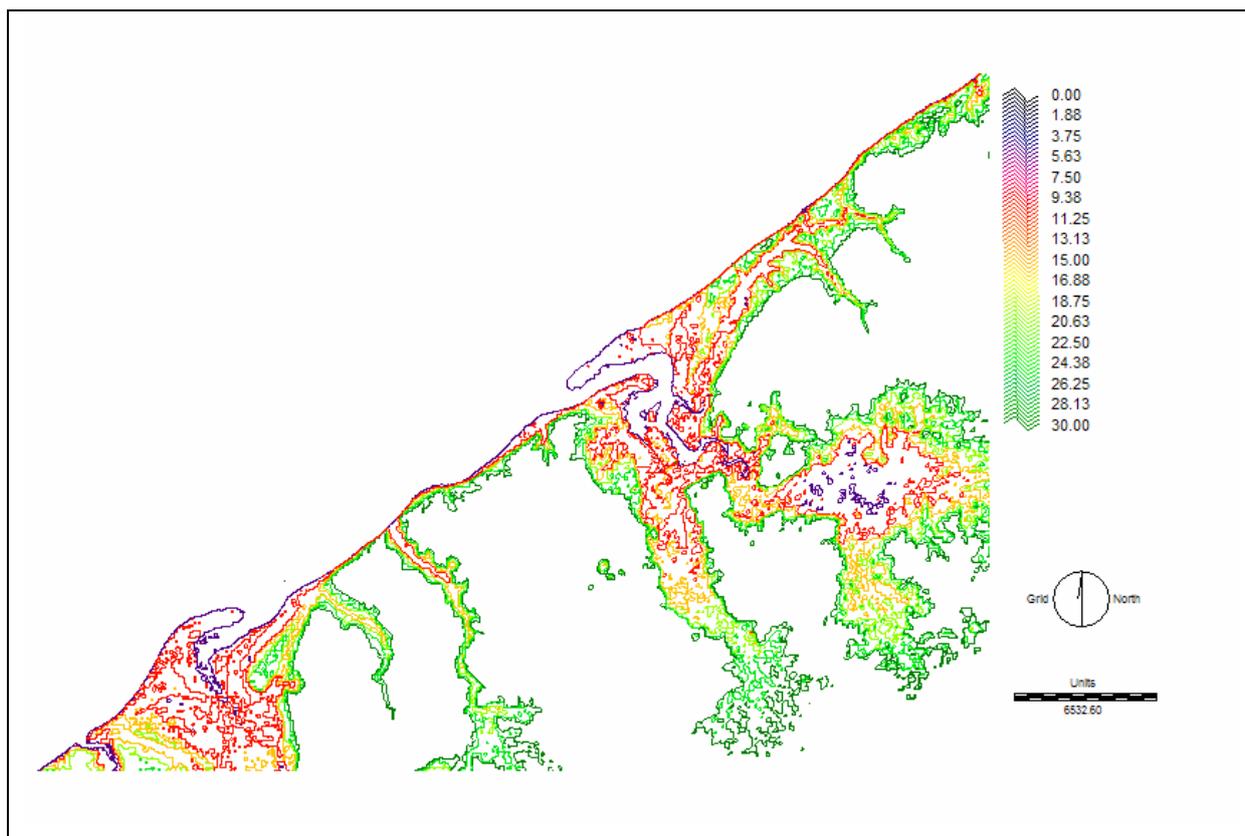


Figure 33 : Contours d'équidistance de 5 m pour une altitude inférieure à 30 m (Original : C. Andriamalala)

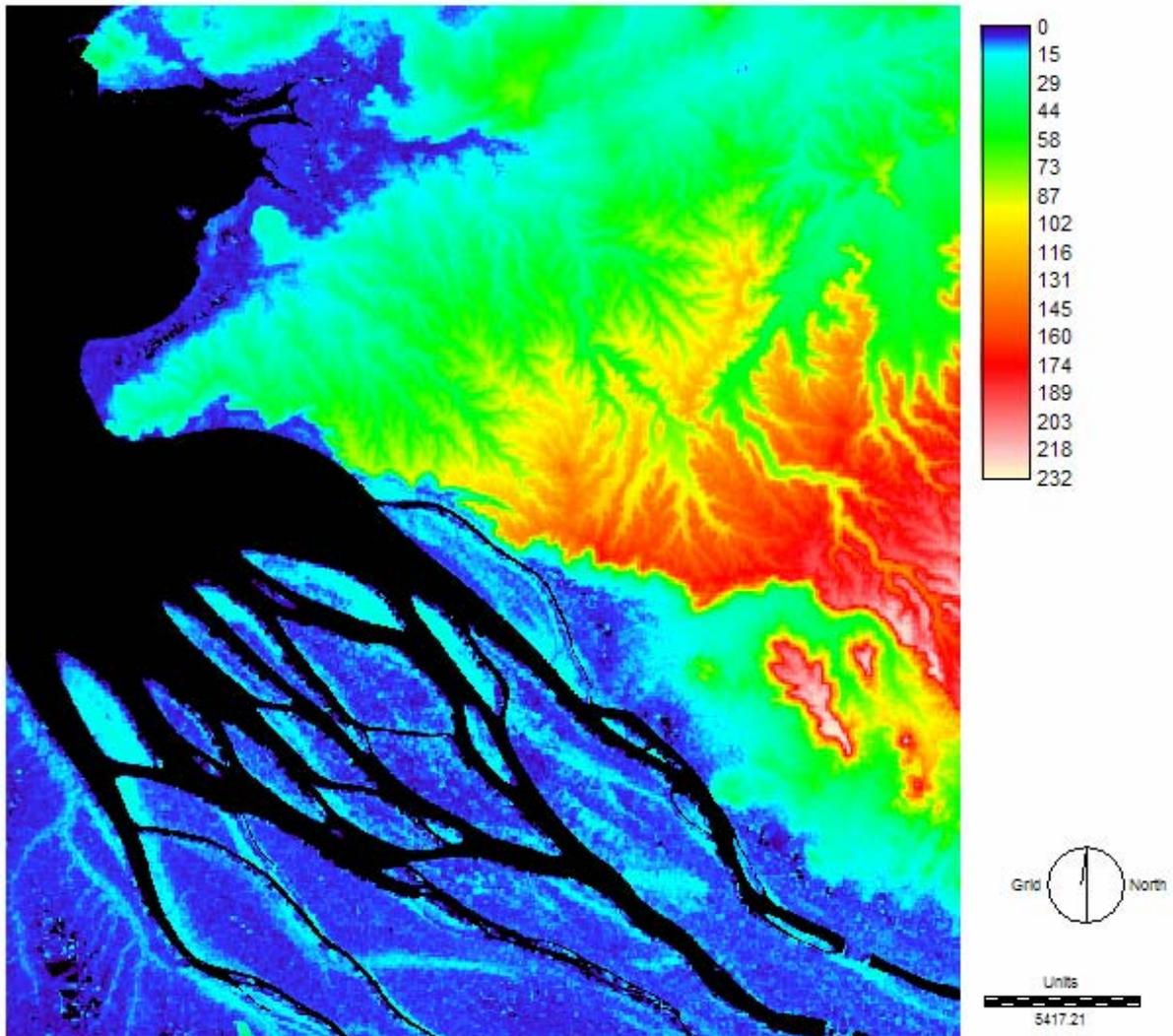


Figure 34 : Modèle numérique d'élévation de Boanamy (Original : C. Andriamalala)

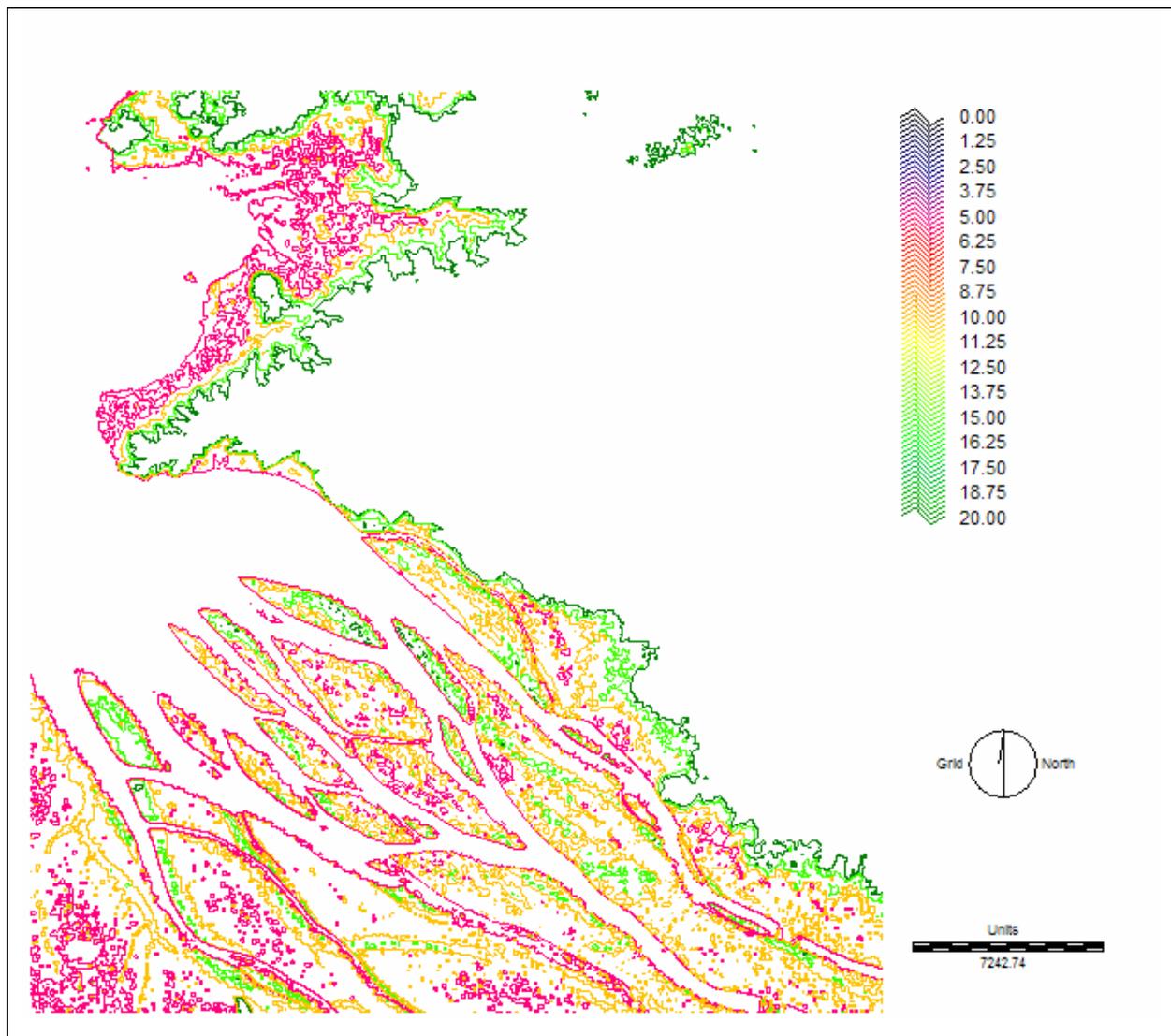


Figure 35 : Contours d'équidistance de 5 m pour une altitude inférieure à 20 m (Original : C. Andriamalala)

4.2.1.2. Classification de l'image LANDSAT TM et ASTER

- **MARIARANO**

La classification est obtenue à partir des zones d'entraînement (figure 36) par la méthode de classification supervisée. La séparabilité des classes est reportée en annexe 5. Elle est généralement entre 1,99 et 2, ce qui est un meilleur résultat. Les classes de l'image de Mariarano sont partagées en deux : le chiffre indique que la classe appartient à la partie 1 de l'image superposée, et la partie 2 correspond aux classes munies du chiffre 2 (tableau 38).

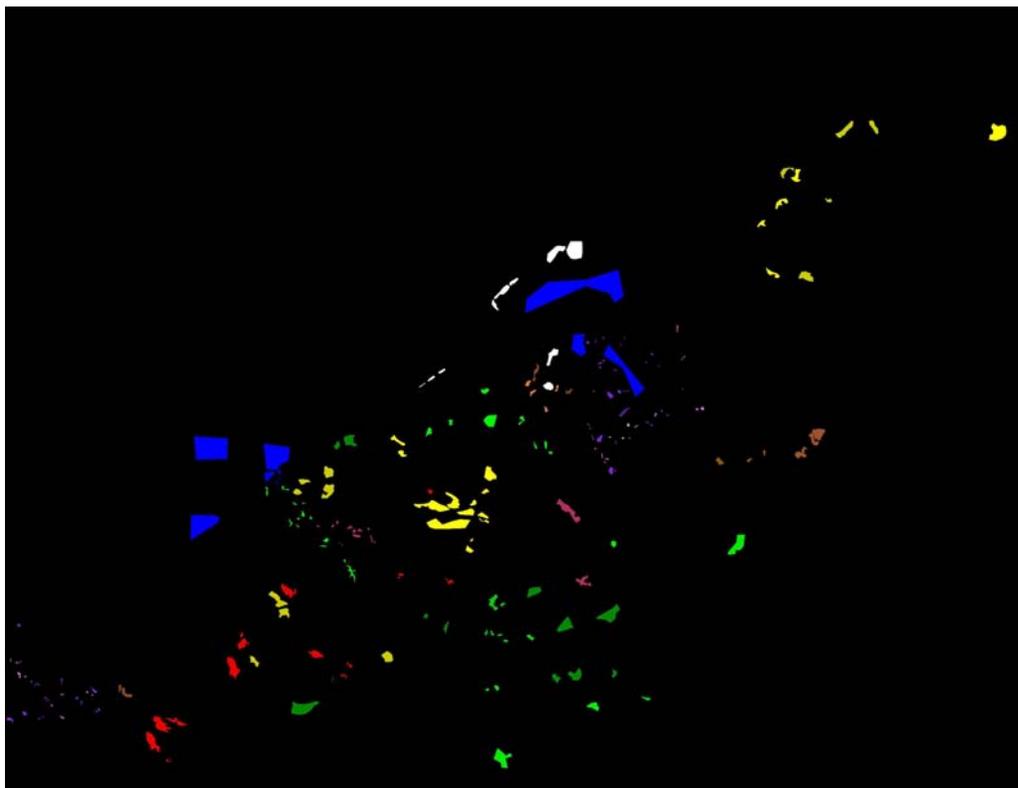


Figure 36 : Les zones d'entraînement de Mariarano

Tableau 38 : Les classes choisies pour la classification de Mariarano

| Code | Classes |
|------|-----------------------------------|
| 0 | Non classé |
| 1 | Eau 1 |
| 2 | Forêt dense 1 |
| 3 | Forêt claire 1 |
| 4 | Forêt dégradée 1 |
| 5 | Mangrove dégradée 1 |
| 6 | Mangrove dense mixte 1 |
| 7 | Mangrove dense à Rhizophoraceae 1 |
| 8 | Mangrove clairsemée 1 |
| 9 | Sable 1 |
| 10 | Savane 1 |
| 11 | Savane arborée 1 |
| 12 | Vase 1 |
| 13 | Zone brûlée 1 |
| 14 | Eau 2 |
| 15 | Vase 2 |
| 16 | Sable 2 |

| Code | Classes |
|------|--|
| 17 | Savane 2 |
| 18 | Savane arborée 2 |
| 19 | Tanne 2 |
| 20 | Tanne humide 2 |
| 21 | Forêt claire 2 |
| 22 | Forêt claire intense 2 |
| 23 | Forêt dense 2 |
| 24 | Forêt dégradée 2 |
| 25 | Mangrove dense à Avicennia et Sonneratia 2 |
| 26 | Mangrove dense à Rhizophoraceae 2 |
| 27 | Mangrove dense à Rhizophora 2 |
| 28 | Mangrove dense mixte 2 |
| 29 | Mangrove clairsemée 2 |
| 30 | Mangrove dégradée 2 |
| 31 | Mangrove dense mixte à dom, herbacée 2 |
| 32 | Forêt claire noir 1 |
| | |

Après la classification, on a calculé la matrice de confusion du résultat. En effet, cette matrice montre la fiabilité de la classification en comparant les données de référence et les résultats de la classification. Le taux de concordance obtenu en calculant le nombre de pixels qui ont été classifiés correctement est divisé par la totalité de pixels est de 98,4% (annexe 7). Le coefficient Kappa est égal à 0,98. La classification est bonne, car la totalité des pixels ont été bien classifiés. Cependant, on a procédé à la post-classification en plusieurs étapes détaillées dans la partie méthodologie pour améliorer le résultat obtenu.

Comme les classes de la partie 1 et 2 ont été séparées, il fallait rassembler les classes correspondantes en une classe. Ci-dessous les classes combinées :

« Forêt claire 1 »+ « forêt claire 2 » + « forêt claire noir 2 » →« **forêt claire** »

« Forêt dense 1 »+ « forêt dense 2 » →« **forêt dense** »

« Forêt dégradée 1 »+ « forêt dégradée 2 » →« **forêt dégradée** »

« Vase 1 »+ « vase 2 »+ « tanne 2 » + « tanne humide 2 » →« **sol humide** »

« Sable 1 »+ « sable 2 » →« **sable** »

« Eau 1 »+ « eau 2 » →« **eau** »

« Savane 1 »+ « savane arborée 1 »+ « savane 2 » + « savane arborée 2 » →« **savane** »

« Mangrove dense mixte 1 »+ « mangrove dense mixte 2 » →« **Mangrove dense mixte** »

« Mangrove clairsemée 1 »+ « mangrove clairsemée 2 » →« **Mangrove clairsemée** »

« Mangrove dégradée 1 »+ « mangrove dégradée 2 » →« **Mangrove dégradée** »

« Mangrove dense à Rhizophoraceae 1 »+ « Mangrove dense à Rhizophoraceae 2 » +
« Mangrove dense à Rhizophora 2 » →« **Mangrove dense mixte** »

Le nombre des classes définitivement retenues se réduit alors à quinze après la combinaison des classes.

La superficie totale de l'image classifiée de Mariarano est de 145 135 ha (figure 37).

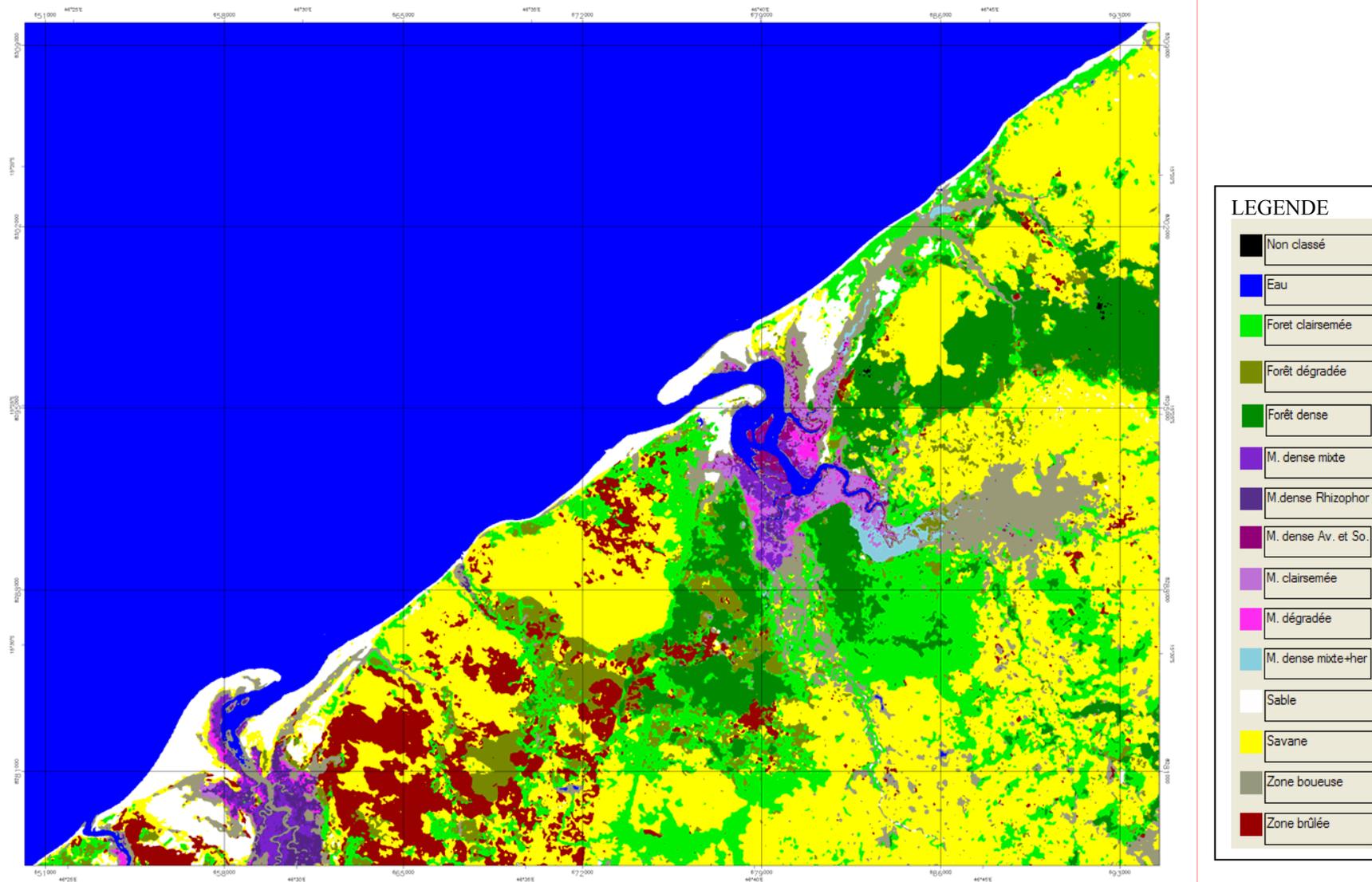


Figure 37 : Résultat de la classification de Mariarano (Original : C. Andriamalala)

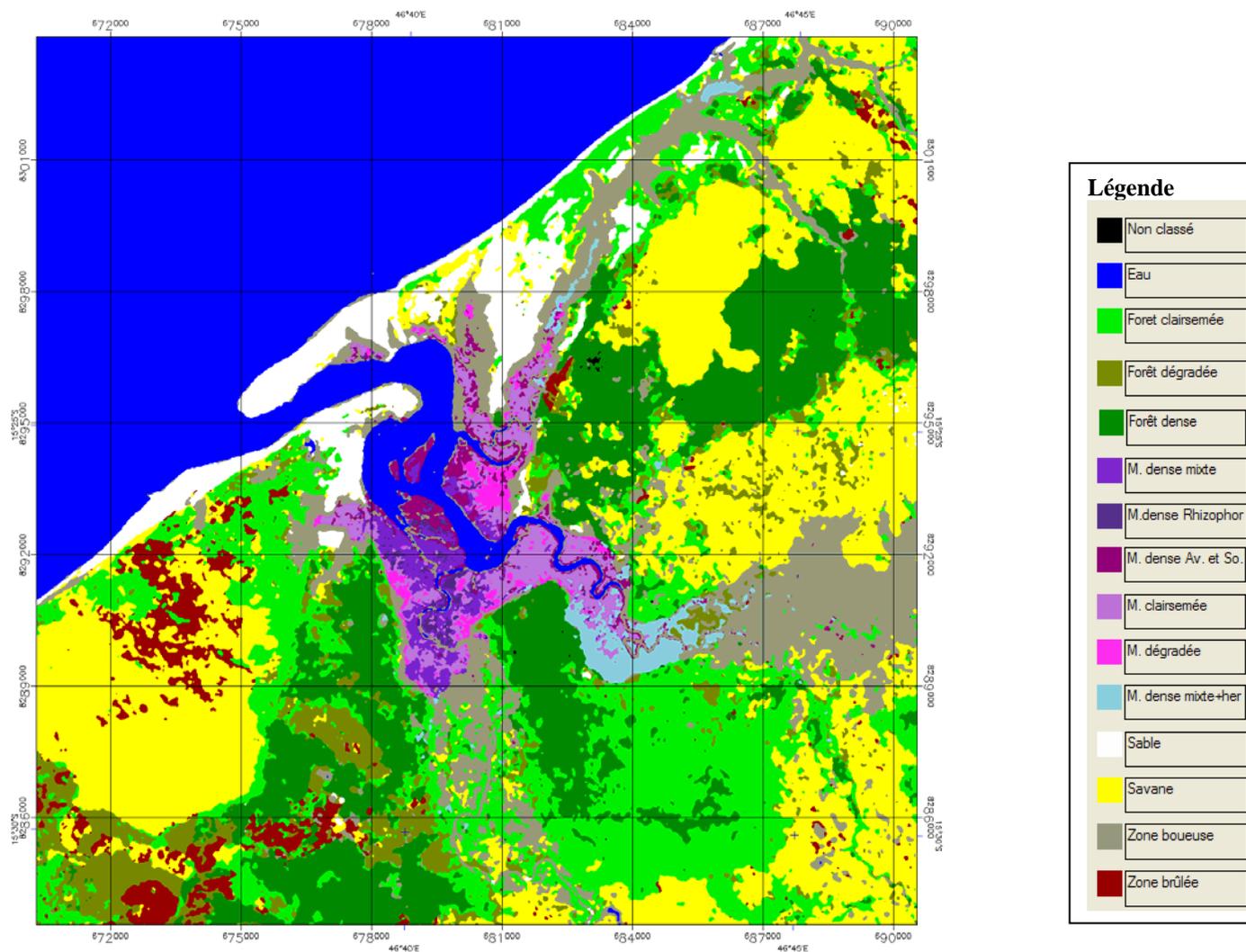


Figure 38 : La principale zone d'étude de Mariarano (Original : C. Andriamalala)

La superficie de l'image de la zone d'étude de Mariarano se réduit à 41 006,2 ha. Le tableau suivant montre le résultat de la superficie des différentes classes dans la zone d'étude (tableau 39).

Tableau 39 : Superficie des différentes classes dans la zone d'étude de Mariarano (Original : C. Andriamalala)

| MARIARANO | Classes | Npts | Total | % | Cumul % | Superficie (ha) |
|--|---------|--------|---------|-------|---------|-----------------|
| Non classé | 0 | 285 | 285 | 0.02 | 0.02 | 6.4 |
| Eau | 1 | 481865 | 482150 | 26.44 | 26.46 | 10841.9 |
| Forêt clairsemée et savane arborée | 2 | 270157 | 752307 | 14.82 | 41.28 | 6078.5 |
| Forêt dégradée | 4 | 92168 | 844475 | 5.06 | 46.34 | 2073.7 |
| Mangrove dense mixte | 6 | 15951 | 860426 | 0.88 | 47.21 | 358.9 |
| Mangrove dense à Rhizophoraceae | 7 | 4048 | 864474 | 0.22 | 47.43 | 91.1 |
| Sable | 9 | 76105 | 940579 | 4.18 | 51.61 | 1712.3 |
| Savane | 10 | 363899 | 1304478 | 19.97 | 71.58 | 8187.7 |
| Sol humide | 12 | 169510 | 1473988 | 9.30 | 80.88 | 3813.9 |
| Zone brûlée | 13 | 44269 | 1518257 | 2.43 | 83.31 | 996 |
| Forêt dense | 23 | 232529 | 1750786 | 12.76 | 96.07 | 5231.9 |
| Mangrove dense à <i>Avicennia</i> et <i>Sonneratia</i> | 25 | 15342 | 1766128 | 0.84 | 96.91 | 345.2 |
| Mangrove clairsemée | 29 | 30591 | 1796719 | 1.68 | 98.59 | 688.3 |
| Mangrove dégradée | 30 | 9017 | 1805736 | 0.49 | 99.08 | 202.9 |
| Mangrove dense mixte à dom. herbacée | 31 | 16764 | 1822500 | 0.92 | 100.00 | 377.2 |

En total, la mangrove de Mariarano a une superficie de 2 063,5 ha.

La forêt dense sèche semi-décidue couvre environ une superficie de 5 232 ha.

La mangrove clairsemée et dégradée couvre autour de 891,2 ha. Tandis que la mangrove dense couvre autour de 1 172,4 ha.

- **BOANAMARY**

A partir des zones d'entraînement (figure 39) correspondant à 17 classes en total (tableau 40), on a procédé à la classification.

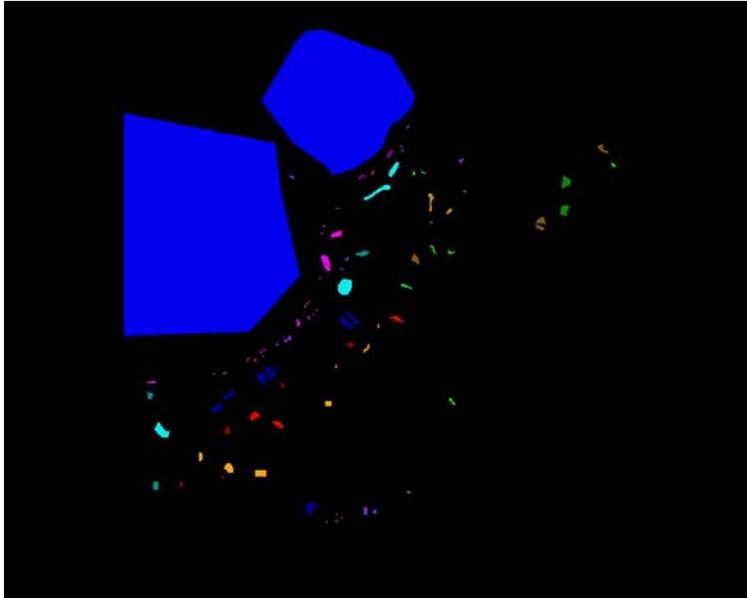


Figure 39 : Les zones d'entraînement de Boanamary

Tableau 40 : Les classes choisies pour la classification de l'image de Boanamary

| Code | Classes |
|------|---|
| 0 | Non classé |
| 1 | Eau calme |
| 2 | Forêt clairsemée (et forêt galerie) |
| 3 | Forêt dense |
| 4 | Forêt brûlée |
| 5 | Forêt très dégradée |
| 6 | Mangrove dense à dom. <i>Avicennia</i> |
| 7 | Mangrove dense mixte |
| 8 | Mangrove dégradée |
| 9 | Mangrove dense à dom. <i>Rhizophora</i> |
| 10 | Mangrove très dégradée |
| 11 | Sol nu |
| 12 | Savane |
| 13 | Sol humide |
| 14 | Tanne sèche |
| 15 | Zone brûlée |
| 16 | Zone fortement brûlée |
| 17 | Mangrove clairsemée |
| 18 | Eau turbide |

Après la classification, on a calculé la matrice de confusion du résultat. En effet, cette matrice montre la fiabilité de la classification en comparant les données de référence et les résultats de la classification (annexe 8). Le taux de concordance obtenu en calculant le nombre de pixels qui ont été classifiés correctement divisé par la totalité de pixels est de 99,9%. Le coefficient Kappa est égal à 0,99. La classification est bonne car la totalité des pixels ont été bien classifiés. Cependant, on a fait un filtre médian 3x3 pour corriger les pixels ponctuels.

Pour obtenir les mêmes résultats qu'à Mariarano, on a assemblé quelques classes afin d'améliorer aussi la classification. Pour cela, les classes « forêt brûlée », « zone fortement brûlée » et « zone brûlée » sont combinées en une classe « **zone brûlée** ». De même, les classes « eau calme » et « eau turbide » font une seule classe « **eau** », et les classes « mangrove dégradée » et « mangrove très dégradée » forment la classe « **mangrove dégradée** ». Ainsi, les classes définitivement retenues sont réduites à quinze.

La superficie de l'image classifiée de Boanamary est de 63 151,2 ha (figure 40).

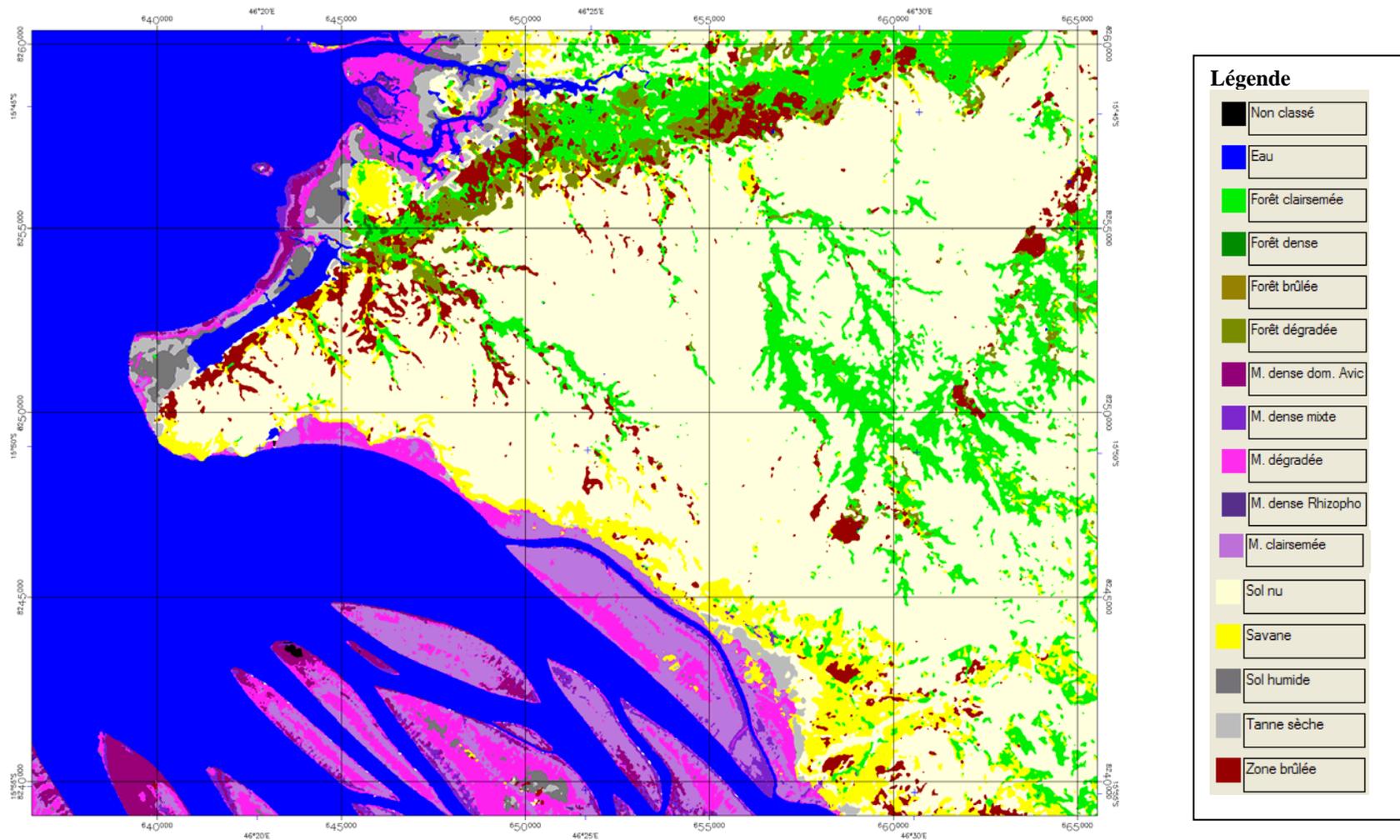


Figure 40 : Résultat de la classification de Boanamaray (Original : C. Andriamalala)

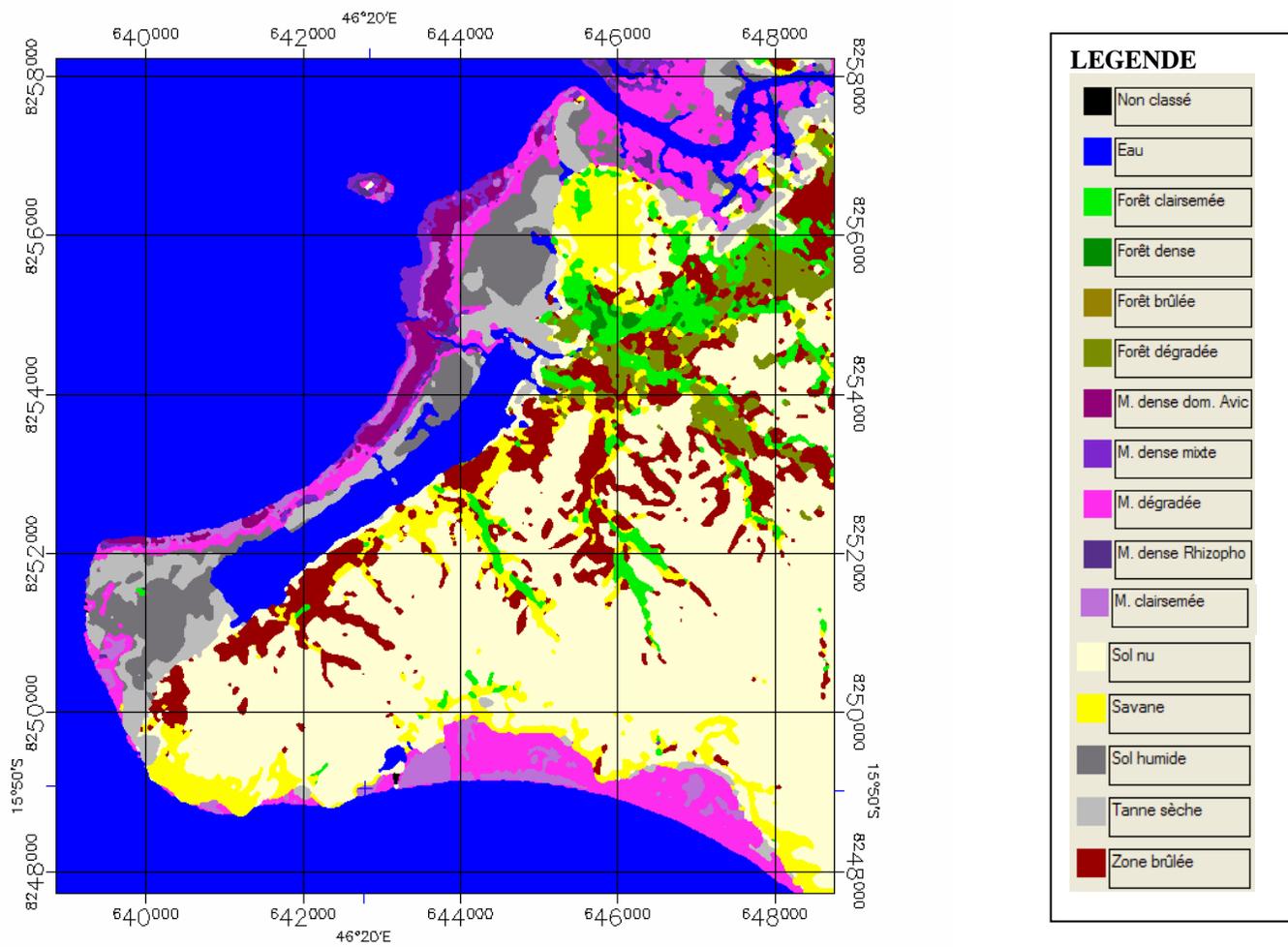


Figure 41 : La principale zone d'étude de Boanamary (Original : C. Andriamalala)

Pour voir les détails des différentes classes dans la principale zone d'étude, on a coupé l'image (figure 41) et on a calculé la superficie des différentes classes (tableau 41). La région d'étude de Boanamary couvre autour de 10 395 ha.

Tableau 41 : Superficie des différentes classes dans la zone d'étude de Boanamary (Original : C. Andriamalala)

| BOANAMARY | Classes | Npts | Total | % | Cumul % | Superficie (ha) |
|-----------------------------------|---------|--------|--------|-------|---------|-----------------|
| Non classé | 0 | 53 | 53 | 0.01 | 0.01 | 1.2 |
| Eau | 1 | 197874 | 197927 | 42.83 | 42.84 | 4452.2 |
| Forêt clairsemée et forêt galerie | 2 | 12293 | 210220 | 2.66 | 45.50 | 276.6 |
| Forêt dense | 3 | 1030 | 211250 | 0.22 | 45.73 | 23.2 |
| Forêt dégradée | 5 | 9437 | 220687 | 2.04 | 47.77 | 212.3 |
| Mangrove dense à dom. Avicennia | 6 | 4597 | 225284 | 1.00 | 48.76 | 103.4 |
| Mangrove dense mixte | 7 | 3922 | 229206 | 0.85 | 49.61 | 88.2 |
| Mangrove dégradée | 8 | 25425 | 254631 | 5.50 | 55.11 | 572.1 |
| Mangrove dense à dom. Rhizophora | 9 | 1213 | 255844 | 0.26 | 55.38 | 27.3 |
| Sol nu | 11 | 116557 | 372401 | 25.23 | 80.61 | 2622.5 |
| Savane | 12 | 24059 | 396460 | 5.21 | 85.81 | 541.3 |
| Sol humide | 13 | 15320 | 411780 | 3.32 | 89.13 | 344.7 |
| Tanne sèche | 14 | 17301 | 429081 | 3.74 | 92.87 | 389.3 |
| Zone brûlée | 15 | 27164 | 456245 | 5.88 | 98.75 | 611.2 |
| Mangrove clairsemée | 17 | 5755 | 462000 | 1.25 | 100.00 | 129.5 |

La mangrove clairsemée et dégradée couvre autour de 701,6 ha, tandis que la mangrove dense couvre autour de 219 ha.

Interprétations (voir figure 38 et figure 41)

- Dans l'occupation du sol de Mariarano, il faut signaler l'existence des mares temporaires voire même permanentes pendant la saison des pluies. Elles sont appelées « *matsabor* ». Leur plus grande superficie se trouve du côté de Marosakoa. Ces mares sont fréquentes dans la région de Mahajanga, notamment dans les régions d'Ambato-Boeny, Marovoay, Port-Bergé et Mampikony. Pourtant, il existe aussi des mares artificielles créées à Boanamary dans le site de l'usine de cimenterie d'Amboanio et dans le site des bassins d'élevage de crevettes de Somaqua.
- Mariarano possède une grande superficie de forêt contrairement à Boanamary. La forêt dense de Mariarano à elle seule est estimée à environ 5 232 ha, alors qu'à Boanamary, toutes forêts confondues (incluant les forêts-galerie) ne couvrent que 512 ha environ.
- A l'intérieur des tannes de Boanamary, le reliquat d'îlot forestier est bien visible (en vert). Il est d'importance sacré appelé « *doany* » et protégé par la population locale.

- Dans les deux régions, la surface brûlée est importante 610 ha à Boanamary et 1 000 ha à Mariarano. Ceci est fréquent dans la partie sud-ouest de Mariarano principalement sur des surfaces non forestières, tandis qu'à Boanamary, les zones brûlées sont surtout dans la savane arbustive, dans les forêts-galerie et près des villages. Ceci est probablement dû aux feux de pâturage.

- En comparant les résultats de la zone de mangrove de Boanamary et Mariarano, la mangrove de Boanamary est plus dégradée qu'à Mariarano. Dans les régions d'étude, la mangrove clairsemée et dégradée couvre 701,6 ha et la mangrove dense 219 ha à Boanamary, et respectivement 891,2 ha et 1 172,4 ha à Mariarano.

- A Boanamary, la carte permet de bien voir que seules les régions de Befotaka et Ambatomalama ont une grande superficie de mangrove dense à *Avicennia* avec des mangroves denses mixtes au front de mer d'Ambatomalama. Partout ailleurs à Boanamary, on ne trouve que des mangroves dégradées près des tannes suite à l'exploitation des mangroves dans le passé. Une bande de mangrove à dominance de Rhizophoraceae se trouve aussi dans ces régions derrière la mangrove dense à *Avicennia*. Les régions de mangrove de Boanamary nommées Amboanio et Besisika ne contiennent qu'une mangrove clairsemée et dégradée.

- A Mariarano, la dégradation est très marquée à Ambariobe, Ambahiviky et Anjialavatana. Par contre, on trouve encore une superficie importante de mangrove dense à Rhizophoraceae à Anjialavatana. La dominance de la mangrove clairsemée se situe à Antsira, Anjialava et entre la mangrove d'Antsena et celle d'Antafiandrakoto. La mangrove dense à *Avicennia* et *Sonneratia* occupe principalement les bordures des grands chenaux et les zones d'Ampandiampanihy et Besaja proche de l'embouchure sont caractéristiques des mangroves pionnières. La mangrove mixte à dominance herbacée est fréquente à partir d'Ampasimboay vers l'est et au nord d'Ambovombe à l'intérieur du fleuve. Ce type de mangrove n'existe pas à Boanamary.

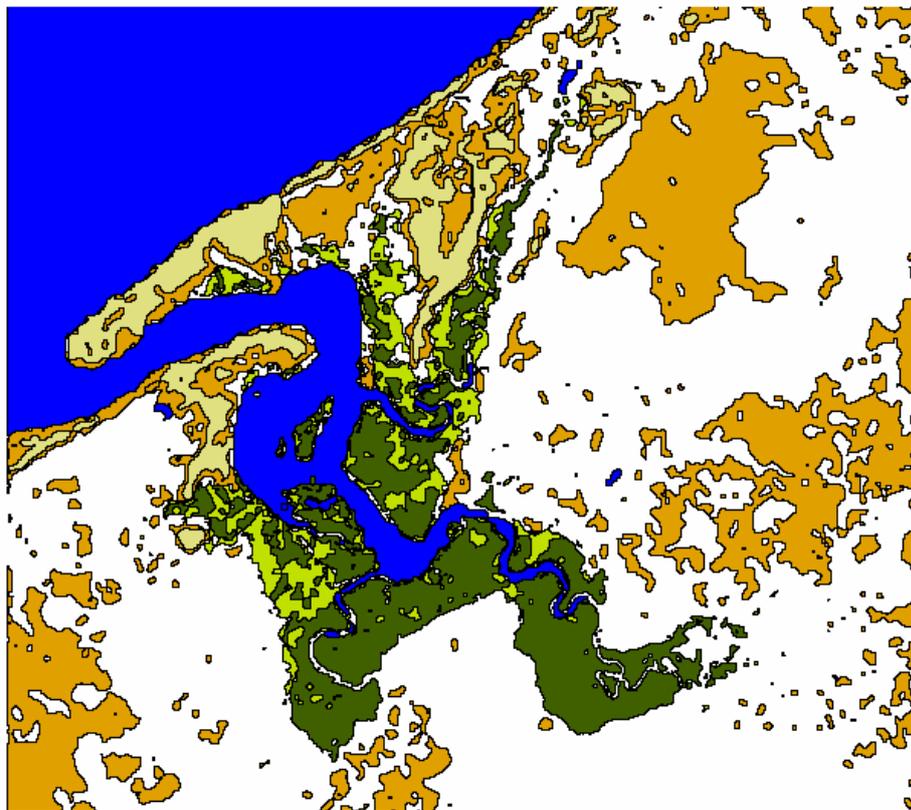
4.2.1.3. L'évolution des mangroves

- **MARIARANO**

La carte de Mariarano en 2003 est obtenue à partir de la combinaison des classes des mangroves denses de toutes espèces en une classe « mangrove dense » et les classes de mangrove clairsemée et dégradée en « mangrove claire ».

Les classes sont ensuite importées en ArcGIS en vecteurs pour faciliter le calcul de la superficie et de la visualisation des classes (figure 42 et 43).

Carte de Mariarano en 1973



3 0 3 6 Kilometer

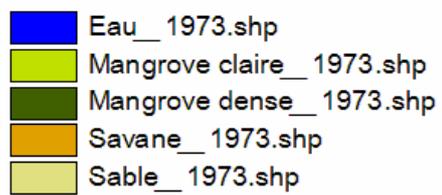


Figure 42: Carte présentant les mangroves de Mariarano en 1973 (Original : C. Andriamalala)

Carte de Mariarano en 2003

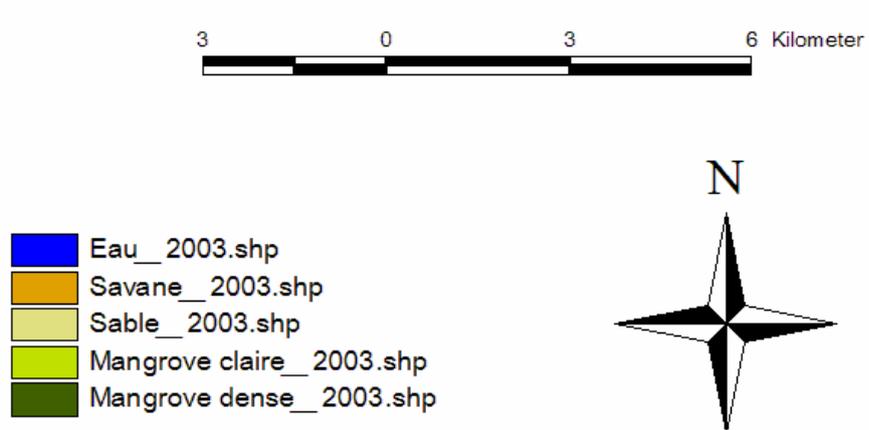
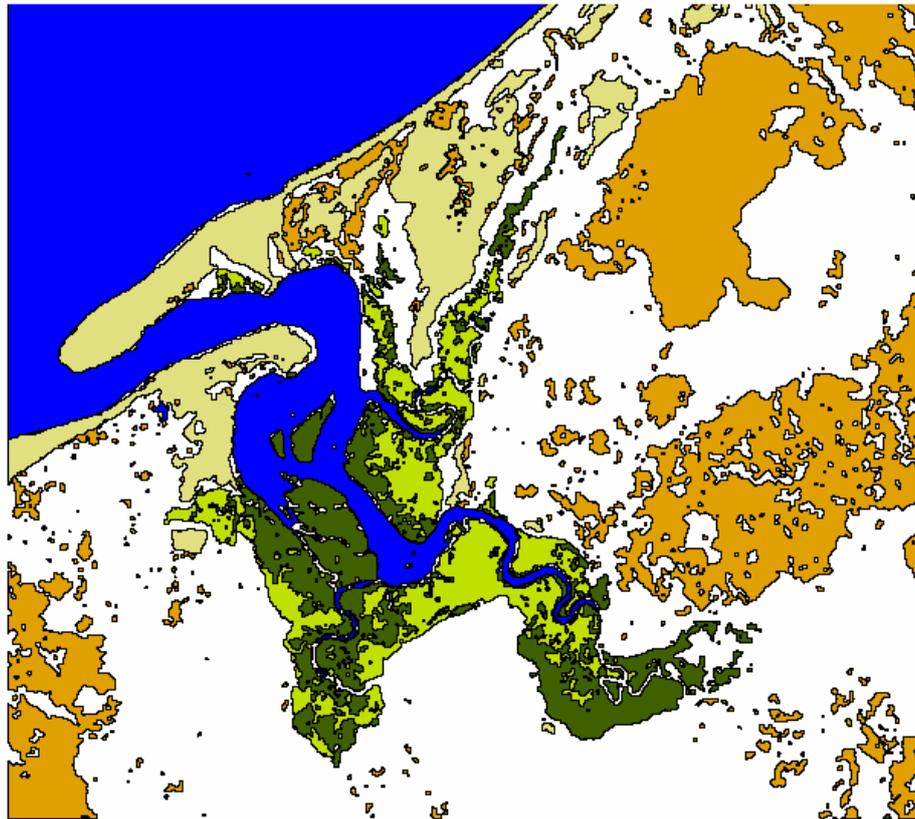


Figure 43: Carte présentant les mangroves de Mariarano en 2003 (Original : C. Andriamalala)

Les résultats montrent que la mangrove dense de Mariarano a une superficie de 1 434,7 ha en 1973 et 1 172,4 ha en 2003. La mangrove claire couvre une superficie de 628,9 ha en 1973 et 891,2 ha en 2003. Cela montre que la superficie de **la mangrove dense diminuait de 262,3 ha**, autrement dit **une perte de 29,5% de sa surface initiale en trente ans**.

D'après les cartes de Mariarano en 1973 et 2003, la partie nord de Mariarano a été déjà exploitée bien avant 1973 surtout dans la zone de mangrove d'Ambahiviky, Antafinibariday, Maroakora et Ambariobe (figure 42). Ce qui est confirmée dans le résultat de l'enquête où il y avait eu des exploitants dans la région. Par contre, la partie sud de la zone de mangrove restait intacte en 1973 et est devenue une zone fortement dégradée en 2003 (figure 43) principalement dans la zone d'Antsena, Antafiandrakoto et Anjialava (voir figure 16).

- **BOANAMARY**

Comme l'étude de l'évolution de Boanamary a été étudiée par Razafindramasy (2006), nous nous sommes contentés de reporter ses résultats. La superficie occupée par les mangroves n'a cessé de diminuer de 1989 à 2003 : elle est passée de 1 156,2 ha en 1989 puis de 970,9 ha en 1999 à 541,3 ha en 2003. La superficie de la mangrove dense passait de 451,5 ha à 267,6 ha entre 1989 et 2003, équivalent à une diminution autour de 184 ha. Ceci indique **une perte de 40,7% de sa superficie initiale en 14 ans**.

La diminution de la superficie des mangroves est marquée entre 1999 et 2003 où l'intensité de l'exploitation de mangrove se faisait entre 1997 et 2003 selon notre enquête dans la région. Dans le cas de Boanamary, le changement des forêts de palétuviers en tanne est frappant suite à cette exploitation. Ce phénomène de dégradation est bien visible là où la mangrove présente des tannes en arrière-mangrove.

Il a été remarqué que la grande superficie des mangroves denses inchangées se trouvait dans la zone d'Ambatomalama et d'Ambatolampy (cf. figure 27).

Dans la zone de mangrove de Besisika, une grande partie de l'espace occupé par les mangroves s'est tannifiée. De même à Amboanio, la mangrove dense en 1989 est devenue en mangrove clairsemée ou tanne au cours du temps.

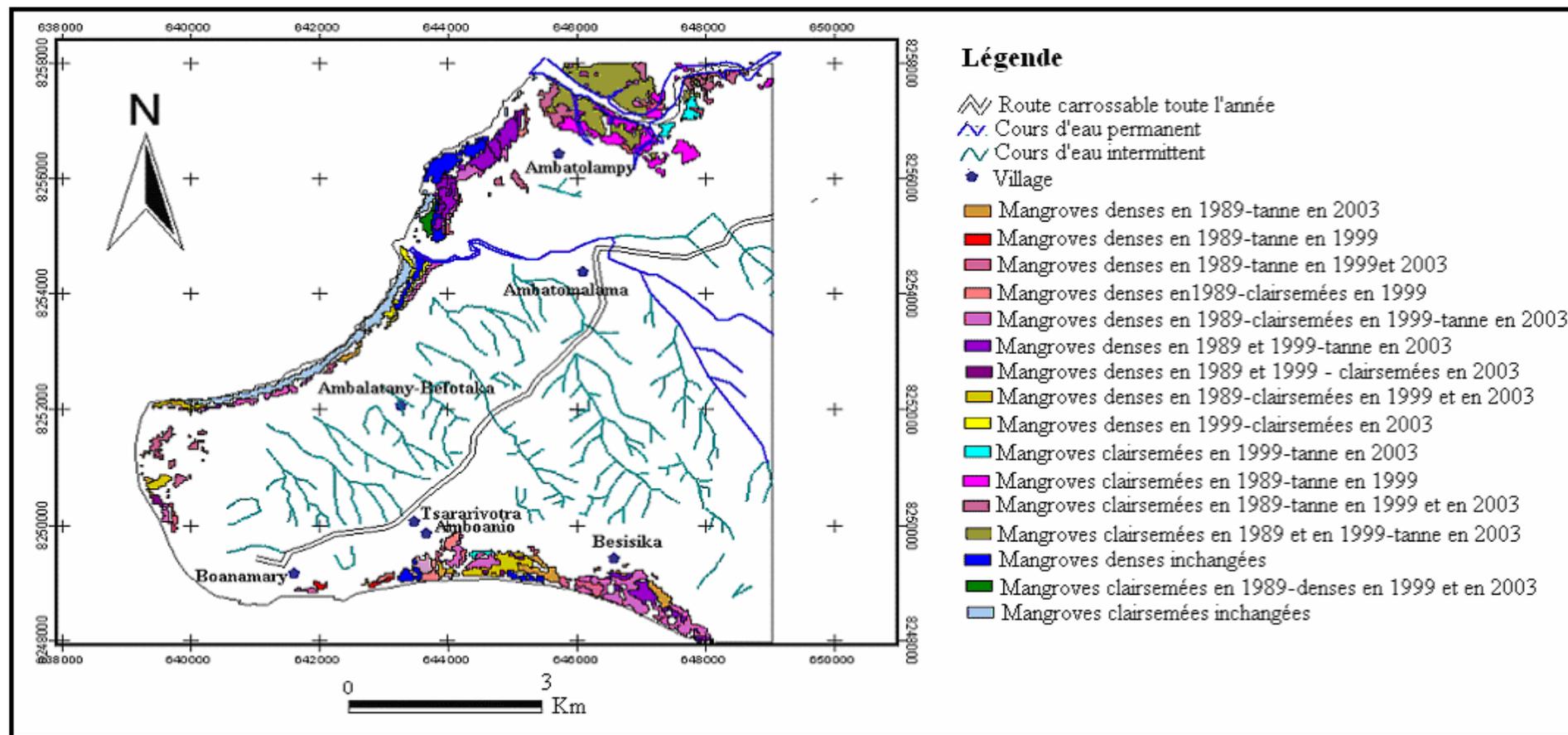


Figure 44 : Carte d'évolution des mangroves de 1989 à 2003 (Razafindramasy 2006)

4.2.1.4. L'évolution de la ligne des cotes

Elle est obtenue à partir de la comparaison des images LANDSAT de 2003 et de 1973. Le résultat se trouve dans les figures 45 et 46.

On a remarqué que - symétriquement d'un côté à un autre - quand il y a une accrétion d'un côté, il y a une érosion de l'autre. Ceci est probablement dû à la différence de résolution des deux images 2003 (30 m) et 1973 (80 m) engendrant un petit décalage.

Pourtant un net changement est visible dans des autres endroits surtout à l'intérieur de l'estuaire pour Mariarano et au niveau de la baie de Bombetoka pour Boanamary.

Les sédiments s'accumulent au milieu des grands chenaux, où le courant est faible et peuvent finir par les colmater. Les îlots de mangrove les plus récents et les bancs affleurant à marée basse sont constitués d'une vase molle et profonde. Le bord de la nappe d'eau permanente constitue le centre de l'estuaire où les dépôts les plus fins se fixent le plus facilement, même en l'absence de végétation. Il s'agit d'une accrétion ou de colmatage latéral (Lebigre 1990). Ceci explique les nouvelles surfaces gagnées dans ces endroits de Mariarano.

Pour Lebigre (1990), la création incessante de bancs sédimentaires amandiformes - très caractéristiques d'une forte dynamique de sédimentation - sur le front du delta interne de la Bombetoka relève de ce processus d'engraissement. Ces bancs des vases immergés lors des périodes de crues sont appelés « pseudo-îles » dans la mesure où il ne s'agit pas de véritable îles. Ranaivoson (1997) confirme que les sols de mangrove proviennent de la sédimentation consécutive à l'érosion intense des bassins versants et cette sédimentation particulièrement rapide et spectaculaire constitue l'un des paramètres importants de la dynamique de la mangrove à Madagascar.

En effet, la morphologie et le paysage de l'estuaire évoluent sous la pression des masses d'alluvions amenées par le fleuve. Par sa vaste superficie, l'estuaire de la Betsiboka se caractérise par une forte dynamique de sédimentation par rapport à celle de Mariarano, de petite dimension.

On constate aussi qu'entre la pointe de Ampirimpirina et Boanamary, il y a une grande surface qui a été perdue en trente ans. Plus au nord en face de l'île verte dans la région d'Ambatolampy, il y a une surface importante d'accrétion (tableau 42).

Pour Mariarano, c'est au niveau des îlots de mangrove appelés Besaja et Ampandriampanihy qu'il y a un changement avec de nouvelles formations de mangrove. Des petits îlots en face

d'Antsena ont été aussi formés entre 1973 et 2003. Ces changements ont été confirmés par l'atelier fait en 2006 (tableau 42).

Tableau 42 : Tableau des surfaces perdues et gagnées entre 1973 et 2003 (Original : C. Andriamalala)

| | Localisation | Superficie en m ² (SG ou SP) |
|------------|--|---|
| Miarano | Besaja | 70 462 (S+) |
| | Ampandriampanihy | 236 868 (S+) |
| | Trois ilots de mangrove en face d'Antsena | 14 261 (S+) |
| Boanamaray | Entre la pointe de Boanamaray et Ampirimpirana | 410 674 (S+) |
| | D'Ambatomalama à Ambatolampy | 738 901 (S-) |
| | Ile verte | 67 749 (S+) |

S+ : surface gagnée, S- : surface perdue

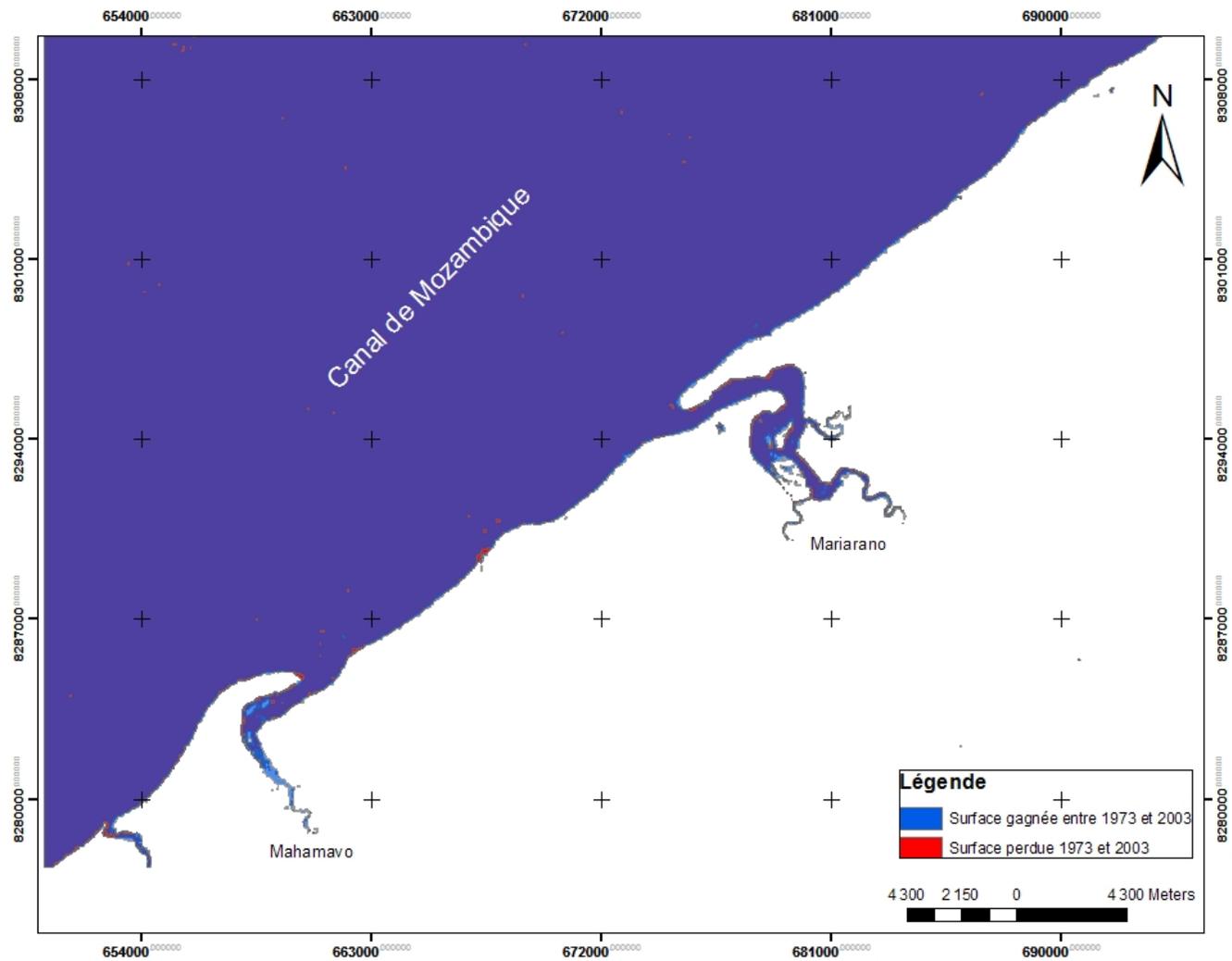


Figure 45 : L'évolution des lignes de côte de Mariarano entre 1973 et 2003 (Original : C. Andriamalala)

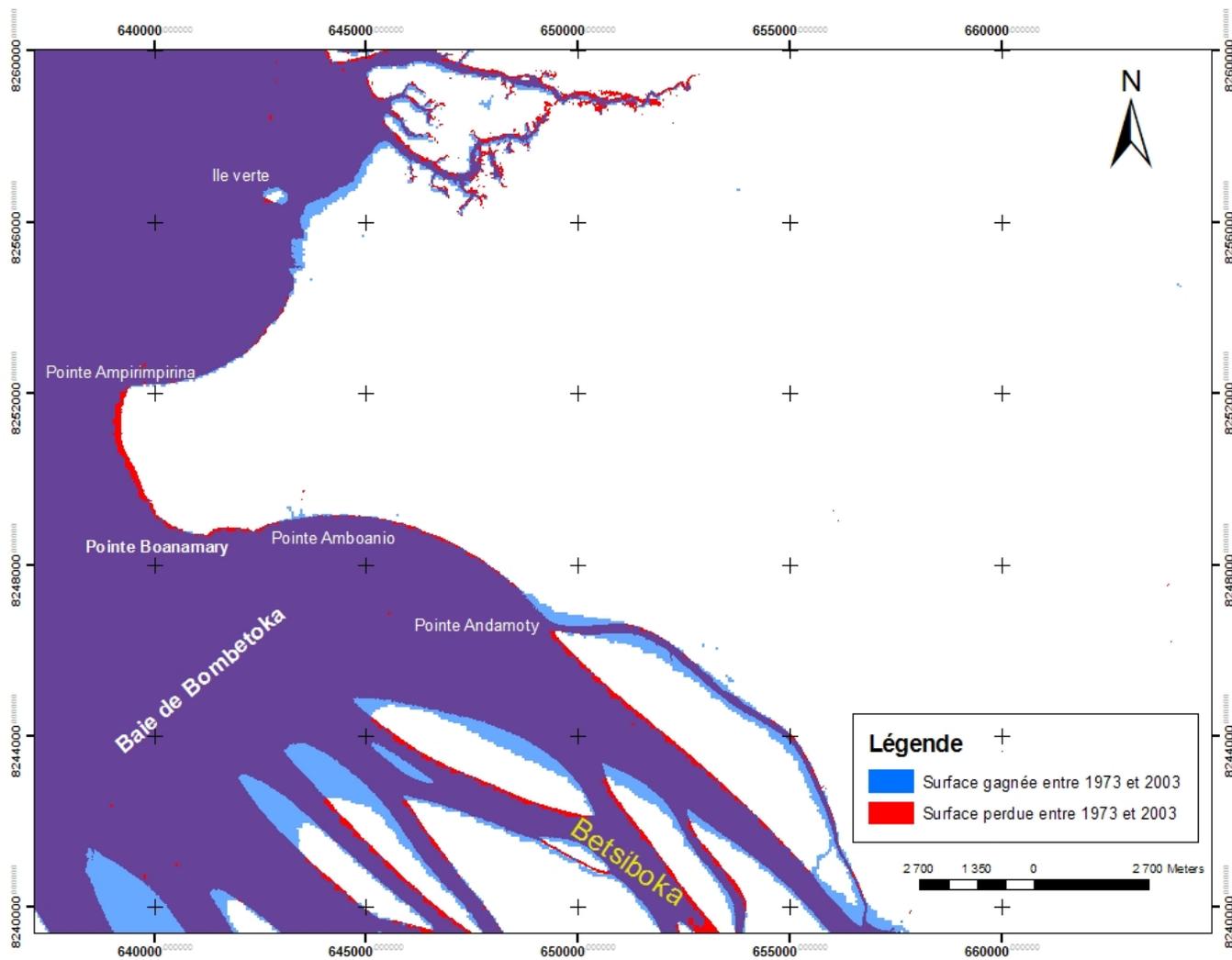


Figure 46 : L'évolution des lignes de côte de Boanamary entre 1973 et 2003 (Original : C. Andriamalala)

4.2.2. Conclusion

Les résultats du traitement des images donnent des informations spatiales sur l'occupation du sol en mettant en évidence les différents types de mangroves et leur dégradation. Le modèle numérique donne une vue de l'ensemble des régions, il permet de vérifier aussi en même temps l'exactitude des résultats. D'après les résultats de MNE, les deux régions sont relativement peu élevées ; leur altitude maximale ne dépasse pas 250 m.

Le problème de superposition des images ASTER pour la classification a été résolu par l'utilisation de plusieurs fonctions de post-classification. La confusion entre la classe « sol humide » et « eau » de Mariarano est visible à l'intérieur de l'estuaire où il y a des transports de sédiments colorant l'eau et l'influence de la marée. C'est pourquoi, il était difficile de faire la distinction dans le cas de l'estuaire de Mahamavo situé dans la zone de classification de Mariarano.

La classification montre que la destruction des forêts de mangrove à Boanamary était intense dans le passé, principalement dans la région d'Amboanio et Besisika, auxquelles l'exploitation a eu lieu pour approvisionner les fours à chaux de Belobaka. Les régions Befotaka et Ambatomalama sont les seules qui possèdent des mangroves denses. Les zones proches de la tanne sont toutes dégradées à Boanamary. La dégradation de la mangrove de Boanamary est très accélérée par rapport à Mariarano. Les cartes d'évolution montre que la superficie de mangrove dense de Mariarano présente une perte de 29,5% de sa surface initiale en trente ans, soit une **diminution annuelle de 0,98%**. Pour Boanamary, une perte de 40,7% de sa superficie initiale en 14 ans indique une **diminution annuelle de 2,9% à Boanamary**.

D'après les résultats de classification, 43% des forêts de mangrove de Mariarano sont des mangroves dégradées et clairsemées. A Boanamary, ce sont 76%. Ce chiffre indique que la situation à Mariarano est alarmante. Pour Boanamary, ce résultat est évident vu l'exploitation intensive entre 1997 et 2003.

Là où il y a eu un envasement selon le résultat de l'évolution de la ligne des côtes à Ambatomalama, les mangroves mixtes de Boanamary se sont installées. Mais à Mariarano, les zones d'accrétion sont surtout occupées par les espèces d'*Avicennia* et de *Sonneratia*. Le dépôt de vase est fréquent dans l'estuaire, mais la grande dimension de l'estuaire de Betsiboka formant des pseudo-îles de grande taille est plus marquée comparée à l'estuaire de petite taille à Mariarano. Le changement positif qu'on a trouvé à Mariarano est la formation des petits îlots de mangrove et l'agrandissement de la superficie de la mangrove d'Ampandriampanihy et de Besaja.

4.3. ETUDE ECOLOGIQUE DES MANGROVES

4.3.1. Etude hydro-chimique et du substrat

4.3.1.1. Résultats d'analyse

Les résultats détaillés des analyses de sols sont reportés en annexe 9.

On peut dire que les espèces de *Sonneratia* et d'*Avicennia* ont une tolérance élevée à la salinité (plus de 100 000 mmho), à fort taux d'argile (supérieur à 30%). Elles se trouvent généralement proche de la mer, où elles sont souvent inondées par les marées.

Les *Bruguiera* ne supportent pas une forte salinité ; le taux de sels solubles enregistré dans notre échantillon est moins élevé autour de 50 000 mmho. Si l'on regarde les données, les *Bruguiera* se trouvent proche de la terre ferme sur un sol dont la texture est caractérisée par un fort taux d'argile et de sable.

Les *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* supportent une salinité relativement élevée (entre 70 000 à 100 000 mmho), de tolérance variable par rapport au marnage et de texture argileuse. Le taux d'argile est généralement supérieur à 50%.

En général, le genre *Rhizophora* colonise les sédiments fins et constitue la frange la plus externe de la mangrove, puis *Bruguiera gymnorrhiza* tend à dominer sur les vases consolidées.

Dans les peuplements mixtes, la texture est généralement argileuse mais le seuil de marnage et la tolérance au sel varient en fonction des espèces les plus dominantes dans les peuplements.

Les tableaux 43 et 44 montrent, une analyse statistique qui a été faite à partir des données issues des analyses de sol, la première avec le test paramétrique T et la deuxième avec l'analyse de variance ANOVA.

En effet, le test T ou test paramétrique permet de tester les différences significatives pour les échantillons indépendants. Les conditions d'utilisation telles que les observations indépendantes, les populations normales (loi normale) et l'homogénéité des variances sont remplies pour pouvoir utiliser le test.

Les analyses de variance ou ANOVA sont des techniques permettant de savoir si une ou plusieurs variables sites dépendantes (variables à expliquer) sont en relation avec une ou plusieurs variables dites indépendantes (variables explicatives ou facteurs). Dans notre cas, une analyse de variance multiple sans répétition a été utilisée, comme il y a plusieurs variables à expliquer à prendre en compte simultanément. Cette analyse consiste à tester si les différences de variation dans chaque groupe ou échantillon défini par les modalités des variables explicatives s'écartent de manière significative de la valeur 0, et cela de manière simultanée dans l'ensemble des variables explicatives.

Si le résultat de l'analyse de variance des variables présente une différence significative ($P < 0,05$), les couplés de différence significative ont été comparés à l'aide de l'ajustement de de Sidak.

Tableau 43 : Comparaison des trois horizons pour Mariarano et Boanamary par T-Test

| M : n=10 B : n=6 | pH | Conductivité (x1000) | N % | C % | M.O % | C/N | Argile % | Limon % | Sable % |
|---------------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Horizon a | | | | | | | | | |
| M | 6.7 (0.7) | 87 (43) | 0.3 (0.1) | 7.4 (3.3) | 12.7 (5.5) | 22.5 (4.5) | 49.4 (14.5) | 18.5 (7.0) | 32.1 (16.4) |
| B | 7.7 (0.2) | 80 (20) | 0.1 (0.0) | 2.8 (1.2) | 4.8 (2.0) | 20.6 (7.7) | 54.0 (8.0) | 32.7 (3.9) | 13.3 (4.3) |
| | P < 0,05 | n.s. | P < 0,05 | P < 0,05 | P < 0,05 | n.s. | P < 0,05 | P < 0,05 | P < 0,05 |
| Horizon b | | | | | | | | | |
| M | 6.3 (1.0) | 86 (45) | 0.3 (0.1) | 7.9 (3.6) | 13.7 (6.1) | 28.6 (9.6) | 48.2 (16.7) | 20.0 (11.8) | 30.8 (20.5) |
| B | 7.6 (0.2) | 87 (25) | 0.1 (0.0) | 3.0 (1.2) | 5.2 (2.1) | 26.4 (9.9) | 54.7 (7.4) | 30.3 (4.8) | 15.0 (8.2) |
| | P < 0,05 | n.s. | P < 0,05 | P < 0,05 | P < 0,05 | n.s. | n.s. | P < 0,05 | P < 0,05 |
| Horizon c | | | | | | | | | |
| M | 5.8 (1.3) | 94 (45) | 0.3 (0.1) | 8.9 (3.1) | 15.3 (5.3) | 36.1 (9.9) | 49.4 (12.1) | 21.6 (11.0) | 29.0 (10.3) |
| B | 7.1 (1.0) | 89 (26) | 0.1 (0.0) | 3.9 (1.0) | 6.7 (1.7) | 34.8 (7.1) | 52.3 (10.6) | 28.7 (5.6) | 19.0 (11.6) |
| | P < 0,05 | n.s. | P < 0,05 | P < 0,05 | P < 0,05 | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

Les valeurs dans le tableau sont les moyennes et les valeurs entre parenthèse sont des écart-types. $P < 0.05$ significatif, n.s. : non significatif, horizon a : d'une profondeur moyenne entre 0 et 20 cm, horizon b : d'une profondeur moyenne entre 21 et 40 cm, horizon c : d'une profondeur moyenne entre 41 et 60 cm.

Tableau 44 : Comparaison des différents prélèvements des sites d'étude entre les trois horizons par l'analyse de variance

| | pH | Conductivité | N % | C % | M.O % | C/N | Argile % | Limon % | Sable % |
|--|---------------------|--------------|-------------------|------|-------|--------------------------------------|----------|---------|---------|
| P | P = 0.017 < 0,05 | n.s. | P=0.004 < 0,05 | n.s. | n.s. | P =0.014 < 0,05 | n.s. | n.s. | n.s. |
| Différence significative | H_a et H_c | - | H_a et H_c | - | - | H_c et H_a* | - | - | - |
| Différence des moyennes | 0.8 | - | 0.06 | - | - | H_c et H_b 13.2* | - | - | - |
| 95% d'intervalle de confiance ^a | [0.13, 1.4] | - | [0.02, 0.11] | - | - | 7.2 [7.09, 19.4]* [1.12, 13.4] | - | - | - |

H : horizon, * : valeurs correspondantes, ^a : ajustement pour la comparaison multiple de Sidak

4.3.1.2. Interprétation des résultats

Les points de relevés du sol de Mariarano et de Boanamy ont été géoréférencés dans une carte (figures 47 et 48).

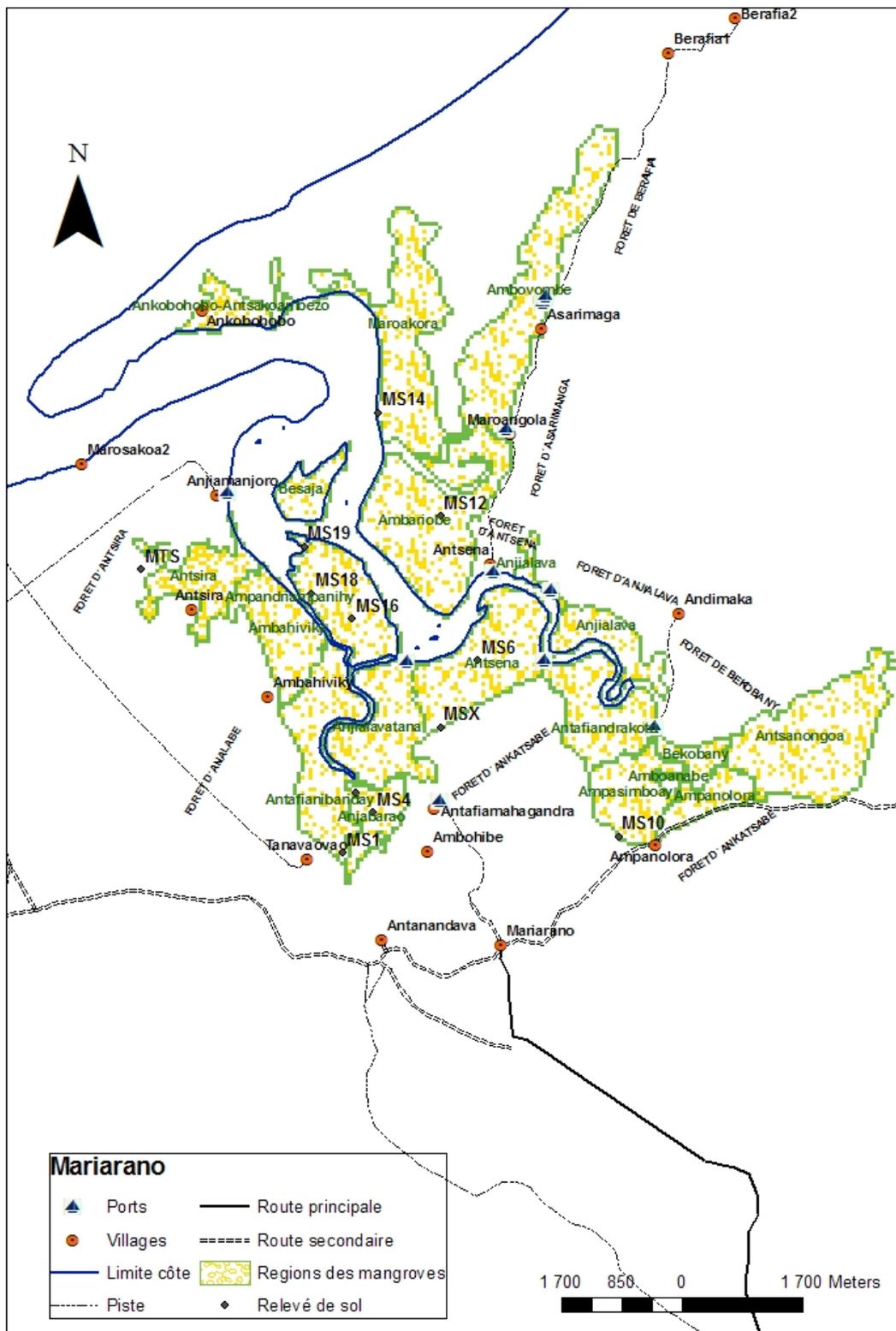
- **Les caractéristiques de sol des mangroves et des tannes**

Composition granulométrique

Le résultat de l'analyse granulométrique permet de définir la texture d'un sol à partir des mesures de pourcentage de ses divers constituants (argile, limon et sable). Avec cette analyse, nous pouvons expliquer les propriétés physiques du sol, c'est à dire son comportement vis-à-vis de l'eau, de l'air et des racines.

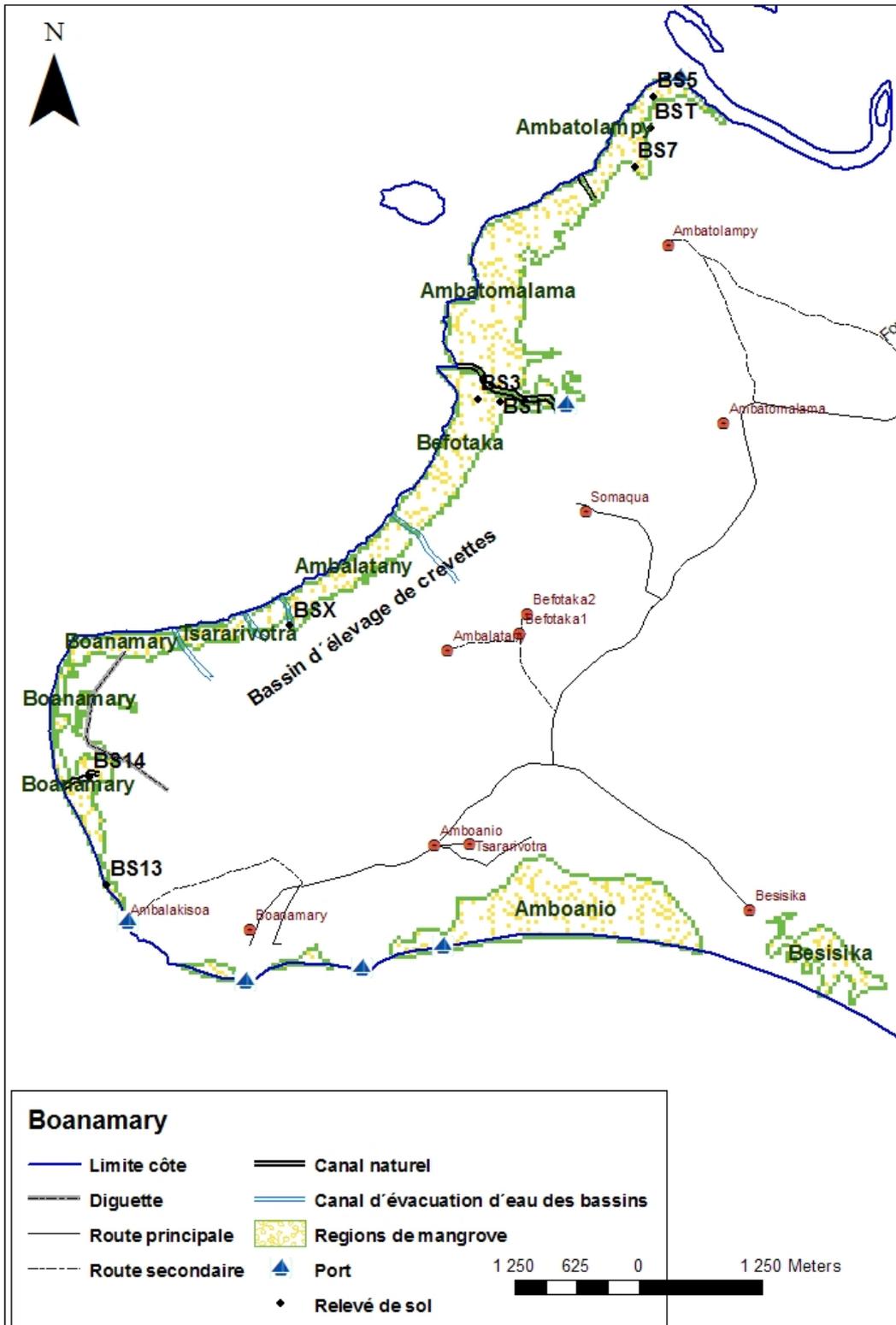
Dans le cas où le sol est composé des sables fins et des limons, ceux-ci rendent le sol battant et asphyxiant permettant un tassement du sol. Un sol argileux par contre assure la plasticité, l'adhésivité et l'aptitude de changer de volume en fonction de l'humidité ; c'est le cas de la zone de mangrove. Le sol des mangroves présente une structure spongieuse et fibreuse, cohérente et élastique.

Les pneumatophores de *Sonneratia* et *Avicennia* modèrent le flux et le reflux journalier des marées, engendrant une sédimentation par la rétention des sédiments.



N.B : Chaque relevé de sol symbolise un plateau à 5 prises d'échantillons

Figure 47 : Carte des relevés d'échantillons de sol à Mariarano (Original : C. Andriamalala)



N.B : Chaque relevé de sol symbolise un plateau à 5 prises d'échantillons

Figure 48 : Carte des relevés d'échantillons de sol à Boamary (Original : C. Andriamalala)

Le substrat de la mangrove de Boanamary a généralement une texture argileuse à argileuse fine, tandis qu'à Mariarano, elle varie entre argileuse et limon argileux.

La proportion des fractions plus grossières est toujours extrêmement faible, sauf dans quelques horizons de surface des tannes où le sable fin est plus abondant. L'échantillon de tanne à Boanamary a une texture sableuse à sablo-limoneux, probablement à cause de l'ensablement. Par contre, la tanne à Mariarano contient plutôt un fort taux d'argile et un moyen taux de limon puisqu'elle se trouve loin de la zone côtière.

Le taux d'argile et de limon représentant les particules inférieures à 20 microns dans le premier horizon est significatif pour les deux sites d'étude. Le taux de sable, lui aussi, est aussi significatif pour le premier horizon (tableau 43).

On remarquera grâce au tableau que la variation globale de la granulométrie entre les trois horizons n'est pas significative.

Couleur des vases

La couleur des vases de Mariarano varie de gris clair à très foncé et noir ; ceci s'explique par la réduction du fer dans le gley. Par contre, à Boanamary, elle vire de brun grisâtre à très foncé et de jaune rougeâtre à rouge jaunâtre. Ce dernier teint est dû à la présence plus ou moins constante du fer à l'état oxydé.

La variation de couleur entre les horizons se différencie progressivement à la verticale dans la même carotte.

Sur le terrain, on constate parfois une nette opposition entre la couleur du sol sous les couverts des palétuviers et celle de la surface de la tanne. D'après Lebigre (1990), ceci s'explique par le fait que sous le couvert végétal, la surface du sol est enrichie en matière organique qui lui donne une teinte noirâtre ou plus souvent brunâtre. Au niveau des grandes tannes, la couleur des alluvions reprend le dessus, mais la couleur des colluvions peut localement prendre le pas sur celle des alluvions où les débris calcaires donnent une teinte blanchâtre comme dans le cas de Boanamary.

Matière organique

D'après les données brutes listées en annexe 9, une diminution nette de la teneur en carbone organique de la mangrove à la tanne a été constatée.

Rappelons que le sol généralement dépourvu de végétation appelé « tanne » est une surface plane se trouvant à l'arrière des mangroves. En effet, la matière organique (humus) joue un

rôle essentiel dans la fertilité des sols. La tanne de Boanamary est très pauvre en matière organique par rapport à celle de Mariarano.

Les prélèvements sur terrain montrent que les amas fibreux de racelles de Rhizophoraceae sont particulièrement denses dans le site de Mariarano. Par contre, à Boanamary où l'Avicenniaceae prédomine, le sol présente peu de débris végétaux.

La valeur des matières organiques s'élève un peu si l'on creuse vers la profondeur dans les deux sites. Cependant, cette valeur présente une différence significative ($p < 0,05$) dans chacun des trois horizons entre les deux sites. La valeur moyenne varie de 12,7 à 15,3 à Mariarano et de 4,8 à 6,7 à Boanamary.

Carbone C, azote N et rapport C/N

Les résultats de l'analyse de sol montrent que le rapport C/N est généralement élevé dans la mangrove et relativement faible dans les surfaces de tanne.

Le rapport C/N varie de 19,3 à 27,3 à Mariarano et de 8,3 à 27,7 pour Boanamary. Le rapport C/N varie peu entre les deux sites ; il n'y a pas une différence significative.

Les deux régions ont à peu près une valeur moyenne du rapport C/N, qui est approximativement identique dans les trois horizons. Le résultat confirme que C/N ne se différencie pas significativement entre les deux régions dans tous les horizons étudiés.

Le test ANOVA montre que le rapport C/N de l'horizon a et c ainsi que l'horizon b et c se différencient significativement avec $p = 0,014 < 0,05$ avec une différence des moyennes respectives 13,2 et 7,2.

Pour Hervieu (1967), les teneurs en matière organique ne seraient pas supérieures à 1,5% et le rapport C/N serait compris entre 13 et 18, et ce pour l'ensemble des mangroves de Madagascar.

L'azote N et le carbone C montrent une différence significative entre les deux sites d'étude pour les trois horizons. La moyenne de N est égale à 0,3% à Mariarano et elle est de 0,1% à Boanamary pour chaque horizon. Pour le carbone C, il augmente en profondeur variant de 7,4% à 8,9% à Mariarano et 2,8 à 3,9% à Boanamary.

Par contre, la différence du taux d'azote N est significative ($p = 0,004 < 0,05$) entre l'horizon a et c avec une différence des moyennes de 0,06%, mais la différence du taux de carbone C n'est pas significative entre les horizons.

pH

Les résultats d'analyse indiquent généralement que le pH du sol sur extrait aqueux 1/10 est légèrement acide et que l'acidité diminue vers la profondeur. En effet, dans un sol légèrement acide, les éléments minéraux se dissolvent mieux. C'est pourquoi la majorité de ces éléments dont une plante a besoin sont davantage disponibles.

Diop et al. (2001) définissent le pH de la plage de la zone de mangrove de la partie est de l'Afrique comme étant entre pH=3,5 et pH=8,3.

D'après le résultat statistique, la différence au niveau de pH est significative entre les deux sites pour les horizons étudiés. La valeur moyenne de pH dans les horizons varie de légèrement alcalin à neutre pour Boanamary (de 7,7 à 7,1) et neutre à moyennement acide pour Mariarano (de 6,7 à 5,8). Entre les placettes, l'horizon a et l'horizon b présentent un pH de différence significative ($p < 0,05$) avec une différence des moyennes 0,8.

Selon Ranaivoson (2001), les sols acides peuvent se rencontrer en zones de mangrove, plus particulièrement dans des endroits à Rhizophoracées dominantes (*Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza* ou *Ceriops tagal*) ou encore dans des vieilles zones de mangrove (stabilisées ou dégradées depuis longtemps).

La dominance des Rhizophoracées à Mariarano et des Avicenniacees à Boanamary s'explique par la différence entre l'acidité de sol mangrove entre Mariarano et Boanamary. Comme les racines des Rhizophoracées pénètrent assez profondément par rapport à ceux des Avicenniacees, la décomposition de ces racines dans le sol conduit à une forte production de sulfures à partir des composés sulfatés du sol, les sulfates provenant de l'eau de mer. Ces sulfures sont réoxydées en sulfates acides, engendrant une forte acidité du sol.

Sels solubles

La conductivité électrique permet une évaluation approximative de la concentration des sels en solution. Elle est déterminée par la mesure de la résistance électrique d'un échantillon du sol saturé d'eau (Demolon et Leroux 1952).

La salinité entre les horizons varie très peu, on remarque qu'elle augmente généralement en fonction de la profondeur. La différence de la conductivité électrique est non significative entre les deux sites (tableau 43). A Boanamary, la valeur moyenne de l'horizon supérieur est de 87 000 à 94 000 mmho dans l'horizon inférieur et de 80 000 à 89 000 mmho à Mariarano. Ceci s'explique probablement par le fait que les prélèvements ont été effectués en saison sèche.

Pour Hervieu (1965), la salinité du substrat varie en fonction de la saison. La forte évaporation pendant la saison sèche se fait par remontée capillaire de la nappe phréatique : l'eau du sol s'évapore mais le sel reste en place. En cours de la saison pluvieuse, la salinité est très faible, car les pluies dessalent le milieu par lessivage ou par ruissellement.

D'après l'observation sur le terrain, la salinité est partout très élevée sur la tanne. Elle est généralement très élevée en surface supérieure. Ceci se remarque par la présence des dépôts salins fins sur les tannes. Si l'on regarde aussi les données individuelles des prélèvements, on remarque que la salinité dans l'estuaire de Mariarano est élevée lorsque la distance par rapport à la terre est grande (MS14, MS16, MS18, MS19). Par contre, dans le site littoral de Boanamary, la distance par rapport à la terre ne montre pas une grande influence de la variation de la salinité.

Les bases échangeables

Les éléments majeurs échangeables sont le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le sodium (Na). Ces minéraux interviennent dans des processus physiologiques importants pour les plantes telles que la photosynthèse, la fructification, la perméabilité cellulaire et les équilibres ioniques.

Un test statistique n'est pas possible pour les bases échangeables, car nous avons seulement fait les analyses sur l'horizon supérieur dans quelques sites représentatifs de la zone.

Les résultats montrent quand même que pour les deux sites d'étude, le sol est généralement riche en éléments échangeables. Mais il existe une grande disparité concernant le Calcium dont le taux est beaucoup plus important dans les sols palétuviers (Ca supérieur à 20 meq) et moindre dans les tannes (environ 6 meq). La valeur du taux de magnésium du sol dans les palétuviers est relativement équivalente au double de la valeur du taux de la tanne dans les deux sites. Lebigre (1990) confirme qu'il existe une forte dichotomie du taux de magnésium entre les sols des mangroves et ceux des tannes.

- Les caractéristiques hydro-chimiques

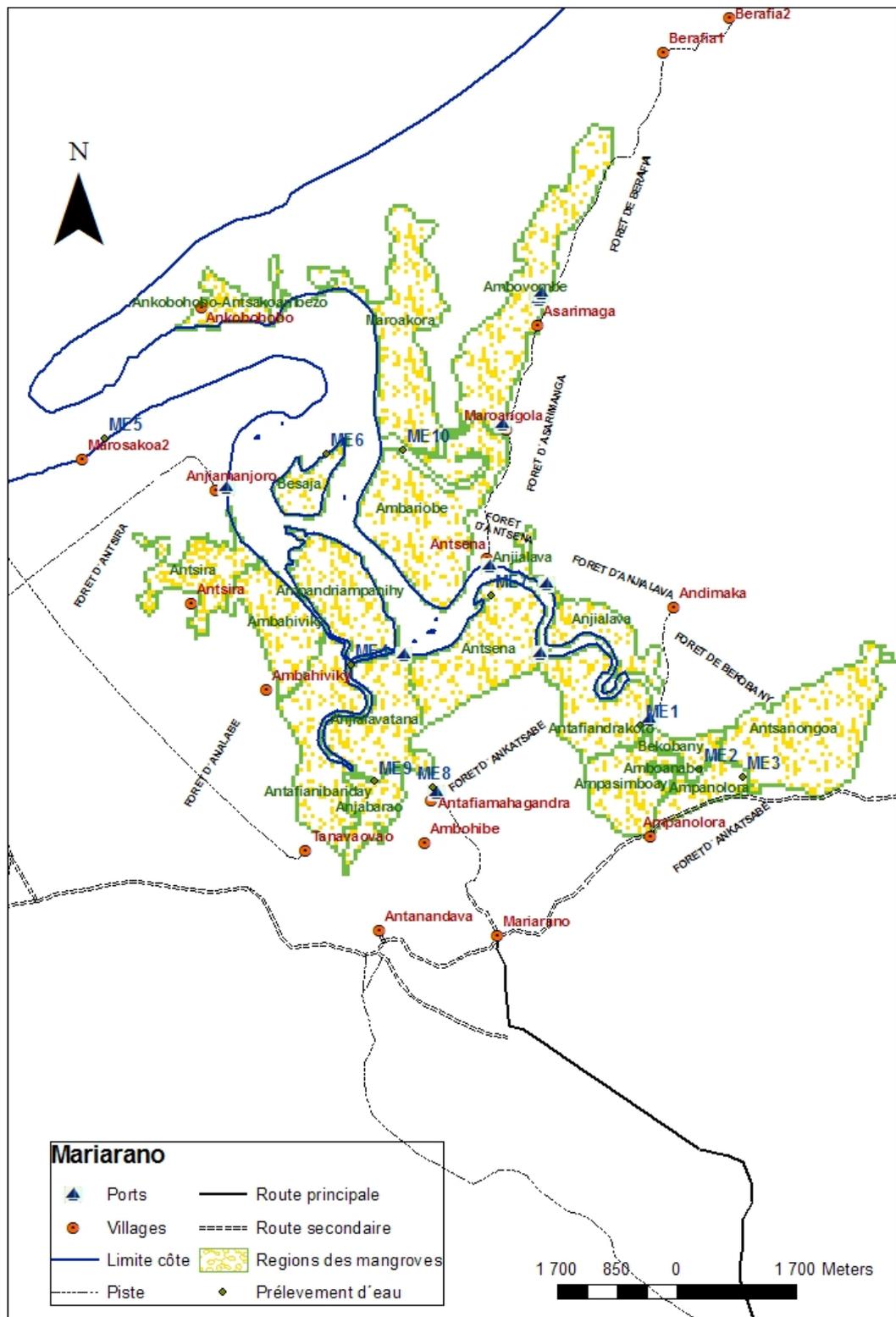


Figure 49 : Carte des prelevements d'eau à Mariarano (Original : C. Andriamalala)

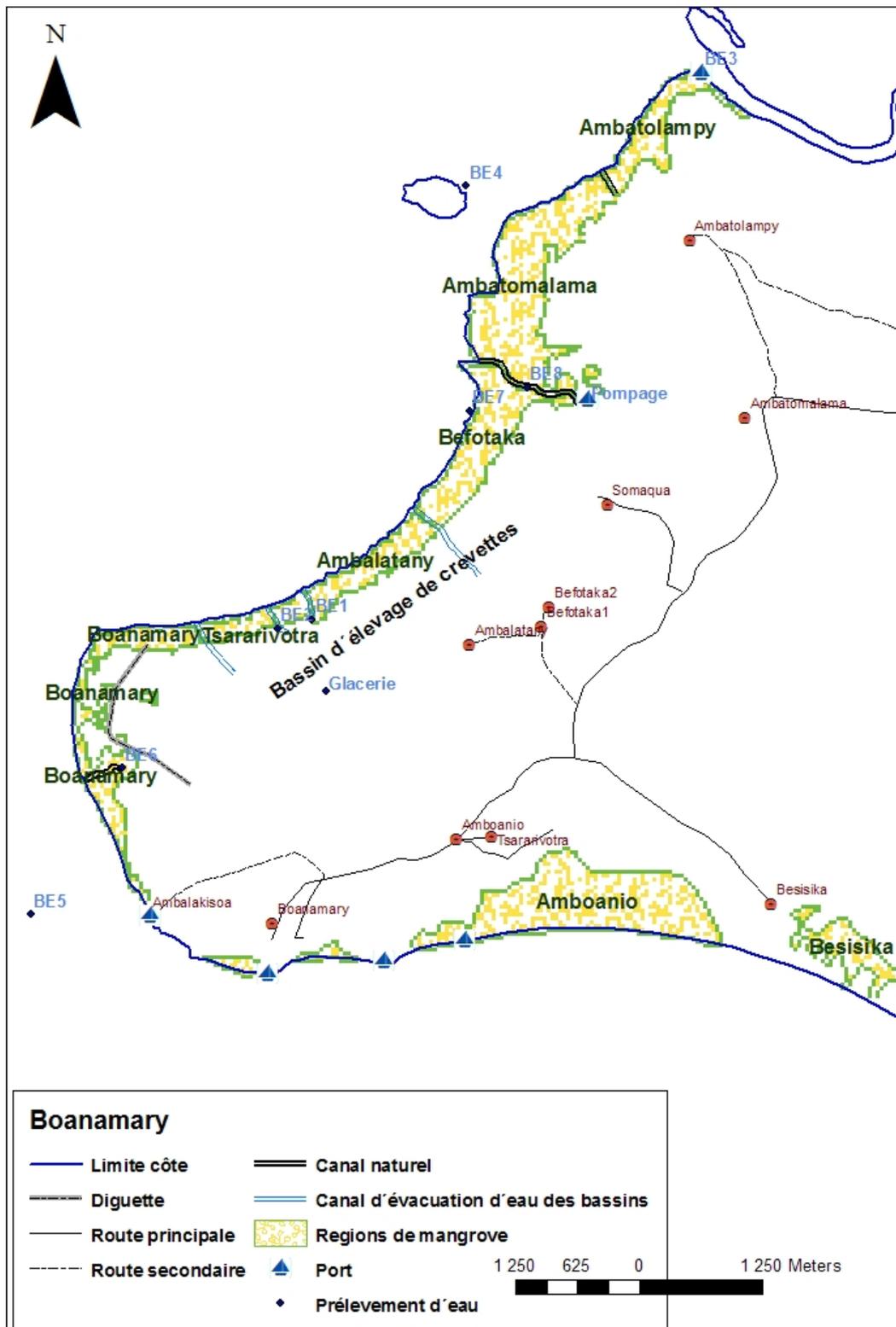


Figure 50 : Carte des prélèvements d'eau à Boanamary (Original : C. Andriamalala)

Les mesures des prélèvements d'eau (figure 49 et 50) obtenues sur le terrain pour dans l'estuaire de Mariarano et le long du littoral de Boanamary se trouvent dans le tableau 45.

La température de l'eau de mer/fleuve est moins élevée à Mariarano qu'à Boanamary. Elle est significative avec $p=0,01$ pour les valeurs moyennes de $27,7^{\circ}\text{C}$ à Mariarano et $30,2^{\circ}\text{C}$ à Boanamary.

Le pH de l'eau est légèrement alcalin dans les deux régions : le pH moyen de l'eau est de 7,6 à Mariarano et de 7,8 à Boanamary.

La SECA (1992) affirme que le pH de l'eau varie peu dans le courant de l'année, se situant autour de 7,1 à 7,8. Mais les seuils de changements significatifs apparaissent en cas d'inondations où la valeur du pH peut augmenter jusqu'à 8,8.

Dans le tableau 45, on remarque une salinité élevée dans les zones plus proches de la mer et relativement faible dans les zones plus à l'intérieur de l'estuaire proche de l'eau douce pour le cas de Mariarano. Par contre, pour Boanamary de type littoral, la valeur de salinité est relativement stable. Les valeurs de la conductivité confirment cette constatation.

Tableau 45 : Les valeurs des moyennes des prélèvements d'eau le long de la mer et du fleuve (les écart-types sont entre parenthèses)

| | pHeau | T(°C) | Salinité (mg/l) | Conductivité X (mS/cm) |
|-------------------|--------------|----------------|-----------------|------------------------|
| Mariarano n=10 | 7.6 (0.2) | 27.7 (1.4) | 3.7 (1.8) | 6.7 (3) |
| Boanamary n=8 | 7.8 (0.2) | 30.2 (2.9) | 6.5 (0.5) | 17.2 (0.8) |
| TTEST | 0.06 n.s. | 0.01 P<0.05 | 0.001 P<0.05 | 0.001 P<0.05 |

n.s. : non significatif, P<0.05 significatif

Les caractéristiques hydrochimiques, en particulier la salinité, se distinguent dans quatre types de milieu (Ba et Chaboud 1999) :

- milieu continental d'eau douce
- milieu intermédiaire correspondant à la limite amont de la mangrove,
- milieu hyperhalin
- milieu à salinité extrême

Les deux sites présentent des différences significatives au niveau de la salinité et la conductivité électrique. La moyenne de la salinité est de 3,7 mg/l à Mariarano et de 6,5 mg/l à Boanamary (tableau 45). Ceci s'explique par la différence hydrologique entre les deux sites, l'un de type littoral et l'autre de type estuaire. Le mélange des eaux terrestres et marines est en perpétuel changement et se trouve sous les influences saisonnières. L'estuaire de Mariarano se situe à l'interface des eaux douces du fleuve et des eaux salées du Canal de Mozambique. Par contre, la zone d'étude à Boanamary est directement sous l'influence marine.

4.3.1.3. Conclusion

Il a été montré que Mariarano et Boanamary se différencient significativement au niveau du pH, de l'azote N, du carbone C et de la matière organique dans tous les horizons étudiés.

Le pH, le taux de N et le rapport C/N se différencient significativement entre l'horizon supérieur et l'horizon inférieur.

Mais on peut résumer les caractéristiques des sols étudiés en quelques points :

- La couleur de la vase diffère par la présence constante de fer à Boanamary contrairement à Mariarano.
- En général, le pH du sol sur extrait aqueux 1/10 est légèrement acide et l'acidité diminue vers la profondeur pour les deux régions.
- Les sols mangroves des deux sites ont des textures semblables à fort pourcentage d'argile. Dans le sol des tannes, on trouve une texture plus sableuse à Boanamary (dû à l'ensablement) et une texture argileuse à Mariarano.
- La salinité varie très peu verticalement, comme le seuil de notre profondeur d'étude se limitant à 60 cm. De la mangrove à la tanne, sa valeur augmente.
- Le rapport C/N est généralement élevé dans la mangrove et relativement faible dans les surfaces de tanne.
- La teneur en carbone organique diminue de la mangrove à la tanne et s'élève généralement en profondeur.
- La concentration en éléments échangeables K, Ca, Mg, Na est généralement élevée dans les échantillons des deux sites, mais le taux de Ca et de Mg présente une dichotomie entre les sols des mangroves et ceux des tannes.

Ceci ne diffère pas de la constatation de Miasa (1992) qui dit qu'en général, les sols des mangroves sont essentiellement formés par des vases colloïdales riches en minéraux argileux et en matière organique.

Les résultats de sol confirment aussi les conditions qui sont la cause de la dominance d'Avicenniaceae dans le site d'étude de Boanamary et de Rhizophoraceae à Mariarano.

En ce qui concerne l'analyse hydro-chimique, les stations de prélèvements mesure les plus en aval reçoivent les eaux les plus salées, tandis qu'en amont, on enregistre les plus faibles taux de salinité dû à l'apport d'eaux douces, ce qui dépend principalement des saisons. La différence de salinité est plus remarquable en zone estuaire qu'en zone littorale. Les températures des eaux courantes et du sol sont relativement élevées dans les deux régions pendant presque toute l'année. Les mesures effectuées sur terrain n'ont pas montré des valeurs inférieures à 20 °C.

4.3.2. Etude de la végétation

4.3.2.1. Diversité floristique du milieu d'étude

- **MARIARANO**

La mangrove

Les relevés floristiques ont été répartis dans huit régions de mangrove : Ambahiviky, Anjambarao, Antsira, Antsena, Ampanolora, Ambovobe, Antsakoambezo, Ampandriampanihy, selon l'appellation courante de la population.

Dans les mangroves de Mariarano, 8 espèces de palétuviers réparties dans 6 familles ont été recensées (tableau 46) ainsi que deux espèces herbacées (tableau 47).

Tableau 46 : Liste floristique de la mangrove de Mariarano

| Famille | Noms scientifiques et auteurs | Noms vernaculaires |
|----------------|--|--------------------|
| AVICENNIACEAE | <i>Avicennia marina</i> (Forsk) Vierh | Afiaty |
| SONNERATIACEAE | <i>Sonneratia alba</i> (Smith) | Farafaka |
| RHIZOPHORACEAE | <i>Rhizophora mucronata</i> (Lewis, 1956) Lank | Honkolahy |
| RHIZOPHORACEAE | <i>Ceriops tagal</i> (C.B. Robinson) | Honkovavy |
| RHIZOPHORACEAE | <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Lank | Tsitolomy |
| MELIACEAE | <i>Xylocarpus granatum</i> (Koenig) | Sarigavo |
| COMBRETACEAE | <i>Lumnitzera racemosa</i> (Willd) | Lovinjo |
| STERCULIACEAE | <i>Heritiera littoralis</i> (Dryand) | Moromony |

Tableau 47 : Les herbacées et épiphytes dans la zone de mangrove de Mariarano

| Famille | Nom scientifique | Nom vernaculaire |
|----------------|--------------------------------|------------------|
| PTERIDACEAE | <i>Pteris lanceifolia</i> | Korovola |
| CHENOPODIACEAE | <i>Salicornia pachystachya</i> | Felisira |
| CONVOLVULACEAE | <i>Cressa cretica</i> | Tsomangarano |
| FABACEAE | <i>Derris uliginosa</i> | Vahy |
| LORANTHACEAE | <i>Viscum</i> sp. | Velomihanto |

L'arrière – mangrove

Elle est constituée de cinq types de formation :

- la forêt dense sèche (liste floristique en annexe 10), où l'on trouve parfois des plantations de cocotiers et de *Ravenala madagascariensis* en avant les forêts.
- les non-palétuviers ou espèces qui accompagnent les mangroves
- les plantations de *Ravenala madagascariensis*
- les plantations de *Raphia ruffia*
- les tannes.

• BOANAMARY

La mangrove

Ambatomalama, Ambatolampy, Tsararivotra et Boanamary sont les zones de relevés de mangrove d'étude de Boanamary. Ces noms dérivent de l'appellation commune des riverains.

Dans les mangroves de Boanamary, 5 espèces de palétuviers réparties dans 4 familles ont été recensées (tableau 48) ainsi que deux espèces de herbacées (tableau 49). Les autres espèces de palétuviers sont absentes.

Tableau 48 : Liste floristique de la mangrove de Boanamary

| Famille | Noms scientifiques et auteurs | Noms vernaculaires |
|----------------|--|----------------------|
| AVICENNIACEAE | <i>Avicennia marina</i> (Forsk) Vierh | Afiaty |
| RHIZOPHORACEAE | <i>Rhizophora mucronata</i> (Lewis, 1956) Lank | Honkolahy |
| RHIZOPHORACEAE | <i>Ceriops tagal</i> (C.B. Robinson) | Honkovavy |
| MELIACEAE | <i>Xylocarpus granatum</i> (Koenig) | Sarigavo ou Antavela |
| COMBRETACEAE | <i>Lumnitzera racemosa</i> (Willd) | Lovinjo |

Tableau 49 : Liste des espèces herbacées de la mangrove

| FAMILLE | NOM SCIENTIFIQUE | NOM VERNACULAIRE |
|----------------|--------------------------------|------------------|
| CHENOPODIACEAE | <i>Salicornia pachystachya</i> | Felisira |
| CONVOLVULACEAE | <i>Cressa cretica</i> | Tsomangarano |
| FABACEAE | <i>Derris uliginosa</i> | Vahy |
| LORANTHACEAE | <i>Viscum</i> sp. | Velomihanto |

L'arrière-mangrove

Sur le site d'étude de Boanamary, l'arrière-mangrove est seulement représentée par les tannes, les autres types de formations sont absents.

4.3.2.2. Zonation

Les différents types de peuplement

- MARIARANO

A Mariarano, on distingue sept zones différentes de mangrove :

- Une zone à *Avicennia marina* dans la zone intermédiaire et externe (près de la mer)
- Une zone à *Sonneratia alba* dans la zone externe
- Une zone à formation mixte de *Sonneratia alba* et *Avicennia marina* dans la zone externe
- Une zone à *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* dans la zone intermédiaire et externe
- Une zone mixte de *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorrhiza* et *Xylocarpus granatum* dans la zone intermédiaire
- Une zone mixte de *Bruguiera gymnorrhiza*, *Xylocarpus granatum* et *Heritiera littoralis* dans la zone intermédiaire
- Une zone mixte de *Bruguiera gymnorrhiza*, *Lumnitzera racemosa* et *Xylocarpus granatum* dans la zone intermédiaire.

Ici, nous avons repris les définitions de PNUE, ONE et ANGAP (1997) en matière de zonation floristique :

- Une zone externe, presque toujours immergée, avec une formation arborescente dense, parcourue par un réseau de chenaux (de la mer vers la terre).
- Une zone intermédiaire, comprenant une partie aval, immergée lors des hautes mers, et une partie amont inondée seulement lors des grandes marées.
- Une zone interne caractérisée par de grands espaces nus ou herbacés, appelés "tannes" qui ne sont inondés que lors des marées d'équinoxe. Cette zone peut également être une zone de transition avec les forêts denses semi-décidue.

On remarque distinctement que :

- le peuplement monospécifique et monostrate à *Sonneratia alba* est généralement en contact avec la grande embouchure de Marosakoa,

- le contact avec le *Sonneratia alba* et le peuplement monospécifique et monostrate à *Avicennia marina* est bien visible,
- la ligne de séparation est nette et claire lorsqu'il y a un peuplement hétérogène à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal*.

- **BOANAMARY**

La mangrove de Boanamary se différencie en trois zones :

- Une zone à *Avicennia marina* rencontrée dans toutes les mangroves d'étude de Boanamary. Elle présente une homogénéité longeant le bord de la mer d'Ambatolampy jusqu'à Boanamary.
- Une zone mixte à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal* surtout dans les stations inondées durant la haute mer de vives-eaux.
- Une zone mixte à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal* accompagnée de *Xylocarpus granatum* ou *Lumnitzera racemosa*. Cette dernière espèce se trouve souvent à proximité des tannes.

Les caractéristiques des différentes régions de mangrove

- **MARIARANO** (figure 51)

ANTAFIANIBARIDAY

Cette région de mangrove représentée par les placeaux MP1 et MP2 se trouve entre la forêt d'Analabe et l'embouchure de Mariarano.

Cette zone est occupée par deux types de peuplements : une formation monospécifique à *Avicennia marina* et une formation hétérogène à *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Xylocarpus granatum* et *Bruguiera gymnorrhiza* ; les deux dernières espèces sont les plus dominantes. Une plantation de *Raphia ruffia* est en contact avec la mangrove, suivie de la forêt dense sèche d'Analabe en direction de la terre ferme.

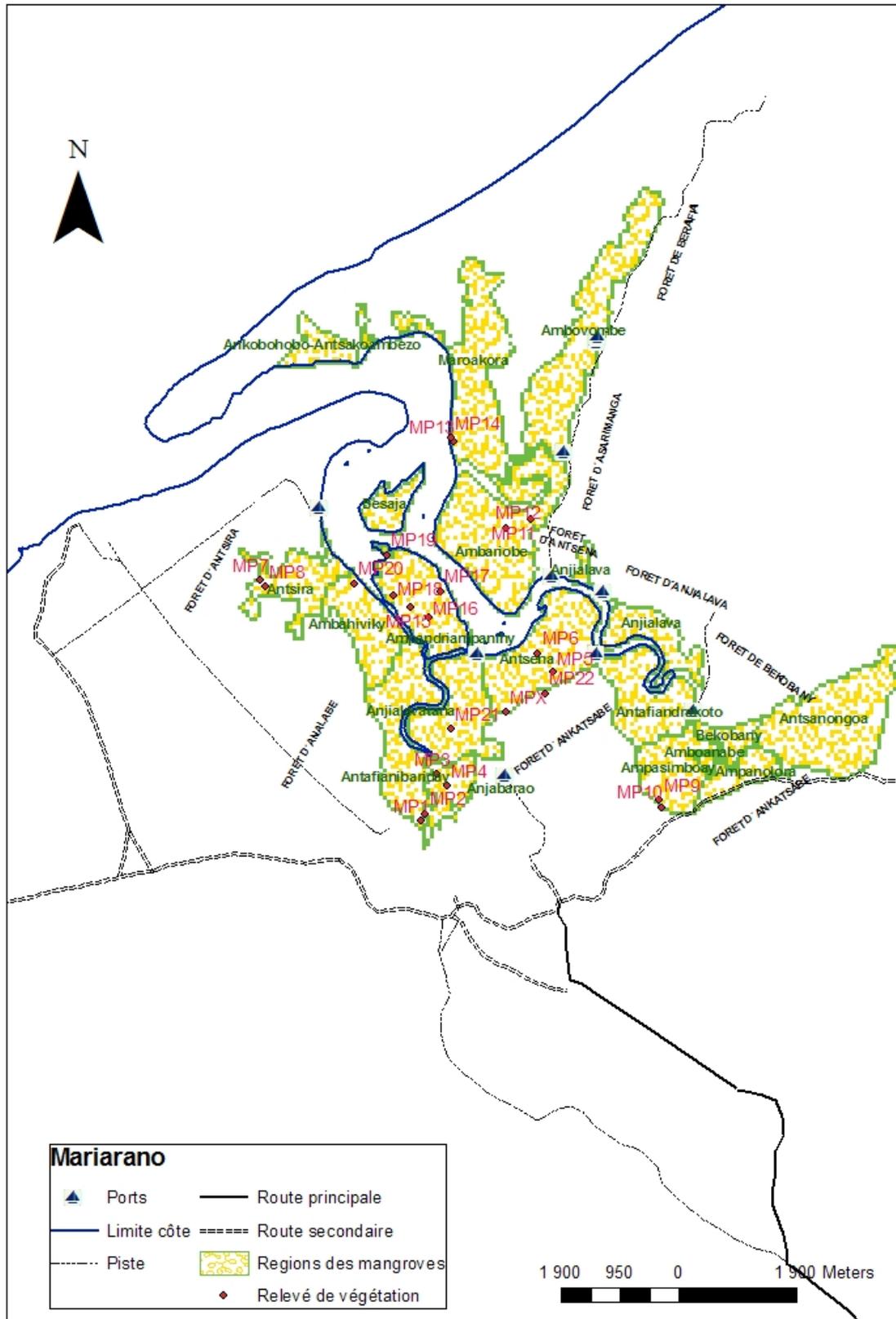


Figure 51 : Carte des relevés d'étude floristique dans la mangrove de Mariarano (Original : C. Andriamalala)

ANJAMBARAO

Anjambarao est situé dans la partie sud de la forêt d'Ankatsabe et de l'embouchure de Mariarano ; elle est représentée par les placeaux MP3 et MP4. C'est la région de mangrove proche du village de Mariarano.

La mangrove de cette zone est formée par deux types de peuplements : une formation monospécifique à *Avicennia marina* et une formation hétérogène à *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorrhiza* et *Xylocarpus granatum* où le peuplement à *Ceriops tagal* est le plus dominant. La forêt dense sèche d'Analabe se trouve en contact avec cette mangrove.

ANTSENA

Antsena, appelée aussi Antafiamanary se trouve en face du village d'Antsena entre les embouchures de l'Antafiandrakoto et de l'Antafiamanary. On y trouve les placeaux MP5, MP6 et MPX.

Cette région est occupée par une formation mixte à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal*. En arrière de la mangrove d'Antsena se trouve une plantation de *Ravenala madagascariensis* et puis la forêt dense sèche d'Ankatsabe. Dans la région proche de la zone de transition, on trouve des zones à dominance de *Bruguiera gymnorrhiza* et on rencontre souvent aussi les *Lumnitzera racemosa* en se rapprochant de la terre ferme.

ANJIALAVATANA

La mangrove d'Anjialavatana avec le placeau MP21 se trouve au sud de la mangrove d'Antsena, limitée par la grande embouchure de Mariarano et la forêt d'Ankatsabe.

En général, elle est formée par un peuplement hétérogène à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal* de dominance *Ceriops*.

AMPASIMBOAY

La région d'Ampasimboay est localisée à l'extrême sud-est de la mangrove de Mariarano à la limite de la zone des mangroves où se trouvent les placeaux MP9 et MP10.

Cette zone est occupée par un seul type de peuplement très hétérogène (*Bruguiera gymnorrhiza*, *Xylocarpus granatum* et *Heritiera littoralis*). En arrière de cette mangrove se trouvent une plantation de *Raphia ruffia* et la forêt dense sèche d'Ankatsabe.

AMBARIOBE

La mangrove d'Ambovombe représentée par les placeaux MP11 et MP12 se trouve au nord de la mangrove de Mariarano ; elle est limitée au sud par l'embouchure de Marosakoa.

On y trouve un peuplement monopécifique à *Avicennia marina* et un peuplement hétérogène à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal*.

MAROAKORA

Cette zone de mangrove se trouve plus au nord, limitée au sud par l'embouchure de Marosakoa. MP13 et MP14 sont les placeaux dans la mangrove de Maroakora.

Elle présente une formation monopécifique à *Avicennia marina* et un peuplement hétérogène à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal* de dominance *Rhizophora*. En arrière de cette mangrove se trouve une tanne.

AMPANDRIAMPANIHY

La région d'Ampandriampanihy est formée par des îlots de mangrove au milieu du lit de la rivière de Marosakoa. Dû au phénomène d'envasement, les espèces pionnières se sont installées dans la région. MP15, MP16, MP18 et MP19 sont les placeaux représentatifs de cette région.

Cette zone présente trois types de peuplements bien distincts : un peuplement monospécifique et monostrate à *Sonneratia alba*, un peuplement monospécifique et monostrate à *Avicennia marina*, un peuplement hétérogène à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal* de dominance *Rhizophora* et rarement accompagné par des *Bruguiera gymnorrhiza*.

ANTSIRA

La mangrove d'Antsira contenant les placeaux MP7 et MP8 se trouve au nord-ouest de la mangrove de Mariarano. Elle est limitée au sud par la grande rivière de l'embouchure d'Antsira et au nord par la forêt d'Antsira.

Elle présente une formation mixte à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal*. L'arrière mangrove se présente sous forme de tanne.

AMBAHIVIKY

La mangrove d'Ambahiviky avec le placeau MP20 se trouve près de la mangrove d'Antsira, limité à l'ouest par la forêt d'Analabe et à l'est par la rivière de Marosakoa près des îlots de mangrove d'Ampandriampanihy.

Elle présente une formation mixte à *Rhizophora mucronata* et à *Ceriops tagal* et une autre formation mixte à *Avicennia marina* et *Sonneratia alba*.

- **BOANAMARY** (figure 52)

BEFOTAKA-AMBALATANY

Cette mangrove se trouve à l'ouest du canal d'Ambatomalama. C'est une importante superficie de mangrove qui se trouve juste en face des bassins de crevetticulture du SOMAQUA. Elle est représentée par les placeaux BP1, BP2, BP3 et BP4.

Elle est formée par un peuplement hétérogène à *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* de dominance *Rhizophora* et par un peuplement homogène d'*Avicennia marina*.

AMBATOMALAMA-AMBATOLAMPY

C'est la partie nord de la mangrove d'étude de Boanamary BP5, BP6, BP7, BP8 et BP9 sont les placeaux dans cette région.

Elle est formée par un peuplement hétérogène de dominance *Rhizophora* composé de *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal* et rarement avec *Xylocarpus granatum* et un peuplement homogène d'*Avicennia marina*.

TSARARIVOTRA

Elle est située entre Boanamary et Befotaka-Ambalatany ; on y trouve les placeaux BP11 et BP12. Cette mangrove, elle aussi, se trouve en face des bassins de SOMAQUA. Elle est formée essentiellement par un peuplement monospécifique et monostrate à *Avicennia marina*.

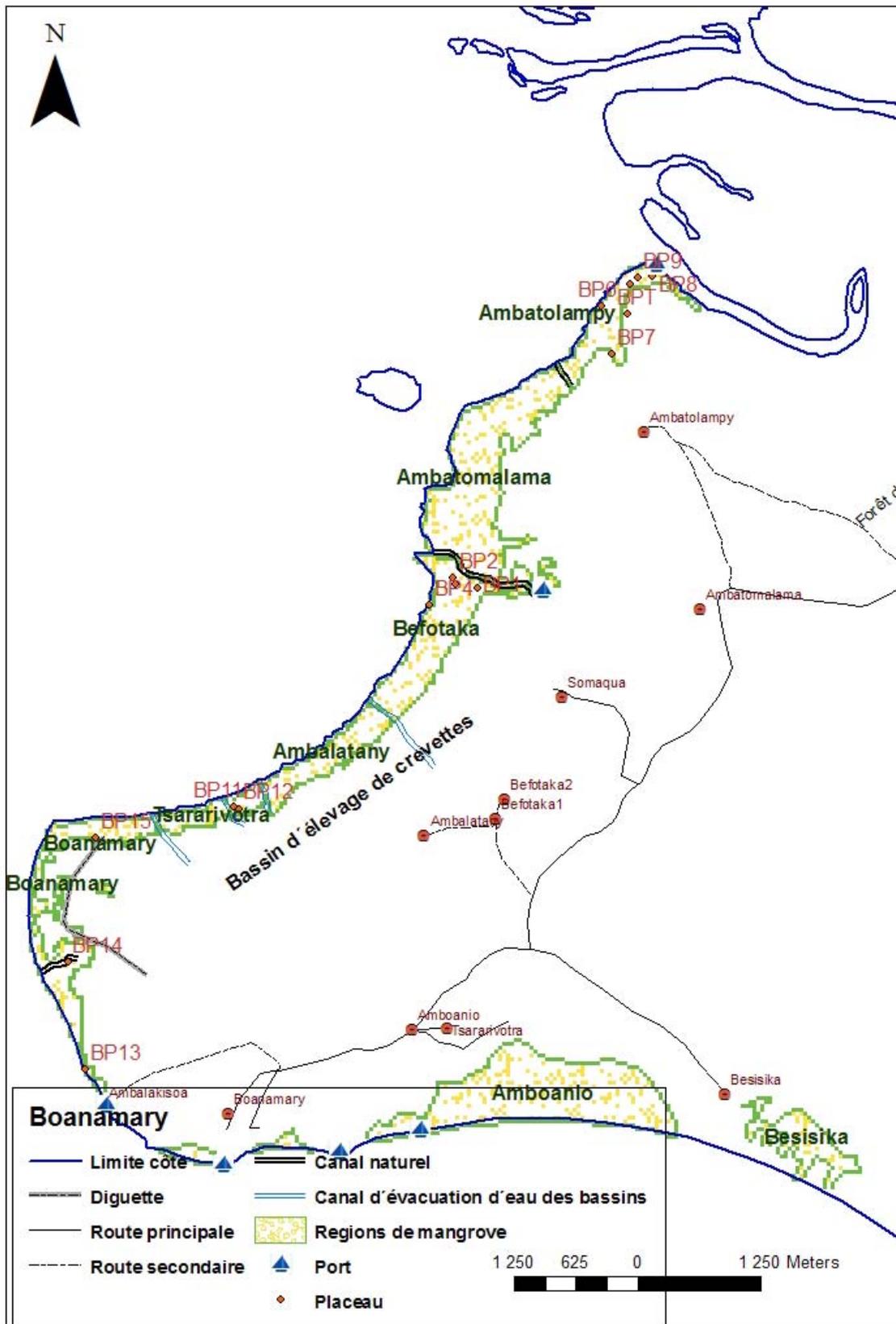


Figure 52: Carte des relevés d'étude floristique dans la mangrove de Boanamary (Original : C. Andriamalala)

BOANAMARY

C'est la partie de l'extrême-sud de la mangrove de Boanamary, contenant les placeaux BP13, BP14 et BP15. Elle a une superficie très réduite en mangrove. C'est la région dans laquelle se trouve le « *doany* », une zone sur les tannes formées par quelques arbustes forestiers et de palétuviers, sacrée et protégée par la population.

Elle est formée par un peuplement hétérogène de dominance *Ceriops* composé de *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal* (et rarement avec *Lumnitzera racemosa*) ainsi qu'un peuplement homogène d'*Avicennia marina*.

4.3.2.3. Etude des mangroves de Mariarano et Boanamary

- Groupements des relevés

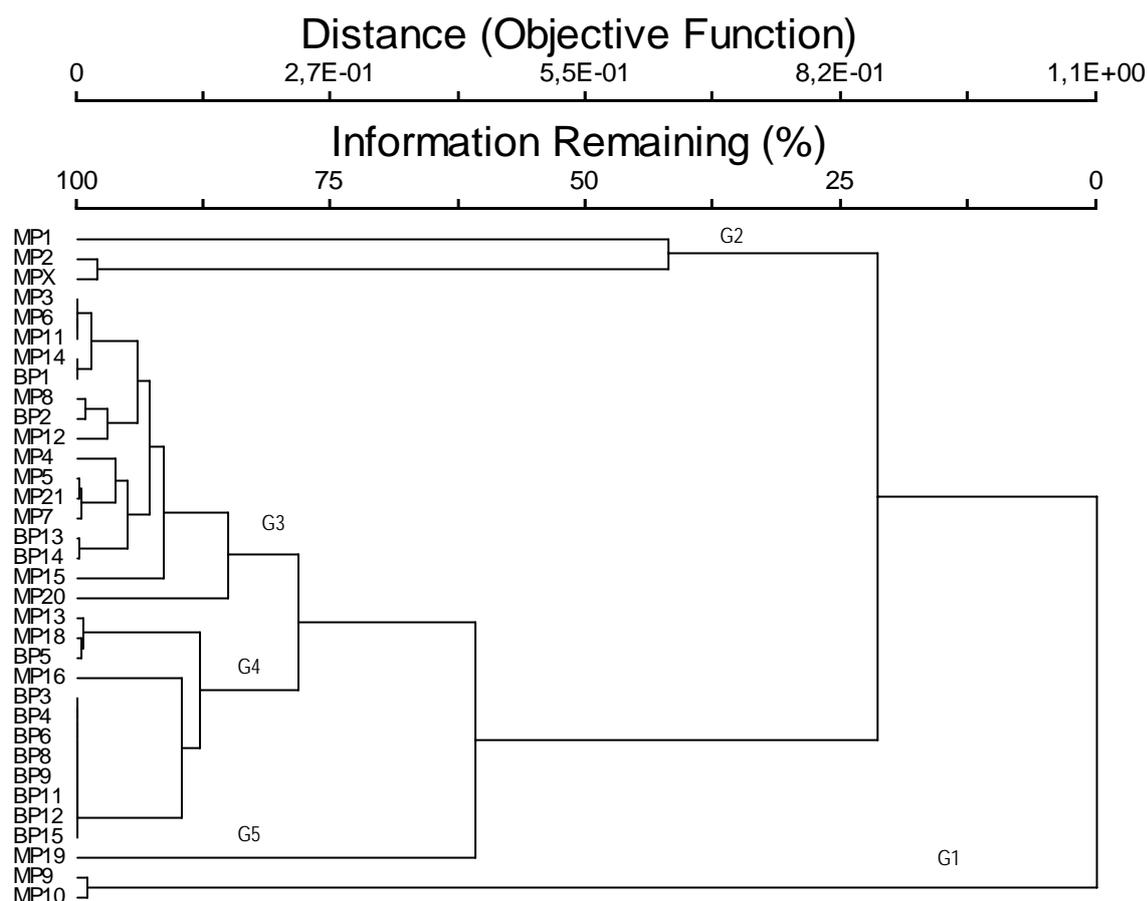


Figure 53 : Dendrogramme montrant les relations entre les différents relevés dans les deux sites (Original : C. Andriamalala)

On a résumé le résultat du dendrogramme (figure 53) avec les placeaux groupés comme suit :

- Groupe 1 (G1) : MP9 et MP10
- Groupe 2 (G2) : MP1, MP2 et MPX
- Groupe 3 (G3) : MP3, MP4, MP5, MP6, MP7, MP8, MP11, MP12, MP14, MP15, MP20, MP21, BP1, BP2, BP13, BP14
- Groupe 4 (G4) : MP13, MP16, MP18, BP3, BP4, BP5, BP6, BP8, BP9, BP11, BP12, BP15
- Groupe 5 (G5) : MP19

Les groupes 1, 2 et 5 couvrent entièrement les placeaux de Mariarano. Le groupe 3 et 4 représentent ceux de Mariarano et Boanamary mais le groupe 4 contient principalement des placeaux de Boanamary.

La figure 54 comportant l'axe 1 et 2 représente les placeaux et les espèces rencontrées des deux sites. Elle met en évidence les groupements des placeaux avec les espèces rencontrées :

- *Xylocarpus granatum* et *Heritiera littoralis* correspondant au groupe 1 (G1)
- *Bruguiera gymnorrhiza*. et *Lumnitzera racemosa* correspondant au groupe 2 (G2)
- *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* correspondant au groupe 3 (G3)
- *Avicennia marina* correspondant au groupe 4 (G4)
- *Sonneratia alba* correspondant au groupe 5 (G5)

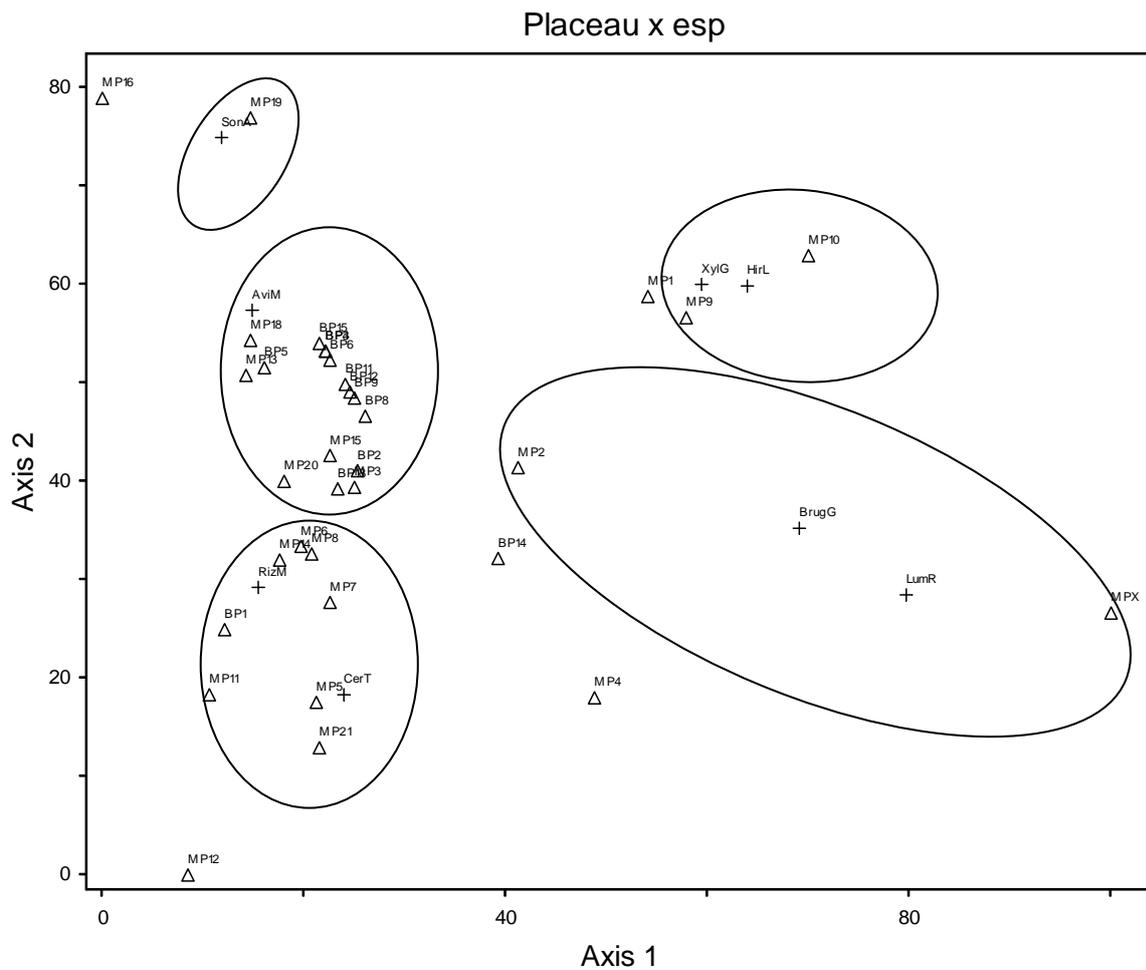


Figure 54 : Positions des relevés et des espèces sur l'axe 1 et 2 par l'analyse d'ordination PCA réalisée par la matrice (relevé, espèce). Les triangles représentent les relevés avec l'initial M pour Mariarano et B pour Boanamaray. Les croix sont les espèces. (Original : C. Andriamalala)

Par groupement de végétation, cette figure illustre que les espèces citées auparavant peuvent aussi se grouper formant un mélange de peuplement suivant :

- *Xylocarpus granatum*, *Heritiera littoralis*, *Bruguiera gymnorrhiza* et *Lumnitzera racemosa*,
- *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal*,
- *Avicennia marina* et *Sonneratia alba*.

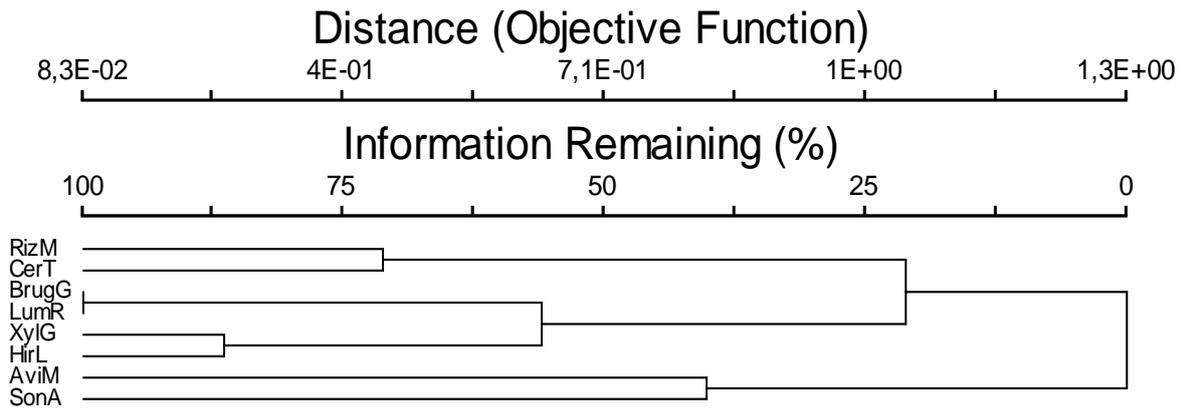


Figure 55 : Dendrogramme montrant les relations entre les espèces végétales dans les deux sites. (Original : C. Andriamalala)

L'analyse de classification ascendante (cluster analysis voir figure 55) de la matrice (espèce, relevé) indique que les espèces *Avicennia marina* et *Sonneratia alba* forme un groupe principal contre les autres espèces. Les autres espèces de palétuviers forment des sous-groupes « *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* », « *Xylocarpus granatum* et *Heritiera littoralis* » et « *Lumnitzera racemosa* et *Bruguiera gymnorrhiza* » fortement liés entre eux.

D'après l'analyse d'ordination dans la figure 56, les placeaux suivants ont les mêmes caractéristiques d'associations végétales :

- *Lumnitzera racemosa* et *Bruguiera gymnorrhiza* : MP2, MP4 et MPX
- *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* : MP1, MP3, MP6, MP7, MP8, MP11, MP12, MP14, MP15, MP17, MP20, MP21, BP2, BP13 et BP14
- *Sonneratia alba* et *Avicennia marina* : MP13, MP16, MP18, MP19, BP5 et BP12
- *Xylocarpus granatum* et *Heritiera littoralis* : MP1, MP10, MP9 et BP7

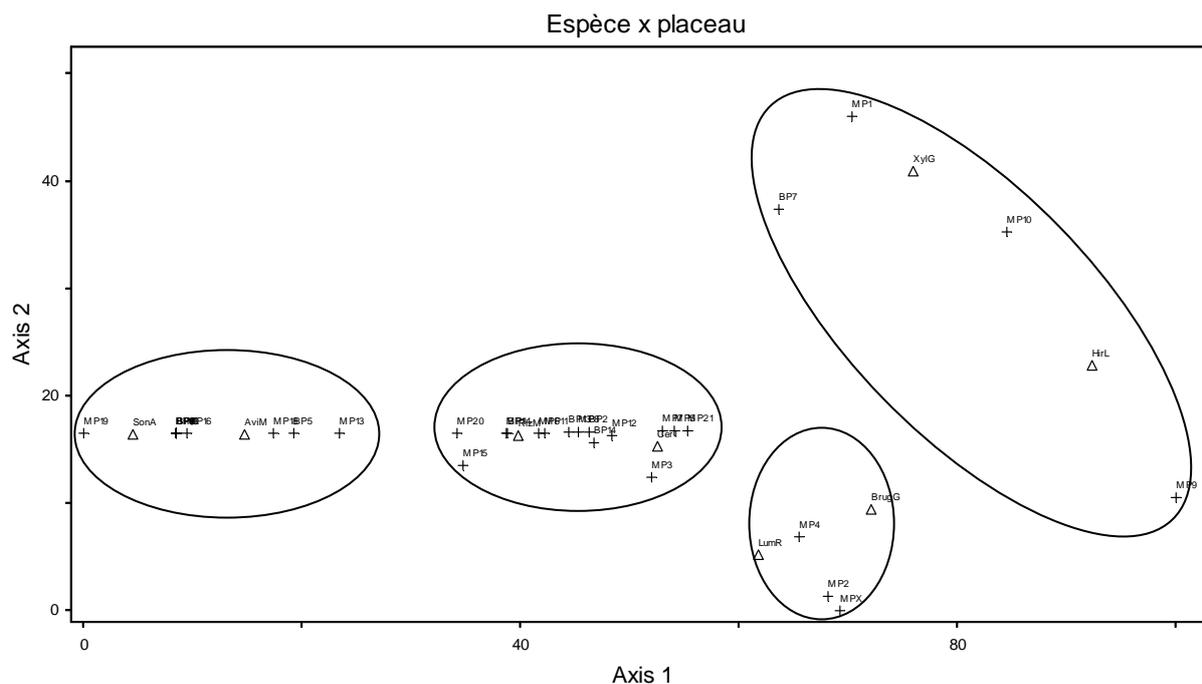


Figure 56 : Positions des relevés et des espèces sur l'axe 1 et 2 par l'analyse d'ordination DCA réalisée par la matrice (espèce, relevé). Les triangles représentent les relevés avec l'initial M pour Mariarano et B pour Boanamary. Les croix sont les espèces. (Original : C. Andriamalala)

- **Analyse des caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary**

Fréquence

Tableau 50 : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Fréquences relatives (%) des espèces ligneuses.

| Espèce | Total | Mariarano | Boanamary |
|------------------------------|-------|-----------|-----------|
| <i>Rhizophora mucronata</i> | 60,0 | 75,0 | 42,9 |
| <i>Avicennia marina</i> | 54,3 | 35,0 | 85,7 |
| <i>Ceriops tagal</i> | 51,4 | 65,0 | 35,7 |
| <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> | 25,7 | 40,0 | 0,0 |
| <i>Xylocarpus granatum</i> | 11,4 | 15,0 | 7,1 |
| <i>Sonneratia alba</i> | 11,4 | 20,0 | 0,0 |
| <i>Heritiera littoralis</i> | 5,7 | 10,0 | 0,0 |
| <i>Lumnitzera racemosa</i> | 5,7 | 0,0 | 7,1 |

Dans la mangrove de Mariarano, on rencontre souvent l'espèce *Rhizophora mucronata* après *Ceriops tagal* et *Bruguiera gymnorrhiza*. Les *Avicennia marina* (35%) sont moins fréquents que les Rhizophoraceae (entre 40 et 75%) voir tableau 50.

Tandis qu'à Boanamary, ce sont les *Avicennia marina* (85,7%) qui sont les plus rencontrées après les Rhizophoraceae (35,7% et 42,9%).

Les espèces de transition entre la mangrove et la terre ferme (ou les tannes) comme les *Heritiera littoralis* et *Lumnitzera racemosa*, elles sont les moins rencontrées dans les zones d'étude (figure 57).

Par un test indépendant du nombre d'espèces entre les deux sites, le nombre moyen d'espèces est significativement plus élevé à Mariarano ($2,6 \pm 0,2$) qu'à Boanamary ($1,8 \pm 0,3$) ($df = 33$, $t = 2,591$, $P = 0,014$).

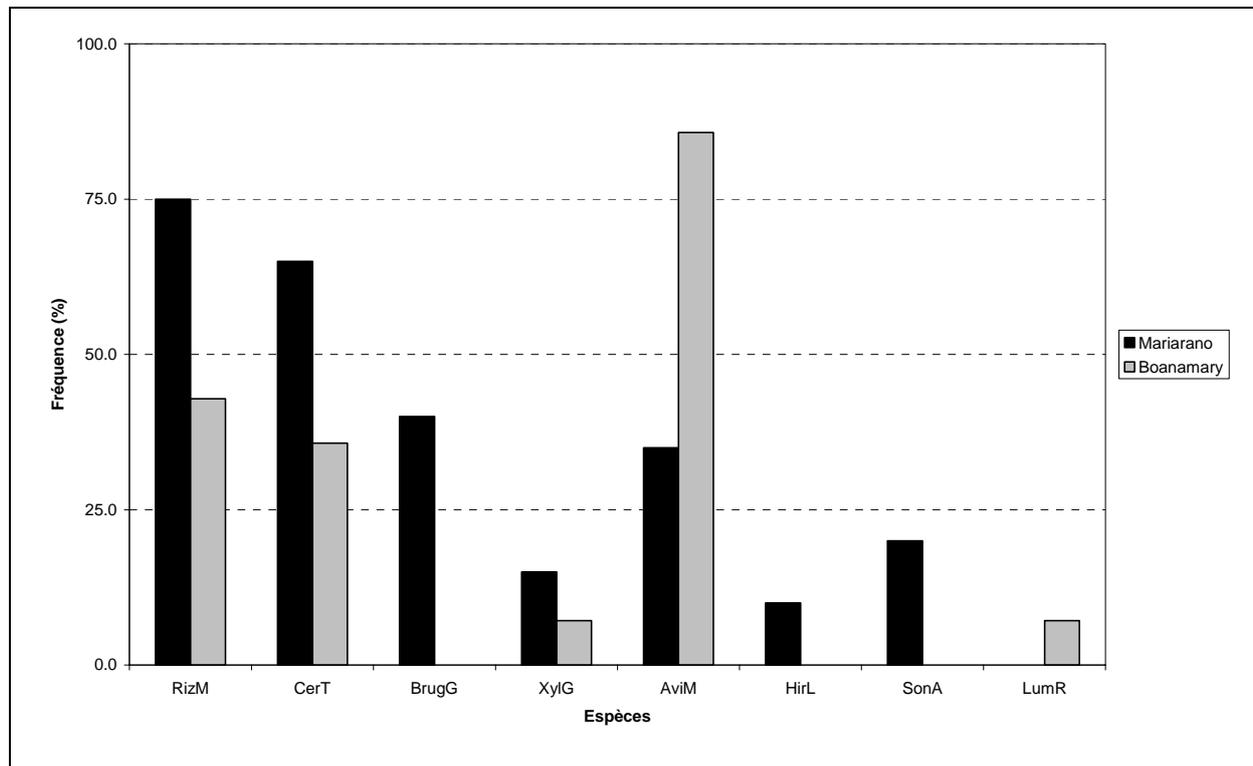


Figure 57 : Fréquence des espèces à Mariarano et à Boanamary (Original : C. Andriamalala)

Densité

Tableau 51 : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Densités des espèces ligneuses (adultes). (Original : C. Andriamalala)

| Espèce | Mariarano | | | Boanamary | | | P |
|------------------------------|-----------|---------|----|-----------|---------|----|--------|
| | n | Densité | ET | n | Densité | ET | |
| <i>Rhizophora mucronata</i> | 15 | 60 | 12 | 6 | 43 | 22 | 0,086 |
| <i>Avicennia marina</i> | 7 | 61 | 25 | 12 | 32 | 6 | n.s. |
| <i>Ceriops tagal</i> | 13 | 79 | 23 | 5 | 22 | 9 | n.s. |
| <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> | 9 | 21 | 8 | 0 | - | - | - |
| <i>Xylocarpus granatum</i> | 3 | 15 | 8 | 1 | 1 | - | n.s. |
| <i>Sonneratia alba</i> | 4 | 72 | 46 | 0 | - | - | - |
| <i>Heritiera littoralis</i> | 2 | 95 | 1 | 0 | - | - | - |
| <i>Lumnitzera racemosa</i> | 1 | 2 | - | 1 | 1 | - | n.s. |
| Toutes espèces | 21 | 146 | 19 | 12 | 54 | 11 | <0,001 |

n = Nombre de placeaux où les espèces respectives sont présentes ; Densité = nombre moyen d'individus par 450 m² ; ET = Erreur type ; Statistique : $\alpha = 0,1$ (test non paramétrique selon Mann Whitney), n.s. = non significatif ($P > 0.1$), - = test impossible

Le tableau 51 illustre bien que la densité des espèces ligneuses à Mariarano (146±19 individus adultes) est significativement plus élevée qu'à Boanamary avec en moyenne 54±11 individus dans une surface de 450 m² ($p < 0,001$, Mann Whitney U-test). Si l'on parle de la densité par espèces des individus adultes, les résultats montrent qu'à Mariarano, les arbres adultes de *Heritiera littoralis* sont fortement denses suivi des *Ceriops*, *Sonneratia*, *Avicennia*, *Rhizophora*. Plus loin suivent les *Bruguiera*, *Xylocarpus* et *Lumnitzera*. Alors qu'à Boanamary, ce sont les *Rhizophora* qui sont les plus denses, suivis des *Avicennia* et *Ceriops*. Vu la dégradation de la mangrove de Boanamary, on a constaté que les espèces présentes sont plus espacées par rapport à Mariarano.

La droite croissante de la figure 58 indique que plus la distance par rapport à la terre (Dterre) est grande, plus l'abondance des individus adultes augmente. Cette tendance est bien démontrée dans la figure 59 quand on change Dterre par Dmer (distance de la mer) pour l'axe x.

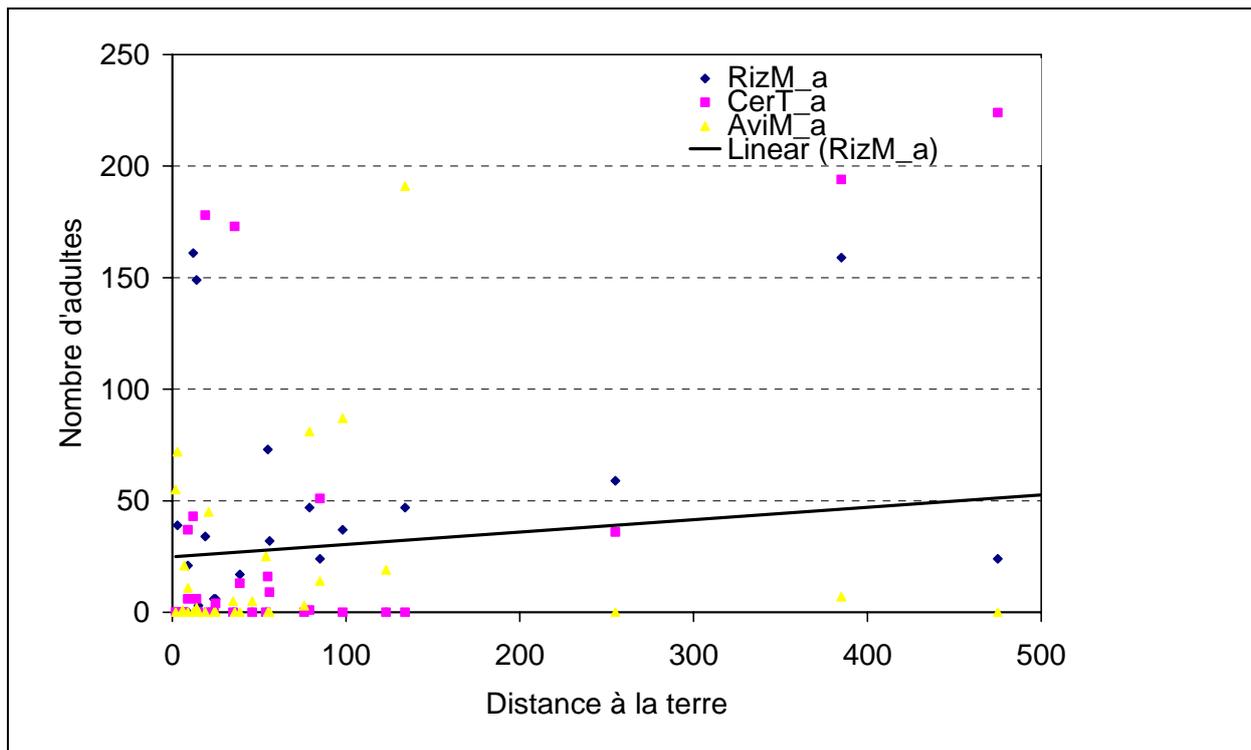


Figure 58 : Tendence d'abondance des adultes par rapport à la distance à la terre (Original : C. Andriamalala)

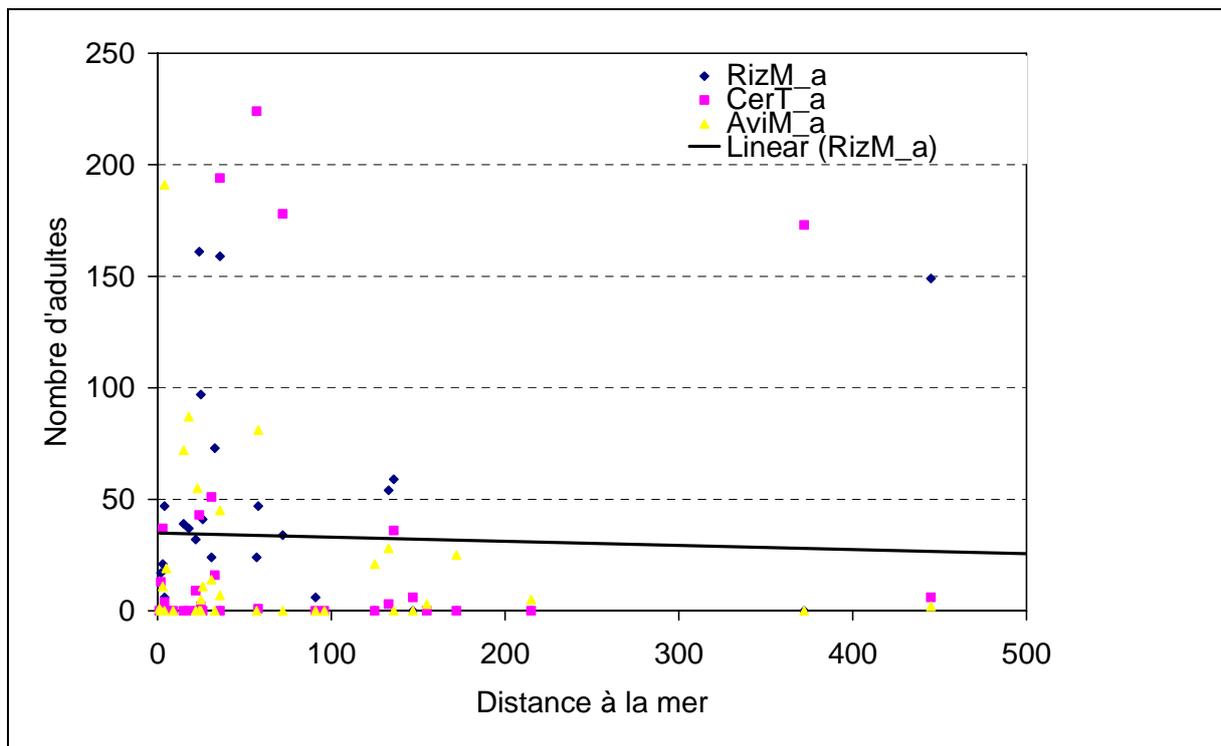


Figure 59 : Tendence d'abondance des adultes par rapport à la distance à la mer (Original : C. Andriamalala)

Après calcul du biovolume dans les différents placeaux des deux sites, les résultats des figures 60 et 61 montrent que Mariarano a un potentiel de bois élevé comparé à Boanamary. Il

ne dépasse pas le 20 m³ à l'hectare à Boanamary mais atteignant jusqu'à plus de 120 m³ à l'hectare à Mariarano. Ceci montre que la mangrove de Boanamary est fortement dégradée comparée à Mariarano, ce qui est liée à l'exploitation antérieure dans la région.

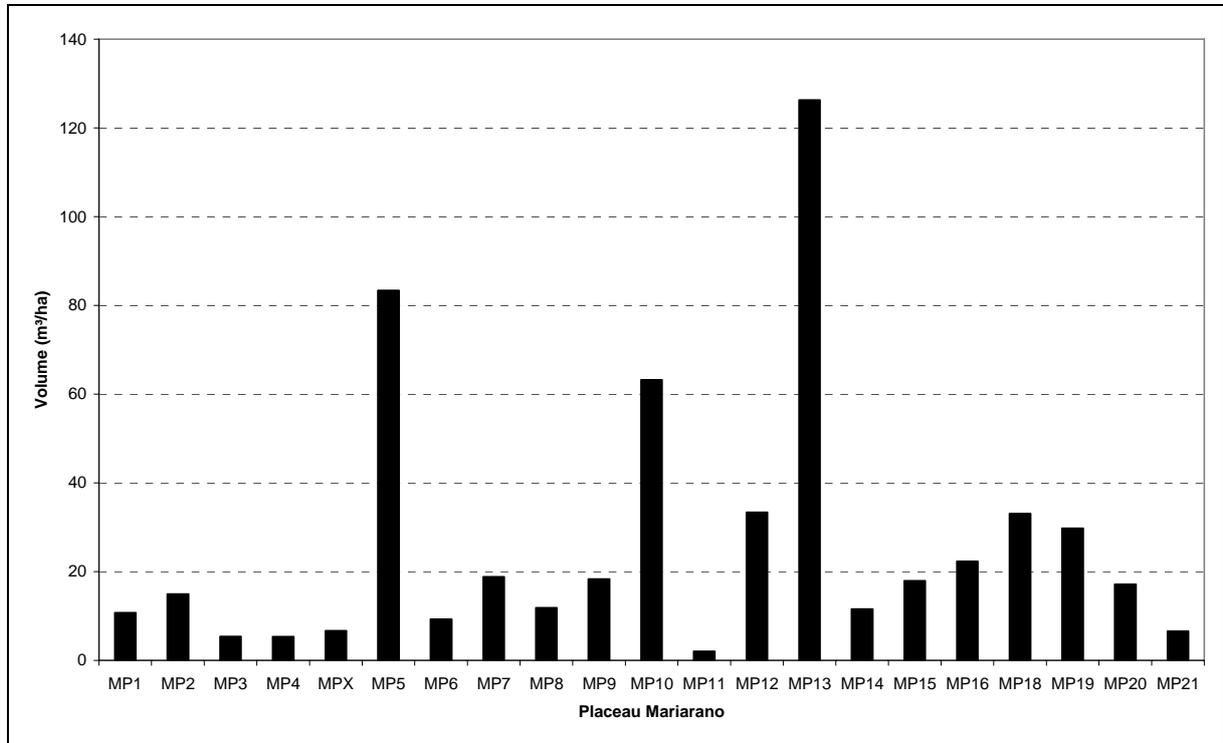


Figure 60 : Volume des bois à l'ha en m³ dans les placeaux de Mariarano (Original : C. Andriamalala)

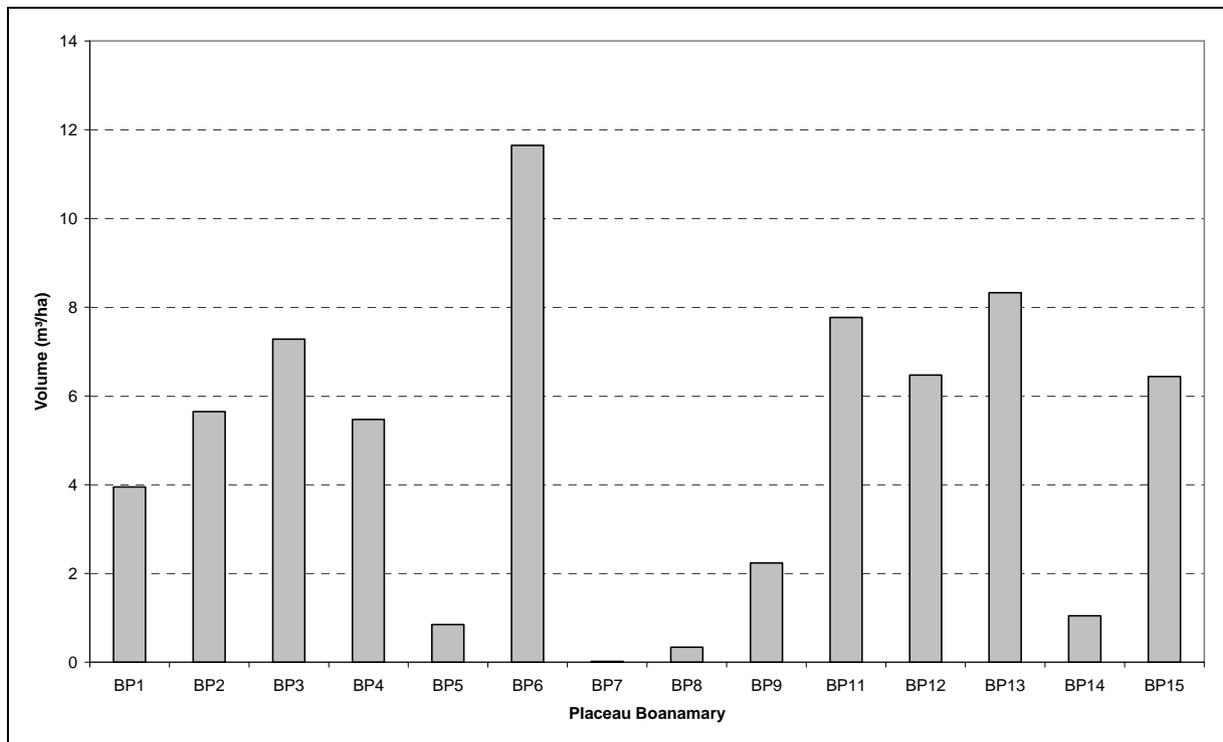


Figure 61 : Volume des bois à l'ha en m³ dans les placeaux de Boanamary (Original : C. Andriamalala)

Hauteur des peuplements

Tableau 52 : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Hauteurs maximales des espèces ligneuses. (Original : C. Andriamalala)

| Espèce | Mariarano | | | Boanamary | | | P |
|------------------------------|-----------|---------|-----|-----------|---------|-----|--------|
| | n | Hauteur | ET | n | Hauteur | ET | |
| <i>Rhizophora mucronata</i> | 15 | 11,6 | 0,8 | 6 | 3,7 | 0,5 | 0,001 |
| <i>Avicennia marina</i> | 7 | 11,3 | 0,5 | 12 | 6,5 | 0,5 | <0,001 |
| <i>Ceriops tagal</i> | 13 | 7,9 | 1,0 | 5 | 3,0 | 0,4 | 0,014 |
| <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> | 8 | 9,0 | 1,3 | 0 | - | - | - |
| <i>Xylocarpus granatum</i> | 2 | 8,5 | 1,5 | 1 | 2,0 | - | - |
| <i>Sonneratia alba</i> | 4 | 8,2 | 2,3 | 0 | - | - | - |
| <i>Heritiera littoralis</i> | 2 | 12,0 | 0,0 | 0 | - | - | - |
| <i>Lumnitzera racemosa</i> | 1 | 3,0 | | 1 | 1,5 | - | - |
| Toutes espèces (max) | 21 | 11,5 | 0,8 | 14 | 6,2 | 0,5 | <0,001 |

n = Nombre d'échantillons ; Hauteur en mètre ; ET = Erreur type ; Statistique : $\alpha = 0,1$ (test non paramétrique selon Mann Whitney), - = test impossible

Selon le tableau 52, les hauteurs maximales des arbres à Mariarano sont nettement plus élevées ($11,5 \pm 0,8$ m) que ceux de Boanamary ($6,2 \pm 0,5$ m) ($P < 0,001$, Mann Whitney U-test). Mariarano possède généralement des arbres de grande taille d'une hauteur moyenne maximale de 8 à 12 m pour toutes espèces confondues, sauf le cas de *Lumnitzera racemosa* qui ne mesure que 3 m en moyenne. En comparaison, la hauteur maximale des palétuviers à Boanamary ne dépasse pas 6,5 m.

La faible hauteur des arbres de Boanamary (figure 62) est surtout liée à la dégradation du milieu de mangrove. Les antécédentes coupes ont beaucoup marqué le site, ne laissant pas de grands arbres.

A Mariarano, les *Heritiera littoralis* sont les plus longs avec une hauteur moyenne maximale de 12m après les *Rhizophora mucronata* de $11,6 \pm 0,8$ m et les *Avicennia marina* de $11,3 \pm 0,5$ m. Inversement, à Boanamary, c'est l'*Avicennia marina* qui a une hauteur maximale plus élevée - presque le double de celle des *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* locaux.

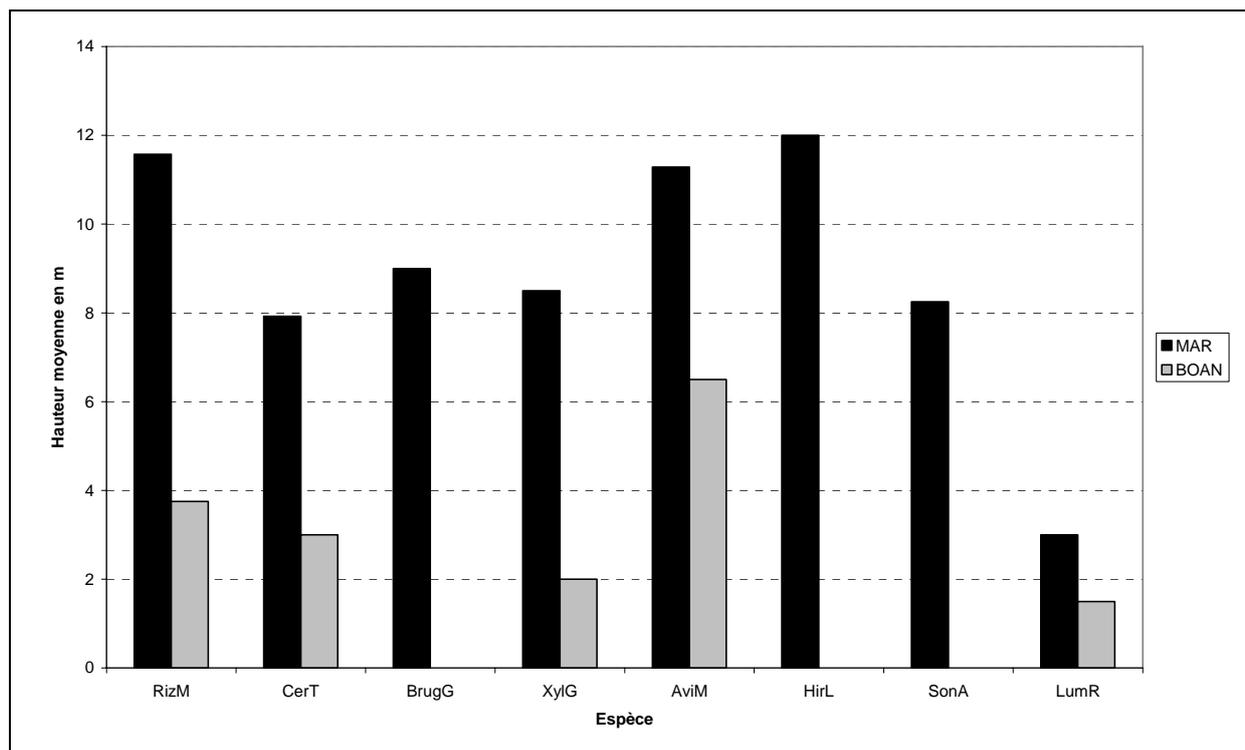


Figure 62 : Hauteur moyenne des espèces de palétuviers à Mariarano et Boanamy (Original : C. Andriamalala)

Diamètre des peuplements

Tableau 53 : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamy : Diamètres des espèces ligneuses.

| Espèce | Mariarano | | | Boanamy | | | P |
|-------------------------------|-----------|-------|-----|---------|-------|-----|-------|
| | n | Diam. | ET | n | Diam. | ET | |
| <i>Rhizophora mucronata</i> | 14 | 17,2 | 2,0 | 6 | 5,2 | 1,1 | 0,003 |
| <i>Avicennia marina</i> | 7 | 19,9 | 2,7 | 13 | 16,0 | 1,8 | n.s. |
| <i>Ceriops tagal</i> | 12 | 7,4 | 0,6 | 4 | 3,9 | 0,2 | 0,003 |
| <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> | 9 | 15,2 | 3,3 | 0 | - | - | - |
| <i>Xylocarpus granatum</i> | 3 | 20,0 | 2,9 | 1 | 4,0 | - | - |
| <i>Sonneratia alba</i> | 4 | 8,2 | 2,3 | 0 | - | - | - |
| <i>Heritiera littoralis</i> | 2 | 11,0 | 5,0 | 0 | - | - | - |
| <i>Lumnitzera racemosa</i> | 1 | 10,0 | - | 1 | 2,4 | - | - |
| Diamètre min (toutes espèces) | 21 | 9,4 | 1,3 | 14 | 10,4 | 1,8 | n.s. |
| Diamètre max (toutes espèces) | 21 | 18,7 | 1,8 | 14 | 15,1 | 1,9 | n.s. |

n = Nombre d'échantillons ; Diam = Diamètre en cm ; ET = Erreur type ; Statistique : $\alpha = 0,1$ (test non paramétrique selon Mann Whitney), n.s. = non significatif ($P > 0,1$), - = test impossible

Les diamètres minimaux moyens des arbres dans les placeaux de Boanamary et Mariarano sont sensiblement les mêmes ($9,4\pm 1,3\text{cm}$ pour Mariarano et $10,4\pm 1,8\text{cm}$ pour Boanamary) mais la mangrove de Mariarano possède des diamètres maximaux plus grands ($18,7\pm 1,8$) que Boanamary ($15,1\pm 1,9\text{cm}$) (tableau 53). Cela s'explique par la dominance de l'espèce *Avicennia marina* à Boanamary qui est une espèce de très large diamètre de base.

Le diamètre moyen de *Ceriops tagal* est relativement faible à Mariarano malgré qu'il soit significativement élevé par rapport à Boanamary. Ceci est dû surtout à la coupe anarchique de cette espèce très demandée à Mariarano.

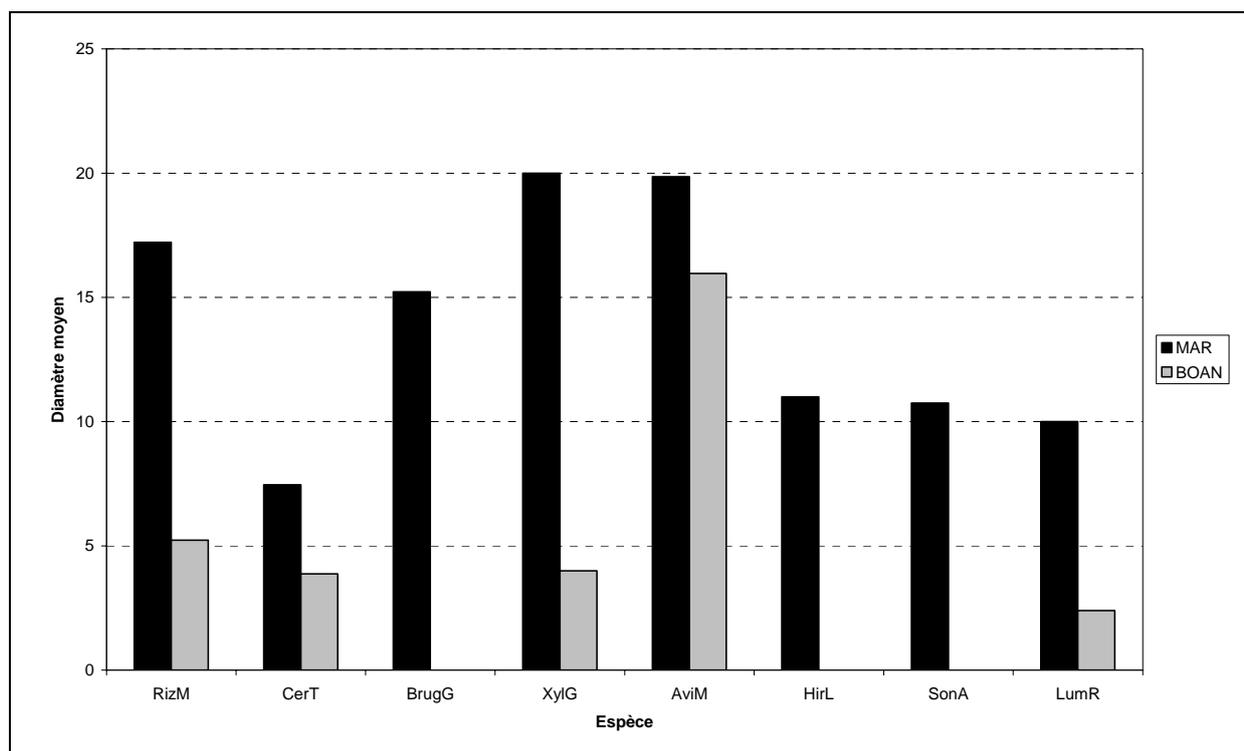


Figure 63 : Diamètre moyen à hauteur de poitrine des espèces de palétuviers à Mariarano et Boanamary (Original : C. Andriamalala)

D'après les relevés, Boanamary possède des arbres de petit diamètre sauf pour l'espèce *Avicennia marina* (figure 63). A Mariarano, les *Avicennia marina* et *Xylocarpus granatum* avaient des diamètres moyens élevés (20 cm) après *Rizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorhiza* qui avaient à peu près le même diamètre. C'est *Ceriops tagal* qui a le plus petit diamètre moyen, après *Heritiera littoralis*, *Sonneratia alba* et *Lumnitzera racemosa*. Ceci est probablement dû à l'attirance apportée à cette espèce pour les coupes des palétuviers à Mariarano.

Plantules

Tableau 54 : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Plantules.

| Espèce | Mariarano | | | Boanamary | | | P |
|------------------------------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|---------|-------|
| | n | Plantules | ET | n | plantules | ET | |
| <i>Rhizophora mucronata</i> | 14 | 113,5 | 31,7 | 4 | 188 | 127,7 | n.s. |
| <i>Avicennia marina</i> | 6 | 9,5 | 4,5 | 7 | 26143,4 | 11408,3 | 0,004 |
| <i>Ceriops tagal</i> | 12 | 66,8 | 29,1 | 1 | 31 | | n.s. |
| <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> | 6 | 27,5 | 11,4 | 0 | - | - | - |
| <i>Xylocarpus granatum</i> | 1 | 89 | | 0 | - | - | - |
| <i>Sonneratia alba</i> | 2 | 6,5 | 2,5 | 0 | - | - | - |
| <i>Heritiera littoralis</i> | 3 | 5,7 | 2,7 | 0 | - | - | - |
| <i>Lumnitzera racemosa</i> | 0 | - | - | 0 | - | - | - |
| Plantules (toutes espèces) | 21 | 130,1 | 33,1 | 14 | 13127,6 | 6562,6 | n.s. |

n = Nombre d'échantillons; Plantules = Nombre des plantules ; ET = Erreur type ; Statistique : $\alpha = 0,1$ (test non paramétrique selon Mann Whitney), n.s. = non significatif ($P > 0.1$), - = test impossible

Le nombre de plantules d'*Avicennia marina* à Boanamary ($n = 7$, moyenne = 26143) est significativement plus élevé qu'à Mariarano ($n = 6$, moyenne = 9,5) ($P = 0,004$, Mann Whitney U-test) (tableau 54). Ce résultat n'est pas inattendu, car *Avicennia marina* est généralement plus fréquente dans cette zone. D'autant plus que la zone est actuellement moins exploitée qu'à Mariarano ; ainsi les nouvelles pousses ne devraient pas être trop perturbées.

Les résultats de l'analyse de régénération considérant tous les placeaux montrent que les espèces *Rhizophora mucronata*, le *Ceriops tagal* ont une bonne régénération à Mariarano tandis qu'à Boanamary, ce sont les *Avicennia marina* et *Rhizophora mucronata* qui repoussent le mieux. Les *Bruguiera gymnorrhiza* ont une régénération moyenne à Mariarano et les autres espèces non citées sont faibles dans les deux régions. (figure 64)

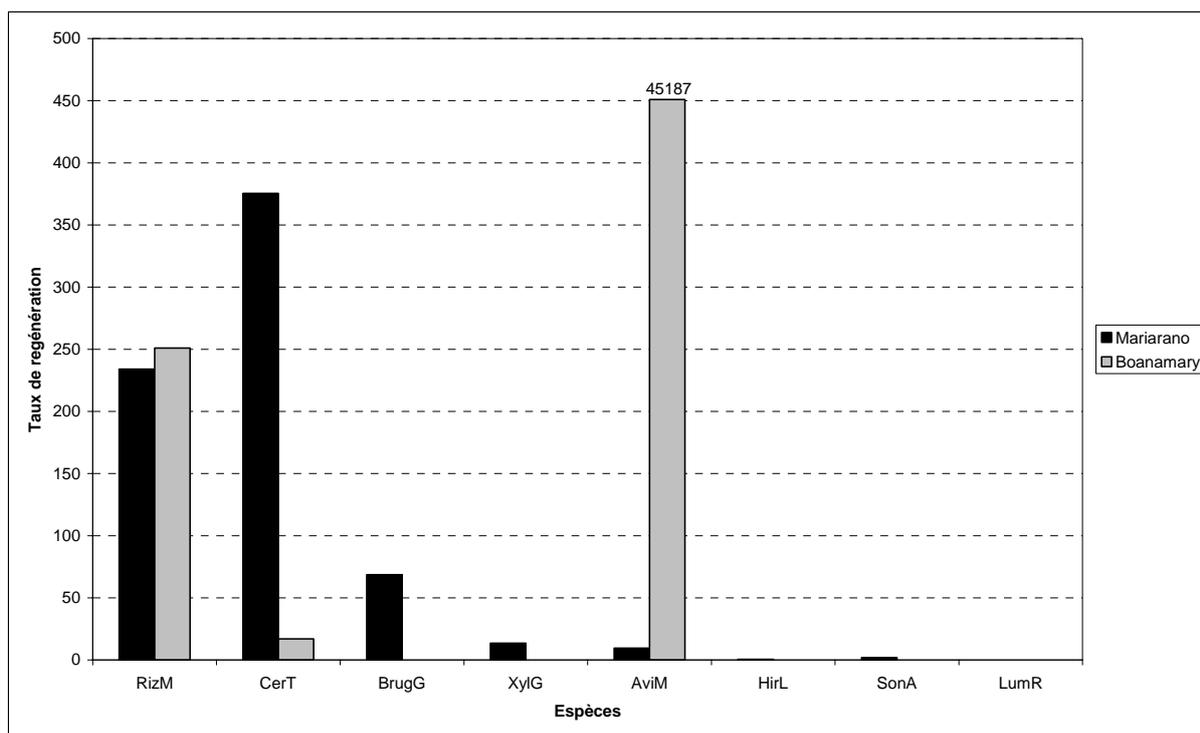


Figure 64 : Taux de régénération des espèces de palétuviers à Mariarano et Boanamary (Original : C. Andriamalala)

Souches et arbres morts sur pied

Tableau 55 : Caractéristiques des mangroves de Mariarano et Boanamary : Souches et morts sur pied. (Original : C. Andriamalala)

| Espèce | Mariarano | | | Boanamary | | | P |
|--|-----------|-------|------|-----------|-------|-----|------|
| | n | Morts | ET | n | Morts | ET | |
| <i>Rhizophora mucronata</i> | 9 | 9 | 3,7 | 2 | 29 | 24 | n.s. |
| <i>Avicennia marina</i> | 1 | 2 | | 6 | 8,7 | 2,7 | n.s. |
| <i>Ceriops tagal</i> | 5 | 34,8 | 26,5 | 2 | 17,5 | 8,5 | n.s. |
| <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> | 4 | 3,3 | 1,4 | 0 | - | - | - |
| <i>Xylocarpus granatum</i> | 1 | 5 | | 0 | - | - | - |
| <i>Sonneratia alba</i> | 0 | - | - | 0 | - | - | - |
| <i>Heritiera littoralis</i> | 0 | - | - | 0 | - | - | - |
| <i>Lumnitzera racemosa</i> | 0 | - | - | 0 | - | - | - |
| Souches et morts sur pied (toutes espèces) | 21 | 13,1 | 7,1 | 14 | 10,4 | 6,1 | n.s. |

n = Nombre d'échantillons ; Morts = Nombre de souches et morts sur pied ; ET = Erreur type ; Statistique : $\alpha = 0,1$ (test non paramétrique selon Mann Whitney), n.s. = non significatif ($P > 0,1$), - = test impossible

Généralement, le nombre de souches et d'arbres morts sur pied parmi les palétuviers de Mariarano (13,1) est légèrement plus élevé qu'à Boanamary (6,1) (tableau 55). On remarque que les *Ceriops tagal* sont les plus vulnérables à Mariarano comparé aux autres espèces. A Boanamary, ce sont les *Rhizophora mucronata* qui sont les plus touchés.

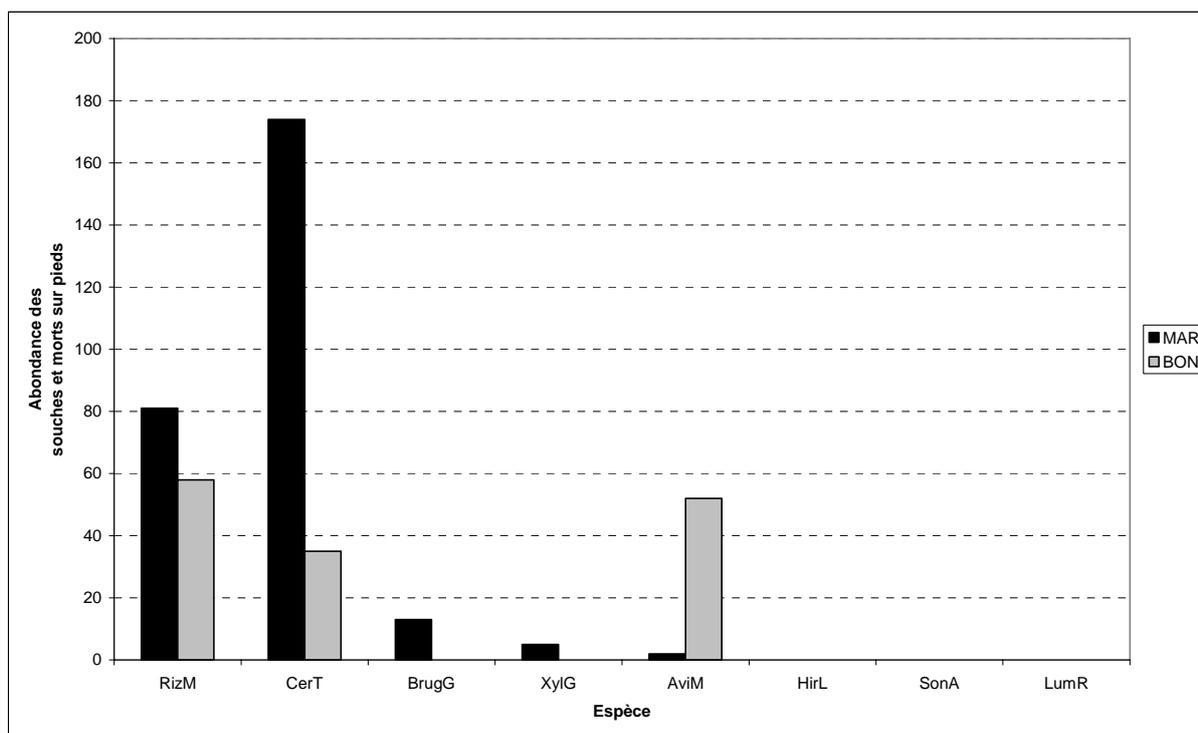


Figure 65 : Abondance des souches et morts sur pied dans les placeaux de Mariarano et Boanamary (Original : C. Andriamalala).

La figure 65 montre aussi que les souches et les morts sur pied de *Ceriops tagal* sont très abondants à Mariarano après *Rhizophora mucronata*. A Boanamary, on dénombre les mêmes abondances de *Rhizophora mucronata* et d'*Avicennia marina* après les *Ceriops tagal*.

- **Analyse de corrélation avec les différents paramètres écologiques**

Le résultat de corrélation des variables (les espèces des adultes, la hauteur des espèces, le diamètre des espèces, le taux de souches et morts sur pied des espèces) avec Dterre (tableau 56) montre qu'il existe des corrélations **négatives/significatives** entre **Dterre** et :

1. BrugG_a (*Bruguiera gymnorrhiza* adulte)

2. BrugG_d (*Bruguiera gymnorrhiza* diamètre)
3. AviM_m (*Avicennia marina* mort)
4. CerT_pl (*Ceriops tagal* plantule).

Plus les placeaux sont situés loin de la terre, moins les peuplements de *Bruguiera gymnorrhiza* sont nombreux, plus leur diamètre est petit, plus faible est la mortalité d'*Avicennia marina* (figure 66) ; plus faible est aussi la densité des plantules de *Ceriops tagal*.

Tableau 56 : Résultat de corrélation significative des variables avec Dterre

| | N | Coefficient de corrélation de Spearman | Probabilité (P<0.05) |
|---------|----|--|----------------------|
| BrugG_a | 9 | -0.678 | 0.045 |
| BrugG_d | 9 | -0.760 | 0.018 |
| RizM_h | 20 | 0.652* | 0.002 |
| CerT_pl | 13 | -0.665 | 0.013 |
| AviM_h | 20 | 0.596* | 0.006 |
| AviM_m | 7 | -0.815 | 0.025 |

Corrélation significative à 0.05 (variables paires) *Corrélation significative à 0.01 (variables paires)

Ce tableau indique aussi qu'il existe des corrélations **positives/significatives** entre **Dterre** et :

1. RizM_h (*Rhizophora mucronata* hauteur)
2. AviM_h (*Avicennia mucronata* hauteur)

La figure 67 illustre ces corrélations en montrant que plus les placeaux sont situés loin de la terre, plus hauts sont les peuplements des deux espèces. La hauteur des arbres décroît progressivement en se rapprochant de la terre. Par contre, les arbres en bordure sont moins hauts que les individus à l'intérieur d'après notre observation sur le terrain. En effet, les courants de la mer gênent la croissance des plantes en position tout près de la mer. Et près de la terre ferme, c'est le facteur sécheresse et le facteur anthropogénique (coupe, feu, piétinement etc.) qui empêchent la croissance rapide des individus.

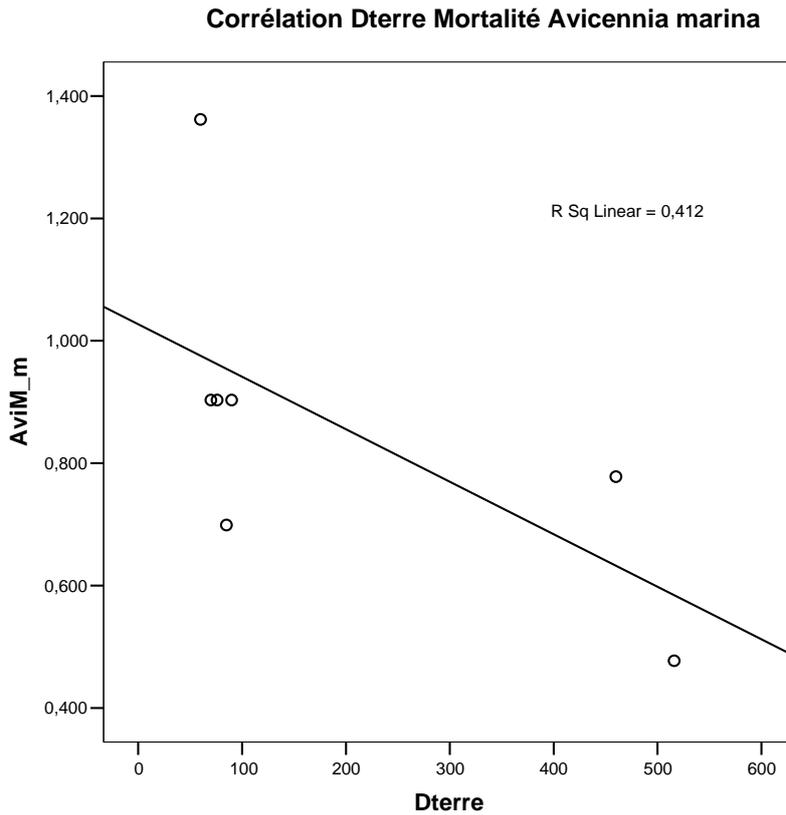


Figure 66 : La droite de corrélation entre la variable AvIM_m (*Avicennia* mort) et Dterre (distance en terre)
(Original : C. Andriamalala)

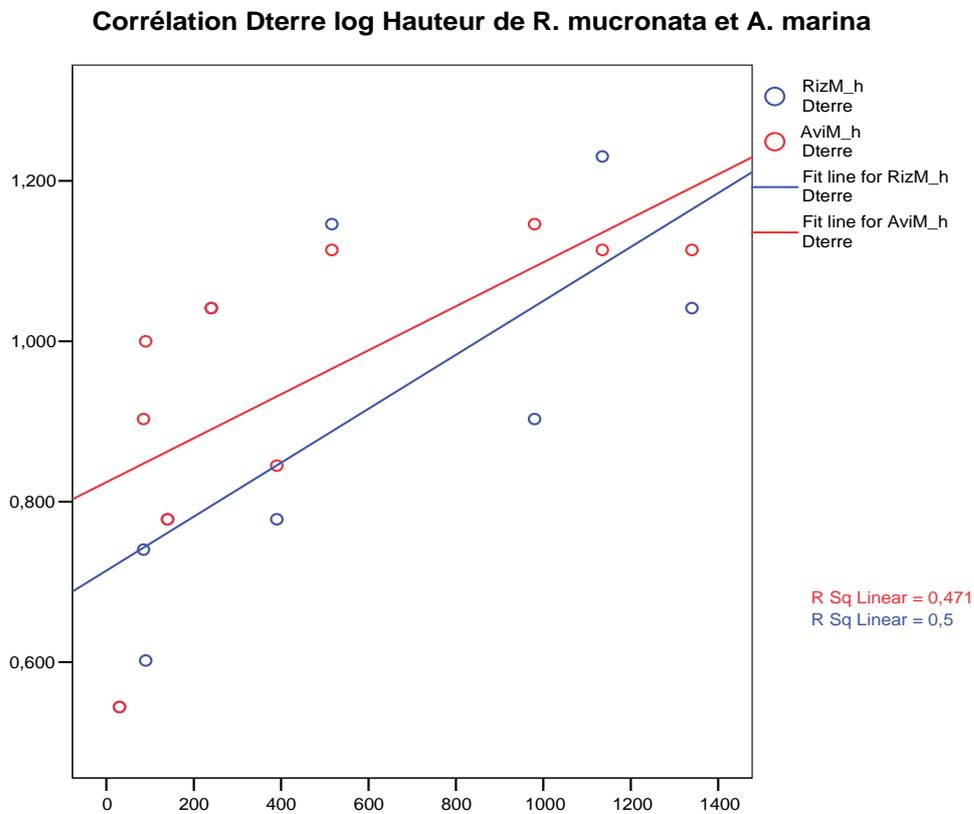


Figure 67 : Corrélation entre Dterre et logarithme des hauteurs de RizM_h (*Rhizophora mucronata*) et AvIM_h (*Avicennia marina*) (Original : C. Andriamalala)

- En outre, la corrélation des variables avec **Dmer** a donné le résultat décrit en tableau 57. Seules les corrélations significatives ont été montrées dans ce tableau.

Il existe une corrélation **positive/significative** entre **Dmer** et Riz_M_m (*Rhizophora* mort). Plus les placeaux sont situés loin de la mer, moins la mortalité *Rhizophora mucronata* est élevée (figure 68). Il y a aussi une corrélation **négative/significative** entre **Dmer** et BrugG_d : plus les placeaux sont situés loin de la mer, moins les diamètres de *Bruguiera gymnorrhiza* sont larges. Ce qui est évident car cette espèce se trouve surtout dans la zone à apport d'eau douce éloignée de la mer.

Tableau 57: Résultat de corrélation des variables avec Dmer

| | N | Coefficient de corrélation de Spearman | Probabilité (P<0.05) |
|---------|----|--|----------------------|
| BrugG_d | 9 | 0.700 | 0.036 |
| RizM_m | 11 | -0.807* | 0.003 |

Corrélation significative à 0.05 (paires variables) *Corrélation significative à 0.01 (paires variables)

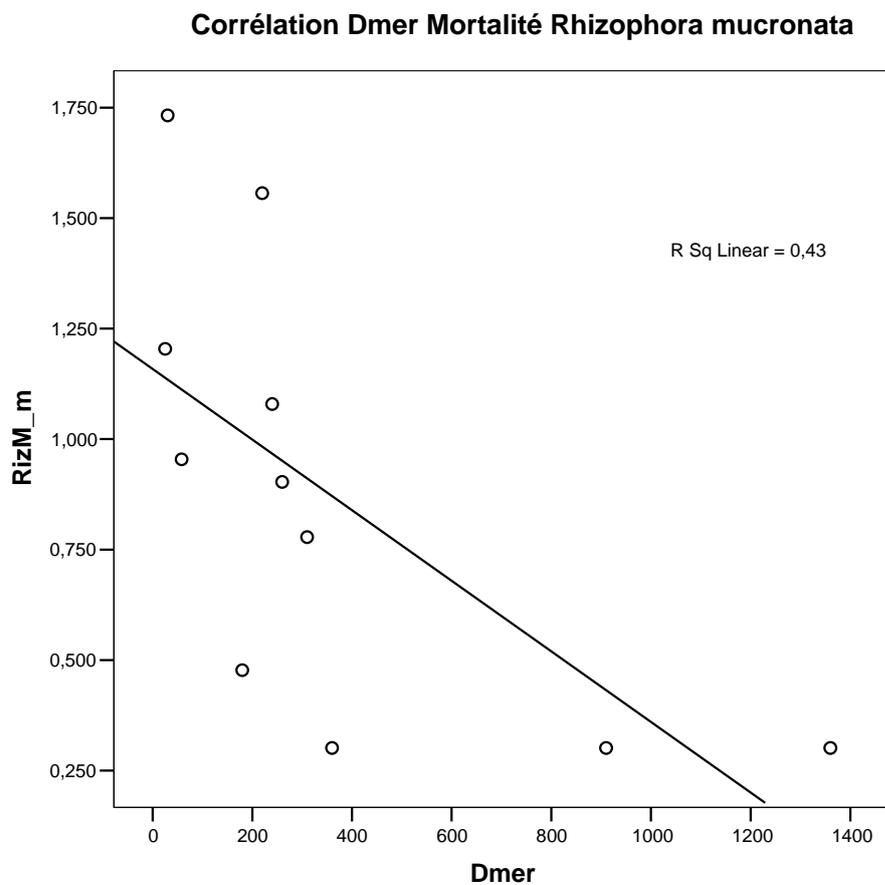


Figure 68 : Droite de corrélation entre la variable RizM_m (*Rhizophora* mort) et Dmer (distance en mer)

- A partir des deux matrices, une matrice des variables environnementales et une matrice des relevés-espèces, nous avons traité l'ordination des données sous PC-ORD pour voir les corrélations des variables environnementales sur le premier horizon (a) dans les placeaux des sites d'étude.

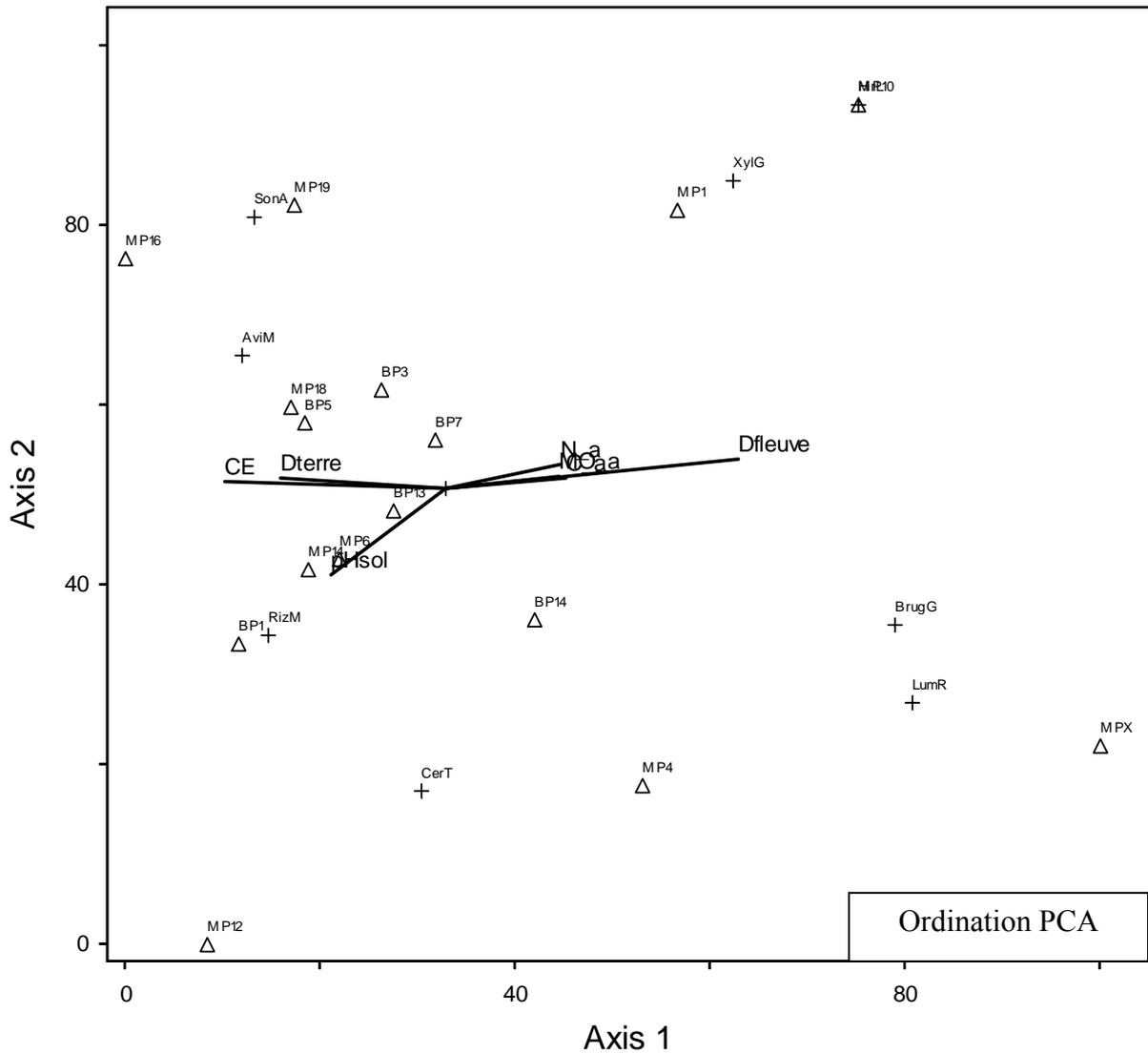


Figure 69 : Position des relevés et vecteurs des variables environnementales sur l'axe 1 et 2.

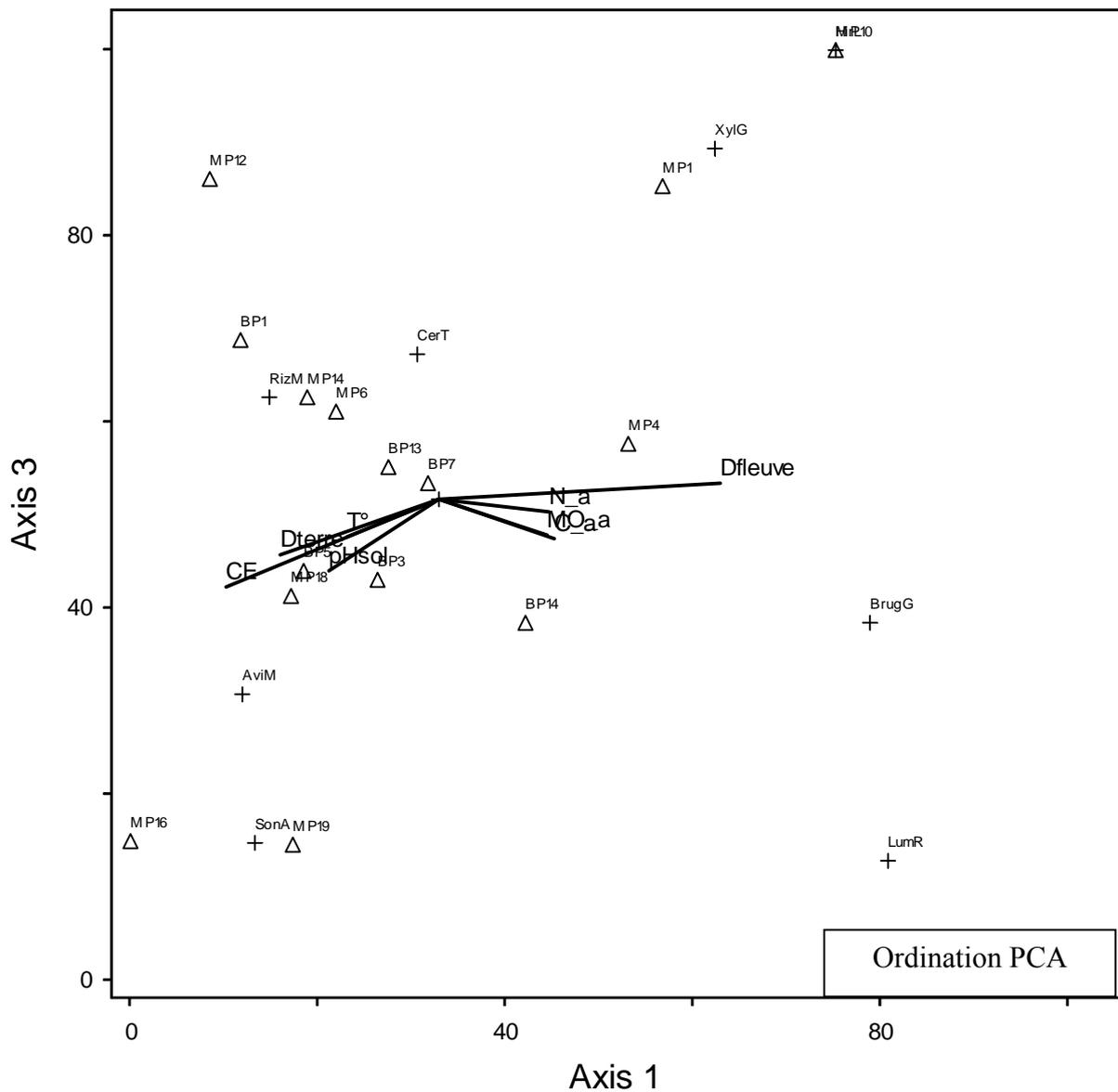


Figure 70 : Position des relevés et vecteurs des variables environnementales sur l'axe 1 et 3.

Les résultats de la PCA présentés dans la figure 69 et 70 respectivement sur l'axe 1 et 2, et sur l'axe 1 et 3 mettent en évidence l'influence significative de certains facteurs environnementaux sur la composition de la végétation.

Le gradient majeur influençant le premier axe de l'ordination est celui du Dfleuve. Sur l'axe 1, la salinité représentée par la conductivité électronique (CE) est corrélée avec la distance par rapport à la terre (Dterre) et la température (T°). Plus la distance par rapport à la terre est grande, plus la conductivité électrique et la température sont élevées.

Le carbone (C), l'azote (N) et la matière organique (MO) sont étroitement corrélés entre eux dans les placeaux des deux sites.

Le pH du sol (pHsol) est plus acide lorsque la salinité est élevée selon le gradient vers la terre ferme. Cette analyse rejoint le résultat d'étude du sol.

Pour mettre en évidence les facteurs environnementaux qui donnent une influence significative sur un axe, nous avons procédé à l'analyse de variance ANOVA.

Les trois premiers axes de l'ordination PCA ont le taux élevé de représentation des variables environnementales d'après le tableau 58, ce qui nous a conduit à considérer seulement les trois axes pour l'analyse de la régression sous SPSS (tableau 59 et tableau 60).

Tableau 58 : Le pourcentage de variabilité des axes

| AXES | % de variance |
|------|---------------|
| 1 | 26.6 |
| 2 | 21.1 |
| 3 | 18.3 |
| 4 | 8.5 |
| 5 | 8.6 |
| 6 | 7.7 |
| 7 | 5.3 |
| 8 | 2.2 |

Tableau 59 : Statistique de la régression multiple par test ANOVA

| | Axe 1 | Axe 2 | Axe 3 |
|---------------|-------|-------|--------|
| Nombre | 9 | 11 | 5 |
| Observations | 14 | 14 | 14 |
| F | 9.695 | 3.526 | 34.138 |
| P | 0.003 | 0.085 | 0 |
| df Régression | 3 | 1 | 7 |
| df Résidu | 10 | 12 | 6 |

Tableau 60 : Résultats des corrélations par méthode rétrograde

| | Coefficients | Erreur-type | Statistique t | Probabilité |
|-----------|--------------|-------------|---------------|-------------|
| AXE 1 | | | | |
| Constante | -3.002 | 1.154 | -2.602 | 0.026 |
| Dterre | -0.002 | 0.001 | -3.135 | 0.011 |
| Arg_a | 0.42 | 0.02 | 2.16 | 0.056 |
| MO_a | 0.146 | 0.043 | 3.415 | 0.007 |
| AXE 2 | | | | |
| Constante | -1.162 | 0.738 | -1.574 | 0.141 |
| N_a | 5.368 | 2.859 | 1.878 | 0.085 |
| AXE 3 | | | | |
| Constante | -11.32 | 5.639 | -2.007 | 0.091 |
| Dterre | -0.002 | 0 | -5.02 | 0.002 |
| T° | -0.324 | 0.083 | -3.901 | 0.008 |
| pHeau_a | 1.735 | 0.56 | 3.101 | 0.021 |
| Arg_a | 0.081 | 0.018 | 4.566 | 0.004 |
| Sab_a | 0.116 | 0.025 | 4.574 | 0.004 |
| MO_a | -0.081 | 0.032 | -2.537 | 0.044 |
| CN_a | 0.079 | 0.022 | 3.634 | 0.011 |

Les résultats des corrélations montrent que sur l'axe 1, les variables Dterre, Arg_a et MO_a sont les plus significatifs.

Sur l'axe 2, il n'y a qu'une variable retenue : l'azote N, tandis que sur l'axe 3, il y a plusieurs variables retenues : Dterre, T°, pHeau_a, Arg_a, Sab_a et MO_a corrélés entre eux.

Sur les 12 variables explicatives initiales, six variables (Dterre, T°, pHeau_a, Arg_a, Sab_a et MO_a) sont les plus déterminantes pour les peuplements de palétuviers. Ces variables sont : la distance des peuplements par rapport à la terre (Dterre), la température de l'eau (T°), le pH de l'eau, la granulométrie représentée par le taux d'argile (Arg_a) et le taux de sable (Sab_a) et la quantité de matière organique (MO_a) dans le sol.

Il est bien connu que la présence et l'abondance relative de chacune des espèces de mangroves sont conditionnées par le réseau hydrographique de la région, la nature du substrat et les conditions du milieu. L'ordre d'importance de ces facteurs dépend essentiellement de la végétation ou l'espèce en question.

4.3.2.4. Conclusion

En conclusion, on peut dire que la structure de la végétation, la dendrométrie et la régénération naturelle se différencient dans les deux sites.

- Avec l'analyse d'ordination, les groupements suivants ont été notés dans l'association végétale :

- *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal*
- *Lumnitzera racemosa* et *Bruguiera gymnorrhiza*
- *Xylocarpus granatum* et *Heritiera littoralis*
- *Sonneratia alba* et/ou *Avicennia marina*

- Dans la mangrove de Mariarano, les Rhizophoraceae sont les plus rencontrés tandis qu'à Boanamaru, ce sont les *Avicennia marina*. De même, la densité des individus adultes est significativement plus élevée qu'à Boanamaru. L'espèce *Heritiera littoralis* présente la plus forte densité. Le résultat montre aussi qu'en allant vers la mer, l'abondance des individus adultes augmente, ce qui permet de penser qu'il est moins accessible, donc moins d'exploitation.

Il a été démontré que le *Lumnitzera racemosa* qui se situent surtout dans la zone de transition ont une hauteur moyenne de 3 m. Les autres espèces sont plus hautes, atteignant une hauteur moyenne maximale de 8 à 12 m à Mariarano. A Boanamaru, elles présentent des faibles valeurs.

A Mariarano, les *Avicennia marina* et *Xylocarpus granatum* avaient des diamètres moyens élevés (20 cm). Le diamètre moyen de *Ceriops tagal* est relativement faible à Mariarano, probablement du fait qu'elle est l'espèce-cible pour l'exploitation dans la région. A Boanamaru, les arbres sont de petit diamètre, sauf pour l'espèce *Avicennia marina*. L'analyse des données des individus « souches et morts sur pieds » montre aussi que l'espèce *Ceriops tagal* est la plus vulnérable à Mariarano comme les *Rhizophora mucronata* le sont à Boanamaru. Ces faits confirment notre supposition.

- Mariarano possède un potentiel de bois élevé - jusqu'à plus de 120 m³ à l'hectare - comparé à Boanamaru, où il ne dépasse pas les 20 m³ à l'hectare à Boanamaru atteignant à Mariarano. Ceci peut être expliqué par le fait que la mangrove de Mariarano, dominée par les Rhizophoracées, est plus dense par rapport à Boanamaru dominé par les Avicenniées plus

espacés. De plus, l'exploitation de la mangrove de Boanamary dans le passé laisse encore de nos jours des traces non réparables.

- Le nombre de plantules d'*Avicennia marina* à Boanamary est significativement plus élevé qu'à Mariarano. Dans l'ensemble, les espèces *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* ont aussi une bonne régénération à Mariarano. Le transfert de gestion déjà appliqué à Boanamary est la raison de cette différence.

- L'analyse de corrélation a montré que l'espèce *Bruguiera gymnorrhiza* est plus adaptée à la proximité de la terre. Son diamètre a un gradient positif vers la terre. Par contre, les peuplements des *Rhizophora mucronata* et *Avicennia marina* sont plus hauts quand on s'éloigne de la terre.

En se rapprochant vers la terre, le taux de mortalité d'*Avicennia marina* est plus élevé, et la densité des plantules de *Ceriops tagal* augmente aussi.

- En introduisant les différents paramètres environnementaux de l'horizon supérieur (a) dans l'analyse de corrélation, la conductivité électronique (CE) est corrélée avec la distance par rapport à la terre (Dterre) et avec la température (T°) sur l'axe 1. L'analyse de la régression multiple a montré ensuite que six variables (Dterre, T°, pHeau_a, Arg_a, Sab_a et MO_a) sont les plus déterminants.

5. PERSPECTIVE D'UNE GESTION DURABLE DES MANGROVES

5.1. LA GESTION DES MANGROVES A MADAGASCAR

5.1.1. Les textes officiels relatifs aux mangroves

La liste des textes officiels concernant l'écosystème des mangroves est présentée ci-dessous. Elle comprend aussi les bois de palétuviers et la pêche dont les détails sont donnés en annexe 11.

- Arrêtés du 27 juillet 1921 et 28 février 1923 réglementant le mode d'exploitation des palétuviers
- Arrêté du 05 août 1932 règlement l'exploitation des peuplements des palétuviers.
- Arrêté n° 278-SE/EF-CG du 30 juin 1932 modifiant l'article 5 de l'arrêté du 05 août 1932.
- Décret du 25 janvier 1930 réorganisant le régime forestier à Madagascar.
- Arrêté du 17 novembre 1930 réglementant l'application du décret du 25 janvier 1930.
- Décret n° 93-009 relatif à la pêche et à l'aquaculture.
- Loi n° 96-025 du 30 septembre 1996 relative à la gestion locale des ressources naturelles renouvelables, (...) de la procédure de transfert de gestion et de l'agrément.
- Loi n° 97-017 du 8 Août 1997 portant révision de la législation forestière.
- Arrêté 4355/97 portant sur la définition et délimitation des zones sensibles.
- Décret n° 97-1456 relatif à la pêche dans les eaux continentales et saumâtres.
- Décret n° 98-782 du 16 septembre 1998 relatif au régime de l'exploitation forestière.
- Décret n° 2000-027 du 13 janvier 2000 relatif aux communautés de base chargées de la gestion locale des ressources naturelles renouvelables.
- Arrêté n° 12.704/2000 du 20 novembre 2000 relatif à l'arrêt de toute activité extractive de ressources ligneuses dans les zones sensibles.
- Décret n° 2001-122 du 14 février 2001 fixant les conditions de mise en œuvre de la gestion contractualisée des forêts de l'Etat.

En résumé, la gestion des ressources de la zone côtière appartient au ressort du Ministère des Eaux et Forêts pour les ressources végétales littorales, et à celui du Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques pour les ressources marines.

5.1.2. Le régime juridique de l'exploitation de la mangrove

- Le Droit d'usage

Les membres du Fokonolona sont autorisés à exercer leurs droits d'usages traditionnels individuellement ou collectivement dans les peuplements de palétuviers, conformément aux dispositions de la loi relative à la gestion communautaire locale des ressources renouvelables.

- Les permis de coupe

Des permis de coupe peuvent être accordés par le représentant régional du Ministère chargé des Eaux et Forêts à des particuliers non membres du Fokonolona contre paiement de redevance et pour une quantité limitée, pour leurs besoins strictement personnels.

- Les permis d'exploitation

Avant l'an 2000, l'exploitation commerciale des palétuviers était soumise à l'obtention d'une autorisation et au paiement des redevances. Lorsque l'exploitation portait sur une variété à écorce à tanin, l'arbre ne pouvait être coupé que s'il avait une dimension égale ou supérieure à 15 cm de diamètre au-dessus de la jonction des racines. Lorsqu'il s'agissait d'une exploitation de bois d'industrie, de bois de chauffage ou de bois de charbon, l'arbre ne pouvait être abattu que s'il avait un diamètre égal ou supérieur à 10 cm. L'autorisation d'exploiter les peuplements de palétuviers donnait lieu à la perception de deux redevances, l'une, annuelle, correspondant à l'exploitation des produits principaux ; l'autre par tonnes d'écorces, correspondant à l'exploitation des produits accessoires, et perçue au moment de l'embarquement. Aucune écorce de mangrove ne pouvait être embarquée sans être accompagnée d'un certificat d'origine du chef de circonscription des Eaux et Forêts.

A partir de 2000, par l'arrêté n° 12.704/2000 du 20 novembre 2000, aucun permis d'exploitation n'a été délivré.

5.1.3. La politique nationale de développement durable des zones côtières de Madagascar

"Deux grands enjeux de la politique malgache de nos jours sont la conservation et la gestion durable des ressources naturelles ainsi que la réorganisation de l'Etat et de la Société: décentraliser et transférer des responsabilités à la société civile: Bâtir le partenariat entre les secteurs publics et privé» (POLFOR-GTZ 2001). En somme, la nouvelle stratégie visait à ce que « tous les projets de foresterie devraient s'assurer que les bénéficiaires de leurs activités vont

aux populations concernées par les forêts. Les forêts ne peuvent survivre que si les victimes, ainsi que les agents de la destruction des forêts, sont également impliqués dans une gestion participative ».

La politique nationale est caractérisée par :

- une décentralisation de la gestion des ressources au niveau local, pour un meilleur désengagement de l'Etat en faveur d'une meilleure participation et responsabilisation des populations locales de base
- un transfert du pouvoir de gestion des forestiers professionnels vers les communautés locales devenues gestionnaires
- la mise en place d'une sorte de partenariat public- privé entre les autorités publiques et les populations locales dans le cadre d'une négociation patrimoniale et de l'établissement d'un Contrat de gestion
- une dérégulation par l'abandon des lois trop restrictives et coercitives
- une meilleure définition des droits de propriété
- le principe de subsidiarité.

La politique environnementale nationale du gouvernement malgache a été basée sur le Plan National d'Action Environnemental (PNAE) élaboré en 1989 dont :

- la première phase d'exécution du PNAE était entre 1991 à 1996 correspond au programme environnemental I (PEI),
- la deuxième phase est marquée par le programme environnemental II (PEII) entre 1997 à 2001 et
- la troisième phase par le programme environnemental III (PEIII) à partir de 2002.

Plusieurs composantes du Plan d'Action Environnemental s'attellent à la gestion des ressources de la Biodiversité à travers des objectifs spécifiques telle la composante Environnement Marin et Côtier (EMC), avec la conception et la mise en œuvre de la Politique de Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC) à partir de PEII. Des projets pilotes locaux ou régionaux de GIZC sont nombreux dans le pays (ONE et EMC 1998).

La GIZC est un concept largement utilisé dans le monde. Il s'agit d'un processus continu et dynamique rapprochant les intérêts du gouvernement et des communautés, de la science et de la gestion, des acteurs économiques et du public, par l'élaboration et la mise en œuvre de plans de gestion intégrée pour la protection et le développement des ressources et des éco-socio-systèmes côtiers (GESAMP 1996).

Ce programme est en association étroite avec les autres composantes et agences exécutives du PNAE, en particulier AGERAS, MEF, MECIE, SIE et ANGAP.

L'objectif de ce programme est :

- d'assurer la durabilité de l'exploitation des ressources renouvelables
- d'améliorer les conditions de vie des communautés littorales et de participer au développement économique du pays
- d'assurer la prévention et la réduction des pollutions marines
- de résoudre les conflits dans l'utilisation de l'espace littoral et de gérer les interactions entre les activités concurrentes
- de maintenir la biodiversité marine et la fonction écologique des écosystèmes côtiers, en particulier ceux des récifs et mangroves.

5.1.4. Le transfert de gestion

Les types de transfert

Devant l'incapacité de l'Etat à réguler l'accès aux ressources naturelles, les environmentalistes ont proposé une nouvelle approche de gestion fondée sur une logique de déléguer ou de transférer aux populations la responsabilité de gestion des ressources. Le transfert de gestion des ressources naturelles (TGRN) est aujourd'hui le concept qui est considéré par l'Etat comme étant la solution apte pour faire face à la spirale de dégradation des ressources naturelles renouvelables. Il consiste à responsabiliser les communautés locales de base dans la gestion d'une façon durable des ressources présentes sur leur territoire, dans la résolution des problèmes engendrés et/ou non solutionnés par les politiques et les stratégies antérieures, ainsi que dans l'amélioration des méthodes utilisées dans les projets de conservation.

L'objectif des transferts de gestion est d'aboutir à un contrat GELOSE (Gestion Locale Sécurisée). La GELOSE se base sur une loi promulguée en 1996, qui permet d'octroyer des terres domaniales aux collectivités décentralisées sur la base d'un contrat établi au niveau de la Commune. Elle a été mise en oeuvre depuis 1997.

Dans le cadre de la conservation des forêts à Madagascar, d'autres stratégies ont également été mises en place. Il y a eu la GPF (Gestion Participative des Forêts) expérimentée dès 1994

dans les régions de Menabe. En 2001, la Direction générale des eaux et forêts (DGEF⁹) avait également mis en place la GCF (Gestion Contractualisée des Forêts). Elle concerne les ressources forestières et a fait l'objet d'un décret à part. Elle devient maintenant d'utilisation courante dans les stratégies de gestion durable développés par bon nombre de projets d'appui.

Le processus du transfert de gestion

Les deux démarches, GELOSE et GCF, prévoient un transfert des compétences de gestion des ressources naturelles résumées comme suit par (Raharijaona 2005) :

- la GELOSE prévoit une sécurisation foncière relative, une délimitation du terroir et des ressources naturelles et enfin un processus de négociation / médiation. L'ensemble aboutit à un cahier de charges, qui régira les rapports entre la communauté de base et leur commune de rattachement, et à des *dina* qui eux régleront les rapports entre les membres de la communautés de base.
- la GCF peut être établie sous une forme GELOSE, ou se baser, au niveau régional, sur des contrats de co-gestion qui lient la Circonscription¹⁰ des eaux et forêts, les communes et les villageois, sur des *dina* villageois ou sur des *dinabe* qui regroupent plusieurs villages. Elle peut être couplée à une procédure de sécurisation foncière hors forêt si elle intègre les questions forestières à une gestion des autres ressources du terroir.

La GELOSE

La Gestion Locale Sécurisée (GELOSE) est une forme de gestion des ressources naturelles renouvelables. Elle consiste à confier aux Communautés de Base (COBA) la gestion de certaines ressources naturelles qui sont comprises dans leur terroir, la sécurisation foncière sous le contrôle de la Cellule de Pilotage Foncier. Cela implique directement la population à la gestion et à la valorisation de ses ressources. Elle redynamise la cohésion sociale et remet en place le légal et le légitime au sein des communautés.

La sécurisation foncière dans le cadre des contrats GELOSE est la Sécurisation Foncière Relative (SFR). Elle est relative car les droits sont convenus entre les parties et ne sont pas garantis par l'Etat de façon absolue et inattaquable. Cependant, la sécurité est assurée au

⁹ En 2001 le ministère des eaux et forêts, auquel était rattaché la DGEF, et celui de l'environnement, qui avait la tutelle de la mise en place de la GELOSE, étaient deux entités distinctes. Ce n'est qu'à partir de 2002, avec l'avènement d'un nouveau régime que les deux ministères ont été fusionnés en un seul. Cependant au sein de ce ministère, les deux directions générale EF et Environnement sont toujours distincts.

¹⁰ L'administration des eaux et forêt est subdivisée en une vingtaine de circonscriptions administratives réparties sur les différentes régions du pays

niveau des communautés locales, étant donné que la communauté concernée reconnaît l'occupation de chacun de ses membres et que les communautés voisines reconnaissent les limites du terroir de la communauté concernée (www.pnae.mg).

Les catégories de ressources concernées par cette forme de gestion sont : les forêts, la faune et la flore sauvages terrestres ou aquatiques, l'eau et les territoires de parcours.

On parle aussi de la gestion participative des forêts (GPF) pour l'écosystème « forêt ».

Les parties contractant de la GELOSE sont :

- l'Etat représenté par le Département technique gestionnaire des ressources (Eaux et Forêts, Pêche et Ressources Halieutiques, Elevage) en tant que propriétaire,
- la Commune collectivité décentralisée de base, en tant que responsable des activités de développement dans sa circonscription,
- la Communauté Locale de Base en tant qu'institution assurant la gestion des ressources par le biais de contrat.

Les éléments constituant le contrat GELOSE sont :

- le contrat de transfert de gestion des ressources renouvelables,
- le cahier des charges définissant les droits et les obligations des trois parties,
- le *dina* régissant les relations entre les membres de la communauté dans la mise en œuvre du contrat,
- le plan d'aménagement et de gestion des ressources,
- les documents SFR (Sécurisation Foncière Relative) concernant l'ensemble de terroir de la communauté de base.

Les principales dispositions des textes sur la législation forestière sont reprises dans le *dina*. Celui-ci prévoit des sanctions (*vonodina*) pour les contrevenants, et elles sont cumulables avec les amendes ou peines d'emprisonnement infligées par les tribunaux.

La réalisation du processus GELOSE, conclu par la signature d'un contrat, repose surtout sur la motivation de la communauté de base et doit se baser sur trois étapes:

- une prise de connaissance de la GELOSE, de son contenu, de ses avantages,
- des modalités de réalisation,
- un changement structurel de vision et de gestion des ressources par la population.

Le médiateur a pour rôle de :

- faciliter la négociation et l'élaboration des contrats de transfert de gestion,

- rapprocher les visions, les perceptions et les objectifs des différents acteurs concernés par le contrat,
- faciliter les relations difficiles entre l'Administration et les Communautés de base.

Le médiateur peut travailler sur plusieurs demandes de transfert de gestion à la fois. Il passe quelques jours successivement sur chacun des sites, en laissant des périodes sans intervenir. Il y a 44 médiateurs agréés en fin 2002 à Madagascar (www.sage.mg). Le comité d'agrément des médiateurs environnementaux est présidé par le secrétaire général du Ministère de l'environnement.

Les chiffres sur le transfert de gestion à Madagascar (tableau 61) en 2002 montrent qu'à Mahajanga, les contrats officialisés sont nombreux alors que deux seulement ont été signés.

Tableau 61 : Nombre de contrats au mois de Décembre 2002 (www.sage.mg)

| PROVINCE | OFFICIALISES | SIGNES | EN COURS |
|--------------|--------------|--------|----------|
| ANTANANARIVO | 14 | 9 | 23 |
| ANTSIRANANA | 9 | 19 | 13 |
| MAHAJANGA | 19 | 2 | 25 |
| TOAMASINA | 3 | 13 | 30 |
| FIANARANTSOA | 6 | 2 | 32 |
| TOLIARA | 20 | 11 | 9 |
| TOTAL | 71 | 48 | 132 |

D'après SAGE en 2003 www.sage.mg, l'écosystème « mangrove-marine » (récifs et îlots compris) comptait 53 contrats de transfert d'une superficie moyenne transférée entre 250 ha et 8 000 ha.

5.2. SUGGESTION D'ELABORATION D'UN PLAN D'AMENAGEMENT DES MANGROVES. CAS DE MARIARANO

Il faut rappeler certaines définitions avant d'entamer ce paragraphe.

Aménagement : une organisation dans l'espace et dans le temps des ensembles d'activités à faire.

Plan d'aménagement : document réglementaire (soumis au visa de l'administration) qui précise l'objectif assigné à la forêt et prévoit les mesures nécessaires pour atteindre cet objectif. Ceci s'appuie sur l'ensemble de considérations et des analyses : l'état de la forêt, les potentialités économiques, l'aspect social et l'utilité générale.

Plan de gestion : document qui prévoit la mise en œuvre des mesures proposées dans le plan d'aménagement : programme d'exploitation des ressources concernées et programme des travaux en précisant leur nature, leur périodicité et leur durée, leur quotité, les revenus et les coûts. Le plan de gestion se clôture par un bilan financier sur la base des dépenses prévues et des recettes escomptées.

Les acteurs intervenants dans le processus de la gestion communautaire sont :

- la commune rurale concernée
- la sous-préfecture concernée
- la Direction Inter-Régionale des Eaux et Forêts :
 - o le cantonnement
 - o le CIREF (Circonscription des Eaux et Forêts)
 - o la division de gestion des ressources naturelles
- le service provincial des Pêches et des Ressources Halieutiques
- les COBA (comités de base) ou VOI formalisés
- l'association des pêcheurs etc.
- les opérateurs de développement

Les objectifs spécifiques de la gestion des mangroves sont :

- de protéger la forêt de mangrove contre la surexploitation
- de laisser régénérer les mangroves
- d'assurer les besoins des générations futures
- de préserver la faune spécifique de la mangrove
- de maintenir la reproduction des ressources halieutiques

Il y a plusieurs alternatives d'aménagement possibles, voici quelques aménagements-types tirés des transferts de gestion exécutés (ONG GREEN et MINENVEF 2003 ; WWF et MINENVEF 2006 ; WWF et ANGAP 2005 ; Feltz et Goedefroit 2004) :

- Première alternative : Exploitation à but commercial tout en assurant une production durable
Assurer la régénération des forêts selon leur état de dégradation et exploiter en même temps dans les zones qui peuvent encore supporter des extractions. Les zones de mangrove devraient être partagée en :
 - Zone réservée à l'exploitation pour les dix premières années par exemple.
 - Zone à conserver pour la régénération de la forêt. Exploitation après 10 ans
 - Zone d'utilisation contrôlée

Celle-ci est en effet exclue du choix du fait que l'exploitation de la mangrove à but commercial est actuellement contraire à la loi, interdit après l'abus de l'exploitation illicite, même si la réalité sur le terrain est autrement.

- Deuxième alternative : Exploitation uniquement pour les droits d'usages

Assurer les besoins des générations futures. La période de 10 ans sans exploitation est jugée suffisante pour la reconstitution des palétuviers.

Les zones de mangrove sont partagées en :

- Zone réservée à l'application des droits d'usage pour les dix premières années
- Zone à conserver pour la reconstitution de la forêt de mangrove. Application des droits d'usage après 10 ans.
- Zone à conserver pour la reconstitution de la forêt de mangrove. Application des droits d'usage après 20 ans.

- Troisième alternative : Conservation pour la reconstitution de la forêt de mangrove pendant un temps déterminé. C'est la zone de protection totale.

L'exploitation peut seulement commencer à partir d'une année définie. Vingt ans sont jugés suffisants pour la mangrove avec alternation de 10 ans par exemple entre les zones existantes :

- Zone d'exploitation après 20 ans
- Zone d'exploitation après 30 ans
- Zone d'exploitation après 40 ans

Pour le cas de Mariarano, si l'on se réfère aux résultats de l'étude écologique, de la télédétection ainsi qu'à ceux de l'enquête, la mangrove de Mariarano est en voie de dégradation incessante par la surexploitation des bois de mangrove. Si l'on sait qu'autour de 43% de la surface totale des mangroves sont des mangroves clairsemées et dégradées, ce qui implique que toutes les zones devraient être des zones de protection totale. Pourtant, la situation est difficile.

Vu les résultats de l'enquête et les constatations sur le terrain, les exploitants illicites des bois de mangrove qui veulent toujours continuer leur activité rendent difficile la mise en place d'une telle gestion. C'est un grand obstacle pour sa réalisation.

Le contrat de gestion de mangrove concerne deux ressources renouvelables : les ressources forestières et les ressources marines. Il comprend le *dina*, le cahier des charges et le plan d'aménagement. Il faut bien dire que pour le cas de l'estuaire de Mariarano, la délimitation des zones de mangroves implique en même temps les limites des zones de collecte et de pêche dans la région concernée.

La gestion des différentes zones devrait être partagée entre les villages concernés dans les deux sous-préfectures de Mariarano et Marosakoa. Les villages de Mariarano sont Antafiamahagandra, Mariarano, Antanandava, Antsena, Andimaka, Ampanolora et Tsianongakalala. Les villages de Marosakoa sont Berafia, Marosakoa, Maroangola, Anjiamandrora, Antsakoambezo, Ankobohobo et Antsira. La gestion concerne à la fois les zones de pêche et les zones de mangroves. Cette subdivision doit impérativement sortir durant le processus de la mise en place du transfert de gestion.

Nos résultats suggèrent l'aménagement suivant pour Mariarano (figure 71) :

- Zone A : Zone d'exploitation rationnelle – zone d'exploitation des ressources naturelles renouvelables. C'est une zone plus ou moins intacte. Le but est de maintenir les sources de revenu et de satisfaire les besoins locaux. En revanche, cette exploitation est sous gestion communautaire ce qui limite l'exploitation.

Les zones A sont : Ampasimboay, Bekobany, Ampanolora, Ampandriampanihy et Besaja

- Zone B : Zone d'exploitation pour droit d'usage et zone de valorisation des ressources secondaires. C'est une zone moyennement dégradée. Dans le cadre du droit d'usage, on doit satisfaire les besoins quotidiens des villageois en bois de mangroves réglementés par le *dina*. En même temps, on peut combiner ces périmètres en zone de valorisation des ressources annexes issues de la mangrove comme les poissons, les crabes, les crevettes et les huîtres.

Les zones B sont : Ambovombe, Ambahiviky, Antafiandrakoto, Antafianibariday, Anjialavatana, Anjabarao et Anjialavatana.

- Zone C : Zone de restauration et d'enrichissement. Ce sont surtout des zones dégradées demandant un reboisement. Le but est de renouveler les ressources prélevées et de régénérer les ressources présentes.

Les zones C sont : Anjialava, Antsira, Ambariobe, Antsena na Antafiamanary, Maroakora Antsakoambezo et Ankobohobo.

Etant donné le degré de dégradation des mangroves de Mariarano, une conservation permettant seulement une exploitation pour les droits d'usage serait idéal. Mais la situation est compliquée, vu les profits qu'engendre l'exploitation illicite dans la région. S'il fallait céder à des zones d'exploitation à but commercial, il serait recommandé de professionnaliser les exploitants afin que les mangroves soient exploitées rationnellement d'après les règles d'écologie durable.

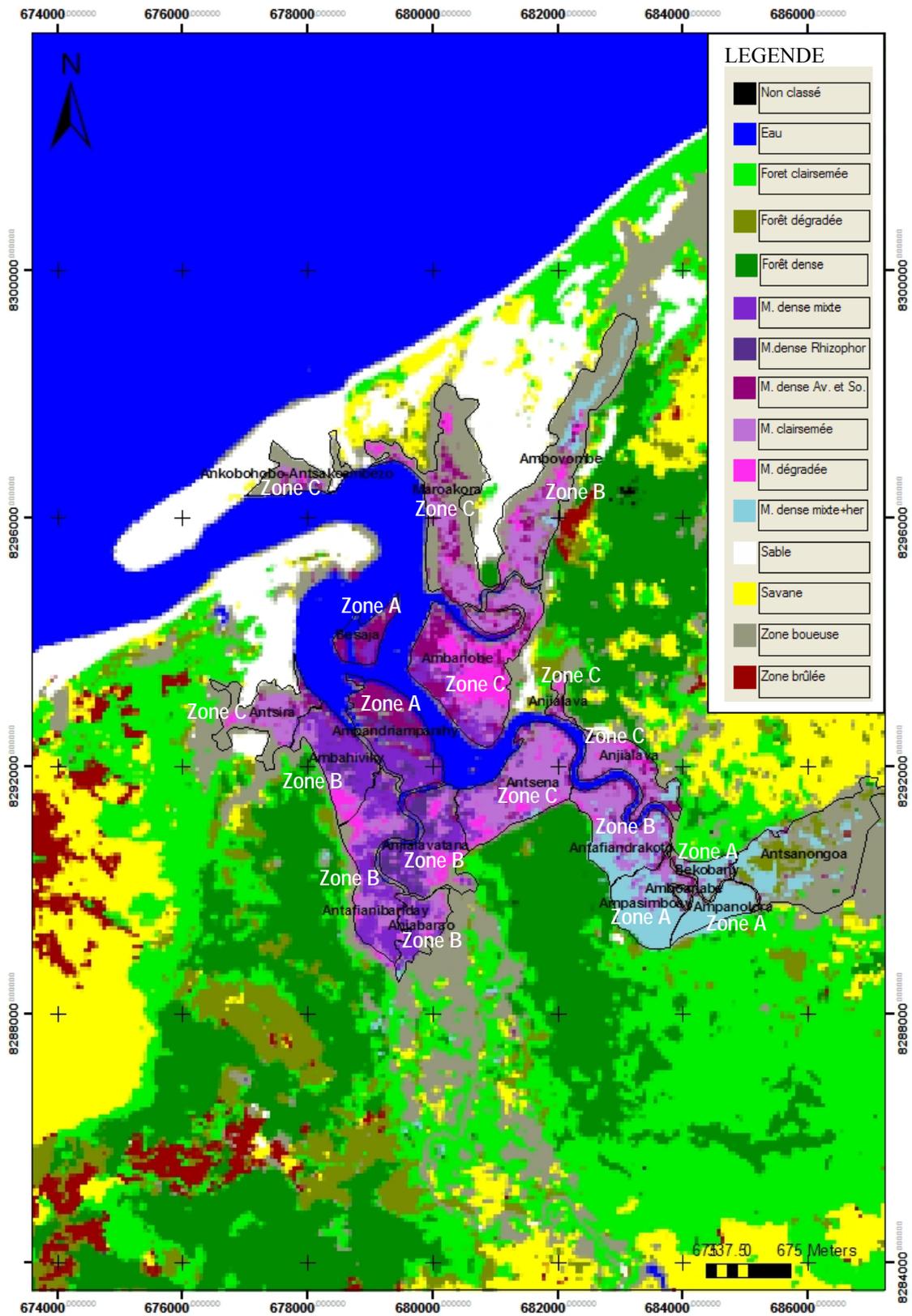


Figure 71 : Carte d'aménagement de Mariarano (Original : C. Andriamalala)

5.3. RECOMMANDATIONS

On retiendra les quelques lignes suivantes pour mieux réussir la gestion des ressources renouvelables et pour minimiser l'échec dans le cadre de transfert de gestion :

- Bien étudier les lieux avant d'établir le contrat de gestion qui est souvent classique et semblable dans la plupart des cas.
- Bien gérer la procédure de transfert de gestion qui est une longue période en partant de la population jusqu'au service des eaux et forêts mandaté par l'Etat pour le transfert. Généralement, la majorité des ressources se dégradent de plus en plus jusqu'à ce que le transfert soit réalisé.
- Mettre en cohérence les textes législatifs sur la zone de mangrove et ses ressources. Cela demande une amélioration des textes.
- Bien informer et conscientiser la population concernée sur les objectifs de la gestion. Dans la procédure de transfert de gestion, la population a tendance de jouer le rôle des écouteurs (passifs) que celui des participants (actifs).
- Mettre au courant la population sur les différents points du contrat de gestion, le règlement intérieur *dina*.
- Constituer un bureau bien représentatif de COBA de la communauté villageoise
- Prioriser l'application de la loi « *dina* » après les liens parentales et communautaires « *fihavanana* ».
- Bien délimiter le zonage du plan d'aménagement pour éviter les litiges.
- Prendre en compte le contexte économique et associatif lors de la mise en place de GELOSE
- Multiplier le contrôle sur le terrain.
- Inclure dans le règlement intérieur qu'un entretien à l'intérieur des forêts après exploitation est nécessaire pour leurs préservations. Ceci n'est pas indiqué dans le contrat de gestion.
- Inclure dans le règlement intérieur les droits et les devoirs des nouveaux arrivants qui sont généralement intéressés à l'exploitation des ressources, ce qui crée des conflits.
- Bien analyser les rapports établis de chaque VOI. Quelquefois, ces rapports ne reflètent pas la réalité.
- Mieux coordonner les tâches des services de Pêche et des services des Eaux et Forêts qui travaillent souvent chacun de leur côté dû au cloisonnement institutionnel.

- Faire bénéficier les membres du bureau de COBA d'un traitement particulier pour les motiver.
- Bien définir les rôles des COBA et de la commune en tant que médiateurs dans la gestion des conflits (vol, intrus etc.).
- Créer une autre source d'argent pour l'association (exemple : opération bal etc.), qu'elle peut utiliser par la suite pour motiver ses membres à participer au reboisement.
- Prêter main-forte à la réalisation du reboisement. Il peut être soutenu par des fonds mis à disposition par des organismes oeuvrant sur l'environnement.

Dans le développement de la gestion intégrée, la loi est sévère pour l'intérêt environnemental, ce qui a pour conséquence une hausse de la pauvreté et une baisse des revenus de ménage. Certaines mesures d'accompagnement devraient donc être mise en œuvre pour remédier aux problèmes économiques et pour améliorer les conditions de vie des villageois suite à l'interdiction d'exploitation ou d'utilisation des ressources.

Des ressources financières alternatives devraient être alors développées. Cela dépend de chaque région, mais on peut citer ici quelques propositions qui sont réalisables dans la région de Mariarano :

- développer l'agriculture qui jusqu'à maintenant, ne connaissait que des filières archaïques et des pratiques traditionnelles,
- développer l'artisanat féminin (par exemple la vannerie),
- organiser l'exploitation des raphières afin d'améliorer le prix de vente,
- développer les activités de pêche (poissons, crabes, crevettes, huîtres),
- développer l'apiculture dans les zones de transition entre mangrove et forêts, trouver un marché pour le miel,
- améliorer la façon de conserver le poisson (séchage, congélation et salage).

Il est recommandé de choisir les espèces pour le reboisement en fonction des caractéristiques de la station. Nos résultats suggèrent principalement à considérer les espèces suivantes:

- *Avicennia marina* et/ou *Sonneratia alba*, pour les zones sursalées dans la mangrove littorale (Boanamary) ou proche de la mer (comme dans le nord de l'estuaire de Mariarano), inondés par toutes les marées;
- *Rhizophora mucronata* et/ou *Ceriops tagal* dans les endroits inondés par les grandes marées, à salinité relativement élevée, éventuellement approvisionnés en eau douce comme dans la mangrove d'estuaire de Mariarano de petite dimension ou le long du fleuve (comme à Ambatomalama -Boanamary);
- *Bruguiera gymnorhiza* et/ou *Lumnitzera racemosa* pour les zones proches de la terre ferme, rarement inondé, à salinité moins faible par rapport aux espèces citées ci-dessus.

Le reboisement des mangroves est primordial pour freiner l'érosion continentale et préserver la faune qu'elle abrite. Cela demande une certaine formation au niveau des villageois concernant les techniques à adopter, le mode de plantation et les soins à y apporter.

6. DISCUSSIONS ET CONCLUSION GENERALE

6.1. DISCUSSIONS

- ENQUETE

Le travail d'enquête a demandé beaucoup de souplesse et de compréhension vis-à-vis de la personne à enquêter. Il était difficile d'aborder directement le thème de l'exploitation forestière. Les habitants sont méfiants et donnent des réponses vagues ou fausses sans conclusion exacte. Dans notre enquête, les données individuelles (comme l'âge) n'ont pas été demandées pour éviter les soupçons. Pour eux, les questions indiquaient que nous allions communiquer leurs coordonnées aux services forestiers.

Il nous est même arrivé de rencontrer des gens qui cherchaient à fuir lors de notre arrivée au village. C'est dans ce contexte que nous avons choisi des personnes bien ciblées, introduites par les autorités ou le guide sur place, pour leur expliquer notre but. Nous avons fait l'enquête en groupe pour mieux comprendre la situation. Le désavantage est que l'analyse quantitative n'est pas très précise.

L'atmosphère dans le groupe était confortable, les enquêtés étaient rassurés et la discussion était intéressante. La combinaison des deux méthodes d'enquête (individuellement et en groupe) donne de bons résultats d'enquête.

Le phénomène genre – sexe de personne concernée - est très marqué surtout à Mariarano. Les femmes ne s'expriment pas librement et laissent toujours la décision aux hommes. Cette attitude est un grand obstacle à leur propre développement. Jusqu'à quand cet écart va-t-il encore se poser ?

- TELEDETECTION

Une différence de résolution d'images satellites a pour cause des différences spectrales. La même classe ne peut alors être retenue pour chaque image. Ce qui est le cas pour les résultats de ASTER (15m) et LANDSAT TM (30 m) avec l'image LANDSAT MSS 1973 (80m). Ainsi il était impossible de discerner les différents types de mangrove au cours du temps. L'analyse se réduit au changement de la couverture du sol par grandes classes, c'est-à-dire « mangrove dense et dégradée », « forêt dense et dégradée », « savane », « sable » et « eau ».

Dans différents pays, de nombreux travaux de télédétection appliqués aux mangroves ont été réalisés ces dernières années ; ils s'avèrent particulièrement utiles pour ces écosystèmes difficilement pénétrables puisqu'ils considèrent différents types de capteurs (données satellites, données radars, données photos aériennes), et appliquent des méthodes diverses. Citons quelques auteurs qui travaillaient dans la structuration des peuplements de mangrove : les images SPOT-XS et SIR-C étaient utilisées par Pasqualini *et al.* (1999); l'image Landsat par Thevand (2002) et les images IKONOS par Wang *et al.* (2004).

Dans notre étude, nous avons adopté une approche de combinaison de l'image LANDSAT avec l'image ASTER pour la différenciation des classes de mangrove. Le résultat permet de localiser les types et l'état de mangrove et d'agir en conséquence pour leur gestion.

Il s'avère intéressant de comparer les résultats de toutes ces études pour en déduire la bonne approche de classification des mangroves.

- SOL

pH

D'après les travaux de Baltzer *et al.* (1995), le pH augmente verticalement et aussi horizontalement de la terre ferme vers la mer, ce qui est logique. Par contre, nous avons déduit après les analyses des données de Mariarano et Boanamary que généralement le pH diminue en profondeur. Est-ce dû à notre méthode de séchage du sol avant l'analyse ? Est-ce dû à notre limite de profondeur de carottage de 60 cm au maximum? Une mise en garde à l'encontre d'un séchage des échantillons de sol a été formulée par Vieillefon (1977) pour les analyses de sol de mangroves. Il a objecté que le traitement analytique d'échantillons des sols à mangrove, après séchage et préparation classique, donne des indications erronées sur leur nature qui risquent d'être fort éloignées des véritables caractéristiques de l'objet étudié.

Sol aquaculture

Ranaivoson (2001) souligne que les sols à mangrove qui sont argileux ou limoneux (à éléments fins >50%), relativement pauvres en matière organique, et ayant un pH >5 sont pratiquement les meilleurs pour l'aquaculture en bassins. Cette condition de sol pour aquaculture est généralement exacte, que ce soit dans la zone de tanne ou dans la mangrove dans notre étude. Aussi, l'extension de la zone d'aquaculture n'entraîne pas toujours une analyse profonde du sol.

Salinité facteur important

Ralison (1999) a observé qu'*Avicennia marina* semble résister le mieux aux variations de salinité et d'humidité du sol puisqu'on la rencontre indifféremment tant sur les berges de chenaux, au bord de la mer, que sur les tannes exondés. Ce qui nous conduit à la déclaration de Richmond (1997) qui écrit qu' *Avicennia marina* est l'essence de mangrove la plus halotolérante capable de croître là où l'eau est trois fois plus salée que l'eau de mer. Dans de telles conditions, le taux de croissance est réduit et les arbres sont rabougris.

Rasolofoharinoro *et al.* 1999 affirment que lorsque la salinité moyenne de l'eau varie entre 25 et 45‰, l'*Avicennia marina* domine et forme de grandes forêts mais au-delà de 60‰, cette espèce ne pousse que rabougrie. Peut-on supposer alors que la tolérance à la salinité de cette espèce est conditionnée par d'autres facteurs du milieu ?

- VEGETATION

Reboisement

D'après la présente étude, nous savons que la distribution et la dominance des espèces varient entre la mangrove estuaire et la mangrove littorale. Chaque espèce a ses caractéristiques dans la colonisation du milieu. Cela permettra de proposer une sylviculture adaptée généralisée.

Sonneratia alba : “ Il est typiquement une espèce de front de sédimentation, aussi bien dans les estuaires que sur la marge littorale des deltas. C'est également une espèce colonisatrice, mais qui forme en général des peuplements purs et peu étendus ” (Hervieu 1965).

Les autres espèces de Rhizophoracées : *Bruguiera gymnorrhiza* et *Ceriops tagal*, sont souvent en association avec le *Rhizophora mucronata*, dont elles supportent le voisinage, car elles ont un port analogue (troncs droits et serrés). Mais elles forment rarement des peuplements purs aussi étendus (Hervieu, 1965).

Avicennia marina : on la rencontre dans différents lieux sur les berges des chenaux (à Mariarano), au bord de la mer ainsi que sur les tannes exondées (à Boanamary). « *Avicennia marina* forme de grands peuplements monospécifiques, qui constituent à eux seuls l'essentiel d'une mangrove. C'est le cas de l'estuaire de la Betsiboka. » (Lebigre 1990).

On parle souvent des principales formations de palétuviers, à savoir l'*Avicennia*, les Rhizophoracées et *Sonneratia*. La connaissance des autres espèces est faible. A Mariarano, le

Heritiera littoralis a un potentiel de bois élevé et forme la strate supérieure de la zone occupée. On rencontre cette espèce à l'intérieur de l'estuaire avec apport d'eau douce où la salinité est moyennement élevée. N'est-il pas nécessaire d'élargir nos connaissances de ces peuplements?

Hauteur

Dans le site de Boanamary, Ralison (1999) a constaté une hauteur maximale des *Avicennia marina* jusqu'à 14 m. Alors que dans les stations de Boanamary, nous avons mesuré une hauteur maximale de 7 m en moyenne. Cette différence est probablement due à la coupe

Les peuplements de palétuviers atteignent une hauteur maximale de 20 m à Mahajamba et parfois de plus de 30 m dans d'autres pays tropicaux (Rasolofoharino et al. 1998 ; Lebigre 1990). Dans l'étude de mangrove de Guyane, la hauteur des mangroves anciennes atteint jusqu'à 25 m (Vega 2000). Quelle est la densité actuelle des mangroves anciennes à Madagascar ?

- EXPLOITATION

Exploitation illicite

Auparavant, l'exploitation des bois de mangrove n'était pas une menace pour les peuplements mais la situation s'est inversée au cours du temps. Bertrand (1992) définit quatre zones écologiques d'approvisionnement en combustibles ligneux de Mahajanga : la forêt naturelle du côté d'Ankarafantsika, les savanes naturelles, les zones d'activité agricole intense proche de Mahajanga, et les mangroves.

Les coupes des mangroves restent locales spécialement pour le bois de feu et de construction. Elles sont de faible importance ne menaçant pas la stabilité de ces écosystèmes sauf près de Mahajanga (SECA 1986). En 1996, la situation est différente : les bois de mangrove sont utilisés comme combustible pour la ville de Mahajanga. Le défrichement des palétuviers constitue le facteur anthropique local le plus dégradant pour les mangroves de Boanamary, vu que les produits ligneux prélevés dans la mangrove représentent 6% de l'approvisionnement en combustible de la ville de Mahajanga (Rarojo 1994). En 2006, la consommation en bois originaire de Mahajanga est évaluée à 15 550 tonnes de charbon de bois et à 6 300 tonnes de bois de feu (Andriatsimisetra 2006).

Les ressources forestières exploitables deviennent de plus en plus faible ; le défrichement et les feux de brousse en sont les causes principales. La mise à feu de la végétation est pratiquée

par les paysans afin de renouveler le pâturage pour l'alimentation bovine, pour fertiliser les terrains calcaires et pour les cultures vivrières d'autre part. En plus, la forêt d'Ankarafantsika de potentiel de bois élevé est devenue un parc national à aire protégée. La question qui se pose est : comment la ville de Mahajanga arrive-t-elle à couvrir ses besoins en bois ? N'est-ce pas là la raison pour laquelle les mangroves sont de plus en plus exploitées ?

D'un côté, la faible ressource forestière exerçant une pression sur la demande incite certaines personnes à surexploiter la mangrove, à user abusivement du droit d'usage et à l'exploitation illicite. Il ne faut pas non plus oublier que la fabrication de charbon de bois et la coupe de palétuviers signifient un revenu monétaire supplémentaire considérable pour les ménages. Si l'on n'arrive pas à faire la balance entre l'offre et la demande, cette exploitation illicite va se maintenir. Le Service des Eaux et Forêts a déjà essayé d'arrêter ces coupes illicites, mais était toujours en vain. Les bois coupés de mangrove vendus à Mahajanga avaient été saisis, mais cela n'a pas empêché les personnes intéressées à continuer l'exploitation. Les démarches entre la Commune et le Service des Eaux et Forêts ne sont pas parfois cohérentes. La ristourne demandée aux exploitants illicites par la Commune leur donnait l'impression qu'ils sont tout à fait du côté de la loi en payant la somme correspondante aux produits emportés. Dans ce cas, la ristourne ne favorise-t-elle pas l'exploitation ?

Conservation

La présence des bassins d'élevage joue un rôle indirect de protection contre l'exploitation clandestine et la descente des zébus dans la région de mangrove de Boanamaray. L'accès des villageois est plus restreint et la présence permanente de gardiens dans les coins des bassins réduit l'exploitation clandestine dans les environs. On remarquera par contre que les mangroves subissent encore des exploitations clandestines après le transfert dans plusieurs régions. Rencontre-t-on cette situation positive de protection de la mangrove également dans d'autres zones d'aquaculture de Madagascar ? Même si ce serait le cas : la crevetticulture est un danger très menaçant pour les mangroves du monde entier. Beaucoup de forêts de mangrove et de tannes sont convertis en zones d'élevage dans le monde comme à Madagascar depuis son essor en 1980. Il a été démontré aussi que l'élevage de crevettes augmente la salinité des sols causant des dégâts pour l'agriculture. En exemple, Bangladesh, cinquième producteur mondial a converti quelque 190 000 hectares de mangroves et de terres fertiles en bassins d'aquaculture, qui produisent annuellement 30 000 tonnes de crustacés (<http://www.monde-diplomatique.fr/2005/08>).

La priorité de protection ancestrale que les habitants offrent aux zones sacrées n'est-elle pas une forme de conservation efficace ? En arrière-mangrove de Boanamary, il restait un unique îlot forestier, lieu sacré (*doany*) protégé par la population. A Mariarano, c'est dans la mangrove d'Ampasimboay qu'on trouve une zone sacrée laissant le peuplement local plus ou moins intact. Hélas, cela reste une utopie car ces zones sacrées n'occupent qu'une surface restreinte.

Utilisation

La valorisation des ressources des mangroves en plantes médicinales n'est pas exploitée. L'utilisation des pouvoirs thérapeutiques des palétuviers n'est pas connue par tout le monde ; seules quelques personnes ont des connaissances profondes sur leur efficacité. Leur valeur pharmaceutique semble efficace, mais elles demandent à être étudiées et à être vérifiées. Certaines ressources comme les huîtres, les autres mollusques et les crustacés ne sont pas bien mis en valeur et méritent une meilleure attention.

Selon les résultats de notre enquête, les ressources halieutiques dans les deux régions d'étude ont diminué considérablement au cours des vingt dernières années. La demande de la population en matériel de pêche souligne cette diminution des ressources. Les pêcheurs pensent qu'en ayant du matériel meilleur, ils arriveront à capturer plus de poisson. Rakotoarizaka (1990) affirme que « l'exploitation des crabes de l'estuaire de la Betsiboka ne pose aucun problème car ses mangroves ont un potentiel minimum de stock de 600 tonnes/ha/an en crabes. Alors que les quantités de capture collectées par la société Réfrigépêche-Ouest¹¹ et celles des consommations locales de la ville de Mahajanga sont encore loin de ce potentiel ». Quel phénomène a donc accéléré la diminution des ressources de crabes? Est-ce lié à la dégradation du milieu ou à d'autres facteurs comme la pollution ou la surexploitation? Dans les deux sites, nous avons rencontré sur le terrain des collecteurs des jeunes crabes de petite taille à but commercial. N'est-t-il pas nécessaire de renforcer la loi dans ce domaine ?

L'exploitation des gaulettes détruit rapidement la forêt de mangrove malgré les interdictions au niveau communal à l'encontre des exploitants illicites pour le cas de Mariarano. L'utilisation de ces gaulettes à Mahajanga renforce la coupe, mais ne pourrait-on pas éviter ce phénomène en influençant les ménages qui utilisent ces bois pour leur clôture ? Une sensibilisation doit d'abord être faite. Une possibilité serait de proscrire la vente et l'achat de gaulettes sous peine d'amende.

¹¹ Société de pêche de Madagascar

6.2. CONCLUSION GENERALE

Les différents aspects des deux zones d'étude de mangrove, la mangrove littorale de Boanamary et la mangrove d'estuaire de Mariarano, en matière d'exploitation, de gestion et d'écologie permettent de faire un lien entre le milieu et la gestion future des mangroves tout en comparant les deux sites.

L'analyse du milieu naturel et l'analyse du milieu socio-économique forment la base de tout aménagement. L'enquête a permis de cerner la relation entre les habitants et son environnement, de connaître sur les utilisations et l'exploitation des ressources des différents bois de mangrove.

Dans les deux régions, l'atelier a été utilisé comme outil de validation des résultats obtenus à partir de l'enquête sur place et de la télédétection. Les entités des participants reflétaient la réalité et les pensées des habitants.

L'étude écologique (végétation, sol et eau) montre les caractéristiques des milieux de mangrove, c'est-à-dire le type de sol, l'espèce appropriée et le régime d'eau nécessaire. Dans le futur, on peut bien envisager un aménagement sylvicole basé sur la capacité d'adaptation des différentes espèces de palétuviers dans chaque milieu (zone interne, intermédiaire et externe).

La télédétection s'avère être un outil indispensable dans l'étude environnementale, c'est aussi le cas dans l'étude des mangroves pour la délimitation et l'identification des différents types de mangroves.

L'analyse des images satellites, en utilisant les différentes bandes de l'image ASTER et LANDSAT TM, a fait ressortir les différents faciès de mangrove, sa structure par la dominance des espèces ainsi que son état de dégradation. Ceci nous a permis de proposer une carte d'aménagement de la zone de mangrove en particulier Mariarano (voir figure 66).

Le rythme de dégradation des mangroves dans les deux sites d'étude a été vu par l'analyse de l'évolution des mangroves au cours du temps. Les mangroves de Boanamary se dégradaient rapidement par rapport à Mariarano avant 2003 où il y avait eu une forte exploitation des bois de mangrove dans la région de Boanamary.

Les résultats des traits de la comparaison des bords de la côte de 1973 à 2003 démontrent que la zone d'érosion des côtes est moins visible dans un petit estuaire comme celui de Mariarano que dans un grand estuaire comme celui de Betsiboka. Par contre, des zones d'accrétion se trouvent dans les deux régions, occasionnant un accroissement en surface des formations des palétuviers. Cette dynamique de la sédimentation est la conséquence de l'érosion active des bassins versants en amont. Ce résultat donne une vision sur l'état des zones étudiées en vue de la lutte contre l'érosion continentale.

Les suggestions et recommandations issues de cette étude encouragent la future gestion des mangroves en matière de transfert de gestion, en particulier pour la mangrove de Mariarano. Les conseils donnés sont généralement adaptables/valables pour les autres mangroves de Madagascar.

En dernier mot, j'invite toutes les forces vives de Madagascar à voir d'aussi près les menaces réelles de l'écosystème de mangrove face aux différents types d'exploitation et d'agir vite en conséquence.

BIBLIOGRAPHIE

Rapports et ouvrages

- Ackermann, K. (2004). Elaboration de recommandations d'aménagement pour les forêts secondaires dans le Nord-Ouest de Madagascar. TOEB-GTZ. Eschborn, 134p.
- Albertz, J. (2001). Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft und Satellitenbildern. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 249p.
- Atelier (2006). Résultats de l'atelier de Mariarano et de Boanamaray en 2006. Mahajanga. Madagascar.
- Andriatsimisetra (2006). Conférences débats sur des exemples de valorisation durable de produits forestiers. Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, de l'énergie et des mines. Antananarivo, 19 et 20 Avril 2006.
- Baltzer, F, Rudant, J.P., Kuete, M., Bilong, P., Monteillet, J., Amougou, A., Din, N., Tonye, E, Abata, T. et Abossolo, S. (1995). Etude des mangroves de Douala (Caméroun) par imagerie radar et contrôle de terrain. Paris XI Orsay, France. Rapport de fin d'étude, 22p+annexes.
- Ba, M. et Chaboud, C. (1999). La transformation du milieu: facteurs et acteurs. Rivières du Sud. Sociétés et mangroves ouest-africaines. Ed. IRD, Cornier-Salem M. C. **Tome 1**: 270-315.
- Bertrand, A. (1992). Approvisionnement en combustible ligneux d'Antananarivo et Mahajanga. Synthèse des travaux réalisés, perspectives d'évolution des filières d'approvisionnement et proposition pour la planification des actions publiques. CIRAD-FORET. Min. de l'Energie et des Mines.
- Betouille, J. L. (1992). Etude de l'écosystème mangrove et de ses possibilités d'aménagement Mémoire bibliographique. Université de Paris Val de Marne, 44p.
- Blasco, F. (1984). Climatic factors and the biology of mangrove plants. In: The mangrove ecosystem : research methods. UNESCO, Paris, 18-35.
- Blasco, F. (1991). Les mangroves. La recherche. **22** :443-453
- Blasco, F., Tissot, C., Giresse, P., Fredoux, A., Weiss, H., Moquetet, G., Caratini, C. (1980). Les rivages tropicaux. Mangroves d'Afrique et d'Asie. Bordeaux, Centre d'étude de géographie tropicale, 246p.
- Bonn, F. et Rochon, G. (1993). Précis de télédétection. Principes et méthodes. Vol.1. Universités francophones. Presses de l'Université de Québec. 298-388.

- Bouxin, G. (2004). Analyse de la dispersion horizontale des végétaux. Base de données et programmes. (<http://users.skynet.be/Bouxin.Guy>).
- Braun-Blanquet, J. (1965). Pflanzensociologie. Wien, Springer.
- Bunyard, A. et Ward, A. (1992). Mangroves of Africa and Madagascar. CEC. Luxembourg. 153-168.
- Buttoud, G. (1995). La forêt et l'Etat en Afrique sèche et à Madagascar. Changer de politiques forestières. Collection Economie et développement, Karthala, Paris, 274 p.
- Cabanis, V., Chabouis, L. et Chabouis, F. (1969). Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes. B.D.P.A.-T.I., 331p.
- Chapman, V. J. (1970). Mangrove phytosociology. Tropical Ecology. Vol. 11, 1-19
- Chapman, V. J. (1976). Mangrove vegetation. Cramer Vaduz, Germany 447p.
- Chapman, V. J. (1984). Botanical surveys in mangrove communities. Monogr. oceanog. Methodol. Vol. 8, 53-80.
- Chartier, C. H. (1994). Perception, gestion et dynamique de l'environnement maritime et terrestre dans la région de Belo-sur-mer (côte ouest de Madagascar). Géographie. Paris, Université de Paris X-Nanterre: 114.
- Cintrón, G. et Schaeffer-Novelli, Y. (1983). Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe – ROSTLAC. Montevideo-Uruguay. 109p.
- CIRAD-FAO (1999). Techniques de gestion des écosystèmes forestiers tropicaux : état de l'art. Rome.
- Conand, C. (1994). Les mangroves : répartition, éléments et fonctionnement du système. Communication Université, 1993. Faculté des Sciences Université d'Antananarivo, 7p.
- CRAAQ (2002). "Détermination de la conductivité dans les effluents. Méthode électrométrique." Ministère de l'environnement du Québec. **MA. 115 - Cond. 1.0.**
- CRAAQ (2004). "Détermination de l'azote total Kjeldahl et du phosphore total : digestion acide - méthode colorimétrique automatisée." Ministère de l'environnement du Québec. **MA. 300 - NTPT 1.0.** Québec.
- CRAAQ (2005^a). "Détermination de la granulométrie : méthode gravimétrique par tamis." Ministère de l'environnement du Québec. **MA. 100 - Gran. 1.0.** Québec.
- CRAAQ (2005^b). "Détermination du pH: méthode électrométrique." Ministère de l'environnement Québec. **MA. 100 - pH 1.1.** Québec.
- CRAAQ (2005^c). Détermination du carbone organique total dans les solides : dosage par titrage. Ministère de l'environnement du Québec. **MA. 405 - C 1.0.** Québec.

- CRAAQ (2005^d). "Détermination des bases échangeables." Ministère de l'environnement du Québec. **MA. 100 – Ca. Mg. K. Na.** Québec.
- Dawkins, H.C. (1959). The volume increment of natural tropical high forest and limitations on its improvements. *Commonwealth Forestry Review*, Oxford, 38(2): 175-180.
- Demangeaot, J. (1990). Les milieux naturels du globe. Collection géographie. Paris, Masson, 276p.
- Demolon, A. et Leroux, D. (1952). Guide pour l'étude expérimental des sols. Paris : Gautier Villars. 251p.
- Diop, E.S., Gordon, G., Semesi, A.K, Soumaré, A., Diallo, N., Guissé, A., Diouf, M. et Ayivor, J.S. (2001). Mangrove of Africa. In *Mangrove ecosystems. Function and management*. Ed. Lacerda. Berlin Heidelberg, Springer 2001
- Donque, G. (1975). Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar. Thèse de doctorat d'état. Université d'Antananarivo. 478p
- Duverge, P. (1949). Principe de météorologie dynamique et types de temps à Madagascar. Publication du service météorologique n° 13 (Janv.) : Antananarivo. 134p
- EOS.D2C (2003). Mission d'identification d'un projet régional dans le domaine de la gestion durable des ressources côtières. Profil de Madagascar. Rapport Annexe N°2. Profil de Madagascar. (<http://www.eosd2c.com>).
- FAO (1994). Mangrove forest management guidelines. FAO Forestry Paper, 117. Rome. (<http://www.fao.org/docrep>).
- FAO (2003). Status and trends in mangrove area extent worldwide. Forest resources Assessment working Paper. N°63. Forest Ressources Division. FAO, Rome. Unpublished. (<http://www.fao.org/docrep>).
- Feltz et Goedefroit (2004). Contribution à l'étude « Evaluation et perspectives des transferts de gestion des ressources naturelles dans le cadre du programme environnemental 3 ». Document de synthèse. IRD - FLSH, Madagascar.
- FTM (1984). Carte de Madagascar. Limites administratives au 1/6 000 000.
- FTM (2005^a). Commune rurale de Boanamaray au 1/70 000.
- FTM (2005^b). Commune rurale de Mariarano au 1/70 000.
- GESAMP (1996). The contributions of sciences to integreted coastal management. Reports and studies. n°61. FAO, Rome, Italy.
- Girard, M. C. et Girard, C. (1999). Traitement des données de télédétection. Paris : DUNOD. 511p.
- Gounot, G. (1969). Méthode d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris. 314p.

- Guérin, O. (2004). Tout savoir sur les marées. Collection guide pratique – science de la terre. Ed. Ouest France. 166p.
- Henry, Ph. et Henry, C.C. (1994). La lagune sur Belo-sur mer, espace de vie et de ressources-communication séminaires CNRE/ORSTOM sur hommes et mangroves dans le Menabe, Morondava. Juin 1994.
- Hervieu, J. (1965). Contribution à l'étude du milieu fluvio-marin sur la côte occidentale de Madagascar. *Revue de géographie de Madagascar*. n°8, 2-65.
- Hervieu, J. (1967). Géographie des sols malgaches: Essai synthétique. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*. **5(1)**: 39-82.
- Iltis, J. (1994). Compte rendu du séminaire CNRE-ORSTOM. Hommes et mangroves dans le Menabe. Morondava du 27 au 30 Juin 1994. 13p.
- IUCN (2000). Programme quadriennal de l'IUCN 2001-2004. Congrès mondial de la nature. Jordanie. 119-194.
- Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F. et van Tongeren, O.F.R. (1987). *Data analysis in community an landscape ecology*. Pudoc Wageningen.
- Kaufmann, J.-C. (1996). L'entretien compréhensif. Paris.
- Kent, M. et Coker, P. (1992). *Vegetation description and analysis. A practical approach*. John Wiley & Sons, Chichester. 363p.
- Kiener, A. (1972). Ecologie, Biologie et Possibilités de mise en valeur des mangroves malgaches. Bulletin de Madagascar n°308. Publication mensuelle du Service Général de l'Information, 49-84.
- Kiener, A. (1966). Contribution à l'étude écologique et biologique des eaux saumâtres malgaches. *Vie et milieu* **16**, 2c : 1013-1149.
- Koechlin, J., Guillaumet, J.L. et Morat, Ph. (1974). Flore et végétation de Madagascar. Ed. Cramer, Vadez, 687p
- Lacerda, L. d. D. (ed) (2001). *Mangrove Ecosystems - Function and Management*. Springer. 1st edition.
- Le Barbier, C. (1908). Esquisse sur la pêche dans la province de Tuléar. *Annales du Musée Colonial de Marseille*, 2^e sér., vol.6 : 3-33.
- Lebigre, J. M. (1983). Les tannes, approches géographiques, Madagascar. *Revue de géographie*, n°43, 41-63.
- Lebigre J. M. (1984). Problématique des recherches sur les marais maritimes de Madagascar en vue de la protection et de leur aménagement. Madagascar, *Revue de géographie*, n°44, 45-74.

- Lebigre, J. M. (1990). Les marais maritime de Gabon et de Madagascar. Contribution géographique à l'étude d'un milieu naturel tropical. Livre 1-2-3. Thèse de doctorat d'état. Institut de géographie, Université de Bordeaux III.
- Legendre, L. et Legendre, P. (1984). *Écologie numérique*. Volume 2. Masson et Presses de l'Université de Québec, Paris.
- Lémée, G. (1978). Précis d'écologie. Masson, Paris, 292p.
- Lugo, A. E. et Snedaker, S.C. (1974). The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecological and Systematics*, vol.5, 39-64.
- Maignien, E. (1969). Manuel de prospection pédologique. ORSTOM, 132p.
- Marius, C. (1985). Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement. Paris, Editions l'ORSTOM, 357p.
- Marius, C. (1995). Effets de la sécheresse sur l'évolution des mangroves du Sénégal et de la Gambie. *Sécheresse* 6 : 123-125.
- McCune, B. et Grace, J. B. (2002). Analysis of ecological communities. MjM Software Design.
- Mercer, D.E. et Hamilton, L.S. (1984). Mangrove ecosystems: some economic and natural benefits. *Nature and Natural Resources* 20(2): 14-19.
- Miasa, S. (1992). Approche floristique et écologique de la mangrove et de l'arrière-mangrove des environs d'Ankilibe (Tuléar). Faculté des Sciences. DEBV. Université Antananarivo.
- Denzin, Norman, K. et Yvonne S. Lincoln éditeurs (2002). *Handbook of qualitative research*. 2nd ed. Thousand Oaks (Calif.) : Sage Publications. 1065p.
- ONE et EMC (1998). Rapport d'atelier de formation sur le GIZC. Tome 2. Recueil des textes sur les GIZC : le cas de Madagascar et quelques pays intertropicaux. 55p.
- ONE (2003). Recherche et formation en biodiversité à Madagascar. In Rapport ONE 2003. 200-213p.
- ONG GREEN et MINENVEF (2003). Famindram-pitantanana ala honko ao Boanamary. Kaominina Boanamary. Faritanin'i Mahajanga.
- Pasqualini, V., Iltis, J., Dessay, N., Lointier, M., Guelorget, O. et Polidori, L. (1999). Mangrove mapping in North-Western Madagascar using SPOTXS and SIRC data. *Hydrobiologica* 413 (1): 127-133.
- Pielou, E. C. (1984). The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. John Wiley and Sons, New York. 263p.
- PNUD et BM (1994). Rapport sur l'état environnemental à Madagascar.
- PNUD, ONE et ANGAP (1997). Monographie nationale sur la biodiversité.

- POLFOR-GTZ (2001). Agenda POLFOR 2001. Collaboration du projet POLFOR-GTZ et du Ministère des Eaux et Forêts, Antananarivo.
- Raharijaona, F. (2005). Politiques et gestion des ressources forestières. Quel avenir pour Madagascar? Université de Genève. Faculté des sciences économiques et sociales. Département des sciences politiques. DEA en management et analyse politique publique.
- Rajerisoa, T. (2006). Rapport de stage. Département biologie et écologie végétale. Université Antananarivo.
- Rakotoarizaka (1991). Les activités halieutiques dans l'estuaire de la Betsiboka. Mémoire d'ingénieur halieutique. Université de Toliara, 78p.
- Ralison, O. H. (1999). Etude diachronique de la zone à mangroves à l'aide de la télédétection de Boanahary-Mahajanga. Ecole supérieure des Sciences Agronomiques, Antananarivo. 94p.
- Ramiakajato, V. R. (1995). Etude écologique des mangroves et de l'impact de leur utilisation dans la réserve de Biosphère de Mananara-Nord. Mémoire de DEA, Ecologie végétale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 66p.
- Ramsar (2002). Les zones humides, l'eau, la vie et la culture. 8^{ème} session. Résolution VIII.32.
- Ranaivoson, J. (1997). Etude pédologique des zones présélectionnées. Etude du schéma d'aménagement de l'Aquaculture de crevettes de Madagascar. 35p.
- Ranaivoson, J. (2001). Etude du schéma d'aménagement de l'aquaculture de crevettes à Madagascar. Phase I : Cas des zones 1, 4. Madagascar, Ministère de la pêche et des ressources halieutiques. Union européenne.
- Rarojo, J. (1994). La mangrove. *Vintsy*. n°10. 15p.
- Rasolofo, M.V. (1997). Mangroves and coastal aquaculture development in Madagascar. A paper presented in SAREC-SIDA Regional Workshop on mangrove ecology, Physiology and Management. Zanzibar.
- Rasolofoharinoro, M., Blasco, F. and Denis, J. (1998). Aquaculture in Madagascar's Mahajamba Bay. Intercoast Network Special Edition 1.
- Rasolofoharinoro, M., Blasco, F., Bellan, M. F., Aizpuru, T., Gauquelin, T., Denis, J. (1999). A remote sensing based methodology for mangrove studies in Madagascar. *International Journal of remote sensing* **19**(10): 1873-1886.
- Raven, P.H. and Axelrod, D.I. (1974). Angiosperms biogeography and past continental movements. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 61, 539-673.
- Razafimahefa, M.A. (2001). Caractérisations des habitats de *Propithecus verreauxi coronatus*, dans la station forestière à usage multiple d'Atrema (Katsepy) : cartographie,

- typologie, étude ethnobotanique- Mémoires de DEA, Fac Sciences, Université d'Antananarivo. 89p.
- Razafindramasy, F. (2006). Suivi de l'évolution des mangroves de Boanamaray à l'aide de la télédétection. Rapport de stage de DEA. Option Géophysique. Université d'Antananarivo. 62p.
- Richmond, A. (1997). A guide to seashores of Eastern Africa. Publication de Side. Department of Research Cooperation SAREC : 448p.
- Saenger, P., Specht, M. M., Specht, R. L. and Chapman, V. J. (1977). Mangrove and coastal saltmarsh communities in Australia. In: Chapman, V. J., (Ed) Wet Coastal Ecosystems. Elsevier, Amsterdam. 293-345.
- Saenger, P., Hegerl, E. J. and Davie, J.D.S. (1983). Global status of mangrove ecosystems. *Environmentalist* **3**: 1-88.
- Saenger, P. (2002). Mangrove ecology, silviculture and conservation. Kluvers Academic. The Netherlands. 351p.
- Schnell, R. (1971). Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Les milieux, les groupements végétaux (volume **1** et **2**). Géobiologie écologie aménagement. Collection internationale. Paris, Gauthier-Villars, 951p.
- SECA (1986). Mangrove d'Afrique et de Madagascar, protection et mise en valeur. Centre d'étude de l'environnement. Université de Leyde, Montpellier, 119p.
- SECA (1992). Suivi de l'évolution et de la gestion des mangroves à Madagascar. *The Environmentalist* **3**, supplement n°3.
- Singly, F. (1992). L'enquête et ses méthodes : le questionnaire.
- Snedaker, S. C. (1984). The Mangrove Ecosystem: Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology. Paris, Unesco, 251p.
- Teas, H. J. (1983). Biology and ecology of mangroves. The Hague, The Netherlands, Junk Publishers, 188p.
- Thevand, A. (2002). Structure et dynamique des mangroves dans la région de Kaw (Guyane Française). Etude par télédétection et analyse in situ. DEA Ecologie des Systèmes Continentaux, Université de Paul-Sabatier-Toulouse III, 36p.
- Tomlinson, P. B. (1986). The botany of mangroves. Cambridge tropical Biology series. Cambridge University Press, U.K. 413p.
- Vega (2000). Dynamique côtière et structuration des mangroves en Guyane Française. DEA. Ecologie des Systèmes Continentaux. Université Paul Sabatier de Toulouse, 30p.
- van Steenis, C.G.G.J. (1962). The distribution of mangrove plant genera and its significance for palaeogeography. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.*

- Viellefon, J. (1977). Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance (Sénégal).
Mém. ORSTOM, 83. 292p, 10pl. phot.
- Walsh, G.E. (1974). Mangrove forests: a review. In: R.J. Reinold & W.H. Queen (eds.).
Ecology of Halophytes. Academic Press, New York. 51–174.
- Walter, H. et Lieth, H. (1967). Klimadiagramm Weltatlas. VEB Gustaf Fischer Verlag, Jena.
- Wang, L., Sousa, W. P. et Gong, P. (2004). Integration of object-based and pixel-based
classification for mapping mangroves with IKONOS Imagery. INT. J. Remote Sensing,
vol. **25**, n°24, 5655-5668.
- Weiss, H. (1972). Etude phytosociologique des mangroves de la région de Tuléar. Les
mangroves de Sarodrano et de Tuléar. Tephys. Suppl. **3**: 297-319.
- Wilmet, J. (1996). Télédétection aérospatiale. Méthodes et applications. Fontenay-sous-bois:
SIDES, 300p.
- WRM (2001). Mangroves: subsistance locale aux profits des entreprises. Bulletin N°51: 68.
- Zar, J. H. (1984). Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey. Test Mann-Whitney.
- WWF et ANGAP (2005). Documents de transfert de gestion à l'ANGAP. Projets de
conservation et de développement intégrés Andringitra-Ivohibe et Marojejy-Anjanaharibe
Sud.
- WWF et MINENVEF (2006). Famindram-pitantanana ala honko ao Kaday. Fokontany
Kaday, kaominina Tsimañana, Faritra Menabe, Faritra mizakatenan'i Toliary.

Consultations sur internet :

<http://www.pnae.mg> : Le Programme environnemental à Madagascar

<http://www.sage.mg> : Le transfert de gestion à Madagascar

<http://www.shom.fr/>: Données des marées

<http://www.landsat.org/> : LANDSAT

<http://asterweb.jpl.nasa.gov/>: ASTER

<http://srtm.usgs.gov/>: SRTM

<http://www.madagascar-tribune.com>: Article du 22 Octobre 2002 du journal Madagascar
Tribune sur l'affaire Aquamas et Somapêche.

<http://www.meteo.mg>: Données météorologiques au Service Nationale de la Météorologie
d'Antananarivo à Madagascar

<http://fr.wikipedia.org/wiki/> : Faune et flore de Madagascar

<http://www.monde-diplomatique.fr/2005/08> : Exportations pour le Nord, exploitation pour le
Sud

ANNEXES

ANNEXE 1 : Données brutes des relevés floristiques de Mariarano et Boanamy

| Placeau | RizM_a | CerT_a | BrugG_a | XylG_a | AviM_a | HirL_a | SonA_a | LumR_a | RizM_h | CerT_h | BrugG_h | XylG_h | AviM_h | HirL_h | SonA_h | LumR_h |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| MP1 | | 6 | 10 | 29 | | | | | | 9 | 10 | 10 | 10 | | | |
| MP2 | 6 | | 26 | | | | | | 10 | | 10 | | 10 | | | |
| MP3 | 32 | 9 | 2 | | | | | | 15 | 7 | 4 | | | | | |
| MP4 | | 173 | 43 | | | | | | | 7 | 4 | | | | | |
| MP5 | 34 | 178 | | | | | | | 12 | 15 | | | | | | |
| MP6 | 73 | 16 | | | | | | | 15 | 10 | | | | | | |
| MP7 | 30 | 104 | | | | | | | 10 | 8 | | | | | | |
| MP2 | 54 | 30 | | | 28 | | 10 | | 13 | 5 | | | 12 | | 10 | |
| MP8 | 59 | 36 | | | | | | | 15 | 12 | | | | | | |
| MP9 | | | 17 | 2 | | 96 | | | | | 12 | | | 12 | | |
| MP10 | | | 22 | 15 | | 95 | | | | | 15 | 7 | | 12 | | |
| MP11 | 161 | 43 | | | | | | | | 3 | | | | | | |
| MP12 | 159 | 194 | 1 | | 7 | | | | 10 | 10 | 10 | | | | | |
| MP13 | 47 | 10 | | | 81 | | | | 12 | 10 | | | | | | |
| MP14 | 97 | 2 | | | | | | | 12 | 3 | | | | | | |
| MP15 | 41 | | 2 | | 11 | | 10 | | 16 | | | | 12 | | 5 | |
| MP16 | 47 | | | | 191 | | 64 | | 10 | | | | 12 | | 4 | |
| MP18 | 37 | | | | 87 | | | | 7 | | | | 13 | | | |
| MP19 | | | | | 19 | | 203 | | | | | | 10 | | 14 | |
| MP21 | 24 | 224 | | | | | | | 5 | 4 | | | | | | |
| MPX | | | 70 | | | | | 2 | | | 7 | | | | | 3 |
| BP1 | 149 | 6 | | | 2 | | | | 5 | 3 | | | 5 | | | |
| BP2 | 17 | 13 | | | | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| BP3 | | | | | 50 | | | | | | | | 7 | | | |
| BP4 | | | | | 50 | | | | | | | | 7 | | | |
| BP5 | 39 | | | | 72 | | | | 3 | | | | 3 | | | |
| BP7 | 6 | 4 | | 1 | | | | | 3 | 2 | | 2 | | | | |
| BP6 | | | | | 45 | | | | | | | | 7 | | | |
| BP8 | | | | | 10 | | | | | | | | 5 | | | |
| BP9 | | | | | 21 | | | | | | | | 8 | | | |
| BP11 | | | | | 30 | | | | | | | | 7 | | | |
| BP12 | | | | | 25 | | | | | | | | 7 | | | |
| BP13 | 21 | 37 | | | 11 | | | | 3 | 3 | | | 9 | | | |
| BP14 | 24 | 51 | | | 14 | | | 1 | 5 | 4 | | | 7 | | | 2 |
| BP15 | | | | | 55 | | | | | | | | 8 | | | |

(suite annexe 1)

| Placeau | RizM_d | CerT_d | BrugG_d | XylG_d | AviM_d | HirL_d | SonA_d | LumR_d | RizM_pl | CerT_pl | BrugG_pl | XylG_pl | AviM_pl | HirL_pl | SonA_pl | LumR |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|------|
| MP1 | | 13 | 20 | 20 | 20 | | | | | 375 | 62 | 89 | | | | |
| MP2 | 25 | | 20 | | 25 | | | | 156 | 39 | 3 | | | 3 | | |
| MP3 | 20 | 8 | 4 | | | | | | 172 | 70 | 7 | | | | | |
| MP4 | | 6 | 8 | | | | | | | | 2 | | | | | |
| MP5 | 28 | 8 | | | | | | | 33 | 59 | | | | | | |
| MP6 | 13 | 6 | | | | | | | 136 | 10 | | | | | | |
| MP7 | 20 | 6 | | | | | | | 43 | 40 | | | | | | |
| MP2 | 20 | 6 | | | 15 | | 15 | | 24 | 7 | | | 6 | | 4 | |
| MP8 | 12 | 8 | | | | | | | 171 | 37 | | | | | | |
| MP9 | | | 22 | 25 | | 16 | | | | | 31 | | | 3 | | |
| MP10 | | | 35 | 15 | | 6 | | | | | 60 | | | 11 | | |
| MP11 | | 6 | | | | | | | 477 | 65 | | | 2 | | | |
| MP12 | 8 | 9 | 12 | | | | | | 57 | 88 | | | | | | |
| MP13 | 30 | | | | | | | | 76 | | | | | | | |
| MP14 | 20 | 6 | | | | | | | 61 | 8 | | | 5 | | | |
| MP15 | 20 | | 4 | | 30 | | 8 | | 121 | 4 | | | | | | |
| MP16 | 8 | | | | 12 | | 10 | | 7 | | | | 6 | | | |
| MP18 | 9 | | | | 25 | | | | 55 | | | | 6 | | | |
| MP19 | | | | | 12 | | 10 | | | | | | 32 | | 9 | |
| MP21 | 8 | 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| MPX | | | 12 | | | | | 10 | | | | | | | | |
| BP1 | 8 | 4 | | | 13 | | | | 149 | | | | | | | |
| BP2 | 9 | | | | 30 | | | | 560 | 31 | | | | | | |
| BP3 | | | | | 15 | | | | | | | | 61650 | | | |
| BP4 | | | | | 13 | | | | | | | | | | | |
| BP5 | 3 | | | | 9 | | | | 38 | | | | 36 | | | |
| BP7 | 3 | 4 | | 4 | | | | | | | | | | | | |
| BP6 | | | | | 20 | | | | | | | | | | | |
| BP8 | | | | | 9 | | | | | | | | 244 | | | |
| BP9 | | | | | 12 | | | | | | | | 67050 | | | |
| BP11 | | | | | 20 | | | | | | | | 42750 | | | |
| BP12 | | | | | 20 | | | | | | | | 11250 | | | |
| BP13 | 5 | 5 | | | 25 | | | | | | | | | | | |
| BP14 | 5 | 4 | | | 9 | | | 2 | 5 | | | | | | | |
| BP15 | | | | | 13 | | | | | | | | 24 | | | |

(suite annexe 1)

| Placeau | RizM_m | CerT_m | BrugG_m | XylG_m | AviM_m | HirL_m | SonA_m | LumR_m | RG | Dmer | Dterre |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|----|------|--------|
| MP1 | | | | 5 | | | | | 60 | 1047 | 90 |
| MP2 | 1 | | 4 | | | | | | 49 | 910 | 240 |
| MP3 | 35 | 10 | 1 | | | | | | 10 | 220 | 560 |
| MP4 | | 140 | 7 | | | | | | 60 | 372 | 360 |
| MP5 | | 19 | | | | | | | 95 | 720 | 190 |
| MP6 | | 3 | | | | | | | 75 | 330 | 550 |
| MP7 | | | | | | | | | 60 | 1335 | 150 |
| MP2 | | 2 | | | 2 | | | | 90 | 133 | 516 |
| MP8 | 1 | | | | | | | | 98 | 1360 | 255 |
| MP9 | | | 1 | | | | | | 96 | 900 | 60 |
| MP10 | | | | | | | | | 98 | 960 | 20 |
| MP11 | 11 | | | | | | | | 98 | 240 | 120 |
| MP12 | 1 | | | | | | | | 98 | 360 | 385 |
| MP13 | 8 | | | | | | | | 70 | 58 | 790 |
| MP14 | 15 | | | | | | | | 80 | 25 | 816 |
| MP15 | 7 | | | | | | | | 55 | 260 | 1135 |
| MP16 | | | | | | | | | 98 | 400 | 1340 |
| MP18 | 2 | | | | | | | | 98 | 180 | 980 |
| MP19 | | | | | | | | | 88 | 5 | 1230 |
| MP21 | | | | | | | | | 80 | 570 | 475 |
| MPX | | | | | | | | | 30 | 986 | 15 |
| BP1 | | | | | | | | | 60 | 445 | 140 |
| BP2 | | | | | | | | | 88 | 200 | 390 |
| BP3 | | | | | | | | | 60 | 215 | 350 |
| BP4 | | | | | 5 | | | | 50 | 25 | 460 |
| BP5 | | | | | | | | | 50 | 150 | 30 |
| BP7 | | | | | | | | | 80 | 400 | 25 |
| BP6 | | | | | | | | | 80 | 36 | 210 |
| BP8 | | | | | 22 | | | | 80 | 100 | 60 |
| BP9 | | | | | 7 | | | | 70 | 125 | 70 |
| BP11 | | | | | 7 | | | | 88 | 155 | 76 |
| BP12 | | | | | | | | | 60 | 172 | 54 |
| BP13 | 53 | 26 | | | 7 | | | | 40 | 30 | 90 |
| BP14 | 5 | 9 | | | 4 | | | | 20 | 310 | 85 |
| BP15 | | | | | | | | | 30 | 230 | 20 |

RG: recouvrement global, Dmer: distance par rapport à la mer, Dterre: distance par rapport à la terre ferme, (X_y) : espèce_a (adulte), pl (plantule), m (mort sur pied)

ANNEXE 2. Questionnaire pour l'enquête en version malgache (a) et française (b)

(a) FANADIHADIANA MIKASIKA NY ALA HONKO

A – _____ Taona _____ Lahy _____ Vavy _____ Foko/Faritra

B- ASA

- Inona no tena asa fidirambola na fivelomanao ? _____ Faharetany? _____

- Manana vadin'asa na andraikitra hafa ve ianao ? _____

- Efa mba nijery ny ala honko ve ? Raha eny, inona no ataonao any? _____

Kitay/saribao _____ Fanaka _____ Trano _____ Hiasana _____ Mitsangatsangana _____ Mioty/mihaza
_____ Tantely, _____ Fanafody _____ Manjono, _____ hafa

- Impiry no manao izany ianao ?

_____ ? isan'andro _____ ? isan-kerinandro _____ ? isam-bolana _____ ? isantaona

- Matetika ve no itrandrahanao izany?

- Manao ahoana ny fomba fiasanareo @ fitrandrahana?

Olona irery _____

Olona maromaro _____ Isa _____

C- Toerana itrandrahana

- Aiza ny toerana iasanao @izao ? _____

- Aiza avy ny toerana niasanao taloha? _____

- Halavirana@ tanàna _____

- Aiza ny toerana hitateranareo ny honko avy ao anaty ala honko?

_____ vavarano _____ mpividy an-toerana _____ aondrana
anaty botry

- Miasa firy andro ianareo no mitatitra anaty lakana? _____ Mahazo hazo firy? _____

D - Fitaovana ananan'ny mpitrandraka

- Inona ny fitaovana ampiasainao @ fitrandrahana izany?

_____ tsofa ? _____ famaky ? _____ Kalaza ? _____ Hafa ?

- Manana fitaovam-pitaterana ve ianareo? - ao anaty ala honko ?

_____ lakambe ? _____ lakakely ? _____ lakana motera ? _____ hafa

- ivelan'ny ala honko

_____ lakambe ? _____ lakakely ? _____ lakana motera ? _____ hafa

- Manofa ve ianao sa tompony ? _____ manofa _____ tompony

- Firy ny isany honko voatatitra ny lakana iray? _____

- Impiry mitatitra izy anaty ny iray andro? _____ sa isaky ny roa andro? _____ sa herinandro? _____

- Iza no manampy anao @ fitaterana ny honko voakapa? _____

- Aiza ianao no mamofy ny honko? _____ Iza no manampy anao @izany? _____

***E – Fitrandrahana sy fivarotana**

- Inona no karazany tena trandrahana @ izany? _____

- Aminao karazany toy inona no atao : _____ tao trano _____ tao

sambo/lakana _____ Fefy/vala _____ Kitay/saribao _____ tantely

_____ Fanafody

- Habetsahany vokatra _____ isany/m³ Habetsahany taterina _____ isa/m³

- Misafidy ny habeny alainareo ve ianareo amin' izany ? _____ Matsio _____ Broty

_____ Demibrody _____ Milimily

- Mirefy firy metetra ny hazo alainareo ? _____ m Toa inona ny savaivon'izany _____ cm

- Firy ny isan'ny andro iasanareo anatin'ny herinandro? _____

- Firy ny isan'ny andro anapahanareo anatin'ny herinandro ? _____
- Iza no mandray ny hazo alainareo ? _____ An-toerana _____ Majunga
Misy mpanelanelana ve ? _____ eny _____ tsia
Vidy ivarotana tsy misy mpanelanelana?
_____ Matsio _____ Broty _____ Demibroty _____ Milimily
Vidy misy manelanelana (Majunga) ?
_____ Matsio _____ Broty _____ Demibroty _____ Milimily
- Ohatrinona ny vidiny itondrany botry ny hazo iray?
_____ Matsio _____ Broty _____ Demibroty _____ Milimily
Aiza no toerana tafia handehanan'ny botry? _____
Mitambatra ve ianareo mameno botry sa mandeha irery?
_____ (isan'ny olona) mitambatra _____ irery
Miasa firy andro/volana ianao no mahafeno botry iray ? _____
- Firy ny botry miala eto @ faritr'i Mariarano mitondra hazo?
_____ isakerinandro _____ isambolana _____ isantaona
- Firy eo ho eo no mitondra matsio?
_____ mitondra broty/demi-broty? _____ mitondra milimily? _____
- Ohatrinona ny vola azonao isambolana @ fitrandrahana ala honko _____ Fmg

F – Fitrandrahana sy fivarotana ankoatran'ny ala honko

- Inona ny fitrandrahana ataonao ao anaty ala honko raha tsy maka hazo?
_____ Mitsangatsangana _____ Mioty/mihaza _____ Tantely, _____ Fanafody _____ Manjono
_____ hafa
- Habetsahany vokatry _____ isany/m³ Habetsahany taterina _____ isa/m³
- Aiza ny toerana hivarotanareo azy ? _____
Misy mpanelanelana ve ? _____ eny _____ tsia
Vidy ivarotana tsy misy mpanelanelana _____ Fmg
Vidy misy manelanelana _____ Fmg
- Ohatrinona ny vola azonao isambolana @ izany _____ Fmg

G- Ekolojian'ny ala honko

- Faritra aiza no tena mbola be honko ary karazany toa inona ?
_____ Faritra _____ Karazany
- Faritra aiza no be zanaka honko?
_____ Faritra _____ Karazany
- Faritra aiza ary karazany toa inona no tena voatrandraka ?
_____ Faritra _____ Karazany
Nahoana ? _____
- Aorian'ny fitrandrahana atao, mbola misy honko maniry ve ? _____ eny _____ tsia
- Aminao, firy taona/habe ny hazo honko iray no azo trandrahana ?
_____ taona matsio _____ broty _____ mily²
- Mahafantatra sakana @ fitomboan'ny ala honko ve ianao ? Inona avy ? _____
- Mahafantatra vokatsoa azo avy @ ala honko ve ianao ? _____

H- Biby sy zava-maniry

- Inona ny biby fahita anaty ala honko ?
Milaza biby telo betsaka indrindra _____
Milaza biby telo tsy dia fahita indrindra _____
- Nahita fiovany hamoroan'ireo biby anaty ala honko ireo ve ianao ? _____ (inona) eny
_____ tsia
- Inona ny zava-maniry fahita anaty ala honko ?

Milaza telo betsaka indrindra (%)__

Milaza telo tsy dia fahita indrindra (%)__

- Nahita fiovan'ny hamaroany ve ianao ? _____ (inona) eny ____ tsia
- Fantatrao ve ny fanafody azo atao @ ala honko? _____ eny ____ tsia
- Misy lalàna mifehy ve ny biby sy zava-maniry ao ? ____ eny ____ tsia

I- Lalàna sy fitantanana

- Ahoana ny fomba fitantanareo ny ala honko ? _____
- Misy disadisa/fifandonana ve hita @ fitrandrahana ala honko ? ____ eny ____ tsia
Raha misy, dia ahoana ny fomba andaminanareo izany? _____
- Misy toerana masina sy arovana ve anaty ala honko ? _____ eny _____ tsia
- Misy mpanara-maso ve ireo mpitrandraka ala honko ? _____
Iza no mpanara-maso? _____ Impiry isan-taona ? _____
- Mampahafantatra ny tompon'andraikitra eto antoerana ve ianareo @ fitrandrahana? _____
- Manana taratasy ve ireo olona mandray ny honko eto antoerana? _____ Majunga na ivelany? _____
- Mahafantatra ireo mpitrandraka ve ny tompon'andraikim-panjakana eo an-toerana? _____
_____ Iza no tompon'andraikitra?
- Iza no anomezana taxe na resitourne? _____
Ohatrinona isakazo? _____ Matsio ____ Broty ____ demibrody ____ Milimily
- Mahafantantra ny atao hoe fitantanana iarahana ve ianareo ? _____
- Ahoana ny hevitrao @ fitantanana sy fitrandrahana ala honko @ ho avy ? _____

J- Tantara

- Araka ny tantara taona firy no nanombohany fitrandrahana ala honko t@ ity faritra ity ? _____
- Nanomboka oviana no nihamafy ny fiasana ny ala honko ? _____
- Nanomboka oviana no azo nataon'ny besinimaro ny miasa ? _____
- Nihena firy % ny ala honko raha ny fahitanao azy tao anaty : _____ telopolo taona _____ dimy taona lasa _____ herintaona
- Nisy mpiavy nifindra monina ve ? _____ eny _____ tsia _____ foko

**(b) ENQUETE SUR L'EXPLOITATION DE LA ZONE DE
MANGROVE DE MARIARANO**

A – Situation sociale de l'enquêté

- Age _____ sexe _____ ethnique _____ lieu _____

B- Activités

- Quelle est votre activité principale comme source d'argent? _____
Ancienneté _____

- Avez-vous d'autres activités/occupations secondaires ? _____

- Avez-vous déjà visité les mangroves ? Si oui, quelles sont vos activités dans les mangroves?

¹² _____ Source d'énergie/charbon _____ bois d'oeuvre _____ bois de construction _____ bois de service
_____ Paysage/promenade _____ Apiculture _____ plantes médicinales _____ Poissons, crabes,
crevettes, huîtres, _____ autres

- Combien de fois exécutez-vous cette activité ?

_____ ? par semaine

_____ ? par mois

- Qu'est ce que vous faites là-bas ?

*- Exploitez-vous systématiquement ou périodiquement les mangroves ? _____ oui
_____ non

*- Quel type d'exploitation exercez-vous ?

Individuel _____

Groupe _____ Nombre de personnes _____

- Quelle est votre activité comme source de subsistance? _____

***C– Site d'exploitation pour un exploitant**

- Avez-vous des préférences pour la zone à exploiter ? _____

- Laquelle fréquentez-vous le plus souvent ? _____

- Lieu d'activité actuel _____ Distance du lieu de travail _____

- Place de dépôt des bois de mangrove après la coupe _____

- Temps de collecte de bois après la coupe _____ Nombre de bois coupé par jour _____

***D - Moyens disponibles pour un exploitant**

- Quels sont les matériels utilisés pour l'exploitation par activité?

_____ Tronçonneuse ? _____ Machette ? _____ Autre matériel utilisé ?

- Disposez-vous d'un moyen de transport à l'intérieur et hors de la zone des mangroves ?

_____ Pirogue ? _____ Bateau à voile ? _____ Moteur hors bord ? _____ Autres

- Est-ce vous êtes le propriétaire ou vous le louez ?

- Nombre de bois transporté par voyage ? _____

- Fréquence de transport ? _____ par jour _____ tous les deux jours _____ une fois par semaine

- Qui fait le transport des bois collectés ? _____

- Enlevez-vous les écorces des bois coupés ? _____ oui _____ non

- Si oui, qui enlève les écorces ? _____

***E – Exploitation et vente de bois de mangrove**

- Espèces cibles pour toute exploitation de bois _____

- Espèces cibles pour chaque utilisation : _____ pour la construction d'une maison

¹² Anticipation de réponse pour diriger les enquêteurs

_____ pirogue/bateau _____ pour la clôture et la haie
_____ pour le bois de feu _____ pour les ruches _____ pour les
plantes médicinales

- Quantité produite _____ nombre/m³ Quantité transportée _____ nombre/m³

- Choisissez-vous les dimensions des arbres que vous abattez ? _____

- Si oui, hauteur moyenne _____ m ; Diamètre moyen _____ cm

- Nombre de jours de travail par semaine _____

Nombre de jours de coupes par semaine _____

- Lieu de mise en vente _____ sur place _____ Majunga

Existe-t-il un intermédiaire ? ____ oui ____ non

Prix de vente directe _____ Fmg

Prix de vente par intermédiaire _____

- Combien coûte le transport d'un bois (en fonction de la taille) en boutre?

Lieu de débarquement des marchandises ?

Partagent-ils les dépenses pour remplir le bateau de transport ?

Combien de temps travaillez-vous pour arriver à remplir les marchandises ?

Qui sont les consommateurs/les marchés ciblés ? _____

- Combien de boutre et de bateau transporte des bois de mangrove pour quitter l'estuaire de
Mariarano ? (par montée des vives eaux)

- Total de revenu mensuel pour l'exploitation des bois de mangroves _____ Fmg

F – Exploitation et vente engendrée par les activités autres que les bois de mangrove

- Espèce cibles pour toute exploitation de la zone des mangroves autre que les bois _____

_____ Pour la pêche, _____ Pour l'apiculture _____ Pour les plantes

médicinales

- Quantité produite _____ nb/m³ Quantité transportée _____ nb/m³

- Nombre de jours de travail par semaine _____

- Lieu de mise en vente _____ Existe-t-il un intermédiaire ? ____ oui ____ non

Prix de vente directe _____

Prix de vente par intermédiaire _____

- Qui sont les consommateurs/les marchés ciblés ? _____

- Total de revenu mensuel engendré _____ Fmg

G- Ecologie de la mangrove

- Dans quelles zones trouve-t-on des mangroves denses ?

Type de mangrove _____

Lieu _____

- Dans quelles zones un trouve-t-on des mangroves fortement régénérées ?

Type de mangrove _____

Lieu _____

- Dans quelles zones un trouve-t-on des mangroves fortement dégradées ?

Type de mangrove _____

Lieu _____

- Après une exploitation forestière intensive dans un secteur quelconque, existe-t-il une
régénération ? ____ oui ____ non

- Pour combien d'année pensez-vous qu'un arbre est exploitable ?(en fonction de la taille)
_____ an

- Connaissez-vous les obstacles de développement de la forêt de mangrove ? Lesquels ?

- Connaissez-vous les bienfaits de la forêt de mangrove ? Lesquels ?

H- Faune et flore

- Quelle est la faune la plus rencontrée dans la zone des mangroves ?
Citez trois espèces abondantes ? _____
Citez trois espèces rares ? _____
- Avez-vous remarqué un changement de population ? _____ si oui, laquelle ? _____ non
- Quelle est la flore la plus rencontrée dans la zone des mangroves ?
Citez trois espèces abondantes ? _____
Citez trois espèces rares ? _____
- Avez-vous remarqué un changement des peuplements ? _____ si oui, laquelle ? _____ non
- Connaissez-vous les vertus des bois et plantes dans la mangrove? _____ Oui _____ non
- Ces terroirs ont-ils un statut juridique de réserve de faune ou de flore ? _____ Oui _____ non

I- Loi et gestion

- Comment gérez-vous les ressources dans votre communauté ? _____
- Existe-t-il un conflit pour une exploitation quelconque dans la zone des mangroves ? _____ oui
_____ non
- En cas de conflit, comment réglez-vous le problème? _____
- Existe-t-il une zone considérée comme lieu sacré et protégé dans les mangroves ?
_____ oui _____ non
- Y a-t-il un suivi pour tous les exploitants forestiers (mangroves ou forêts) sans exception ? _____ oui
_____ non Combien de fois par an ? _____
- Les autorités sur place sont-ils au courant de leur exploitation ?
- Les collecteurs de bois de mangrove sur place et à Majunga possèdent-ils d'un papier légal ?
- A qui donne-t-on la ristourne des bois transportés ? _____ Combien ? _____ Fmg
- Connaissez-vous la gestion participative/communautaire? _____ oui _____ non
- Quels sont vos points de vue pour la future exploitation et gestion de la zone des mangroves ?

J- Historique

- Quelle année débute l'exploitation des ressources des mangroves dans la région ? _____
- L'intensité d'exploitation a-t-elle changé au cours du temps ? _____ oui _____ non
- Depuis quand l'exploitation de bois de mangrove est possible à tous ?
- Quel constat global pouvez-vous nous dire au cours d'une trentaine d'années sur la variation de la forêt de mangrove (%)? _____
- Y-a-t-il eu une immigration dans la région ? _____ oui _____ non
Pourquoi ? _____ Qui ? _____ Origine ethnique ? _____

* question à poser aux exploitants

ENQUETE SUR L'EXPLOITATION DE LA ZONE DE MANGROVE DE BOANAMARY

A – Situation sociale de l'enquêté

- Age _____ sexe _____ ethnie _____ lieu _____

B- Activités

- Quelle est votre activité principale comme source d'argent? _____
Ancienneté _____
- Avez-vous d'autres activités/occupations secondaires ? _____
- Avez-vous déjà visité les mangroves ? Si oui, quelles sont vos activités dans les mangroves?
¹³ _____ Source d'énergie/charbon _____ bois d'oeuvre _____ bois de construction _____ bois de service
_____ Paysage/promenade _____ Apiculture _____ plantes médicinales _____ Poissons, crabes,
crevettes, huîtres, _____ autres
- Combien de fois exécutez-vous cette activité ? _____
_____ ? par semaine
_____ ? par mois
- Qu'est ce que vous faites là-bas ?
- *- Exploitez-vous systématiquement ou périodiquement les mangroves ? _____ oui
_____ non
- *- Quel type d'exploitation exercez-vous dans le passé?
Individuel _____
Groupe _____ Nombre de personnes _____
- Quelle est votre activité comme source de subsistance? _____

*C– Exploitation pour un exploitant dans le passé

- Avez-vous des préférences pour la zone à exploiter ? _____
- Laquelle fréquentez-vous le plus souvent ? _____
- Enlevez-vous les écorces des bois coupés ? _____ oui _____ non
- Espèces cibles _____
- Place de dépôt des bois de mangrove après la coupe _____
- Temps de collecte de bois après la coupe _____ Nombre de bois coupé par jour _____
- Lieu de vente _____
- Qui fait le transport des bois collectés ? _____
- Transport utilisé _____ Fréquence _____
- Total de revenu mensuel pour l'exploitation des bois de mangroves _____ Fmg

F – Exploitation et vente engendrée par les activités autres que les bois de mangrove

- Espèce cibles pour toute exploitation de la zone des mangroves autre que les bois _____
_____ Pour la pêche, _____ Pour l'apiculture _____ Pour les plantes
médicinales
- Quantité produite _____ nb/m3 Quantité transportée _____ nb/m3
- Nombre de jours de travail par semaine _____
- Lieu de mise en vente _____ Existe-t-il un intermédiaire ? _____ oui _____ non
- Prix de vente directe _____
Prix de vente par intermédiaire _____
- Qui sont les consommateurs/les marchés ciblés ? _____
- Total de revenu mensuel engendré _____ Fmg

¹³ Anticipation de réponse pour diriger les enquêteurs

G- Ecologie de la mangrove

- Dans quelles zones trouve-t-on des mangroves denses ?

Type de mangrove _____

Lieu _____

- Dans quelles zones un trouve-t-on des mangroves fortement régénérées ?

Type de mangrove _____

Lieu _____

- Dans quelles zones un trouve-t-on des mangroves fortement dégradées ?

Type de mangrove _____

Lieu _____

- Après une exploitation forestière intensive dans un secteur quelconque, existe-t-il une régénération ? _____ oui _____ non

- Pour combien d'année pensez-vous qu'un arbre est exploitable ? (en fonction de la taille) _____ an

- Connaissez-vous les obstacles de développement de la forêt de mangrove ? Lesquels ?

- Connaissez-vous les bienfaits de la forêt de mangrove ? Lesquels ?

H- Faune et flore

- Quelle est la faune la plus rencontrée dans la zone des mangroves ?

Citez trois espèces abondantes ? _____

Citez trois espèces rares ? _____

- Avez-vous remarqué un changement de population ? _____ si oui, laquelle ? _____ non

- Quelle est la flore la plus rencontrée dans la zone des mangroves ?

Citez trois espèces abondantes ? _____

Citez trois espèces rares ? _____

- Avez-vous remarqué un changement des peuplements ? _____ si oui, laquelle ? _____ non

- Connaissez-vous les vertus des bois et plantes dans la mangrove? _____ Oui _____ non

- Ces terroirs ont-ils un statut juridique de réserve de faune ou de flore ? _____ Oui _____ non

I- Loi et gestion

- Comment gérez-vous les ressources dans votre communauté ? _____

- Existe-t-il un conflit pour une exploitation quelconque dans la zone des mangroves ? _____ oui _____ non

En cas de conflit, comment réglez-vous le problème? _____

- Existe-t-il une zone considérée comme lieu sacré et protégé dans/près des mangroves ?

_____ oui _____ non

- Y a-t-il un suivi des agents des eaux et forêts après le transfert ? _____ oui _____ non Combien de fois par an ? _____

- Les villageois sur place sont-ils tous au courant du contrat de gestion ? _____

- Connaissez-vous la *dina*? _____ oui _____ non

- Quels sont vos points de vue pour la gestion de la zone des mangroves actuelle?

J- Historique

- Quelle année débute l'exploitation des ressources des mangroves dans la région ? _____

- L'intensité d'exploitation a-t-elle changé au cours du temps ? _____ oui _____ non

* question à poser aux anciens exploitants ou connaisseurs

| Code de la liste rouge de UICN | Famille | Nom scientifique | Nom vernaculaire | Localisation (%) | | Fréquence | | Ordre de menace | | | | | | Source de pression | |
|--------------------------------|-------------------|--|-------------------------|------------------|-----|-----------|---|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|---|
| | | | | M | B | M | B | M | | | B | | | M | B |
| | | | | | | | | Mn. | Ed. | Ex. | Mn. | Ed. | Ex. | | |
| | ARDEIDAE | <i>Melanophoyx ardesiaca</i> (Wagler, 1827) | Lombokomana | 100 | 40 | X | | | | | | | | | |
| LC | ARDEIDAE | <i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758) | Kilandy | 100 | 100 | X | | | | | | | | | |
| | ARDEIDAE | <i>Egretta ardesiaca</i> (Wagler, 1827) | Langaroaka | 100 | 50 | | | | | | | | | | |
| LC | THRESKIORNITHIDAE | <i>Plegadis falcinellus</i> (Linnaeus, 1766) | Famakiakora | 100 | 0 | X | | | | | | | | | |
| CR | ACCIPITRIDAE | <i>Haliaetus vociferoides</i> (Des Murs, 1845) | Ankoay | 25 | 0 | | | | | | | | | | |
| LC | CUCULIDAE | <i>Centropus toulou</i> (Statius Muller, 1776) | Toloho | 50 | 25 | | | | | | | | | | |
| MAMMIFERES | | | | | | | | | | | | | | | |
| LR/lc | LEMURIDAE | <i>Eulemur fulvus</i> (E. Geoffroy, 1796) | Gidro na Akombamalandy | 70 | 0 | X | | X | | | | | | FB, CO, CH | |
| VU A1c, C2a | LEMURIDAE | <i>Eulemur mongoz</i> (Linnaeus, 1766) | Dredrika | 25 | 0 | | | | X | | | | | CH, CO | |
| VU A1c | INDRIDAE | <i>Prophithecus verreauxi deckeni</i> (Peters, 1870) | Sifaka na Akombamalandy | 90 | 10 | X | | | X | | | | | CH, CO | |
| LR/nt | MEGALADAPIDAE | <i>Lepilemur edwardsi</i> (Forsyth Major, 1894) | Repaka | 100 | 0 | X | | X | | | | | | CH, CO | |

| Code de la liste rouge de UICN | Famille | Nom scientifique | Nom vernaculaire | Localisation (%) | | Fréquence | | Ordre de menace | | | | | | Source de pression | | |
|--------------------------------|----------------|--|------------------|------------------|----|-----------|---|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|--------|--|
| | | | | M | B | M | B | M | | | B | | | M | B | |
| | | | | | | | | Mn. | Ed. | Ex. | Mn. | Ed. | Ex. | | | |
| EN B1+2bc | CHEIROGALEIDAE | <i>Microcebus murinus</i> ou <i>Microcebus myoxinus</i> (Peters, 1852) | Vokomboahy | 100 | 0 | X | | X | | | | | | | CH, CO | |
| VU | DUGONGIDAE | <i>Dugong dugon</i> (Müller, 1776) | Trozona | 15 | 0 | | | | | X | | | | | CO | |
| | SUIDAE | <i>Potamochoerus larvatus</i> (F. Cuvier, 1822) | Lamboala | 25 | 13 | X | X | | | | | | | | | |
| | FELIDAE | <i>Felis silvestris</i> (Schreber, 1775) | Kary | 25 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | BOVIDAE | <i>Bos taurus taurus</i> (Linnaeus, 1758) | Omby | 0 | 50 | | X | | | | | | | | | |
| | BOVIDAE | <i>Capra</i> spp. (Linnaeus, 1758) | Bengy | 0 | 38 | | | | | | | | | | | |
| | BOVIDAE | <i>Ovis aries</i> (Linnaeus, 1758) | Ondrikondrika | 0 | 38 | | | | | | | | | | | |
| LR/lc | PTEROPODIDAE | <i>Eidolon dupreanum</i> (Schlegel, 1867) | Fanihy | 44 | 38 | | | X | | | | X | | CO | CO | |

M : Mariarano, B : Boanamary

Source de pression : FB : feu de brousse, CH, Chasse, DF : défrichement, CO : comestible, VE : vente

Code de la liste rouge de l'UCN : LR/LC : Préoccupation mineure, NT : quasi-menacé, VU : Vulnérable, EN : en danger, CR : en danger critique d'extinction, EW : éteint à l'état sauvage, EX : éteint

Ordre de menace : selon la perception des participants à l'atelier : Mn : menacé, Ed : en danger, Ex : en extinction

ANNEXE 4. Points de références GPS pour le choix des zones d'entraînement des espèces de mangrove

| LAT | LONG | alt | RG | Riz_m | Cer_T | Br_G | Avi_M | Xy_G | Lu_R | Hi_L | So_a |
|--------|---------|-----|----|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| 679940 | 8296400 | 17 | 65 | | x | | | | | | |
| 679102 | 8294428 | 20 | 62 | | x | | | | | | |
| 680144 | 8294401 | 14 | 70 | x | | | | | | | |
| 680523 | 8294111 | 21 | 66 | x | | | | | | | |
| 678453 | 8294056 | 5 | 80 | x | x | | | | | | |
| 679790 | 8293970 | 9 | 70 | x | | | | | | | |
| 681080 | 8293986 | 17 | 85 | | x | | | | | | |
| 680834 | 8293913 | 5 | 80 | | x | | | | | | |
| 679940 | 8294270 | 10 | 65 | | | | | | | | x |
| 678920 | 8293730 | 11 | 50 | | | | | | | | x |
| 677300 | 8293280 | 11 | 70 | x | x | | | | | | |
| 680330 | 8295860 | 9 | 90 | | | | x | | | | |
| 678888 | 8293181 | 15 | 55 | | | | x | | | | x |
| 680090 | 8293550 | 5 | 65 | x | | | | | | | |
| 677857 | 8293082 | 14 | 70 | | | | x | | | | |
| 679580 | 8292860 | 14 | 65 | | x | | | | | | |
| 677480 | 8293130 | 7 | 70 | x | x | | | | | | |
| 681800 | 8292650 | 20 | 45 | x | x | | | | | | |
| 676670 | 8292590 | 11 | 55 | x | | x | | | x | | |
| 682130 | 8292440 | 17 | 75 | | | | x | | | | x |
| 677210 | 8292830 | 12 | 55 | x | x | | | | | | |
| 682804 | 8292342 | 9 | 80 | x | | | | | | | |
| 679940 | 8295140 | 14 | 80 | x | | | | | | | |
| 680990 | 8292530 | 15 | 75 | x | x | | | | | | |
| 680600 | 8292530 | 7 | 45 | x | | | | | | | |
| 682370 | 8291870 | 27 | 77 | x | x | x | | | | | |
| 682083 | 8291780 | 13 | 50 | | x | | | | | | |
| 682310 | 8291600 | 21 | 65 | | x | | | | | | |
| 683034 | 8291595 | 7 | 40 | | x | x | | | x | | |
| 683579 | 8291469 | 10 | 80 | x | | | | | | | |
| 679700 | 8291510 | 8 | 70 | x | | | | | | | |
| 679400 | 8291510 | 16 | 75 | | x | | | | | | |
| 683000 | 8291330 | 8 | 70 | x | | | | | | | |
| 681590 | 8295350 | 4 | 70 | x | x | | | | | | |
| 683270 | 8291240 | 7 | 70 | x | | | | | | | |
| 680199 | 8291123 | 10 | 55 | x | | | | | | | |
| 683840 | 8291270 | 11 | 80 | x | x | | | | | | |
| 683024 | 8291002 | 15 | 75 | x | | | | | | | |
| 683691 | 8290969 | 12 | 65 | x | | | | | | | |
| 679546 | 8290998 | 11 | 72 | x | x | | | | | | |
| 680450 | 8290940 | 16 | 70 | x | | | | | | | |
| 681470 | 8291240 | 4 | 45 | x | x | x | | | x | | |
| 683694 | 8290674 | 8 | 72 | x | | | | | | | |
| 680267 | 8290666 | 14 | 75 | x | x | | | | | | |
| 681338 | 8294890 | 9 | 70 | x | x | | | | | | |
| 679336 | 8290619 | 20 | 75 | | | | | x | | | |
| 683611 | 8290479 | 12 | 60 | | | | | x | | | |
| 679039 | 8290509 | 13 | 67 | x | | | | | | | |
| 678320 | 8291960 | 9 | 70 | | | | | x | | | |
| 681080 | 8291780 | 17 | 75 | x | | | | | | | |
| 678470 | 8291480 | 12 | 80 | | | | | x | | | |

(suite annexe 4)

| LAT | LONG | alt | RG | Riz_m | Cer_T | Br_G | Avi_M | Xy_G | Lu_R | Hi_L | So_a |
|--------|---------|-----|----|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| 683514 | 8290247 | 22 | 82 | | | | | x | | | |
| 684172 | 8290240 | 18 | 78 | x | | | | x | | | |
| 683723 | 8290196 | 15 | 25 | x | x | x | | | | | |
| 683242 | 8290179 | 10 | 60 | | x | | | | | | |
| 677990 | 8295020 | 16 | 75 | | x | | | | | | |
| 679036 | 8290197 | 9 | 55 | x | | | | | | x | |
| 683876 | 8290143 | 27 | 70 | | x | | | | | | |
| 682670 | 8290520 | 13 | 60 | | | | | | | | |
| 678890 | 8290010 | 10 | 70 | x | | | | | | | |
| 683080 | 8290099 | 9 | 85 | x | | | | | | | |
| 684530 | 8290100 | 15 | 35 | | | x | | | | x | |
| 684127 | 8289958 | 13 | 70 | x | | | | | | | |
| 679289 | 8289950 | 14 | 80 | x | | | | | | | |
| 683030 | 8289650 | 10 | 90 | | | | x | | | | |
| 680071 | 8289887 | 49 | 80 | x | | | | | | | |
| 680934 | 8294686 | 29 | 65 | x | | | | | | | |
| 684173 | 8289696 | 17 | 75 | | | | | x | | | |
| 679610 | 8289200 | 18 | 40 | x | | | | | | | |
| 679813 | 8289710 | 16 | 85 | x | | | | | | | |
| 679010 | 8289260 | 21 | 65 | x | | | | | | | |
| 679416 | 8289545 | 18 | 62 | x | | | | | | | |
| 683540 | 8289230 | 1 | 58 | x | | | | | | | |
| 684950 | 8290010 | 12 | 78 | x | | | | x | | | |
| 680739 | 8294666 | 13 | 90 | | | x | | | | x | |
| 680681 | 8294456 | 9 | 97 | | | x | | x | | | |

RG : recouvrement global, alt: altitude, x : présence de l'espèce dans un rayon de 15m

ANNEXE 5 : Séparabilité des classes par Jeffries-Matusita pour l'image satellitaire de Mariarano

Eau1:

Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
 M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Vase1: (2.00000000 2.00000000)
 Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Eau2: (1.99999999 2.00000000)
 Vase 2: (2.00000000 2.00000000)
 Sable2: (2.00000000 2.00000000)
 Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
 Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
 Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
 Tanne humide 2: (1.99999999 2.00000000)
 Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Forêt dense 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt claire 1: (1.90067885 1.99622580)
 Forêt dégradée 1: (1.97308443 1.99760394)
 Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
 M. clairsemée 1: (1.99999997 2.00000000)
 Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane arborée 1: (1.99998116 2.00000000)
 Vase1: (2.00000000 2.00000000)
 Zone brûlée 1: (1.99999726 2.00000000)
 Eau2: (2.00000000 2.00000000)
 Vase 2: (1.99996595 1.99999989)
 Sable2: (2.00000000 2.00000000)
 Savane 2: (1.99999999 2.00000000)
 Savane arborée 2: (1.99992024 1.99999999)
 Tanne 2: (1.99999935 2.00000000)
 Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt claire 2: (1.99955253 1.99994506)
 Forêt claire intense 2: (1.99999895 2.00000000)
 Forêt dense2: (1.99760777 1.99999074)
 Forêt dégradée 2: (1.99983089 1.99999904)
 M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)

M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense mixte 2: (1.99999971 2.00000000)
 M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense mixte+herb2: (1.99995507 2.00000000)
 Forêt claire noir1: (1.99990210 1.99999999)

Forêt claire 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt dense 1: (1.90067885 1.99622580)
 Forêt dégradée 1: (1.99983498 1.99999929)
 Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove d. mixte 1: (1.99999990 2.00000000)
 Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999924 2.00000000)
 M. clairsemée 1: (1.99999845 2.00000000)
 Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane arborée 1: (1.99999974 2.00000000)
 Vase1: (2.00000000 2.00000000)
 Zone brûlée 1: (1.99998081 2.00000000)
 Eau2: (2.00000000 2.00000000)
 Vase 2: (1.99999772 2.00000000)
 Sable2: (2.00000000 2.00000000)
 Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
 Savane arborée 2: (1.99999999 2.00000000)
 Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
 Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt claire 2: (1.99998055 1.99999999)
 Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt dense2: (1.99255313 1.99982991)
 Forêt dégradée 2: (1.99999981 2.00000000)
 M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
 M. dense mixte+herb2: (1.99999858 2.00000000)
 Forêt claire noir1: (1.99345013 1.99980337)

Forêt dégradée 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
 Forêt dense 1: (1.97308443 1.99760394)
 Forêt claire 1: (1.99983498 1.99999929)
 Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
 Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
 M. clairsemée 1: (1.99998877 2.00000000)
 Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane1: (2.00000000 2.00000000)
 Savane arborée 1: (1.99677666 1.99999982)
 Vase1: (2.00000000 2.00000000)
 Zone brûlée 1: (1.99855565 2.00000000)
 Eau2: (2.00000000 2.00000000)
 Vase 2: (1.99963716 1.99999643)
 Sable2: (2.00000000 2.00000000)
 Savane 2: (1.99999972 2.00000000)

(suite Annexe 5)

Savane arborée 2: (1.99976392 1.99999716)
Tanne 2: (1.99999889 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (1.99999999 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.99999986 2.00000000)
Forêt dense2: (1.99999026 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.99999925 1.99999999)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (1.99999095 1.99999998)

Mangrove dégradée 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (1.93303175 1.99970776)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99111174 1.99968489)
M. clairsemée 1: (1.99995987 1.99999959)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (1.99804429 1.99999998)
Zone brûlée 1: (1.99999985 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99936747 1.99999998)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99910691 2.00000000)
Tanne humide 2: (1.99999969 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (1.99999931 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Mangrove d. mixte 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (1.99999990 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.93303175 1.99970776)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.79109842 1.96748388)
M. clairsemée 1: (1.99999992 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (1.99999971 2.00000000)

Zone brûlée 1: (1.99999998 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999198 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999182 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (1.99999999 2.00000000)
M. dégradée 2: (1.99999886 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Mangrove d. Rhizo 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (1.99999924 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.99111174 1.99968489)
Mangrove d. mixte 1: (1.79109842 1.96748388)
M. clairsemée 1: (1.99999649 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99999946 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999489 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999364 2.00000000)
Tanne humide 2: (1.99999999 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (1.99999999 2.00000000)
M. clairsemée 2: (1.99999986 2.00000000)
M. dégradée 2: (1.99999979 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. clairsemée 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99999997 2.00000000)
Forêt claire 1: (1.99999845 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99998877 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.99995987 1.99999959)
Mangrove d. mixte 1: (1.99999992 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999649 2.00000000)

(suite Annexe 5)

Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99999999 2.00000000)
Vase1: (1.99999999 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99999968 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99898592 1.99999999)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99962332 2.00000000)
Tanne humide 2: (1.99999903 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Sable 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (2.00000000 2.00000000)
Sable2: (1.91154814 1.99999840)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Savane1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)

Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99982740 1.99999986)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99995659 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (2.00000000 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (1.99275471 1.99997992)
Savane arborée 2: (1.99999997 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Savane arborée 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99998116 2.00000000)
Forêt claire 1: (1.99999974 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99677666 1.99999982)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (1.99999999 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (1.99982740 1.99999986)
Vase1: (1.99999995 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.95924160 1.99997050)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999416 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (1.99066929 1.99965786)
Savane arborée 2: (1.99667943 1.99948778)
Tanne 2: (1.99999962 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.9999644 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.99987012 1.99999875)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (1.99999103 2.00000000)

(suite Annexe 5)

Vase1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.99804429 1.99999998)
Mangrove d. mixte 1: (1.99999971 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (1.99999999 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99999995 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99900572 1.99999461)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99993115 1.99999995)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99985884 1.99999995)
Tanne humide 2: (1.99999997 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Zone brûlée 1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99999726 2.00000000)
Forêt claire 1: (1.99998081 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99855565 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.99999985 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (1.99999998 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999946 2.00000000)
M. clairsemée 1: (1.99999968 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (1.99995659 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.95924160 1.99997050)
Vase1: (1.99900572 1.99999461)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999158 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (1.99934022 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99998033 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999986 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.99999997 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.99999965 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)

M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (1.99931182 2.00000000)

Eau2:

Eau1: (1.99999999 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (2.00000000 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Vase 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99996595 1.99999989)
Forêt claire 1: (1.99999772 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99963716 1.99999643)
Mangrove dégradée 1: (1.99936747 1.99999998)
Mangrove d. mixte 1: (1.99999198 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999489 2.00000000)
M. clairsemée 1: (1.99898592 1.99999999)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99999416 2.00000000)
Vase1: (1.99993115 1.99999995)
Zone brûlée 1: (1.99999158 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (1.99999996 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99942936 1.99999943)
Tanne 2: (1.27322298 1.42603261)
Tanne humide 2: (1.99921791 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.99999922 2.00000000)
Forêt dense2: (1.99999992 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.99999882 2.00000000)

(suite Annexe 5)

M. dense Av. et So. 2: (1.99999990 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (1.99999988 2.00000000)
M. dense mixte 2: (1.99999999 2.00000000)
M. clairsemée 2: (1.99999693 2.00000000)
M. dégradée 2: (1.99723417 1.99999996)
M. dense mixte+herb2: (1.99999998 2.00000000)
Forêt claire noir1: (1.99999915 2.00000000)

Sable2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (1.91154814 1.99999840)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Savane 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99999999 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99999972 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (1.99275471 1.99997992)
Savane arborée 1: (1.99066929 1.99965786)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99934022 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999996 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99868149 1.9999917)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)

Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.99999974 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.99991053 1.99999996)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Savane arborée 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99992024 1.99999999)
Forêt claire 1: (1.99999999 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99976392 1.99999716)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (1.99999997 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99667943 1.99948778)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99998033 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99942936 1.99999943)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (1.99868149 1.99999917)
Tanne 2: (1.99988969 2.00000000)
Tanne humide 2: (1.99999998 2.00000000)
Forêt claire 2: (1.99999976 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.98239367 2.00000000)
Forêt dense2: (1.99999999 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.97323558 1.99666602)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (1.99999999 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Tanne 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99999935 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99999889 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.99910691 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (1.99999182 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999364 2.00000000)
M. clairsemée 1: (1.99962332 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99999962 2.00000000)
Vase1: (1.99985884 1.99999995)
Zone brûlée 1: (1.99999986 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)

(suite Annexe 5)

Vase 2: (1.27322298 1.42603261)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99988969 2.00000000)
Tanne humide 2: (1.99601694 1.99999998)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (1.99999996 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (1.99999989 2.00000000)
M. dense mixte 2: (1.99999998 2.00000000)
M. clairsemée 2: (1.99999576 2.00000000)
M. dégradée 2: (1.99646702 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (1.99999999 2.00000000)

Tanne humide 2:

Eau1: (1.99999999 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.99999969 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999999 2.00000000)
M. clairsemée 1: (1.99999903 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (1.99999997 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99921791 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99999998 2.00000000)
Tanne 2: (1.99601694 1.99999998)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (1.99999999 2.00000000)
M. dégradée 2: (1.99999681 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Forêt claire 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99955253 1.99994506)
Forêt claire 1: (1.99998055 1.99999999)
Forêt dégradée 1: (1.99999999 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)

Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (2.00000000 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99999976 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.99998975 2.00000000)
Forêt dense2: (1.99981399 1.99999939)
Forêt dégradée 2: (1.99967556 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (1.99998084 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Forêt claire intense 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99999895 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99999986 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99999644 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99999997 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999922 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (1.99999974 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.98239367 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (1.99998975 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.95017107 1.99995194)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Forêt dense2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99760777 1.99999074)
Forêt claire 1: (1.99255313 1.99982991)
Forêt dégradée 1: (1.99999026 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)

(suite Annexe 5)

Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999992 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99999999 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (1.99981399 1.99999939)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (1.99999993 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (1.99942459 1.99999311)
Forêt claire noir1: (1.99999999 2.00000000)

Forêt dégradée 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99983089 1.99999904)
Forêt claire 1: (1.99999981 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (1.99999925 1.99999999)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99987012 1.99999875)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99999965 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999882 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (1.99991053 1.99999996)
Savane arborée 2: (1.97323558 1.99666602)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (1.99967556 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (1.95017107 1.99995194)
Forêt dense2: (1.99999993 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. dense Av. et So. 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999990 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999996 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (1.99634951 1.99998535)
M. dense Rhizo 2: (1.99869265 1.99999998)
M. dense mixte 2: (1.97826673 1.99754753)
M. clairsemée 2: (1.98945046 1.99962124)
M. dégradée 2: (1.99990102 1.99999996)
M. dense mixte+herb2: (1.99462238 1.99940187)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. dense Rh_ceae. 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (2.00000000 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (1.99634951 1.99998535)
M. dense Rhizo 2: (1.64610725 1.78022131)
M. dense mixte 2: (1.50863095 1.82586677)
M. clairsemée 2: (1.94178161 1.98293660)
M. dégradée 2: (1.99965677 1.99999315)

(suite Annexe 5)

M. dense mixte+herb2: (1.98807408 1.99999930)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. dense Rhizo 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999988 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999989 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (1.99869265 1.99999998)
M. dense Rh_ceae. 2: (1.64610725 1.78022131)
M. dense mixte 2: (1.70822929 1.99530501)
M. clairsemée 2: (1.84281801 1.97873054)
M. dégradée 2: (1.99584951 1.99999679)
M. dense mixte+herb2: (1.99409366 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. dense mixte 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99999971 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999999 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999999 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999998 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)

M. dense Av. et So. 2: (1.97826673 1.99754753)
M. dense Rh_ceae. 2: (1.50863095 1.82586677)
M. dense Rhizo 2: (1.70822929 1.99530501)
M. clairsemée 2: (1.83319213 1.92589055)
M. dégradée 2: (1.99857191 1.99999470)
M. dense mixte+herb2: (1.91962804 1.98108419)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. clairsemée 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (1.99999999 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999986 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999693 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999576 2.00000000)
Tanne humide 2: (1.99999999 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (1.98945046 1.99962124)
M. dense Rh_ceae. 2: (1.94178161 1.98293660)
M. dense Rhizo 2: (1.84281801 1.97873054)
M. dense mixte 2: (1.83319213 1.92589055)
M. dégradée 2: (1.97140765 1.99888401)
M. dense mixte+herb2: (1.99279531 1.99999979)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. dégradée 2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (1.99999931 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (1.99999886 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (1.99999979 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99723417 1.99999996)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99646702 2.00000000)
Tanne humide 2: (1.99999681 2.00000000)

(suite Annexe 5)

Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (1.99990102 1.99999996)
M. dense Rh_ceae. 2: (1.99965677 1.9999315)
M. dense Rhizo 2: (1.99584951 1.9999679)
M. dense mixte 2: (1.99857191 1.9999470)
M. clairsemée 2: (1.97140765 1.99888401)
M. dense mixte+herb2: (1.9999617 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

M. dense mixte+herb2:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99995507 2.00000000)
Forêt claire 1: (1.99999858 2.00000000)
Forêt dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (2.00000000 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (2.00000000 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999998 2.00000000)
Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (1.99999999 2.00000000)
Tanne 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (1.99998084 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (1.99942459 1.9999311)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (1.99462238 1.99940187)
M. dense Rh_ceae. 2: (1.98807408 1.9999930)
M. dense Rhizo 2: (1.99409366 2.00000000)
M. dense mixte 2: (1.91962804 1.98108419)
M. clairsemée 2: (1.99279531 1.9999979)
M. dégradée 2: (1.9999617 2.00000000)
Forêt claire noir1: (2.00000000 2.00000000)

Forêt claire noir1:

Eau1: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense 1: (1.99990210 1.99999999)
Forêt claire 1: (1.99345013 1.99980337)
Forêt dégradée 1: (1.99999095 1.99999998)
Mangrove dégradée 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. mixte 1: (2.00000000 2.00000000)
Mangrove d. Rhizo 1: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 1: (2.00000000 2.00000000)
Sable 1: (2.00000000 2.00000000)
Savane1: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 1: (1.99999103 2.00000000)
Vase1: (2.00000000 2.00000000)
Zone brûlée 1: (1.99931182 2.00000000)
Eau2: (2.00000000 2.00000000)
Vase 2: (1.99999915 2.00000000)

Sable2: (2.00000000 2.00000000)
Savane 2: (2.00000000 2.00000000)
Savane arborée 2: (2.00000000 2.00000000)
Tanne 2: (1.99999999 2.00000000)
Tanne humide 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt claire intense 2: (2.00000000 2.00000000)
Forêt dense2: (1.99999999 2.00000000)
Forêt dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Av. et So. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rh_ceae. 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense Rhizo 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte 2: (2.00000000 2.00000000)
M. clairsemée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dégradée 2: (2.00000000 2.00000000)
M. dense mixte+herb2: (2.00000000 2.00000000)

ANNEXE 6 : Séparabilité des classes par Jeffries-Matusita pour l'image satellitaire de Boanamary

eau turbide:

forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (1.99999994 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (1.99988525 2.00000000)

forêt clairsemée:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (1.99609892 2.00000000)
forêt brûlée: (1.99949008 2.00000000)
foret tdeg: (1.99965342 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (1.99999760 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (1.99928310 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (1.99991063 2.00000000)
zone fbrûlée: (1.99999999 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

forêt dense:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (1.99609892 2.00000000)
forêt brûlée: (1.99932591 1.99999998)
foret tdeg: (1.99999968 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (1.99999999 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
Eau calme: (2.00000000 2.00000000)

forêt brûlée:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)

forêt clairsemée: (1.99949008 2.00000000)
forêt dense: (1.99932591 1.99999998)
foret tdeg: (1.99995621 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

foret tdeg:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (1.99965342 2.00000000)
forêt dense: (1.99999968 2.00000000)
forêt brûlée: (1.99995621 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (1.99993909 1.99999989)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (1.99483004 1.99927652)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

mangrove d.Avicennia:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (1.96615280 1.99997450)
mangrove dégradée: (1.99456015 1.99983551)
mangrove d.Rhizoph: (1.99965162 1.99999995)
mangrove tdeg: (1.99999298 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (1.99795376 1.99999914)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

mangrove d.mixte:

eau turbide: (1.99999994 2.00000000)
forêt clairsemée: (1.99999760 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)

(suite Annexe 6)

forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (1.96615280 1.99997450)
mangrove dégradée: (1.98599202 1.99999720)
mangrove d.Rhizoph: (1.94845107 1.99996362)
mangrove tdeg: (1.99966503 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrulée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (1.99962340 1.99999998)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

mangrove dégradée:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (1.99456015 1.99983551)
mangrove d.mixte: (1.98599202 1.99999720)
mangrove d.Rhizoph: (1.99776190 1.99999889)
mangrove tdeg: (1.99840043 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrulée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (1.93780512 1.99994163)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

mangrove d.Rhizoph:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (1.99965162 1.99999995)
mangrove d.mixte: (1.94845107 1.99996362)
mangrove dégradée: (1.99776190 1.99999889)
mangrove tdeg: (1.99922870 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrulée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (1.99958422 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

mangrove tdeg:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (1.99999298 2.00000000)
mangrove d.mixte: (1.99966503 2.00000000)

mangrove dégradée: (1.99840043 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (1.99922870 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (1.99895787 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrulée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (1.99586857 1.99999995)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

sol nu:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrulée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

savane:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (1.99928310 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (1.99993909 1.99999989)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (1.99150570 1.99985308)
zone fbrulée: (1.99999949 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

sol humide:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (1.99895787 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)

(suite Annexe 6)

tanne seche: (1.99999999 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

tanne seche:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (1.99999999 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

zone brûlée:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (1.99991063 2.00000000)
forêt dense: (1.99999999 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (1.99483004 1.99927652)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (1.99150570 1.99985308)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (1.99999936 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

zone fbrûlée:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (1.99999999 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (1.99999949 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (1.99999936 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)

eau calme: (2.00000000 2.00000000)

mangrove clairsemée:

eau turbide: (2.00000000 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (1.99795376 1.99999914)
mangrove d.mixte: (1.99962340 1.99999998)
mangrove dégradée: (1.93780512 1.99994163)
mangrove d.Rhizoph: (1.99958422 2.00000000)
mangrove tdeg: (1.99586857 1.99999995)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
eau calme: (2.00000000 2.00000000)

Eau calme:

eau turbide: (1.99988525 2.00000000)
forêt clairsemée: (2.00000000 2.00000000)
forêt dense: (2.00000000 2.00000000)
forêt brûlée: (2.00000000 2.00000000)
foret tdeg: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Avicennia: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.mixte: (2.00000000 2.00000000)
mangrove dégradée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove d.Rhizoph: (2.00000000 2.00000000)
mangrove tdeg: (2.00000000 2.00000000)
sol nu: (2.00000000 2.00000000)
savane: (2.00000000 2.00000000)
sol humide: (2.00000000 2.00000000)
tanne seche: (2.00000000 2.00000000)
zone brûlée: (2.00000000 2.00000000)
zone fbrûlée: (2.00000000 2.00000000)
mangrove clairsemée: (2.00000000 2.00000000)

ANNEXE 7 : Résultats de la classification en pixels par la matrice de confusion de l'image satellitaire de Mariarano

Overall Accuracy = (63896/64936) 98.3984%

Kappa Coefficient = 0.9823

| | Code | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------------------------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|-------|------|------|
| Non classé | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eau 1 | 1 | 1024 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Forêt claire intense 1 | 2 | 0 | 715 | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt claire 1 | 3 | 0 | 40 | 2268 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt dégradée 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 442 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dégradée 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 199 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense mixte 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 208 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Rhi_ ceae 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 235 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. clairsemée 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sable 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 969 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Savane 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4644 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Savane arborée 1 | 11 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3469 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| Vase 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 594 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zone brûlée 1 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 3 | 4560 | 0 | 0 | 0 |
| Eau 2 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13226 | 0 | 0 |
| Vase 2 | 15 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1387 | 0 |
| Sable 2 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3142 |
| Savane 2 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Savane arborée 2 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tanne s 2 | 19 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 394 | 0 |
| Tanne humide 2 | 20 | 101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| Forêt claire 2 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Av. et So. 1 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt dense 2 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt dégradée 2 | 24 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Av. et So. 2 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Rhi_ ceae 2 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Rhizo 2 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense mixte 2 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. clairsemée 2 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dégradée 2 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense mixte dom herb. 2 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt claire n. 1 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(suite annexe 7)

| | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
|----------------------------|------|------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|
| Non classé | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eau 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt claire intense 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt claire 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt dégradée 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dégradée 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense mixte 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Rhi_ceae 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. clairsemée 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sable 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Savane 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Savane arborée 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Vase 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zone brûlée 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Eau 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vase 2 | 0 | 0 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sable 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Savane 2 | 3634 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Savane arborée 2 | 0 | 1888 | 0 | 0 | 0 | 10 | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tanne s 2 | 0 | 0 | 392 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tanne humide 2 | 0 | 0 | 6 | 364 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt claire 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Av. et So. 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 772 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt dense 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3380 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forêt dégradée 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 36 | 0 | 1293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Av. et So. 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Rhi_ceae 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 1 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense à Rhizo 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 82 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| M. dense mixte 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 468 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M. clairsemée 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 167 | 2 | 0 | 0 |
| M. dégradée 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135 | 0 | 0 |
| M. dense mixte dom herb. 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 335 | 0 |
| Forêt claire n. 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1135 |

ANNEXE 9 : Données des échantillons de sol

Premier horizon (Horizon a)

| Lieu | Coord X | Coord Y | Dominance | Classes d'inondation | CE | pHeau | Argile | Limon | Sable | Code Munsell | Couleur | N% | C% | MO% | C/N | Racines |
|------|---------|---------|------------|----------------------|--------|-------|--------|-------|-------|--------------|-----------------|------|------|------|------|---------|
| MS1 | 679415 | 8288914 | XyG | 2 | 68000 | 7.32 | 66 | 20 | 14 | 5Y 6/1 | gris clair | 0.19 | 4.0 | 6.8 | 20.9 | 2 |
| MS4 | 679831 | 8289490 | CerT | 1 | 80000 | 7.34 | 58 | 24 | 18 | 5Y 4/1 | gris foncé | 0.28 | 7.8 | 13.4 | 27.7 | 3 |
| MS6 | 681307 | 8291660 | RizM | 1 | 76000 | 7.3 | 48 | 26 | 26 | 5Y4/1 | gris foncé | 0.23 | 4.4 | 7.6 | 19.2 | 2 |
| MS10 | 683313 | 8289141 | Mixte | 1 | 10000 | 7.2 | 60 | 15 | 25 | 5Y 4/1 | gris foncé | 0.54 | 11.0 | 18.9 | 20.3 | 2 |
| MS12 | 680790 | 8293716 | RizM, CerT | 1 | 72500 | 6.75 | 37 | 13 | 50 | 2,5Y 3/1 | gris très foncé | 0.22 | 3.5 | 5.9 | 15.9 | 3 |
| MS14 | 679907 | 8295188 | RizM | 1 | 97500 | 6.7 | 67 | 7 | 26 | 5Y 2,5/1 | noir | 0.25 | 4.6 | 7.8 | 18.1 | 2 |
| MS16 | 679535 | 8292251 | Mixte | 2 | 122500 | 6.7 | 40 | 22 | 38 | 5Y 4/1 | gris foncé | 0.35 | 8.3 | 14.3 | 23.7 | 2 |
| MS18 | 678968 | 8292619 | AvM | 2 | 150000 | 5.38 | 58 | 24 | 18 | 5Y 4/1 | gris foncé | 0.32 | 9.6 | 16.5 | 29.8 | 1 |
| MS19 | 678861 | 8293275 | SoA | 1 | 145000 | 6.91 | 35 | 25 | 40 | 5Y 5/1 | gris | 0.36 | 8.1 | 13.9 | 22.6 | 2 |
| MSX | 680790 | 8290702 | BruG | 3 | 47500 | 5.62 | 25 | 9 | 66 | 2,5Y 2/0 | noir | 0.50 | 13.3 | 21.9 | 26.7 | 3 |
| MPT | 676560 | 8292955 | Tanne | 3 | 122500 | 6.8 | 40 | 42 | 18 | 5Y 5/1 | gris | 0,29 | 5,7 | 9,8 | 19,3 | 1 |
| BS1 | 643778 | 8254565 | RizM | 1 | 70000 | 7.8 | 60 | 30 | 10 | 5YR 5/4 | brun rougeatre | 0,15 | 3,9 | 6,7 | 26,7 | 2 |
| BS3 | 643555 | 8254598 | AvM | 1 | 110000 | 7.96 | 56 | 32 | 12 | 7,5YR 4/4 | brun foncé | 0,14 | 2,5 | 4,4 | 18,2 | 1 |
| BS5 | 645334 | 8257681 | AvM | 1 | 94000 | 7.6 | 40 | 40 | 20 | 5YR 4/4 | brun rougeatre | 0,19 | 3,1 | 5,2 | 15,5 | 1 |
| BS7 | 645118 | 8256926 | CerT | 1 | 72500 | 7.4 | 56 | 30 | 14 | 7,5YR 3/2 | brun foncé | 0,12 | 4,1 | 7,0 | 32,4 | 2 |
| BS13 | 639762 | 8249602 | Mixte | 1 | 78000 | 7.65 | 50 | 34 | 16 | 7,5YR 6/8 | jaune rougeatre | 0,11 | 2,1 | 3,5 | 19,7 | 1 |
| BS14 | 639624 | 8250739 | Mixte | 1 | 45000 | 7.7 | 62 | 30 | 8 | 5YR 5/6 | rouge jaunatre | 0,09 | 1,0 | 1,7 | 11,2 | 2 |
| BPT | 643882 | 8254131 | Tanne | 3 | 38000 | 6.2 | 1 | 2 | 97 | 10YR 7/6 | jaune rougeâtre | 0.01 | 0.06 | 0.1 | 8.3 | 1 |

Classes d'inondation: 1: inondé par toutes les marées hautes, 2 : inondé par les marées de vives et mortes eaux, 3 : rarement inondé

Racines : (présence des racines) : 1 : peu de racines, 2 : moyen, 3 : abondant

Deuxième horizon (Horizon b)

| Lieu | CE | pHeau | Argile | Limon | Sable | Code Munsell | Couleur | N% | C% | MO% | C/N | Racines |
|------|--------|-------|--------|-------|-------|--------------|-----------------|------|------|------|------|---------|
| MS1 | 57500 | 7.4 | 71 | 15 | 14 | 5Y 6/1 | gris clair | 0.15 | 2.0 | 3.4 | 13.5 | 1 |
| MS4 | 102500 | 6.65 | 48 | 28 | 24 | 5Y 5/1 | gris | 0.27 | 12.1 | 20.8 | 45.4 | 3 |
| MS6 | 87500 | 7 | 58 | 24 | 18 | 5Y 5/1 | gris | 0.23 | 4.7 | 8.1 | 20.4 | 2 |
| MS10 | 15000 | 6.75 | 64 | 18 | 18 | 5Y5/1 | gris | 0.29 | 9.4 | 16.1 | 32.4 | 3 |
| MS12 | 77500 | 4.2 | 41 | 7 | 52 | 5Y 3/0 | gris très foncé | 0.21 | 6.0 | 10.4 | 28.7 | 2 |
| MS14 | 107500 | 5.68 | 65 | 9 | 26 | 5Y 2,5/1 | noir | 0.25 | 7.0 | 12.1 | 27.9 | 2 |
| MS16 | 107500 | 6.75 | 48 | 24 | 28 | 5Y 6/1 | gris clair | 0.34 | 7.1 | 12.2 | 20.7 | 2 |
| MS18 | 150000 | 6.33 | 34 | 44 | 12 | 5Y 5/1 | gris | 0.34 | 9.5 | 16.3 | 27.6 | 3 |
| MS19 | 135000 | 7.1 | 36 | 26 | 38 | 5Y 4/1 | gris | 0.27 | 7.3 | 12.6 | 27.4 | 3 |
| MSX | 17500 | 5.25 | 17 | 5 | 78 | 2,5Y 2/0 | noir | 0.34 | 14.3 | 24.6 | 41.7 | 3 |
| BS1 | 92500 | 7.61 | 56 | 34 | 10 | 7,5YR 4/2 | brun | 0,13 | 5,2 | 9,1 | 41,5 | 1 |
| BS3 | 135000 | 7.9 | 48 | 38 | 14 | 7,5YR 5/2 | brun | 0,11 | 3,5 | 5,9 | 30,9 | 1 |
| BS5 | 75000 | 7.6 | 44 | 26 | 30 | 5YR 5/3 | brun rougeatre | 0,09 | 2,8 | 4,9 | 31,5 | 1 |
| BS7 | 80000 | 7.86 | 60 | 30 | 10 | 5YR 4/6 | rouge jaunatre | 0,15 | 2,4 | 4,2 | 15,8 | 1 |
| BS13 | 76000 | 7.42 | 56 | 26 | 18 | 7,5YR 4/6 | brun vif | 0,13 | 2,3 | 3,9 | 18,3 | 2 |
| BS14 | 650000 | 7.3 | 64 | 28 | 8 | 5YR 4/6 | rouge jaunatre | 0,09 | 1,8 | 3,1 | 20,1 | 1 |

Troisième horizon (Horizon c)

| Lieu | CE | pHeau | Argile | Limon | Sable | Code Munsell | Couleur | N% | C% | MO% | C/N | Racines |
|------|--------|-------|--------|-------|-------|--------------|-----------------|------|------|------|------|---------|
| MS1 | | | | | | | | | | | | |
| MS4 | 105000 | 6.72 | 55 | 19 | 26 | 5Y 6/1 | gris clair | 0.25 | 11.9 | 20.4 | 48.3 | 3 |
| MS6 | 105000 | 5.15 | 62 | 22 | 16 | 5Y 4/1 | gris foncé | 0.17 | 5.9 | 10.1 | 34.8 | 2 |
| MS10 | 20000 | 6.6 | 66 | 12 | 22 | 5Y4/1 | gris foncé | 0.24 | 7.1 | 12.2 | 29.8 | 3 |
| MS12 | 95000 | 3.75 | 44 | 12 | 44 | 5Y 2,5/1 | noir | 0.20 | 9.5 | 16.3 | 46.8 | 3 |
| MS14 | 102500 | 5.5 | 59 | 13 | 28 | 5Y 2,5/1 | noir | 0.24 | 5.7 | 9.9 | 24.8 | 2 |
| MS16 | 122500 | 6.9 | 52 | 24 | 24 | 5Y 5/1 | gris | 0.29 | 6.0 | 10.4 | 20.5 | 1 |
| MS18 | 130000 | 7.25 | 32 | 43 | 25 | 5Y 5/1 | gris | 0.29 | 11.3 | 19.4 | 39.3 | 2 |
| MS19 | 145000 | 6.72 | 37 | 35 | 28 | 5Y 4/1 | gris foncé | 0.25 | 8.5 | 14.5 | 34.5 | 1 |
| MSX | 20000 | 3.9 | 38 | 14 | 48 | 2,5Y 2/0 | noir | 0.32 | 14.4 | 24.9 | 45.7 | 3 |
| BS1 | 87500 | 7.73 | 52 | 34 | 14 | 10YR 3/1 | brun très foncé | 0,13 | 5,6 | 9,6 | 42,3 | 2 |
| BS3 | 140000 | 7.85 | 48 | 36 | 16 | 7,5YR 3/2 | brun foncé | 0,13 | 3,5 | 5,9 | 26,1 | 1 |
| BS5 | 72500 | 5.35 | 34 | 24 | 42 | 5YR 6/1 | gris clair | 0,09 | 3,6 | 6,3 | 40,2 | 1 |
| BS7 | | | | | | | | | | | | |
| BS13 | 77'500 | 6.91 | 56 | 26 | 18 | 7,5YR 3/2 | brun foncé | 0,10 | 3,6 | 6,1 | 36,4 | 2 |
| BS14 | 66000 | 7.08 | 64 | 22 | 14 | 7,5YR 3/2 | brun foncé | 0,11 | 3,2 | 5,5 | 28,6 | 2 |

ANNEXE 10 : Liste floristique rencontrée dans la région de Mariarano et Boanamary

Liste des espèces de la forêt dense sèche d'Analabe et d'Ankatsabe de Mariarano (Rajerisoa 2006)

| Famille | Noms scientifiques | Noms vernaculaires |
|------------------|--------------------------------------|--------------------|
| ADIANTHACEAE | <i>Pteris lancaefolia</i> | Korovola |
| AMARANTHACEAE | <i>Alternanthera sessilis</i> | Felisira |
| ANNONACEAE | <i>Monathotaxis</i> sp. | Beravina |
| ASCLEPIADACEAE | <i>Cryptostegia madagascariensis</i> | Lombiro |
| ASTERACEAE | <i>Hugonia</i> sp. | Manondro |
| ASTERACEAE | <i>Vernonia</i> sp. | Famonty |
| BURSERACEAE | <i>Commiphora</i> sp. | Mantambelona |
| CANNELACEAE | <i>Cinnamosma fragrans</i> | Montrobetinana |
| DICHAPETHALACEAE | <i>Dichapetalum lucidus</i> | Vahinimitambotroka |
| EBENACEAE | <i>Diospyros tropophylla</i> | Hazomafana |
| EUPHORBIACEAE | <i>Croton normalis</i> | Lazalaza |
| EUPHORBIACEAE | <i>Drypetes aquifolium</i> | Tavaka |
| EUPHORBIACEAE | <i>Securinega seyrigii</i> | Taipapango |
| EUPHORBIACEAE | <i>Antidesma petiolare</i> | Taindalitra |
| FABACEAE | <i>Mimosa latispinosa</i> | Fangatra |
| LECYTHIDACEAE | <i>Barringtonia racemosa</i> | Antsombera |
| LOGANIACEAE | <i>Strychnos madagascariensis</i> | Malazovoavihy |
| MALVACEAE | <i>Hibiscus tiliaceus</i> | Varo |
| MALVACEAE | <i>Thespesia populnae</i> | Varo |
| MELASTOMATACEAE | <i>Memecylon</i> sp. | Antsimay |
| PASSIFLORACEAE | <i>Adenia fringalavensis</i> | Bontaka |
| VISCACEAE | <i>Viscum</i> sp. | Velomihanto |

Liste des espèces rencontrées dans la savane arbustive de la région de Boanamary et Mariarano (Rajerisoa 2006)

| Famille | Noms scientifiques | Noms vernaculaires |
|----------------|-------------------------------|--------------------|
| ANACARDIACEAE | <i>Poupartia caffra</i> | Ssako |
| ARECACEAE | <i>Hyphaene shatan</i> | Satramira |
| ARECACEAE | <i>Hyphaene coriacea</i> | |
| ARECACEAE | <i>Bismarkia nobilis</i> | Satrambe |
| POACEAE | <i>Heteropogon contortus</i> | Danga |
| POACEAE | <i>Aristida barbicolis</i> | Paipaika |
| POACEAE | <i>Hypparhenia ruffa</i> | Vero |
| FABACEAE | <i>Mimosa pudica</i> | Fatiky |
| FABACEAE | <i>Desmodium</i> sp. | Tsipotika |
| CESALPINIACEAE | <i>Tamarindus indica</i> | Madiro |
| RHAMNACEAE | <i>Zyziphus jujuba</i> | Mokonazy |
| BIGNONIACEAE | <i>Stereospermum variable</i> | Fangalitra |
| SAPOTACEAE | <i>Mangifera indica</i> | Manga |

ANNEXE 11 : Textes détaillés sur la forêt de mangrove et du transfert de gestion

Loi n° 96-025 du 30 septembre 1996

relative à la gestion locale des ressources naturelles renouvelables

(...)

DE LA PROCEDURE DE TRANSFERT DE GESTION ET DE L'AGREMENT

(...)

Section 2 – De la médiation environnementale

Article 17 - La médiation environnementale a pour but de faciliter les discussions et les négociations entre les différents partenaires de la gestion locale des ressources naturelles et à les aider à :

- comprendre leurs points de vue respectifs sur les ressources naturelles ;
- élaborer une certaine vision commune de l'avenir à long terme de ces ressources;
- construire des stratégies communes de gestion de ces ressources ;
- définir les procédures permettant leur gestion effective, en bien commun, sur la base de cette vision et de ces stratégies communes.

Selon les cas, la médiation environnementale est obligatoire ou facultative.

Article 18 - Le recours à la médiation environnementale est obligatoire lors de la première demande d'agrément déposée dans le ressort d'une Commune.

Article 19 - Dans le cas des ressources réparties et ou indivisibles entre deux ou plusieurs Communes, il ne sera statué sur les demandes formulées sur ces ressources qu'après médiation entre les Communes et les communautés de base concernées par ces ressources.

Article 20 - Hormis le cas de médiation obligatoire prévu aux articles 18 et 19 de la présente loi, les parties peuvent recourir à l'assistance d'un médiateur environnemental dans les cas prévus aux articles 21 à 23 ci-après.

Article 21 - Toute communauté de base peut recourir au service d'un médiateur environnemental pour l'assister dans l'élaboration de tout acte préparatoire à la demande initiale d'agrément ou à la demande d'extension notamment dans l'identification des ressources et l'évaluation de sa capacité de gestion.

Article 22 - Toute communauté de base peut également demander l'assistance d'un médiateur environnemental pour l'élaboration d'un système adéquat de gestion répondant à la fois aux exigences du contrat de gestion et aux objectifs de conservation, de développement durable et de valorisation des ressources renouvelables objet du transfert de gestion.

Cette assistance peut notamment porter sur la réglementation de l'accès aux ressources, sur la détermination des modalités de vente de gré à gré ou aux enchères des droits et produits résultant de l'exploitation des ressources renouvelables, sur les modes de répartition des revenus provenant de la valorisation des ressources, sur l'affectation des bénéfices ou sur l'identification des sanctions applicables.

Article 23 - Dans le cas de demande d'extension de l'agrément à d'autres ressources, l'autorité administrative compétente pour statuer sur l'agrément, peut faire appel au service d'un médiateur environnemental pour l'assister dans la vérification de la capacité de gestion de la communauté de base demanderesse, si elle estime qu'une modification totale ou partielle du mode de gestion proposé est à même de donner cette capacité à la communauté de base demanderesse ou du moins améliorer la capacité existante.

Article 24 - La médiation environnementale est assurée par des médiateurs figurant sur une liste nationale de médiateurs environnementaux agréés.

Un décret pris en conseil de Gouvernement détermine les conditions requises pour l'agrément des médiateurs environnementaux, la procédure d'agrément des candidatures, et l'autorité compétente pour statuer sur l'agrément des candidats et les causes de cessation de mission des médiateurs. Ce décret détermine également les modalités de la procédure de médiation environnementale.

Article 25 - Les médiateurs environnementaux agréés peuvent exercer sur tout le territoire de la République de Madagascar.

Toutefois, ne peuvent être désignés médiateurs par les parties, les personnes relevant de la juridiction de la Commune du lieu de la situation des ressources, ou les médiateurs ayant la qualité de fonctionnaire ou d'employé des Collectivités territoriales concernées, pour les demandes relevant de leur circonscription.

Article 26 - Sous les réserves prévues à l'article 24, la désignation du médiateur environnemental relève de la diligence et de l'appréciation consensuelle des parties selon des modalités qui seront fixées par voie réglementaire.

Article 27 - L'activité de médiation environnementale s'exerce dans le cadre d'un contrat de médiation conclu entre le médiateur et la ou les parties ayant procédé à sa désignation. Le contenu type du contrat de médiation sera fixe par voie réglementaire.

Article 28 - Les frais de médiation, y compris les honoraires des médiateurs sont supportés à parts égales par les parties dans les cas prévus aux articles 17, 18 et 23 de la présente loi. Dans tous les autres cas, ils sont supportés par la partie qui requiert les services du médiateur.

Article 29 - Dans tous les cas où l'assistance du médiateur environnemental est prescrite obligatoirement par la présente loi, l'Etat peut faire l'avance des frais de médiation dans des conditions qui sont fixées par voie réglementaire.

Article 30 - Le médiateur ayant accepté une mission doit l'assumer personnellement jusqu'à son terme. Il ne peut se faire suppléer par un tiers.

Article 31 - Sans préjudice des autres obligations prévues dans le contrat de médiation, le médiateur environnemental désigné est tenu vis-à-vis des parties à une obligation de neutralité.

Il peut, sans obligation, donner un avis si les parties le demandent consensuellement ; mais il ne peut ni imposer une solution aux parties, ni prendre fait et cause pour l'une des parties.

Article 32 - Toute faute commise par le médiateur dans l'exécution de sa mission engage sa responsabilité dans les termes du droit commun.

Article 33 - Sans préjudice de toute action judiciaire que les parties estiment devoir intenter devant la juridiction compétente et des sanctions disciplinaires que le médiateur environnemental peut encourir en cas de manquement à ses obligations imparties dans le contrat de médiation ou à celles prévues par la présente loi et ses textes d'application, toute défaillance du médiateur dans l'exécution de sa mission met fin à sa mission et suspend la procédure de médiation en cours.

Article 34 - Les parties sont en droit de pourvoir au remplacement du médiateur défaillant et de poursuivre avec le nouveau médiateur la procédure déjà commencée.

La désignation du nouveau médiateur par les parties, si elle n'a pas été prévue dans le contrat initial de médiation, doit faire l'objet d'un nouveau contrat.

Article 35 - Indépendamment de l'action judiciaire que les parties peuvent toujours intenter dans les termes du droit commun, tout manquement du médiateur aux obligations prévues par la présente loi et ses textes d'application, l'expose aux sanctions de l'avertissement, de la suspension ou du retrait d'agrément à la suite d'une procédure contradictoire où le médiateur est admis à faire valoir ses moyens de défenses.

Article 36 - La procédure se déroule à la requête de toute partie intéressée devant l'autorité d'agrément des candidatures érigée en conseil de discipline.

Article 37 - Les sanctions à appliquer appréciées et prononcées par ladite autorité sont notifiées aux intéressés. Elles entraînent en cas de retrait d'agrément la radiation du médiateur de la liste des médiateurs environnementaux agréés.

Section 3 - De l'agrément et du contrat de gestion

Article 38 - L'agrément est délivré par l'autorité compétente après acceptation et signature par les parties du contrat de gestion lequel fera corps avec la décision d'agrément.

Article 39 - L'agrément est accordé pour une durée de 3 ans au terme de laquelle il sera procédé par l'autorité administrative compétente à l'évaluation des résultats de la gestion locale consentie à la communauté de base. Si la communauté de base bénéficiaire s'est acquittée correctement de ses obligations, l'agrément peut être renouvelé sur sa demande pour une nouvelle période dont la durée est portée à dix ans.

Les conditions du transfert de gestion contenues dans les contrats initiaux s'appliquent en cas de renouvellement, si les parties n'ont pas convenu d'un changement dans leurs droits et obligations respectifs.

Toute modification aux conditions initiales sera négociée et acceptée d'accord parties et consignée dans un accord annexé au contrat de gestion.

Article 40 - La communauté de base peut demander l'extension de l'agrément à d'autres ressources. La demande d'extension peut porter sur des ressources comprises dans la demande initiale mais exclues du contrat et de la décision d'agrément ou sur des ressources nouvelles non comprises dans la demande initiale.

Le bénéfice de l'extension est accordé s'il est vérifié que la capacité de gestion de la communauté de base lui permet de faire face à toutes les obligations résultant de cette extension.

La vérification de la capacité de la communauté de base demanderesse est faite suivant la procédure prévue à l'article 12 de la présente loi.

L'administration dispose du droit de recourir à l'assistance d'un médiateur environnemental dans les conditions prévues à l'article 23 de la présente loi.

Les parties conviendront dans un accord qui sera annexé au contrat de gestion initial les conditions convenues d'accord parties pour le transfert de gestion.

Article 41 - L'agrément peut être retiré par l'autorité compétente en cas d'inexécution par la communauté de base des obligations imparties dans le contrat de gestion : sans préjudice des dommages-intérêts que l'autre partie peut demander en réparation des préjudices éventuellement subis.

Article 42 - En cas de report de la procédure d'agrément par l'administration, de refus d'agrément ou de non renouvellement, la gestion des ressources reste soumise aux lois et règlements en vigueur, applicables aux ressources considérées.

(...)

Loi n° 97-017 du 8 août 1997
portant révision de la législation forestière

(J.O. n° 2449 du 25.08.94, p. 1717)

L'Assemblée nationale a adopté en sa séance du 16 juillet 1997,

(...)

TITRE PREMIER : DEFINITION DE LA FORÊT

Article premier -Par forêt, au sens de la présente loi, on entend toutes surfaces répondant aux qualifications ci-après :

- les surfaces couvertes d'arbres ou de végétation ligneuse, autres que plantées à des fins exclusives de production fruitière, de production de fourrage et d'ornementation ;
- les surfaces occupées par les arbres et les buissons situés sur les berges des cours d'eau et lacs et sur des terrains érodés ;
- les terrains dont les fruits exclusifs ou principaux sont des produits forestiers, tels qu'ils sont définis à l'alinéa ci-dessous.

Sont qualifiés produits des forêts : tous produits naturels issus de leur exploitation et dont la liste fera l'objet d'un décret.

Article 2 - Sont assimilés aux forêts :

- les surfaces non boisées d'un bien fonds forestier telles que les clairières ou surfaces occupées par des routes forestières, constructions et installations nécessaires à la gestion forestière ;
- les terrains non boisés à vocation forestière, notamment pour la conservation et la restauration des sols, la conservation de la biodiversité, la régulation des systèmes hydriques ou l'accroissement de la production forestière dès qu'ils auront fait l'objet d'un classement tel que défini à l'article 43 de la présente loi ;
- les terrains déboisés depuis moins de cinq ans et n'ayant pas fait l'objet d'une autorisation de défrichement ;
- les marais, les peuplements d'aloès ;
- les peuplements naturels et purs d'arbres produisant des fruits, tels que les manguiers et anacardiens ;
- les mangroves, les bois sacrés, les raphières (coeur de palmiers Ravinala).

Article 3 - Des surfaces minimales peuvent être fixées par voie réglementaire et adaptées au niveau régional.

Article 4 - Ne sont pas considérés comme forêts :

- les cultures d'arbres et boisements plantés sur un terrain non forestier ;

- les jardins boisés, les allées et parcs urbains et les pépinières non situées sur des biens fonds forestiers ;
- les cultures d'arbres et boisements destinés à une exploitation à court terme, plantés sur un terrain non forestier, annoncés et enregistrés comme tels auprès de l'administration forestière lors de leur établissement ;
- toute surface donnant des produits agricoles, sauf s'il s'agit de surface couverte d'arbres ayant poussé naturellement, ou de reboisements ;
- les pâturages, suivant la vocation des sols définie par la loi.

Article 5 - La constatation de la nature forestière d'un terrain relève de la compétence d'une commission forestière du lieu de situation du terrain et dont la composition et le mode de fonctionnement sont déterminés par décret.

Article 6 - Les décisions de la commission sont susceptibles de recours devant la juridiction administrative qui pourra statuer sur tous les cas de litige.

(...)

TITRE II : DU RÉGIME FORESTIER

(...)

CHAPITRE 5 - Des permis de coupe et des droits d'usage des fokonolona

Article 40 - Des permis de coupe peuvent être accordés par le représentant régional du ministère chargé des Forêts à des particuliers pour leurs besoins strictement personnels et dans des conditions fixées par décret.

Article 41 - En vue de permettre la participation effective des populations rurales à la conservation durable des ressources naturelles renouvelables, tel que prévue par la loi relative à la gestion communautaire locale des ressources naturelles renouvelables, les membres du Fokonolona sont autorisés à exercer leurs droits d'usage traditionnels individuellement ou collectivement dans les forêts de l'Etat, des Collectivités territoriales décentralisées, des établissements publics et des personnes privées dans la mesure où lesdits droits n'auront pas déjà été purgés.

(...)

DECRET N°98-782 du 16 Septembre 1998 relatif au régime de l'exploitation forestière

TITRE I : DISPOSITIONS GENERALES

(...)

Article 10 : Toute activité à caractère économique entreprise dans les forêts soumises au régime forestier doit se conformer aux dispositions du décret n°95-377 du 23 Mai 1995 sur la Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement (MECIE) et à celles édictées à l'article 6 ci-dessus.

Les forêts de mangrove et les forêts d'estuaire sont soumises au plan d'aménagement. Leur exploitation sera soumise à des modalités particulières fixées par voie réglementaire, sans préjudice pour l'exercice par les populations riveraines de leurs droits d'usage.

L'exploitation minière, artisanale ou industrielle dans les forêts soumises au régime forestier est réglementée. Elle ne peut être autorisée par le Ministre compétent que sur accord préalable du Ministre chargé des forêts.

(...)

TITRE II : DES MODALITES DE L'EXPLOITATION FORESTIERE

(...)

CHAPITRE 2 - Forêts de l'Etat

(...)

SECTION 4 : De l'exploitation dans le cadre de contrat de gestion

Article 31 : Les contrats de gestion passés avec les communautés villageoises obéissent au régime de la Loi n°96-025 du 30 Septembre 1996 relative à la gestion locale des ressources renouvelables.

Le contrat de gestion ou le cahier des charges qui lui est annexé définit le plan d'aménagement de la forêt et les règles d'exploitation. La communauté gestionnaire peut dans le respect du plan d'aménagement et des règles d'exploitation soit assurer directement l'exploitation forestière soit la confier en totalité ou en partie et pour une période déterminée à un exploitant forestier agréé dans le cadre de l'article 4 ci-dessus.

Article 32 : Dans le cadre d'un contrat de gestion confiant à un exploitant forestier agréé la gestion d'une forêt ou d'une parcelle de forêt en application de l'article 3 point 4, les dispositions du présent décret relatives aux modalités de l'exploitation par convention sont applicables au contrat de gestion.

(...)

TITRE V : DES REDEVANCES

Article 46 : L'exploitation forestière donne lieu au paiement de redevances dont le montant est calculé sur la base du volume maximal exploitable sans qu'il puisse être porté atteinte à la pérennité des ressources.

Les modalités pratiques et l'assiette de calcul desdites redevances seront respectivement fixées par arrêté du Ministre des forêts.

L'assiette de calcul fait l'objet d'une révision au moins une fois par an, en fonction de l'évolution du prix du marché. La nouvelle assiette est notifiée aux exploitants.

Article 47 : Les redevances forestières peuvent être modulées suivant les coûts d'exploitation, l'éloignement des marchés, la rareté de la ressource et le degré de sa valorisation ainsi que les modalités de la gestion de la forêt.

Article 48 : L'exportation de produits forestiers est subordonnée au paiement d'une redevance d'exportation dont le montant sera calculé et fixé par arrêté interministériel du Ministre chargé des forêts et du Ministre chargé du Budget.

Article 49 : Les recettes tirées du paiement des redevances sont versées aux Fonds Forestiers selon des modalités qui seront déterminées par voie réglementaire.

(...)

Décret n° 2000-027 du 13 janvier 2000 relatif aux communautés de base chargées de la gestion locale des ressources naturelles renouvelables

(...)

TITRE II : DES ORGANES DE LA COMMUNAUTE DE BASE

Article 8 - Les organes de la communauté de base sont les suivants :

- l'Assemblée générale
- une structure de gestion

CHAPITRE 1 - De l'Assemblée générale

Article 9 - L'Assemblée générale est l'organe délibérant de la communauté de base: Elle a pour fonction :

- d'adopter le statut de la communauté de base ;
- d'élaborer et adopter le Règlement intérieur et/ou Dina régissant la communauté de base, conformément au modèle de règlement intérieur et/ou dina annexé au présent décret, avec l'aide éventuelle du médiateur environnemental ;

- de fixer les objectifs à atteindre et le plan de travail annuel de la communauté de base ;
- d'élire les membres de la structure de gestion ;
- d'approuver les comptes de la communauté de base ;
- de décider de l'affectation des fonds au profit du développement communautaire.

Article 10 - L'Assemblée générale se réunit en session ordinaire au moins deux fois par an ou chaque fois que les intérêts de la communauté l'exigent.

Une assemblée générale extraordinaire peut être convoquée à la demande de la structure de gestion ou du tiers des membres de la communauté de base.

Le président de la structure de gestion convoque l'Assemblée générale selon les us et coutumes locales.

Article 11 - Les décisions de l'Assemblée générale sont prises par consensus. A défaut de consensus, elles sont prises à la majorité absolue des membres présents.

L'Assemblée générale ne peut pas prendre de décision en l'absence de la moitié de ses membres. Si ce quorum n'est pas atteint, une nouvelle convocation est lancée et la décision est prise à la majorité des deux-tiers des membres présents.

CHAPITRE 2 - De la structure de gestion

Article 12 - La structure de gestion est l'organe exécutif de la communauté de base. Il est composé d'un Président, d'un Vice-président, d'un Trésorier et d'un Secrétaire élus par l'Assemblée générale.

En cas d'absence du président, la fonction de ce dernier est exercée par le vice-président

Article 13 - La structure de gestion prend toutes les mesures pour assurer l'exécution des objectifs fixés par l'Assemblée générale. Elle est chargée de l'organisation des activités de la communauté de base.

Article 14 -Le président de la structure de gestion représente la communauté de base auprès des différentes instances administratives et des partenaires privés de la communauté.

(...)

Arrêté N° 12.704/2000 du 20 Novembre 2000

Relatif à l'arrêt de toute activité extractive de ressources ligneuses dans les zones sensibles

(...)

ARRETE :

Article 1 - Toute activité d'extraction de ressources ligneuses est prohibée dans les zones sensibles citées à l'article 2 ci-dessous.

Article 2 - Sont définies comme sensibles :

- les zones mises en défense
- les aires protégées et les zones périphériques
- les stations forestières ne disposant pas encore de plan d'aménagement
- les arboreta

Article 3 - Les permis d'exploitation ou d'extraction des produits ligneux en cours dans ces zones sensibles doivent être retirés, sans préjudice des actions pénales.

Article 4 - Aucune disposition n'est admise à l'encontre du présent arrêté. En outre, la violation du présent arrêté est considérée comme délit forestier.

Article 5 - Le présent arrêté entre en vigueur dès sa signature, et sera enregistré, publié, communiqué partout où besoin sera.

Décret N°2001-122 du 14 février 2001 fixant les conditions de mise en œuvre de la gestion contractualisée des forêts de l'Etat

TITRE I : DISPOSITIONS GENERALES

Article premier : En application des dispositions de l'article 24 de la Loi n°97-017 du 08 Août 1997 portant révision de la législation forestière, le présent décret a pour objet de fixer les conditions de mise en oeuvre de la gestion contractualisée des forêts de l'Etat en vue de la délégation de leur gestion aux communautés de base constituées par les riverains.

Article 2: La Gestion Contractualisée des Forêts (GCF) s'inscrit dans le cadre des objectifs et prescriptions :

- de la Gestion Locale Sécurisée des ressources naturelles renouvelables (GELOSE);
- de la politique forestière ;
- du Plan Directeur Forestier National (PDFN) et de ses composantes régionales, en l'occurrence les Plans Directeurs Forestiers Régionaux (PDFR) ;
- de la Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement (MECIE) ;
- des plans d'aménagement.

Article 3 : Pour l'application du présent décret, on entend par :

- Gestion Contractualisée des Forêts (GCF) : un mode de transfert de gestion des forêts aux communautés de base en vue d'une gestion locale durable et sécurisée des ressources forestières ;
- Communauté de base : un groupement constitué, organisé et fonctionnant conformément aux dispositions du Décret n°2000-27 du 13 Janvier 2000 relatif aux communautés de base chargées de la gestion locale des ressources naturelles renouvelables ;
- Commune de rattachement : la collectivité dans le ressort de laquelle se trouvent les ressources forestières gérées ;
- Valorisation économique : l'exploitation à but commercial des ressources forestières s'inscrivant dans le cadre d'une gestion durable des forêts.

Article 4 : Le transfert de gestion d'une forêt au moyen d'un contrat de gestion comprend :

- la gestion des droits d'usage exercés individuellement ou collectivement par les membres de la communauté de base soit en vue d'assurer leurs activités traditionnelles par collecte de produits forestiers secondaires soit en vue de satisfaire leurs besoins domestiques tels que prévus par l'article 41 de la Loi n°97-017 dite loi forestière et les articles 34 et 35 du Décret n°98-781 du 12 Septembre 1998 fixant les conditions générales d'application de la Loi forestière ;
- la valorisation économique des ressources forestières conformément aux dispositions du Titre III du présent décret. Les bois de première et de deuxième catégorie prévus par le tableau annexé à

l'arrêté du 17 Novembre 1930, font l'objet de clauses techniques particulières dans le cadre de leur valorisation (plan d'aménagement, convention d'exploitation, dina ...) ;

- la protection de la forêt.

Toutefois, le transfert de gestion d'une forêt peut s'effectuer d'une manière progressive en fonction de la capacité de gestion de la communauté de base demanderesse suivant l'avis de la commune de rattachement et de l'Administration forestière compétente.

Article 5 : La GCF peut s'appliquer :

- aux forêts domaniales ;
- aux forêts classées ;
- aux stations forestières ;
- aux peuplements artificiels ;
- aux zones d'occupation contrôlée, aux zones d'utilisations contrôlées, aux zones périphériques des aires protégées.

Pour des raisons de protection, les zones ou réserves nécessitant une conservation peuvent aussi faire l'objet de transfert de gestion contractualisée.

En sont exclues, sauf en ce qui concerne leur conservation, les aires protégées, notamment les réserves naturelles intégrales, les réserves spéciales, les parcs nationaux.

Article 6 : La zone forestière attribuée à une communauté de base est fixée en fonction :

- de l'accessibilité de la forêt considérée ;
- de la pression s'exerçant sur les ressources forestières ;
- des besoins de la communauté de base demanderesse ;
- de la capacité reproductive de la forêt ;
- de la motivation et de la volonté de ladite communauté de base.

Elle s'inscrit dans les limites du terroir de la communauté de base demanderesse.

Article 7 : Un contrat de gestion dans le cadre de la gestion contractualisée d'une forêt est conclu initialement pour une durée de trois (3) ans.

Elle sera renouvelée par période de dix (10) ans sous réserve de l'application du titre IV du présent décret, notamment des articles 34 et 35.

Au terme de chaque période, il sera procédé à une évaluation de la gestion de la forêt par ladite communauté de base.

TITRE II : DE LA PROCEDURE DE CONCLUSION DES CONTRATS DE GESTION

Article 8 : Le contrat ayant pour objet un transfert de gestion de forêts de l'Etat est conclu entre :

- l'Administration forestière,
- la communauté de base demanderesse.

A cet effet, le représentant de l'Administration forestière est désigné par note de service de la Direction Inter-Régionale des Eaux et Forêts concernée.

Article 9 : Conformément au modèle indicatif annexé au présent décret, un contrat de gestion détermine :

- la forêt, objet du transfert de gestion ;
- l'étendue, les conditions et les termes du transfert de la gestion ;
- les infractions et les sanctions applicables ;
- le règlement des litiges.

Les modalités d'application du présent article sont fixées par arrêté du Ministre chargé des Eaux et Forêts.

Article 10 : La conclusion d'un contrat de gestion s'effectue selon la procédure ci-après :

- Demande adressée par des représentants de la communauté de base à la commune de rattachement;
- Transmission de la demande au responsable de l'Administration forestière compétente après avis de la commune avec ampliation au sous-préfet concerné ;
- Enquête menée par la commission locale ;
- Constitution de l'association gestionnaire et mise en place de la structure de gestion ;
- Elaboration des outils de gestion ;
- Signature du contrat.

La commission ci-dessus mentionnée est composée :

- du maire ou de son représentant ;
- d'un membre du conseil de la commune ;
- d'un représentant du cantonnement forestier.

(...)

CURRICULUM VITAE



ANDRIAMALALA

Arison Julie Clarah

née le 20 Février 1974 à Itaosy Antananarivo-Madagascar
de nationalité malgache, mariée et deux enfants.

Adresse : Giessliweg, 73 - 4057 Bâle – Suisse

Email : julie_clarah@yahoo.fr

ETUDE UNIVERSITAIRE

1993-1998. Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA). Ingénierat en Météorologie.

2000. Institut National des Sciences Comptables et des Administrations des Entreprises (INSCAE) d'Antananarivo et Université des Poitiers de France. Management international

2001. Université de Fribourg en Suisse. Cours d'entrée universitaire de langue allemande.

2002-2003. Formation postgrade financée par l'ESKAS à l'Université de Bâle, Institut Natur-, Landschafts- und Umweltschutz (NLU-Biogéographie)

2004- 2007. Doctorante à l'Université de Bâle - Institut Natur-, Landschafts- und Umweltschutz (NLU-Biogéographie)

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

1999-2001. Technicienne au sein du projet de coopération technique allemande DPV/GTZ sur la " Promotion de la protection intégrée des cultures et des denrées stockées à Madagascar "

PUBLICATIONS ET RAPPORTS

- Rapport de l'atelier de Mariarano et Boanamary sur la gestion des mangroves en octobre 2006. Mahajanga. Madagascar 2006.

- Etude sur la dynamique de la déforestation traitée par un SIG de 1967 à 2000 – Cas de Tsinjoarivo Madagascar. Université de Bâle. Institut NLU-Biogeographie. Avril 2003. 54p

- Biologie et météorologie du criquet migrateur malgache. In Lutte antiacridienne à Madagascar. Tome I Biologie et Ecologie. DPV/GTZ-2000. 75-106

- Etudes climatiques de la situation acridienne (1994-1999). In Lutte antiacridienne à Madagascar. Tome I Biologie et Ecologie. DPV/GTZ-2000. 107-168

- Manuel de lutte contre les rats. DPV/GTZ-1999. 120p

- Incidence des conditions climatiques sur la dynamique de la population des criquets migrateurs malgaches (1987 – 1998). Mémoire de fin d'études d'ingénierat. Université d'Antananarivo. 1998.

LANGUES

Malgache - Français – Allemand - Anglais