

SOMMAIRE

Avant propos.....	3
Sigles et acronymes.....	5
Synthèse bibliographique.....	7
Introduction générale.....	11
Problématique.....	12
Définition des concepts clefs.....	16
Méthodologie.....	18
Première partie : Présentation des systèmes dunaires.....	21
Chapitre I : Présentation des systèmes dunaires sur le littoral de Mboro.....	23
I Présentation des unités géomorphologiques.....	23
II Les systèmes dunaires.....	24
III La mise en place des systèmes dunaires.....	30
Chapitre II : Les caractéristiques physiques du milieu.....	33
Deuxième partie : Les dynamiques actuelles des systèmes dunaires sur le long du littoral de Mboro.....	59
Chapitre I : Les facteurs responsables de la dynamique.....	60
Chapitre II: Les facteurs aggravants.....	73
Chapitre III Témoignage du matériel granulométrique.....	79
III-1 Analyse physique des sols.....	79
III-2 L'analyse chimique.....	86
Troisième partie : Manifestations de la dynamique et Politiques de reboisement des systèmes dunaires.....	92
Chapitre I : Les manifestations de la dynamique des systèmes dunaires.....	93
I L'avancée des systèmes dunaires.....	93
II L'ensablement des cuvettes interdunaires.....	97
Chapitre II Politiques de renversement de la dynamique des systèmes dunaires.....	101
I Les programmes de reboisement.....	101
II Les modes de gestion.....	106
III Limites des programmes de reboisement.....	111
Conclusion.....	120
Annexe.....	127
Bibliographie.....	121

Avant-propos

C'est un immense plaisir pour nous de pouvoir contribuer peu soit il à une meilleure connaissance des faits physiques qui nous semblent les plus familiers mais qui dans la plupart des cas demeurent imperceptibles devant l'homme. Au travers cette étude, nous mettons l'accent sur un risque permanent qui guette les écosystèmes littoraux de la Grande Côte du Sénégal longue de 183 km de Saint Louis à Dakar. L'exemple de Mboro situé dans la partie médiane de ce littoral est plus qu'illustratif en ce sens où toutes les caractéristiques concernant l'évolution des écosystèmes littoraux s'y rencontrent.

Cette étude de la dynamique des systèmes dunaires a pour fin d'attirer l'attention humaine sur la remobilisation des systèmes dunaires qui ne cesse de gagner du terrain. Laquelle remobilisation se manifeste aujourd'hui en sus de la migration frontale des dunes par l'ensablement induit qui menace les cuvettes maraîchères, dont les productions servent à l'approvisionnement des villes et pays frontaliers. Il s'agit de faire un diagnostic global des facteurs qui sous-tendent la remobilisation des dunes à Mboro en mettant l'accent sur ses manifestations. Le curseur sera pointé sur l'impact anthropique dans la mesure où l'homme en se substituant en élément déstabilisateur d'écosystèmes, accélère la dégradation des ressources naturelles partant bouleverser la biodiversité au moyen des coupes clandestines, des formes de mise en culture inadaptées et par l'élevage. La conjonction de ces facteurs favorise la dégradation du couvert végétal qui facilite le travail du vent responsable de la remobilisation des dunes. Il s'agira aussi de procéder à une évaluation des politiques de reboisements qui ont été initiées dans la tentative d'inversion de la dynamique des dunes. Une étude critique des programmes de reboisements sera dressée pour finir par la proposition de solutions allant dans le sens de la pérennisation de la bande de filao censée protéger les habitats et les aires de culture de l'impact de l'érosion éolienne.

Mais nous ne saurons passer sans adresser nos remerciements à ceux qui ont contribué de près comme de loin à la rédaction de ce mémoire. Grâce à leur aide, leur soutien mental et un investissement personnel via des échanges et une assistance technique nous avons pu parvenir au bout de ce mémoire.

Un hommage vif et posthume est rendu à ma mère « Ndiack » dont ce mémoire n'est que l'expression de sa dévotion durant toutes ces longues années d'études. Comprenez alors que ce travail ne peut que lui être dédié d'autant plus qu'elle nous vient de nous quitter. Repose en paix et n'ait crainte la relève sera assurée. Je prie également sur la mémoire de mon père, parti

trop tôt. Que sa progéniture puisse être à l'image de son amour et de sa générosité. Souvenir à ma grande sœur Ya Khaliss, arrachée brutalement à notre amour à fleur de l'âge. A ma petite sœur Ami Collé qui s'en est allée. A Cheikh junior mon doux homonyme. A celle qui m'a récupéré dans le désespoir que je ne peux citer par commodité.

Mention spéciale à mon encadreur M. Guilgane Faye pour nous avoir aidé à formater notre sujet, pour sa bienveillance, sa rigueur et sa disponibilité à chaque fois que nous l'interpellons. Nos remerciements vont aussi à l'endroit de tous les professeurs du département de Géographie qui ont contribué à notre formation. A mes professeurs du moyen secondaire, merci ! Je m'incline sur la mémoire de M. Diallo. Mais permettez-nous de remercier ces personnes qui sans leur l'assistance, ce mémoire ne verrai jour notamment :

Le sergent Youssoupha Traoré des Eaux et Forêts et l'agent Moussa Soumaré pour s'être chargés de relever les mesures d'érosion sur une période de 4 mois. Au vieux Bâ et à Monsieur et Madame Souaré de nous avoir hébergé moyennant une somme modique. Un grand merci est adressé au Directeur de l'INP pour l'exonération des frais d'analyses de nos échantillons de sols. Mention spéciale au responsable du laboratoire Alioune Badara Dièye, à leurs techniciens : l'ingénieur chimiste Fatou, aux techniciens Massamba, Atou, Sokhna qui m'ont accueilli dans un environnement de travail familial. A Rose, étudiante à Ziguinchor pour son aide complice et d'avoir été témoin de bien des bêtises et de s'être tue.

Nous tenons à remercier le Directeur de l'IST et M. Diène qui nous ont facilité l'introduction au département de Géologie pour procéder à l'analyse morphoscopique des grains de sable. A M. Fofana et à M. Diatta et au chef du dit département merci. Mais je ne saurais terminer sans faire mes remerciements aux personnes avec qui je partage mon quotidien.

A mes frères et sœurs pour le respect partagé bien que je soit leur cadet. A Mon frère Kader pour l'espoir qu'il m'inspire et à sa femme Maïmouna. A Nafy ma seconde mère. A Pape et aux Deux Bass. A mes neveux et nièces que je ne cesse de taquiner et qui me le rendent bien dans le respect. Mention spéciale à mes amis, de véritables frères dans la réussite comme devant l'échec : à Sam, Calixte, Edmond, Sognane, Amath, Kamala, Barth, Touré ... Ainsi qu'au frère Boiro et Souleymane pour leurs conseils, nos échanges et conversations fructueux sur le sujet. A mes camarades de faculté notamment Ndiogou, Modou, aux deux Moustapha, Mouhamed, Moussa, aux Ndao et à Aya Fall.

Sigles et Acronymes

- ADM**: Agence de Développement Municipal
- ANAMS** : Agence Nationale de la Météorologie du Sénégal
- ANSO** : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
- ASEQUA** : Association Sénégalaise d'étude du quaternaire
- CILSS** : Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
- CSE** : Centre de Suivi Ecologique
- CSPT** : Compagnie Sénégalaise d'exploitation des Phosphates de Taïba
- CTL** : Conservation des terroirs du littoral (Projet)
- DEFCC** : Direction de l'Environnement, des forêts, de la Conservation et de la Chasse
- ESEA** (ex ENEA) : Ecole Supérieure d'Economie Appliquée
- FAO** : Programme des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
- FIT** : Front Intertropical
- GIEC** : Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat (IPPC en anglais)
- GPF** : Groupement de Promotion Féminin
- GRN** : Gestion des Ressources Naturelles
- I.F.A.N** : Institut Fondamental d'Afrique Noire
- ICS** : Industries Chimiques du Sénégal
- INP** : Institut National de Pédologie
- JICA** : Agence Internationale de Coopération Japonaise
- MEPN** : Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
- OCB** : Organisation Communautaire de Base
- ONG** : Organisation Non Gouvernementale
- PADEN** : Projet d'Aménagement et de Développement Economique des Niayes
- PAN/ LCD** : Programme d'Aménagement National/ Lutte Contre la Désertification
- PGIES** : Projet de Gestion Intégrée des Ecosystèmes du Sénégal
- PMOPA** : Projet de Mise en Œuvre du Plan d'Aménagement de la bande de filao
- PNAE** : Programme National d'Action pour l'Environnement
- PNAT** : Programme National d'Aménagement du Territoire
- PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement
- PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'Environnement
- PRL** : Programme de Reboisement du Littoral
- RSI** : Remote Sensing Institute

SAV : Sensibilisation- Animation et Vulgarisation

SODENIA : Société de Développement de Niayes

UCAD : Université Cheikh Anta Diop (de Dakar)

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la santé et la Culture

USAID : Programme des Nations Unies pour le Développement International

Synthèse bibliographique

Plusieurs spécialistes se sont intéressés à la dynamique des systèmes dunaires à travers des revues géomorphologiques. A l'échelle nationale les travaux des spécialistes comme P. Michel (1969, 1973), M. M. Sall (1971, 1982) et A. T. Diaw (1980) font figure de référence dans ce domaine. Sur un autre volet diverses thématiques entrant en relation avec notre thème d'étude ont été réalisées sur Mboro, dont notre étude vient en complément.

Sur la feuille II du croquis géomorphologique de Mboro de 1954, Michel. P, (1954) dresse la carte des systèmes dunaires de la localité et qualifie les dunes jaunes de Dunkerquiennes. Pendant que Guilcher (1954) souligne la dynamique originale qui s'effectue au sein de l'écosystème dunaire en insistant sur les mécanismes d'adaptation des plantes, qui par leur présence, assurent la stabilité de la dune. Bareto, P. (1965) évoquant Mboro disait que ce milieu attirait l'attention depuis longtemps par la zone des Niayes qu'il la traverse favorisé par l'affleurement d'une nappe phréatique. Et Pélissier, P. (1966) de soutenir que l'Alizé a édifié les dunes côtières actuelles ou subactuelles. Sans cesse alimentées par de nouveaux apports de sable marin, ces dunes poursuivent leur cheminement sous l'effet du vent dominant vers le SSE, pouvant envahir des Niayes. Michel, P. (1969) a mis en évidence au début de l'ère chrétienne, l'existence d'une petite phase sèche marquée par une recrudescence de l'action éolienne principalement dans les régions littorales qui coïncide avec la formation de l'erg de Pikine. Ce qui fera dire à M. M. Sall (1971) qu'il n'est pas exagéré d'avancer qu'au Sénégal de l'ouest, le rythme morphogénétique coïncide avec le rythme climatique. Mieux, il ajoute que les ensembles dunaires se sont mis en place au cours d'une évolution géomorphologique longue et complexe. Et que du fait des actions anthropiques, les sables remobilisés par les vents sur les dunes ravivées progressent vers les Niayes et autres dépressions qui sont recouvertes d'une couche de sable stérile. Michel P. (1973) affirme que les Alizés prennent en charge du sable sec de la haute plage pour édifier les dunes vives blanches qui creusent par endroits des « caoudeyres » dans les dunes subactuelles semi fixées et déplacent les dunes ravivées. Ces dernières envahissent certains Niayes, dans la région de Lompoul et au sud de Mboro. Et suivant Hébrard. L, (1973), la dégradation du climat à partir de 4 800 ans se fait sentir depuis 3 000 ans par des reprises des sables éoliens modifiant les dunes de l'Ogolien. En réponse, Cissé, I. (1976) avance que la Côte Nord est bénéficiaire d'un important charriage de matériel meuble par la houle du NNW et la dérive littorale, et connaît un bilan où l'engraissement est favorable à la construction des formes. Coque, R. (1977) avance que les dunes littorales accompagnent les côtes sableuses dont la raréfaction de la végétation due à la salinisation des sols par les embruns

facilite leur mobilisation. Accumulés par amas isolés en haut de plage, au-delà de la limite des hautes mers, ils finissent par constituer par coalescence des dunes embryonnaires.

Dah, D. (1978) défend que le littoral sénégal-mauritanien a connu trois transgressions marines coïncidant avec les périodes humides intercalées de séquences sèches. Ces périodes sèches favorisent les actions éoliennes et les périodes humides amplifient l'action des eaux courantes et souterraines (Michel, P. 1973). Tandis que Diaw, A. T. (1980) précisent que seules les dunes vives sont mobiles et que le seuil de mise en mouvement des particules sableuses serait de 6 m/s soit 41% de vents présents sur le littoral nord. Il soutient que les dunes vives littorales mises en place au Subactuel et à l'Actuel, sont de puissants massifs aux crêtes orientées dans l'ensemble dans le sens des vents NO. Suite à cela, Barbey (1982), soutient qu'à l'échelle de la Grande Côte, trois ensembles dunaires anciens se succèdent du littoral vers l'intérieur des terres : les dunes vives littorales ou dunes blanches, les dunes jaunes ou dunes semi fixées et les dunes rouges ou dunes ogoliennes. Pendant que Pouquet (1994) affirme que ces dunes littorales sont des dépôts marins, SEVERAC (1976) précise qu'elles résultent du transport par les Alizés maritimes des sables de la plage aérienne vers le haut de plage. Birot, P. (1981) fait du vent, le principal agent transporteur des débris suite à leur météorisation et soutient qu'il y'a une adéquation entre tailles des particules et modes de transport. Reprenant M. M. Sall (1982) affirme que le déficit pluviométrique renforce l'effet du vent, le remodelage éolien des systèmes dunaires littoraux vifs ou ravivés et la migration frontale de celles-ci dépendent des vitesses. Max Derruau (1990) pointe le curseur sur le rôle du vent dans la formation et les mouvements des dunes. Tandis que B. A. Sy (1990) soutient que le rôle morphogénétique de la végétation durant la période pluvieuse est amoindri par les phénomènes d'humectation, la poussée du tapis végétal et la formation de la croûte de battance. Tandis que Tangara, A. (1993) avance que l'évolution rapide des systèmes dunaires mis en place lors des oscillations climatiques et eustatiques est à mettre en rapport avec le déficit pluviométrique, l'agression des vents et des actions anthropiques (dégradation de la couverture végétale). Bruyelles et al. (1998) insistent sur la nécessité de protéger (...) les dunes littorales qu'il considère comme l'un des milieux les plus originaux qu'on puisse retrouver en bord de mer eu égard à ses formes et à sa zonation végétative.

A l'inverse Joly Fernand (1997) s'intéresse au système éolien qui selon lui, est responsable de l'édification, de l'évolution et des formes de détails. Aussi, il avance que le vent est un agent géodynamique dont l'efficacité est tributaire de sa direction, de sa fréquence et de sa turbulence. Et Tangara, A. (1997) soutient que l'effet morphodynamique du vent est rendu quasiment nul

à l’arrière des brises vents sur une distance de 150 m. Protection qui ne serait que de 30 m sur le site de Golgaïndé (Mboro) où la dynamique s’exprime par d’intenses remobilisations du matériel sableux dont le prélèvement est fonction du profil de l’estranglement, de ses caractères topographiques, du contact estran-dune et de l’orientation de la côte par rapport aux vents efficaces. Et selon Sagna, P. (1997), les massifs dunaires occupent une place importante dans la topographie ouest africaine où ils sont soit fixés, soit remaniés, soit vifs. Et que la dégradation actuelle de la pluviométrie contribue avec les accélérations ponctuelles de la vitesse du vent pour une grande part, aux modifications des formes et aux remaniements observés. J Belais (1998), postule qu’avec l’eau, le vent constitue le principal facteur de la morphogenèse capable d’exercer des actions d’ablation, de transport et de dépôt sur les littoraux d’autant plus actif que la couverture végétale soit mauvaise. Riser J (1999) avance que la région des Niayes est une côte basse et régulière bordée de dunes, domaine littoral caractérisé par un climat subcanarien, des températures fraîches, une humidité constante et des pluies faibles (350 mm). Et Diop. A, (1999) d’augmenter qu’il y’a une menace constante d’ensablement des niayes par érosion éolienne, d’où la campagne de fixation des dunes. Malgré cela, les dunes intérieures subissent encore l’effet du vent à cause de l’instabilité de sa direction. Sur une autre brochure, Dia. S, (2000) fait des Niayes une région en crise où, l’ensablement par l’érosion éolienne est la plus destructrice. Ainsi, il identifie des couples morphogénétiques dont l’un est l’espace vecteur et l’autre l’espace victime de la contrainte : couple dunes vives-ndioukis, dunes jaunes remaniées-cuvettes interdunaires, dunes rouges ogoliennes-niayes ogoliennes. Et selon Giret, A. (2008), la dune littorale n’en reste pas moins un processus quaternaire, là où l’estranglement est suffisamment découvert pour se couvrir de dépôts sableux que houles et transgressions ont apportés au rivage et que le vent a repris.

Les écrits monographiques sur Mboro sont récents et portent sur diverses thématiques notamment sur celui de Dia. S, (2000) qui affirme que les conditions hydrogéologiques l’ont déterminé dès sa naissance à la vocation maraîchère. Ce qui explique l’implantation d’une station agricole dès 1936 par les autorités coloniales (ADM, 2002). A l’inverse Amadoune Diop (2006) avance qu’avec Darou Khoudoss, Mboro se trouve dans la zone de Taïba réputée par ses potentialités horticoles, minières, touristique et halieutiques. Et que l’intervention des ICS a contribué à l’attractivité de la zone et son développement urbain, mais elle s’accompagne d’une dégradation du couvert végétal, la pollution de la plage de Khondio avec les déversements, celle de la nappe et la baisse de son niveau par le pompage de l’usine. Dans le même sillage, M. Ngom, (2007) dénonce l’usage des pesticides et les risques générées sur

l'environnement et la santé publique par une population à majorité analphabète. Situation qui se traduit une détérioration progressive de la qualité des eaux de la nappe phréatique. Sur un autre thème, elle affirme qu'au terme de 18300 ans d'évolution, les processus morphoclimatiques du Quaternaire vont se traduire par l'émergence d'unités morphologiques données par des systèmes dunaires et des dépressions. Gueye, M. (2008) affirme que l'avancée des dunes dans le secteur de Darou Khoudoss se traduit par l'ensevelissement par les dunes littorales appelées « Biègne » des maisons, des cultures et les sols fertiles des champs. Bâ N'Faly Traoré (2009), avance que l'implantation industrielle a eu un impact positif sur le développement urbain de Mboro tout en s'accompagnant de conséquences : la pollution et la diminution de la terre des Niayes. Cela expliquerait l'importance des migrants maraîchers dont 25% de jeunes de moins de 25 ans soit 70% de célibataires qui évoluent dans les secteurs tertiaire et primaire (Diop. A, 2010).

La revue bibliographique nous a permis d'asseoir notre argumentaire sur la base de connaissances déjà étudiées par d'éminents spécialistes. Il est à souligner que les monographies réalisées sur Mboro ne portent pas sur la dynamique des dunes dont les écrits spécifiques remontent dans le temps. Donc notre travail vient renforcer la somme des connaissances sur les dunes ainsi que les dynamiques dont elles sont animées. Mieux, il s'agira de s'intéresser aux Niayes et Ndioukis qui sont les principales zones victimes de cette remobilisation des dunes jaunes ravivées afin d'actualiser les données sur la question. En effet, les études sur ce thème abordent la question à l'échelle macro spatiale soit de la grande Côte soit de Kayar à Lompoul et ne font qu'effleurer Mboro. Notre travail se propose d'être une étude monographique de la dynamique des systèmes dunaires faite à l'échelle du littoral de la commune de Mboro. Cette étude a pour fin d'éveiller la conscience humaine sur la nécessité de protéger les espaces victimes de l'avancée des dunes afin d'agir efficacement pour leur stabilisation. Ce travail est une exhortation à l'endroit des autorités communales et étatiques sur les menaces à l'affût des activités maraîchères.

Introduction

Milieu de convoitise, le littoral est à travers le monde victime de l'exploitation anthropique eu égard à sa grande richesse liée à sa position d'interface entre trois composantes physiques que sont l'air, la terre et la mer. A l'échelle nationale, le Sénégal bénéficie d'une façade maritime de 700 km de côte dont plus de 300 km sont constituées de formations sableuses. Sur la Grande Côte, ces accumulations sableuses sont édifiées en systèmes dunaires dont les ensembles sont soumis à des dynamiques de remobilisations. Laquelle dynamique se manifeste par une migration des dunes littorales qui envahissent les cuvettes maraîchères tout en contribuant à la diminution des terres consacrée aux cultures.

Ce remaniement des dunes semble être la conséquence directe de l'érosion éolienne qui s'exerce dans un contexte de réduction et de dépérissement du couvert végétal sur les massifs dunaires sans oublier la variabilité pluviométrique que connaît le Sahel. L'action de l'homme n'est pas négligeable et porte sur la dégradation des ressources végétales à des fins économiques pour l'extension des surfaces cultivées, l'usage de techniques culturales non adaptées, l'augmentation du pompage, la divagation des animaux et l'urbanisation se conjuguent pour fragiliser le milieu. Cette dynamique semble donc être la résultante des conditions physiques et anthropiques sur le littoral de Mboro. Dans le but de renverser cela, des programmes de reboisement ont été initiés dès 1925. Malgré cela, l'avancée demeure d'actualité et se renforce surtout en période sèche où faute d'humidité et d'aspérité végétative, la reprise du sable se fait sur les surfaces dénudées derrière le rideau de filaos.

Cette étude se propose de faire le point sur l'ensemble des facteurs qui interviennent dans la dynamique des systèmes dunaires ainsi que les formes de manifestations. Ainsi nous nous proposons de diviser ce travail en trois parties.

Dans la première partie de ce travail se fera la présentation des systèmes dunaires, leurs historiques de mise en place et une étude des caractéristiques physiques du milieu à Mboro.

La seconde partie traite des dynamiques actuelles à savoir les agents responsables de la remobilisation des systèmes dunaires. Lesquels agents sont divisibles en facteurs déclencheurs et aggravants en mettant l'accent sur la dégradation floristique et pédologique.

Dans la troisième partie, il s'agira de s'intéresser aux manifestations des dynamique actuelles et éventuellement procéder à une étude critique des programmes de reboisements afin de dresser le bilan des réalisations et mettre l'accent sur les alternatives paysannes afin de rendre pérenne la bande de filao.

Problématique

Le littoral est devenu le siège d'une densification et d'une extension des activités humaines. Situation qui s'explique par les nombreuses potentialités qu'il offre et qui sont liées à son importance économique, écologique et son statut de zone d'habitat privilégié. Pour preuve 80% des grandes agglomérations mondiales sont devenues littorales : c'est le cas du Boswash, Tokyo, Osaka-Kobe, Shanghai, Bombay etc. Au même moment 25% de la population mondiale se concentre sur une bande côtière de 25 km. L'impact de l'homme omniprésent sur le littoral s'explique par sa tendance préférentielle d'occupation des bordures de la mer. Ce sont là autant de facteurs qui se conjuguent pour générer une fragmentation écologique ainsi qu'une détérioration et/ou une artificialisation des milieux naturels littoraux ; qui par ailleurs se caractérisent par leur grande fragilité. Dans une perspective de hausse du niveau marin lié au réchauffement global, seules 10% des côtes sableuses sont en progression contre 70% en recul. Situation d'autant plus dommageable que ces formations sableuses ne se retrouvent actuellement que sur près de 20% des côtes à l'échelle mondiale.

Au Sénégal, ces formations sableuses sont édifiées en systèmes dunaires qui font la particularité de la Grande Côte qui va de Dakar à Saint-Louis. D'où l'intérêt de les protéger ou de les réhabiliter eu égard à leurs vulnérabilités et aux menaces auxquelles elles font face. Surtout à l'heure où les débats prônent la gestion intégrée des zones côtières et la préservation des ressources naturelles. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude : la dynamique des systèmes dunaires le long du littoral de Mboro. Mais comment se présentent ces systèmes dunaires sur le littoral ? Comment ont-ils été mis en place ?

Sur la Grande Côte, depuis quelques décennies se déroule un phénomène de remobilisation des ensembles dunaires ; qui se traduit par une avancée des dunes à l'intérieur des terres. Ce phénomène est consécutif à la disparition progressive de la végétation sur les massifs dunaires. Du coup, l'érosion éolienne s'en trouve amplifiée sur toute l'étendue du littoral Nord de Saint-Louis à Dakar sur 183 km de côte. La question soulevée est quels sont les facteurs et mécanismes qui interviennent dans cette dynamique de remobilisation des ensembles dunaires ?

Ce phénomène intervient surtout en période sèche grâce au renforcement des vents. Ce qui fera d'ailleurs dire à Giffard (1979) que : « L'alizé et l'harmattan qui se combattent au niveau de la côte, provoquent des tourbillons susceptibles de déclencher une érosion éolienne intense dès que le terrain est mis à nu. Le processus est irréversible et une fois l'étroit chapelet des Niayes enfoui sous les sables ; il deviendrait impossible de le récupérer, quels que soient les moyens

techniques et financiers mis en œuvre ». Mais existerait-il une menace d’ensablement de la zone des Niayes ? Et en quoi serait-il préjudiciable à cet écosystème particulier ?

Cette phrase de Giffard est lourde d’enseignement en ce qu’il englobe le phénomène dans sa globalité. Elle servira de facteur déclenchant aux programmes de fixations des dunes pour freiner l’action du vent sur la remobilisation de dunes littorales. Le programme de la FAO/PNUD SEN73/012 s’inscrit dans cette perspective et va ainsi permettre le reboisement de plus de 100 km de côtes par des Filaos et Eucalyptus. D’autres seront menés sous l’égide du Service des Eaux et Forêts, de la défunte SODENIA et pas plus qu’en 2006 par les PRL à Mboro et environs. Malgré cela, ce phénomène semble prendre marque. D’où l’interrogation logique de savoir si les programmes de reboisement ont atteint leurs objectifs ou existerait-il d’autres paramètres à prendre en compte dans cette dynamique des sables ?

Le littoral de Mboro, qui se trouve sur la partie centrale de la Grande Côte, est au cœur de cette dynamique. D’ailleurs le MPEN (1997) affirme que la mobilisation des dunes littorales produit un ensablement des cuvettes interdunaires qui sont placées depuis plus de deux décennies sous la triple contrainte de l’assèchement climatique, de la pression anthropique et du déplacement frontal des systèmes littoraux vers l’intérieur des terres. En effet, Mboro renferme des potentialités énormes qui permettent la pratique de nombreuses activités dont la pêche, l’implantation d’unités industrielles d’extractions de phosphates (CSPT) et les industries chimiques du Sénégal (ICS). Mais aussi, en tant que zone de productions maraîchères qui servent à l’approvisionnement des villes périphériques dont Thiès, Dakar et pays limitrophes. Mais avec ce phénomène, l’économie générée par la dynamique du maraîchage ne risque-t-elle pas d’être handicapée ? Et quelles ont été les politiques mises en œuvre pour inverser cette tendance ?

Le résultat de cette dynamique des ensembles dunaires engendre une extension de leur proportion ainsi que l’ensablement des cuvettes maraîchères. Ce qui se traduit par un rétrécissement des surfaces cultivables au profit des dunes ; dans un contexte de baisse de la nappe phréatique générée par une variabilité des précipitations. Existerait-il alors un lien entre les épisodes de sécheresses que connaissent le sahel et la remobilisation des dunes ?

La détérioration de la végétation naturelle, les coupes clandestines, la destruction progressive de la bande de filaos sont autant de maux qui affectent la flore locale. Une baisse du niveau de la nappe phréatique y est observée ainsi que la salinisation de ses eaux. Ce sont là autant de difficultés auxquelles les populations locales sont confrontées. Sans oublier l’exploitation

abusive des ressources naturelles qui font qu'aujourd'hui que ce milieu est porteur des stigmates de l'anthropisation qui contribuent à le dégrader. D'où l'interrogation de savoir s'il n'y aurait pas une connotation autre que naturelle au phénomène de la dynamique des dunes ? S'il n'y aurait pas l'introduction de la main traumatisante de l'homme derrière ce fléau ?

Ce sont ces différentes questions soulevées auxquelles nous allons tenter d'apporter des réponses et qui constituent l'ossature de notre réflexion.

Le choix du littoral de Mboro comme zone d'étude n'est pas fortuit et s'explique par la dynamique des systèmes dunaires qu'on y retrouve et qui sont représentatifs de l'intégralité des formes rencontrées sur la Grande Côte allant des dunes blanches à celles rouges en passant par les dunes jaunes. Mais aussi par l'existence dans cette zone de bon nombre de faits qui concourent soit à amplifier ce phénomène de dynamique, ou qui sont soit la résultante de ce fléau de remobilisation des systèmes dunaires notamment :

- le phénomène de l'avancée dunaire qui se fait menaçante dans la zone ;
- l'envahissement et l'ensablement des cuvettes maraîchères par les dunes ;
- la dégradation progressive et l'exploitation abusive des ressources naturelles locales ;
- la baisse de la nappe phréatique et la salinisation des eaux de cette dernière ;
- la pollution industrielle et agricole.

On n'oubliera pas l'importance grandissante du littoral de Mboro qui ne cesse d'attirer unités industrielles, implantations humaines et activités agricoles à tel point qu'on le considère aujourd'hui comme un centre rural urbanisé.

Ce sont là autant de facteurs qui se conjuguent pour fragiliser l'équilibre de cette interface dont sa gestion interpelle gouvernants, politiques et populations locales ; d'autant plus qu'une bonne partie cette population surtout les maraîchers, en tire leurs moyens de subsistance.

Objectif général

L'objectif général de cette étude consiste à identifier l'ensemble des facteurs qui interviennent dans la remobilisation des systèmes dunaires ainsi que les conséquences engendrées sur le milieu littoral.

Objectifs spécifiques

Dans cette perspective, notre analyse devrait au terme de cette étude permettre de :

- Montrer le rôle des facteurs-agents et les mécanismes dans ce processus de remobilisation.
- Mesurer les conséquences engendrées par cette dynamique que sont l'extension des dunes et l'ensablement des cuvettes maraîchères.
- Montrer la corrélation qui existe entre l'érosion éolienne, la dégradation de la couverture végétale, la baisse pluviométrique et l'implication de l'homme dans ce processus.

Hypothèses de recherches

Pour ce faire, nous nous fixons ces hypothèses qu'on va confronter à l'analyse des données physiques et humaines.

- L'érosion éolienne est la principale cause de la remobilisation des systèmes dunaires.
- La dégradation progressive des ressources végétales sur les massifs dunaires contribue grandement à l'accélération de leur avancée.
- Les programmes de reboisement n'ont apporté qu'une réponse limitée au problème au lieu de le résoudre.

Définition des concepts clefs

La dynamique

La dynamique envisage les phénomènes dans leur mouvement et leur transformation pour s'intéresser à l'ensemble (Robert, 1995). La dynamique est la partie de la mécanique qui s'occupe des rapports entre les forces et les mouvements qu'elles provoquent (Quillet, 1971). Dans son but de description et d'explication de l'évolution du relief terrestre, la géographie s'intéresse à la *dynamique* des formes. C'est ainsi que la géodynamique, branche de la géomorphologie étudie les causalités et processus de mise en place des structures terrestres. Il s'agit de l'analyse des mécanismes qui interviennent dans la genèse, l'évolution d'un phénomène mais aussi à l'action des facteurs et agents dans ce processus. Elle cherche à saisir l'organisation systémique des faits, les relations entre les différentes composantes du système afin de montrer l'implication de chaque agent mais surtout mesurer leur impact. C'est ainsi que la géomorphologie s'intéresse à la tectonique et au climat qui interviennent dans l'évolution du relief. Cette dynamique est synonyme de mouvement et d'évolution d'un instant T à un instant T1. Toutefois elle ne doit pas toujours être perçue sous l'angle de construction ou de croissance positive mais aussi en termes de destruction et d'érosion sur une échelle de temps. En effet les formations dunaires sont soumises à des dynamiques liées au système éolien, biogéographique et pédologique et le concours de l'homme via ses activités.

Le système

Pierre George (1990) parle pour désigner le système de relations structurelles et dynamiques des différents éléments qui agissent sur l'ensemble. La notion de système fait référence à un ensemble organisé d'éléments structurels qui entretiennent des relations de complémentarité qui contribuent à maintenir le système et à la faire évoluer. Selon une perception épistémologique, on fait allusion à une conception circulaire des causalités c'est-à-dire à un boucle de rétroaction. C'est pourquoi les concepts de systèmes en géographie désignent des *systèmes ouverts*. Ce principe est présent dans les perceptions organicistes dès le XIX^{ème} siècle ou suivant le principe de Lavoisier : « Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme ». En effet la géographie ne s'intéresse pas à un élément isolé mais au système dans lequel il s'intègre et où il exerce une fonction spécifique dans une tendance qui soutient l'équilibre. Aujourd'hui, on évoque dans les discours les notions de système anthropique, de système d'érosion, de système géographique, de SIG etc. Le système est circonscrit dans un espace allant du géon à l'écosystème et obéit à des lois. En effet, des relations d'ordre structurel et dynamique

conditionnent l'évolution des dunes littorales qui sont soumises à l'action des facteurs agents. D'où les différences liées à la couleur, à la localisation, à l'âge de mise en place et des dynamiques différentes qui fait qu'on parle de **systèmes dunaires**.

Le littoral

Le **littoral**, étymologiquement, viendrait du grec *littus*, de même que le terme latin **litoralis** qui veut dire rivage ou marais. C'est une interface entre l'océan et le continent (Chapuis). Et selon la C.I.L.F (1979), le littoral est la « *ligne de contact entre l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère, et le domaine qui dépend directement de ce contact* ». D'une largeur variable, il est composé de l'arrière côte dans la terre ferme, du rivage proprement dit, de l'estran ou zone de balancement des marées. Une multitude de définitions du littoral existe en fonction des champs d'actions et des spécialistes. Cette situation met en exergue l'absence d'accord à travers une définition commune d'autant plus visible quant à la délimitation de l'étendue de cette zone vers l'intérieur des terres. Cela relève de considérations politiques et du cadre juridique des pays en fonction des besoins d'aménagements et de politiques de gestion du littoral. Aujourd'hui en raison des convoitises dont il fait objet, on parle de **littoralisation** pour désigner le processus d'anthropisation par l'homme via ses activités.

La dune

Le terme **dune** viendrait du mot néerlandais *Duin* qui veut dire colline. L'emploi du mot se serait généralisé au XVIII^{ème} siècle, mais date du Moyen Age pour désigner les « collines de sable » qui bordaient la côte Flamande entre Dunkerque et Nieuport (George. P, 1970).

La dune, c'est un relief de sable édifié par le vent (George. P et Verger. F, 2004). Il s'agit de colline de sable formée par le vent sur le bord des mers ou à l'intérieur des terres, d'où la distinction entre dunes littorales et continentales. La dune est un relief ou un modelé composé de sable dont les ensembles dunaires font partie des **formations superficielles** (formations relativement récentes à l'échelle géologique datant du Subactuel ou de l'Actuel).

Elle est constituée de matériaux meubles non cohérents qui sont soumis à la virulence des vents d'autant plus efficace dans leur rôle en l'absence ou en faible couverture végétale.

A l'échelle de la Grande Côte notamment à Mboro, ces dunes sont d'âge, de coloration et de localisation différente. Sur la base de ces critères se dégagent trois générations de dunes qui s'organisent comme telle en partant du rivage vers l'intérieur des terres.

Méthodologie

L’élaboration de ce mémoire est la synthèse de deux années de recherche. La première année de Master I a permis de faire l’ébauche de notre thème sous forme d’un rapport de recherche. La seconde année de Master II introduit la recherche de terrain et les enquêtes auprès de la population. La rédaction de ce mémoire s’est faite en trois phases distinctes :

- La recherche documentaire
- Le travail de terrain
- L’analyse et la restitution des données

La recherche documentaire

La revue documentaire s’est faite par la consultation d’un certain nombre d’ouvrages relatifs à notre thème de recherche dont les références géomorphologiques traitent de la question des dunes littorales en pages réduites tandis que les productions sur Mboro concernent des mémoires et/ou thèses. Les travaux des professeurs Sall (1971), Diaw (1980) et Tangara (1997) nous ont beaucoup guidés lors de nos recherches dans les structures suivantes :

- La bibliothèque départementale et la Bibliothèque Universitaire de l’UCAD (BU) ;
- La bibliothèque d’Enda Tiers Monde, Celle de l’ESEA (ex ENEA) ;
- A l’Institut Fondamental d’Afrique Noire (IFAN) ;
- Au Centre de Suivi Ecologique (CSE) ;
- A l’Institut de Recherche pour le Développement (IRD) ;
- A la bibliothèque du Parc National de Hann ;
- A l’ANAMS pour la collecte des données climatiques.

Durant cette phase de recherche, un accueil chaleureux et une disponibilité sans réserve nous a été dispensé par le personnel bibliothécaire.

Le travail de terrain

Comme son nom l’indique le travail de terrain a nécessité notre déplacement à Mboro durant le mois d’Août et s’est fait en deux étapes : un travail de terrain et une phase d’enquête. Mais il nous a fallu d’abord nous outiller d’un certain nombre de matériels : des sacs en plastique pour recueillir des échantillons de sols, un ruban gradué faute d’un décamètre, d’un appareil numérique pour des photos, d’un GPS pour des levés topographiques et 24 piquets de 1 m gradué en raison de 3 piquets par site pour évaluer la dynamique d’avancée des dunes.

Mais avant cela, nous avons bénéficié de la visite guidée du sergent Youssoupha Traoré pour mieux cerner notre terrain d’étude. Un guide d’entretien a été adressé aux populations au cours d’une phase d’enquête ne ciblant que les intéressés en l’occurrence les maraîchers dont les

champs sont concernés par la dynamique des dunes avec exception faite des maraîchers des Niayes.

La mesure d'érosion

La mesure d'érosion a été réalisée au moyen de 24 piquets en raison de 3 piquets par site. Cette opération a été réalisée sur 8 sites suivant un transect allant de l'estran vers les dunes jaunes internes. Ces piquets sont disposés de manière triangulaire afin d'apprécier la dynamique d'évolution des dunes sur une période de 4 mois dont les deux premiers représentent la période pluvieuse et les deux derniers la période sèche. Tous les 10 jours des levées sont effectués pour avoir un aperçu sur l'évolution du matériel sableux dans le temps.

L'analyse des données

La phase de saisie et de restitution des données s'est faite grâce aux différents logiciels dont :

- Le logiciel office Word qui a été utilisé pour la saisie des données ;
- Excel a été utilisée pour traiter les données climatiques qui ont été par la suite transformées en graphiques pour faire nos commentaires ;
- Le logiciel Sphinx quant à lui nous a permis d'élaborer notre questionnaire, de traiter nos données d'enquêtes ainsi que leur transformation en graphiques.

La phase d'analyse s'est faite grâce aux connaissances accumulées jusqu'ici en géographie.

Les travaux de laboratoire

L'analyse des échantillons de sols s'est faite à l'Institut National de Pédologie (INP) où nous avons bénéficié du support matériel et de l'assistance des techniciens. Pour cela nous avions procédé à des prélèvements d'échantillons de sols lors du travail de terrain. Nous avons procédé à l'analyse physique et chimique des sols. Mais pour la morphoscopie, faute d'une loupe binoculaire, celle-ci a été faite au département de géologie de l'UCAD. Néanmoins la réalisation de ce mémoire n'a pas été de repos en raison des difficultés rencontrées.

Difficultés rencontrées

Les difficultés rencontrées portent sur les données climatiques fournies par l'ANAMS qui comportent des défaillances. Pour les corriger nous avons eu recours aux stations de Thiès, Louga et Dakar et le poste pluviométrique de Mboro. Ce qui explique qu'on utilisera parfois les données d'une station au détriment des autres. La numérisation des thèses de la BU rendant certaines thèses indisponibles, nous ont limité dans nos recherches. Les piquets laissés sur le terrain afin d'apprécier la dynamique ont été souvent enlevés, mais certaines données ont été corrigées et d'autres pas. S'y ajoute les longues distances parcourues à pied pour nous rendre d'un hameau à l'autre à la rencontre des populations maraîchères à dominantes peulhs.

PREMIERE PARTIE

Présentation des systèmes dunaires

Introduction

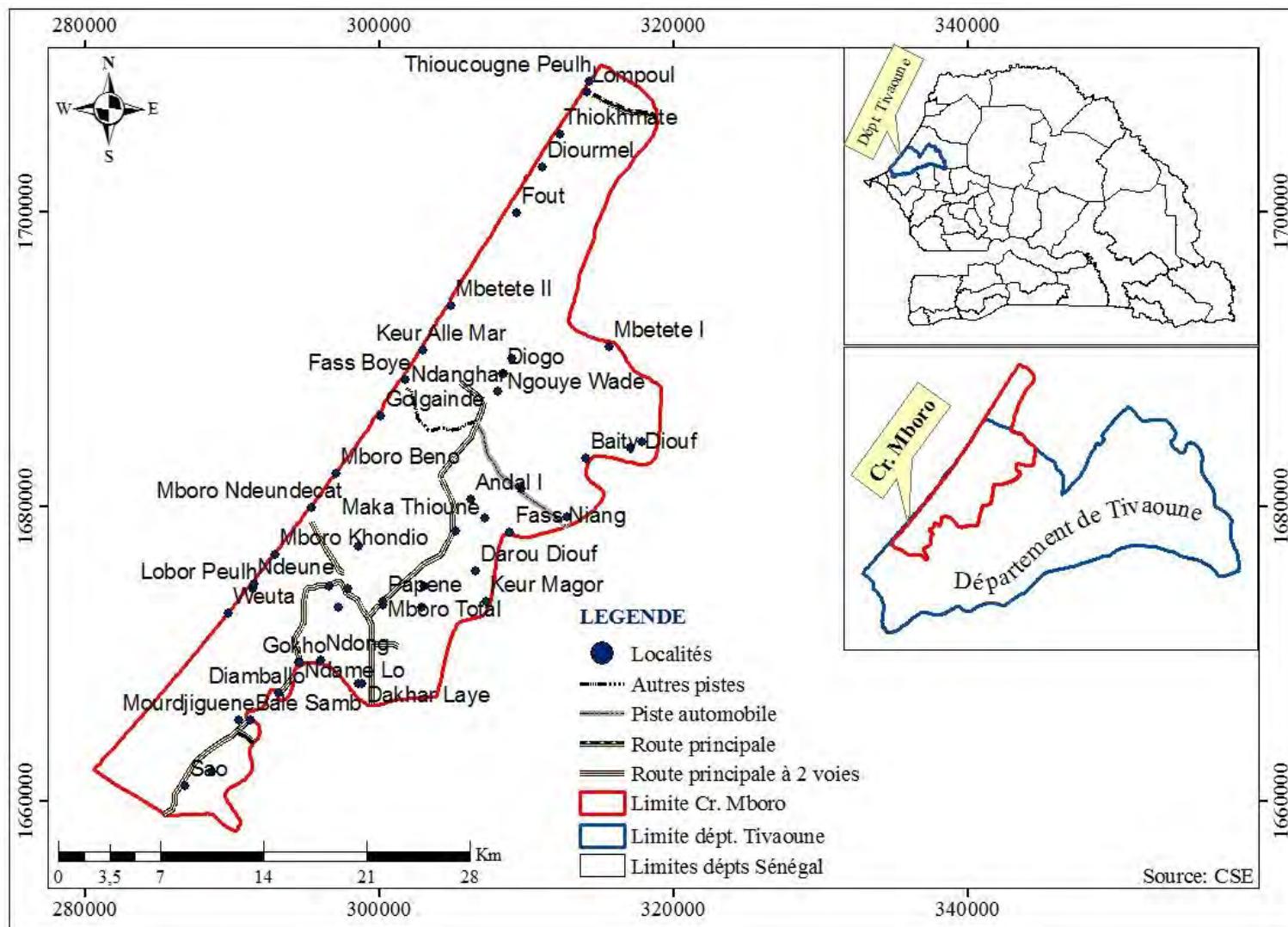
Le littoral de Mboro se localise sur la Grande Côte dans la commune du même nom, au Nord-ouest de la région de Thiès. Elle appartient à la région naturelle des Niayes et se rattache au département de Tivaouane, dans l'arrondissement de Méouane suivant les coordonnées géographiques $15^{\circ} 09'$ et $16^{\circ} 54'$ de latitude Nord et de $15^{\circ} 15'$ et $16^{\circ} 09'$ de longitude est. Avant son érection en commune par le décret n° 2002/173 du 21 Février, Mboro officiait comme Communauté Rurale (CR). Elle est distante de 22 km de Tivaouane, de 44 km de Thiès et de 100 km de Dakar. La commune est divisée en 11 secteurs répartis sur 27 quartiers. Elle est limitée au Nord par la région de Louga, à l'Ouest par l'Océan Atlantique, à l'Est par la CR de Darou Khoudoss, par Méouane et Mekhe, au Sud et SE par Pambal. Mais il s'agit encore des limites de Mboro en tant que CR. Ainsi nous mettons l'accent sur la nécessité de dresser la carte de Mboro en tant que commune.

Le littoral de Mboro appartient à la zone géologique du Bassin sédimentaire Sénégalo-mauritanien et se caractérise par un relief dunaire marqué par une succession des dunes et des dépressions interdunaires. Ce qui permet d'observer la distribution des unités morphogénétiques suivantes à travers un gradient longitudinal.

- La plage basse, sableuse et rectiligne ;
- La bande de dunes blanches et vives, largue au maximum de 200 m ;
- Les *Ndioukis* qui sont des dépressions interdunaires de faibles ampleurs ;
- Un système de dunes jaunes entre les dunes blanches et les dunes rouges ;
- La zone écologique des Niayes qui sont des cuvettes où affleure la nappe phréatique ;
- Enfin les dunes rouges continentales ou Ogolienne à l'intérieur du continent.

Le site de Mboro a été découvert vers les années 1862 par les troupes du Gouverneur Pinet Laprade. Grace à la richesse de ses ressources édaphiques et hydrogéologiques, il accueillera dès 1936 une station agricole expérimentale, date qui a vu la genèse de Mboro. Au début, le site ne comptait que quelques hameaux peulhs situés le long de l'océan Atlantique où ils demeurent majoritaires encore aujourd'hui. D'ailleurs selon les études du professeur Bâ, ce sont eux qui ont été les premiers résidant de la zone qui leur servaient de lieux de pâturages durant les périodes de soudure. Ainsi Mboro aura servi tour à tour de refuge aux peuples lors des razzias maures, d'espaces de pâturage pour terminer avec la vocation horticole. Mais avec l'envergure que prenait Mboro inversement parallèle à la paupérisation dans le centre du pays à la suite des épisodes de sécheresses, sa destination fut prisée ce qui explique d'ailleurs que sa population soit à dominante migrante.

Carte n° 1 : de Localisation de Mboro (CR)



Chapitre I Présentation des systèmes dunaires sur le littoral de Mboro

A l'image de la Grande Côte, le littoral de Mboro se caractérise par des systèmes dunaires, qui sont de couleurs, de hauteur et d'extension variables. Ces massifs dunaires sont de formations¹ qui témoignent de l'héritage des fluctuations climatique et eustatique au Quaternaire. Sur la base de cette évolution et suivant un gradient ouest-est partant du rivage vers l'intérieur des terres, plusieurs unités morphologiques s'individualisent.

I Présentation des unités géomorphologiques

Les unités morphogénétiques se répartissent en trois systèmes dunaires allant des dunes blanches aux rouges en passant par les dunes jaunes. Ces dunes sont rompues dans leur progression par des dépressions mineures formées par les cuvettes interdunaires mineures des *Ndioukis* et celles majeures des *Niayes*. Mais présentons d'abord la plage à partir de laquelle, les dunes sont alimentées en sable.

I-1 La Plage (Cf. photos 1 et 2 Annexe 1)

La plage est « une accumulation sur le bord de la mer, de matériaux plus grossiers que les principaux constituants de la vase » (Derruau, 1986). Sur Mboro, la plage est coquillère et large d'une centaine de mètres (100 m) à partir de laquelle commence la bande de filaos. Elle fait partie de la Grande Côte caractérisée par une continuité sableuse qui va de Dakar à Saint Louis. La plage est soumise à des phases de démaigrissements liés à l'action des tempêtes et des phases d'engraissemens au cours desquelles son alimentation en matériaux sableux atteint le maximum. La plage comprend une partie immergée et une partie émergée qui se termine par une crête et suivant ce gradient s'opère un tri des matériaux en fonction de leur grosseur. C'est ainsi que la plage acceptation globalisante peut être à son tour divisée en micro unités qui permet de distinguer le bas de plage, l'estran et le haut de plage.

I-1-1 Le bas de plage ou *off-shore*

C'est la partie inférieure de l'estran qui s'étire en pente faible vers l'avant côte ou avant plage qui le précède par le prolongement de la plage sous les eaux. Le bas de plage est dans la plupart des cas porteur de crêtes et sillons pré littoraux obliques ou parallèles édifiés par le sac et le ressac des vagues.

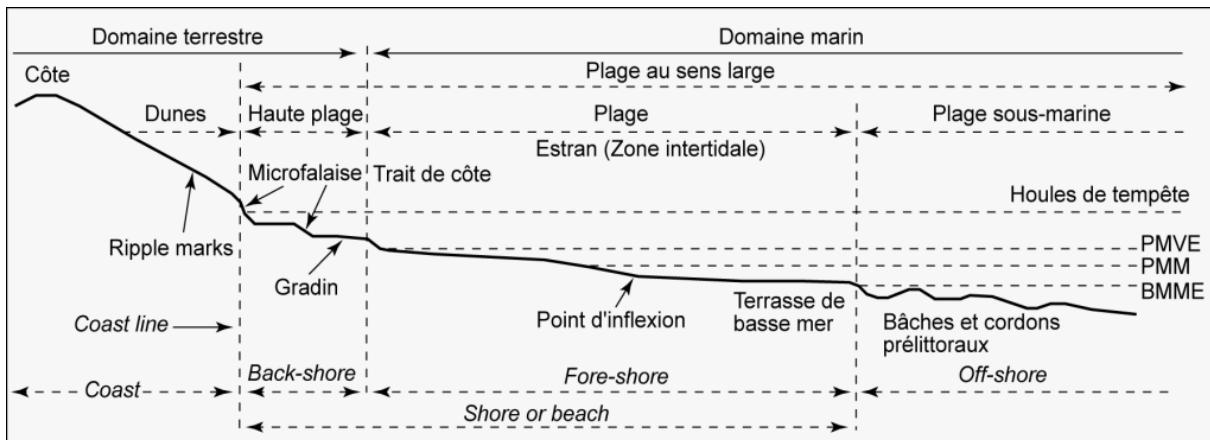
¹ Formation désigne un ensemble relativement homogène de couches qui peuvent être différenciées des couches adjacentes (verticalement et latéralement) par une certaine lithologie ou une alternance de lithologies caractéristiques Géologie de terrain, F. Boulain, J. Vander

I-1-2 L'estran c'est la partie couverte et découverte au gré des marées qui par ailleurs sert de niches aux colonies de crabes blancs. Il se termine par le haut de plage. C'est aussi l'espace intermédiaire entre les hautes et basses mers.

I-1-3 Le haut de plage (*back-shore*) ou partie supérieure de l'estran est le : « domaine de prédilection de la formation de ripple-marks, des microfalaises et de croissants de plage » Diaw (1980). Sur ce cordon naissent des dunes bordières grâce à l'action des vents du large.

La figure ci-dessous donne un aperçu sur la morphologie et le compartimentage d'une côte sableuse ainsi que les différentes formations géomorphologiques susceptibles d'y être retrouvées.

Figure 1 : Profil schématique d'une côte sableuse et terminologie anglo-saxonne équivalente d'après SHEPARD (1973) *In* BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR (2002)



II-Les systèmes dunaires

II-1-1 Le système des dunes blanches

Nommées également dunes de mer ou dunes maritimes, leur dénomination introduit déjà une distinction avec les dunes continentales. Ces dunes littorales sont des : « accumulations de sable marin, dus au vent, et qui recouvrent une certaine partie du littoral » (Ottmann. F, 1965). Sur le littoral de [Mboro], leur altitude peut atteindre 10 à 20 m et s'étendre sur quelques centaines à un millier de mètres en excédant jamais 1,2 km selon Sall M. M., (1971). Ces dunes adoptent une posture transversale de direction NNW/SSE calée celle des alizés maritimes permanents et dominants sur la côte. Leur mise en place remonte du Subactuel à l'Actuel et comprend des formes complexes et variées : les dunes paraboliques, les barkhanes, les caoudeyres et des formes mineures (Diaw, 1980). Ces dunes vives sont le siège de la déflation éolienne venue du

large, et elles se caractérisent par une grande mobilité et vigueur liées à leur constante remobilisation. Cette remobilisation est d'autant plus importante du fait de la nature des matériaux et de l'importance des surfaces dénudées à l'arrière des brises vents. Elles sont tapissées dans leur face au vent par des rides appelées *Ripple marks*.

Leur différence fondamentale avec les dunes jaunes est liée à leur couleur blanchâtre, leur grande dynamique à l'absence d'obstacle. Toutefois après les reboisements qui ont plus ou moins réduit leur vitesse, on s'aperçoit que les dunes jaunes sont aujourd'hui les portes drapeaux du couple migration et ensablement.

II-1-2 Le système des dunes jaunes

Il s'agit de dunes semi fixes qui constituent la première génération de dunes littorales et qui présentent des caractères communs avec les dunes blanches. A ces caractères on peut citer la nature des matériaux, leur alignement, leur soumission aux vents du large. Il s'agit en fait de dunes subactuelles ou post-nouackchoties que Dia. S, (2000) distingue des autres : « par leur localisation plus continentale, leur coloration jaune ocre et aussi par leur grande vigueur ». Elles sont localisées entre les dunes blanches et les Niayes. De largeur variable (250 à 2000 m), leur hauteur maximale peut atteindre 20 voire plus de 25 m d'où elles surplombent les Niayes par un front abrupt. Elles sont constituées essentiellement de dunes longitudinales et paraboliques qui s'expliquent par leur double exposition aux vents maritimes et aux alizés continentaux. En raison des interférences que créent la bande de filaos et la végétation, on assiste à des modifications locales de la direction des vents. Ces dunes jaunes sont animées de remobilisations d'autant plus importantes dans les secteurs où la végétation s'amenuise, sur les pistes de parcours du bétail et dans les zones n'ayant pas encore fait l'objet de reboisements.

En somme, les dunes littorales concernent les dunes blanches et jaunes qui sont responsables de l'ensablement des cuvettes maraîchères. Elles sont dynamiques et en proies à des remobilisations facilitées par l'impact de l'homme sur le couvert végétal.

II-1-3 Le système des dunes rouges internes ou continentales

Ce système est hors de notre champ d'étude, mais son intérêt est purement pédagogique en ce qu'il enlève la confusion souvent faite entre dunes littorales et continentales. Il s'agit de dunes ogoliennes apparentées aux ergs sahariens. Sa mise en place remonte à l'Ogolien et il est constitué de dunes longitudinales. Ce système se caractérise par un modelé très atténué avec des dénivellations faibles (de 2 à 11m), une plus grande évolution pédologique et une végétation

plus dense (CSE, 2005). Il s'agit d'un système stabilisé qui ne connaît que des remobilisations mineures causées par des actions anthropiques liées aux techniques culturelles non adaptées, d'autant plus dommageables que ce sont elles qui sont porteuses de cultures pluviales : mil, arachide, niébé etc. C'est le domaine des sols Dior et la plus ancienne des dunes qui aujourd'hui abritent les habitations et équipements notamment à Mboro village.

II-2 Les unités morphogénétiques de transition

Ces unités concernent deux types de dépressions à savoir les dépressions mineures des *Ndioukis* et celle majeures des *Niayes* dont se distingue les *Céanes*.

II-2-1 La dépression du « *Ndiouki* »

Les *Ndioukis* sont localisés entre les dunes vives littorales et au contrebas des dunes jaunes semi fixées. On distingue le *Ndiouki* des dunes blanches, de celui des dunes jaunes et rouges. Il s'agit de dépressions mineures comparées aux *Niayes*. Selon Dia S. (2000), son niveau piézométrique échappe à l'avancée du biseau salé et sa mise en culture est assujettie à des mesures de bonification notamment des apports en matière fertilisants et organiques eu égard à la grande pauvreté des sols. Les exploitations [les *Ndioukis*] sont plutôt de petite taille, généralement inférieures à 1 ha, en raison de la contrainte majeure qui demeure la remontée du biseau salé (remontée des eaux marines).

Ce sont elles qui sont à ce jour menacées d'ensablement suite à la remise en marche des dunes jaunes car elles ont été peu prises en compte dans les reboisements. Les seules dunes jaunes protégées sont celles proches des habitations et de certains champs. Et la majeure partie d'entre elles nécessiteraient des protections. Cette protection s'avère d'autant plus nécessaire si l'on fait la somme des parcelles cultivées sur les *Ndioukis* qui sont à la merci du vent.

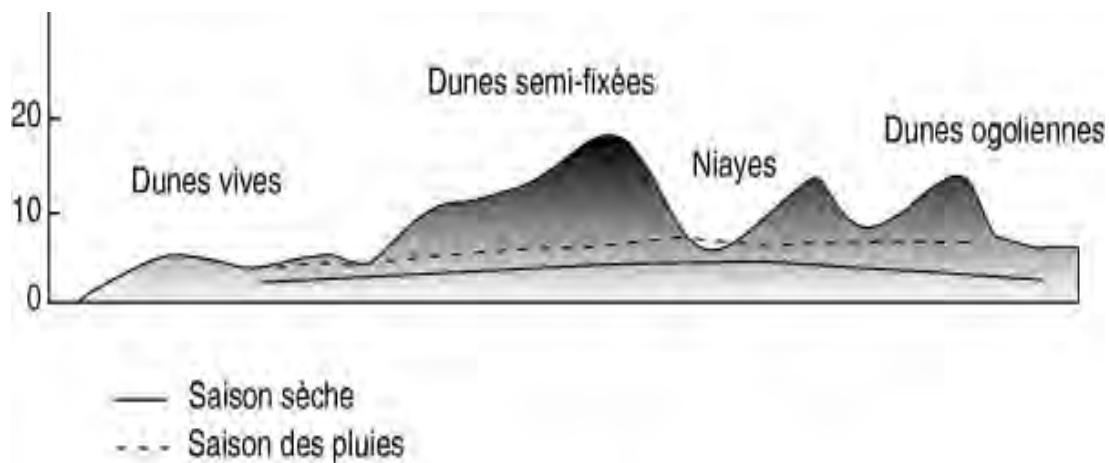
II-2-2 La dépression des *Niayes*

La région des *Niayes* fait partie des six ensembles écho-géographiques du Sénégal. Elle s'étend sur une longueur de plus de 170 km qui va de Dakar à Saint Louis et sur une largeur de plusieurs kilomètres variable par endroit. Il s'agit d'une série de cuvettes en forme de chapelets dont les principaux sont celles de Mbaouane, Tanma, Mekhe, Lompoul et Mboro.

« La dépression des *Niayes* s'étend en arrière d'une côte basse et régulière bordée de dunes, [il s'agit] des cuvettes entre les dunes édifiées lors du dernier aride Ogolien » (Riser, J. 1999). Cette définition est à relativiser en ce sens que Sall (1971) distingue deux générations de

Niayes : celles ogoliennes qui sont les restes d'un réseau hydrographique ancien implanté sur le site d'anciennes vallées alluviales, de direction NNW-SSE d'une part. D'autre part, il distingue les Niayes formées à la suite de la transgression nouackchotienne, qu'on retrouve au Sud de Mboro. En somme, on distingue les Niayes littorales et les Niayes ogoliennes qui tiennent leur originalité de ses sols hydromorphes, inondés par une nappe phréatique à faible profondeur (de 1 à 2 m) ou à fleur de sol qui affleurent au niveau des *Céanes* et où l'*Elaeis guineensis* fait sa particularité. Grâce à ses sols hydromorphes, elles permettent les cultures maraîchères. Selon le manuel de l'Agronomie tropicale (1965) : « l'existence des Niayes est liée à leur alimentation en eau. Elles reçoivent d'une part de la pluie de l'hivernage, et d'autre part l'eau de la nappe des sables qui est la principale source d'alimentation ».

Figure 2 : Coupe schématique de la zone des Niayes et fluctuation annuelle du niveau piézométrique



Source: Fall et al. (2000)

Sur le plan biogéographique, Trochain (1940) cité par Diaw (1980), présente les Niayes sous forme de « Boqueteaux de palmiers à huile qui entourent les étages littoraux plus ou moins colmatés ». Leur mise en place remonterait au Tchadien entre 12 000 et 6 800 ans BP. Période pendant laquelle régnait de meilleures conditions climatiques. Elles sont localisées le long du littoral sur une longueur de 170 km et de largeur variable suivant les zones.

Aujourd'hui, parmi les principaux qui pèsent sur les Niayes, se distinguent : une insuffisance des pluies, la menace de l'avancée des dunes vives dans certains sites et une remise en mouvement des dunes anciennes, de la salinisation des sols et des puits, de la disparition de la végétation sur les dunes, d'un comblement et ensablement des terres de bas-fonds, d'une menace d'intrusion marine, d'extension des surfaces urbaines et de la pollution de ses eaux

(PAN/LCD, 1998). Ces Niayes seraient d'après Dasylva, les reliques d'anciens lacs (Littoral Nord) et d'anciennes lagunes (Littoral Sud).

II-3 Les formes dunaires

Les dunes sont des systèmes sableux marqués par des formes de détails qui présentent des similarités. Elles vont des dunes embryonnaires aux accumulations de dunes en passant par des formes majeures à Mboro, qui permet de distinguer les formes suivantes.

II-3-1 Les formes mineures

Au premier chapitre, on a les **rides** qui sont des ondulations de l'ordre de la dizaine de centimètre qui tapissent la surface des dunes blanches et jaunes sous forme de sillons. Elles sont dues à l'action du vent, d'où leur sculpture aérodynamique qui les diffèrent des rides d'impacts.

La **nebkha** se forme à la suite de l'accumulation du sable sur une touffe de végétation ou de quelconque obstacle se trouvant dans le sens de déplacement du vent (brindille ou objet naturel) lui sert de noyau d'accumulation. Il s'agit donc d'une dune d'obstacle dont sa formation est assujettie à la présence d'aspérités qui constitue une condition idéale à sa genèse. Elle se forme surtout sur les dunes blanches non couvertes de végétation.

S'agissant de la **barkhane**, il s'agit d' « une dune jeune formée par un régime de vents dominants »² de dimension métrique (10 m au plus) elle prend la forme d'un croissant à trois sections : une zone d'accumulation, le talus ou pente et une zone de retombée du vent. En s'amoncelant, elles peuvent donner des dunes transversales. Elles se développent plutôt dans les secteurs où la vitesse du vent est moyenne et la couverture sableuse mauvaise.

II-3-2 Les formes complexes

a) La dune transversale

Les dunes transversales sont perpendiculaires à la direction des vents dominants et se caractérisent par un profil dissymétrique qui : « correspondent à un stade ultérieur du remaniement de la dune parabolique » selon Sall M. M. (1971).

En somme, les différentes formes dunaires rencontrées semblent résulter des formes mineures qui dans leur évolution se conjuguent pour donner des formes majeures. Ces dernières résultent d'une évolution d'une forme dans son évolution.

b) La dune parabolique

La dune parabolique, correspond à une colline à dessin arqué. Il s'agit d'une forme de remaniement d'un bourrelet dunaire fixé par la végétation (Elhai, 1959). Ces formes

² P Birot (1951)

correspondent à des états d'évolution du modèle dunaire qui est lié au régime des vents, de leur trajectoire ou de leur turbulence. L'édification de la dune parabolique est liée à un système de vent multidirectionnel qui n'a pas une trajectoire bien définie et/ou dont la trajectoire est déviée par les conditions locales qui peuvent être dues à un relief ou à un écran végétatif qui lui fait obstacle dans sa progression.

c) La dune longitudinale

Les dunes longitudinales sont rectilignes dans la plupart des cas et allongées dans le sens de la direction des vents dominants. Elles se présentent sous forme d'une succession de bandes de dunes longitudinales qui séparent des couloirs interdunaires nommés *gassis* au Sahara. Les sédiments qui ont été déposés par le vent, contribuent à combler les couloirs interdunaires par un déplacement par gravité.

Bref, la terminologie descriptive des dunes est large (dunes en dôme, en étoiles, la barkhanoïde - variante à cheval entre la barkhane et la dune transversale-), mais l'élément dominant dans la morphologie dunaire est lié à la direction des vents, à leur fréquence, à la présence d'aspérités pouvant faire obstacles au vent, à la disponibilité du sable en quantité suffisante, à des conditions locales et/ou de l'exploitation des essences végétales.

III La mise en place des systèmes dunaires

Les systèmes dunaires sur le littoral de Mboro sont l'expression de l'évolution paléoclimatique et des mouvements eustatiques qui ont jalonné l'histoire géologique au cours du Quaternaire. Les phases les plus déterminantes dans la mise en place des dunes sont les suivantes.

III-1 L'Ogolien

C'est une phase de régression marine (-50 m) qui débute vers 20 000 ans BP et s'accompagne d'une modification des conditions bioclimatiques, ce qui fait d'ailleurs dire à Michel, P. (1973) que toutes les conditions étaient réunies à la mise en place de l'erg. La grande sécheresse qu'elle connaît ainsi que la détérioration des conditions climatiques ont engendré l'édification des dunes rouges longitudinales orientées NNE-SSW par les alizés continentaux. Cette période climatique a vu la genèse des formations superficielles sableuses sur une bonne partie de l'Afrique tropicale sahélienne. Elle prendra fin vers 12 000 ans BP.

III-2 Tchadien de 12 000 à 6800 ans BP

On assiste à une amélioration du climat devenu humide qui se traduit « dans la pédogénèse par la dissémination des formations végétales et la morphogenèse » (Sall, 1982). En sus d'une rubéfaction du matériel sableux des dunes ogoliennes, le Tchadien a vu la mise en place d'un

réseau hydrographique qui a drainé les interdunes qui par ailleurs correspond au dépôt des tourbes et à l'extension de la forêt dense en Afrique centrale et australe. C'est durant cette période qu'on date la mise en place des Niayes qui correspond à une amélioration des pluies. Toutefois, une Petite Phase Sèche (7 500 à 6 500 ans) autour de 7000 ans BP entraîne le remaniement des dunes rouges avec comme nouvelle orientation NE/SW. Elle s'est traduite par une siccité voisine de l'Actuel et une déflation éolienne.

III-3 Le Nouackchottien ou holocène moyen

Vers 5500 ans BP, on assiste à une nouvelle transgression marine qui envahit les régions littorales déprimées. Comme faits majeurs, on note l'implantation des terrasses sableuses, la création de petits golfes vers 4000 ans : celui de Mboro, Mbaouane, Mbembeuss, Mekhé, Retba ; Youi et l'édification de plages sableuses à *Anadara senilis* (Tangara, 1997). Elle coïncide avec la régularisation du profil de rivage de la côte.

III-4 Le Tafolien (4 200 ans à 2 000 ans BP)

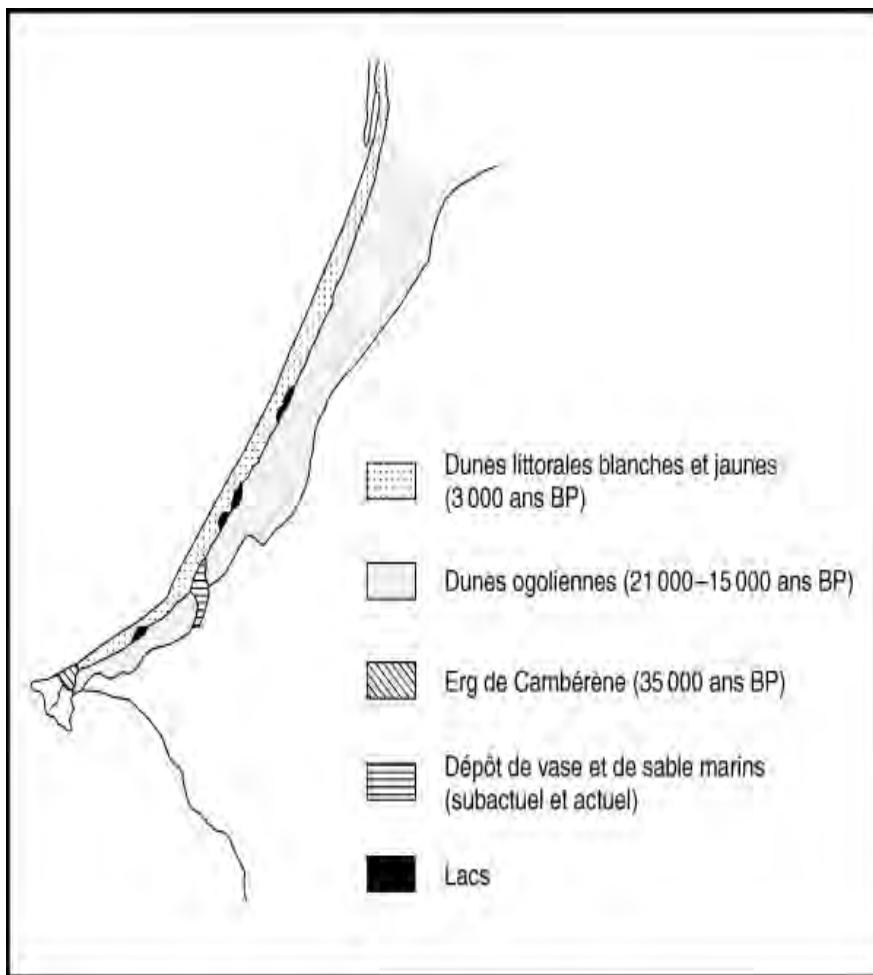
Le Tafolien se traduit par la poursuite de la transgression nouackchotienne dictée par un climat sec. L'importance de la dérive littorale entraîne la sédimentation sableuse ainsi que la formation des dunes jaunes à partir des cordons littoraux (Courel, 1974).

III-4 Le Subactuel et l'Actuel

Ces deux périodes sont caractérisées par un niveau marin qui avoisine le zéro et une alternance de phases sèches et humides. L'Actuel correspond à la formation des dunes blanches littorales qui garde les traits granulométriques et morphologiques hérités du façonnement marin (Sall, 1982).

En effet, ces deux périodes se manifestent par une reprise éolienne qui entraîne l'avancée des dunes et l'envahissement des Niayes. Ces systèmes se constituent en obstacle barrant l'embouchure des marigots côtiers dont celui de Mboro qui débouchait jusqu'au XVIII^{ème} siècle à la mer (Pélissier. P, 1966). Bref, la mise en place des systèmes dunaires sur le littoral de Mboro, a coïncidé avec les épisodes secs du Quaternaire où la détérioration des conditions climatiques a facilité leur édification. Et les phases humides ont permis l'installation des réseaux hydrographiques grâce à la disponibilité de l'eau en quantité suffisante.

Carte 2 : Historique de mise en place des dunes sur la Grande Côte



Source : Fall et al. (2000)

En raison de leur formation récente au Quaternaire, de leur localisation superficielle à l'état de couverture et de leur soumission sans cesse aux agents dynamiques, une analogie peut être faite entre dunes et formations superficielles. Selon Y. Dewolf et P Freytet (2008) considèrent les formations superficielles comme des formations meubles ou secondairement consolidées provenant de l'altération chimique ou biochimique ou de sa désagrégation mécanique de roches préexistantes.

Ces dunes sont la résultante des phases de transgression marine qui a accumulé les sédiments sur les cordons. Vu sous cet angle, on peut considérer les systèmes dunaires comme les témoins des conditions paléoclimatiques, paléogéographique et environnementale, en ce sens elles sont révélatrices de l'historique de l'évolution terrestre.

En sus, les matériaux dunaires subissent lors de leur transport des modifications mécaniques, chimiques et biochimiques liées au vent, à l'eau et à sa salure. Ce qui fait qu'elles sont corrélatives des dynamiques actuelles dans la mesure où ces dunes sont en général meubles ou

faiblement indurées, à l'état d'affleurement ou de subaffleurance et elles sont exposées aux processus bioclimatiques et anthropiques³.

De même se distinguent des formations autochtones en proies aux vicissitudes climatiques des formations dunaires subautochtones qui caractérisent les sédiments, qu'on retrouve par gravité et par ruissellement dans les dépressions : *Ndioukis* et *Niayes*. Et les formations dunaires allochtones qui caractérisent les sédiments qui ont été remobilisées par le vent et/ou par les agents marins et qui ont fini par être déposées sous forme de formations meubles.

A l'échelle de la Grande Côte, Mboro y compris, trois types de dunes se distinguent suivant leur dynamisme des dunes vives blanches, des dunes semi-vives jaunes et les dunes rouges stabilisées. Et suivant leur période de mise en place, on distingue les dunes subactuelles et actuelles datant de 3500 ans des dunes rouges ogoliennes.

³ Cf. M Campy et J Macaire in Géologie des formations superficielles

CHAPITRE II : Les caractéristiques physiques du milieu

I Géologie et relief

Le littoral de Mboro appartient à l'extrême occidentale du Bassin Sédimentaire Sénégalo-Mauritanien (BSSM) qui a connu plusieurs épisodes épirogéniques qui se sont manifestés par des dépôts de sédiments donnant lieu à la mise en place de formations dunaires. Se distinguent une période pré-quaternaire (secondaire et tertiaire) et une période post-quaternaire allant du quaternaire récent à l'Actuel.

A l'Antéquaternaire, la partie occidentale de ce bassin a subi une forte subsidence occasionnant des dépôts marins au Jurassique et au Crétacé quoique non apparentes dans la zone. Le début du Tertiaire est marqué par une sédimentation à dominante chimique et biochimique entraînant le dépôt des sédiments phosphatés. Et au Maestrichtien c'est l'apparition de grés à ciment dans le horst de Thiès. Puis c'est le tour d'une association de calcaire gréseux à la base surmonté de marne qui se dépose au Paléocène inférieur. Toutes les autres périodes qui suivront auront comme formation majeure du calcaire. Contrairement au lutétien supérieur où on assiste à une incursion marine occasionnant des dépôts phosphatés.

Au Quaternaire récent se produit l'édification des dunes dont leur formation est due principalement aux phénomènes de transgression et de régression marine. Il s'agit pour l'essentiel de formations sédimentaires du Quaternaire qui reposent sur des formations antéquaternaires où les séries renferment des nappes aquifères dont la nappe maestrichtienne et celle phréatique (Kane A. et Fall A. N., 2000). C'est aussi l'ère de formation des Niayes. Selon Ngom D., 2007 : « Du bas vers le haut, l'étude lithostratigraphique révèle les dépôts antéquaternaires du Maestrichtien (grés, sable), du Paléocène dont les formations sont caractérisées par des assises carbonatées de calcaire, marne et de marno-calcaires. Auxquels succèdent les formations du Quaternaire (les dunes).

Aujourd'hui, l'histoire géologique de la région demeure encore visible grâce au réseau alluvial, le drainage saisonnier du marigot de Mboro et les dépôts de tourbes dans les Niayes. Le tarissement de la lagune de Mboro devenu grand “Khour de Mboro” témoigne d'une sécheresse climatique.

II Le climat

II-1 Les facteurs généraux

Le mécanisme de la circulation atmosphérique générale est sous l'influence des facteurs géographiques et climatiques. Le climat d'une zone est sous le contrôle des flux qui se déplacent des hautes pressions vers les basses et qui s'expriment au moyen des centres d'actions, des discontinuités et des flux⁴ notamment l'alizé et la mousson.

II-1-1 Les centres d'actions

Au Sénégal, la circulation atmosphérique est commandée par trois centres d'actions.

L'Anticyclone des Açores qui est centré sur l'océan atlantique autour des îles Canaries. Il est dynamique, génère le flux d'alizé maritime mais ne peut donner de pluies.

L'anticyclone de Sainte Hélène, est centré sur l'océan atlantique dans l'hémisphère sud et est de nature dynamique et génère la mousson durant l'hivernage.

L'anticyclone saharien est à la fois d'origine thermique et saisonnier. Et c'est lui qui donne l'harmattan, toutefois il n'existe qu'en hiver boréal car l'été il se transforme en dépression.

II-1-2 Les discontinuités

La discontinuité est une ligne caractérisée par des modifications brutales des propriétés physiques suite à la rencontre de flux d'humidité, de température et d'origine différentes.

La discontinuité d'alizé sépare l'alizé maritime de l'harmattan en deux domaines climatiques. C'est elle qui est à l'origine des différences climatiques notées entre l'océan et le continent. Elle ne peut engendrer de pluies mais favorise la formation nuageuse.

Le Front Intertropical (FIT) : c'est une ligne dépressionnaire qui sépare les alizés de la mousson dont l'humidité est précipitée sous forme de « lignes de grains ». Il est sujet à des variabilités de sa position suivant la saisonnalité et marque le début de l'hivernage.

II-1-3 Les flux

La circulation en surface s'effectue au moyen des flux que sont l'alizé et la mousson.

a) L'alizé maritime

L'alizé maritime est un vent du secteur N à NW qui souffle sur le Sénégal pendant la période sèche de novembre à mai. Il est permanent sur la frange côtière nord sur l'axe Dakar Saint-Louis où s'exerce l'influence océanique. Il est généré par la cellule anticyclonique des Açores qui explique sa constante humidité qui contribue à l'atténuation des rrigueurs de la sécheresse

⁴ Flux : c'est la résultante saisonnière ou annuelle des vents dans une zone ou domaine climatique

du Sahel. Il se caractérise par de faibles amplitudes thermiques et « est inapte à déverser des précipitations car sa structure verticale bloque le développement de formations nuageuses, mais son humidité peut être déposée notamment la nuit, sous forme de rosée.» (Sagna, P.2005). Cet alizé maritime génère le climat sub-canarien caractérisé par sa grande fraicheur. Suivant le gradient O-E, cet alizé de trajectoire océanique adopte de nouvelles caractéristiques suite à la traversée de la D. Al⁵ qui l'approche de l'harmattan, d'où le qualificatif d'**alizé maritime continentalisé**.

b) L'alizé continental

De direction N à NE dominante, l'alizé continental souffle de mars à juin au cœur de la période sèche. Généré par la cellule anticyclonique saharo-libyen, l'harmattan se caractérise par une grande siccité héritée de sa longue traversée continentale. Selon Sagna (1996) : « Il peut être frais ou froid la nuit et chaud à torride le jour », d'où sa grande irrégularité. Outre cette sécheresse, il se caractérise par de grandes amplitudes thermiques et un important pouvoir évaporant. Ce flux d'air sec transporte des lithométéores⁶ qu'on retrouve vers 3000 à 3500 mètres d'altitude. Au voisinage du littoral, l'harmattan s'élève au-dessus de l'alizé maritime entraînant l'assèchement de sa strate supérieure, de même qu'en s'élevant au-dessus de la mousson contribue à l'amenuisement des précipitations. Au franchissement de la D.Al., il s'humidifie grâce à son pouvoir évaporant : on dit qu'il se tropicalise.

c) La mousson

De l'arabe *mausin*⁷, le terme est diversement employé pour désigner une saison, une masse d'air ou selon Pédelaborde (1970) suivant l'enseignement de G. T. Tewartha disait que : « le terme de mousson peut s'appliquer à tout système de vents qui comporte un changement de la direction dominante entre l'hiver et l'été ». C'est un flux originaire de l'hémisphère sud, qui traverse l'équateur géographique et s'intègre dans la circulation de l'hémisphère nord.

Le Sénégal, est intéressé par la mousson atlantique générée par la cellule anticyclonique de Sainte Hélène. C'est un vent particulièrement humide suite à son parcours maritime qui présente d'énormes potentialités pluviométriques. Il se caractérise par une faible amplitude thermique avec des températures plus élevées que celles de l'alizé maritime. Elle pénètre dans le pays au mois d'Avril suivant une direction SE-NE mais n'intéresse la partie Nord qu'au mois de juin. Son fléchissement correspond à la reprise de l'alizé maritime et sa présence sur le territoire est annonciatrice de début d'hivernage et son retrait de fin d'hivernage.

⁵ Discontinuité d'alizé

⁶ Poussières en suspension transportés depuis le désert Sahara

⁷ *Mausin* = saison

II-2 L'analyse des données

II-2-1 Les vents

Le vent se caractérise par sa direction et sa vitesse qui permet de déterminer ses caractéristiques. L'année éolienne suivant la direction des vents est liée à la saisonnalité qui opère un changement des directions et permet de distinguer les phases suivantes.

De Novembre à Mars dominent les quadrants Nord, Est et NE avec une prédominance de la direction Est en novembre et en Décembre. Pour les mois de Février à Mars ce sont les quadrants NE à N qui dominent. Cela est lié à la reprise de l'alizé continental suite à la période pluvieuse et de l'alizé maritime dont la domination se fait nette à partir des mois d'Avril à Mai avec la direction NO du fait du renforcement de l'alizé maritime. De Juin à Juillet dominent les directions O et NO du fait de l'implication de la mousson qui vient s'ajouter à l'alizé maritime permanent sur la côte. Aux mois d'Août et Septembre, les vents adoptent la trajectoire S0, S et SE avec une large domination de la direction Sud en Septembre. Ce changement de direction est lié à l'installation et au renforcement de la mousson durant la période hivernale. Tandis que le mois d'Octobre se particularise par l'absence d'une direction définie. Etat de fait qui est à lier avec la position de transition du mois d'Octobre qui se situe entre la sortie de l'hivernage et l'entrée dans la phase sèche où toutes les directions des vents y figurent à l'exception des quadrants S et NE

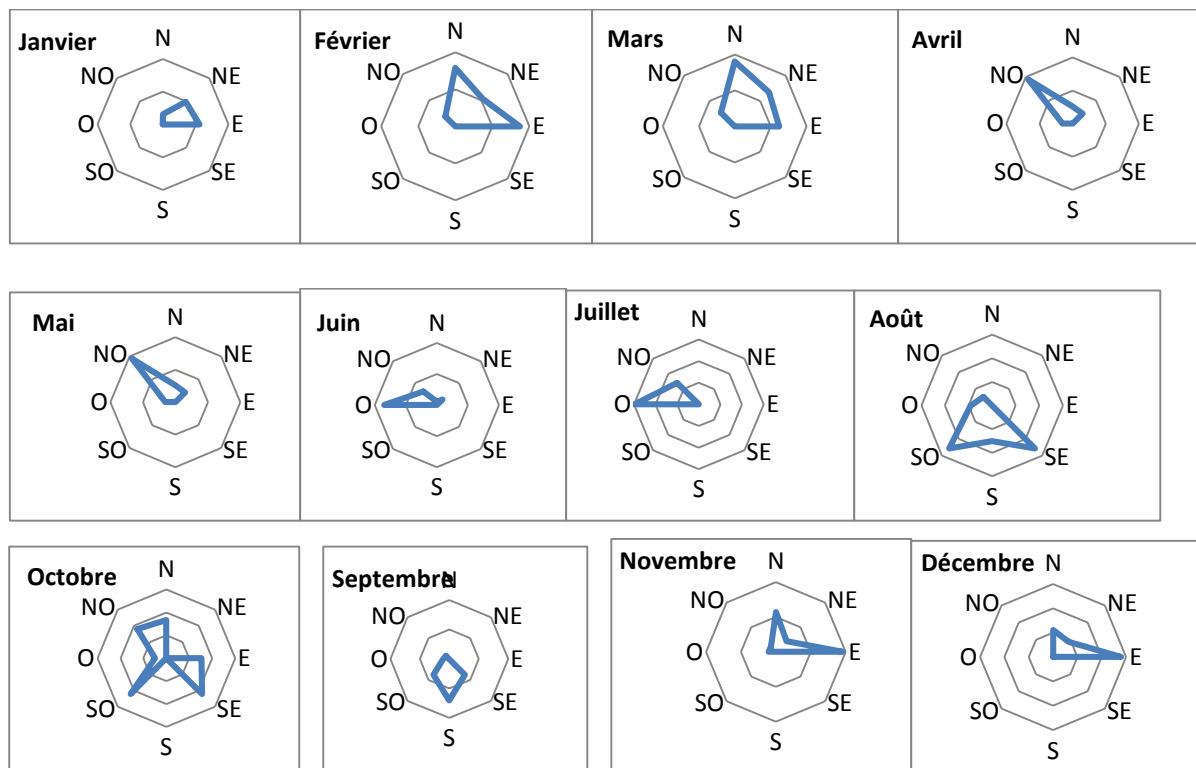


Figure 3 : Direction dominantes des vents de 1982-2012 (Station de Louga)

Dans leur dynamique, ces vents sont déterminés en plus de leurs directions, par leurs vitesses.

Tableau 1 : Vitesse moyenne des vents 1981-2010

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse	5,0	5,1	5,3	5,4	4,8	3,8	3,5	3,2	3	3,4	4,4	5
%	9,6	9,8	10,2	10,4	9,2	7,3	6,7	6,2	5,8	6,6	8,5	9,6

Une distinction peut être faite entre vents faibles qui ont une vitesse inférieure à 4,1 m/seconde et des vents forts qui dépassent ce seuil morphogénétique. Les vents forts supérieurs à 4,1 m/seconde suivant l'enseignement de Tangara (1996) sont présents sur le littoral pour 67,4% comparées aux vents faibles qui ont une occurrence de 32,6%. Ces vents forts sont responsables de la remobilisation des systèmes dunaires pendant la période sèche. Les autres mois qui correspondent au fléchissement de leurs vitesses sont à corrélérer avec l'installation de l'hivernage, son retrait progressif, à la présence de la mousson.

Selon Joly, F. (1997) : « le vent est un agent géodynamique les plus répandus» ; de ce fait, il intervient comme facteur principal dans la remobilisation des dunes. Mais son efficacité est sous l'étroite dépendance de sa direction, de sa vitesse, de sa fréquence et de sa turbulence. Un vent est dit efficace lorsque sa vitesse est supérieure au seuil critique (4,1m/s) à partir duquel le soulèvement des particules du sol et leur transport deviennent possibles. Il s'agit d'un vent capable d'exercer une force suffisante pour transporter et déposer les éléments déblayés. Il doit dans ce contexte être animé d'une célérité optimale et d'une certaine turbulence. Mais nécessite dans son action la disponibilité d'un manteau sableux.

II-2 Précipitations

L'observation de la figure ci-dessous montre une période pluvieuse qui s'étire sur quatre mois (juin, juillet, août, septembre) et une longue période sèche qui va d'octobre à mai sur 8 mois. D'ailleurs la plupart du temps la période hivernale ne porte que sur trois (juillet, août, septembre). Donc le mois de juin peut être considéré ici comme l'expression d'un début précoce. De la même manière on peut avoir des arrêts tardifs au mois d'octobre.

Sur le littoral de Mbôro, les précipitations interviennent en période pluvieuse comme l'illustre l'histogramme ci-dessous. En effet, la figure montre un régime pluviométrique unimodal dont le maximum intervient en Août durant la période pluvieuse, suivie d'une longue saison sèche.

Et que ces précipitations proviennent : « Dans ce domaine côtier, [pour] l'essentiel (...) soit des invasions d'air polaire, soit des remontées de la mousson en été ». Ces « intrusions d'air polaire », correspondent aux pluies de Heug⁸ qui ont une grande occurrence sur le littoral avec des pluies de généralement faibles à l'exception de décembre 1995 avec 18,8 mm et en janvier 2002 où en trois jours 60,3 mm furent déversées occasionnant la perte de bétail et une dégradation des produits maraîchers. La troisième origine des précipitations est liée aux précipitations orageuses générées par les lignes de grains de direction SE-NW.

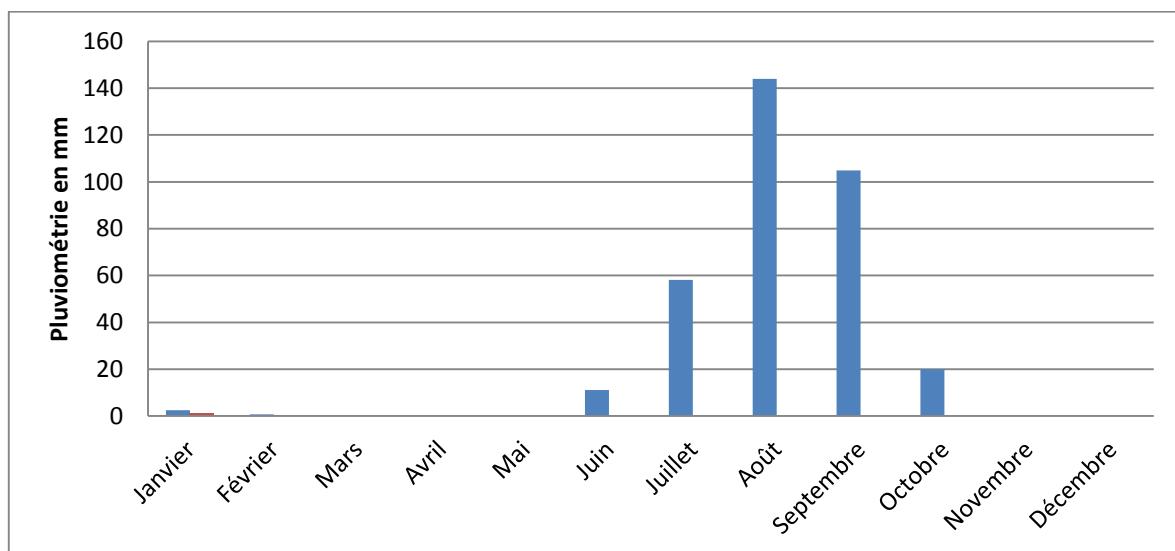


Figure 4 : Evolution de la pluviométrie au cours de l'année (2010)

Dans le même sillage, l'évolution de la pluviométrie dans le temps retrace une forte variabilité. Laquelle laisse observer des années de fortes pluviométries qui alternent avec des années de pluviométries moyennes voire faibles. Mais Août demeure le mois le plus arrosé dans 70% des cas, suivi de Septembre (26,7%). La prédominance du mois d'Août est liée à l'installation de la mousson sur le territoire qui coïncide à son grossissement maximal. D'où le lien étroit qui existe entre la présence de la mousson et le total pluviométrique.

Les années les plus pluvieuses durant ces trente dernières années ont été 1989 et 2005 pour lesquelles le seuil de 500 mm de pluies a été dépassé. Et les pluviométries les plus faibles concernent les années 1983-1984, 1991 et 1997. En somme, l'évolution de la pluviométrie se caractérise par une grande irrégularité faisant alterner des crêtes et des creux, typique d des

⁸ Cf. Infra.p

pays du Sahel⁹. Mais en procédant à une comparaison des pluies par décennie, on s'aperçoit que la tendance est à un retour de la pluviométrie à la normale qui est passée de 3232 mm de 1991 à 2000 à 3912 mm durant la décennie 2001 à 2010, soit une augmentation de 680,1 mm.

Une tentative de corrélation entre hauteurs et nombre de jours de pluies montre que les années les pluies pluvieuses correspondent à celles où les pluies ont été le plus étalées dans le temps : 1989 avec 553,4 mm, 2000 avec 460,2 mm et 2005 avec 534,8 mm reçues qui est respectivement de 39 jours pour les deux premières années et de 35 jours pour 2005. Mais des exceptions subsistent notamment en 1981 qui malgré ses 54 jours de pluies, le total pluviométrique est de 351,5mm. D'où la limite de cette relation dialectique. Ce qui permet d'avancer que l'étalement de l'hivernage favorise les précipitations mais n'est pas synonyme de bonne pluviométrie qui dépend surtout des intensités précipitées.

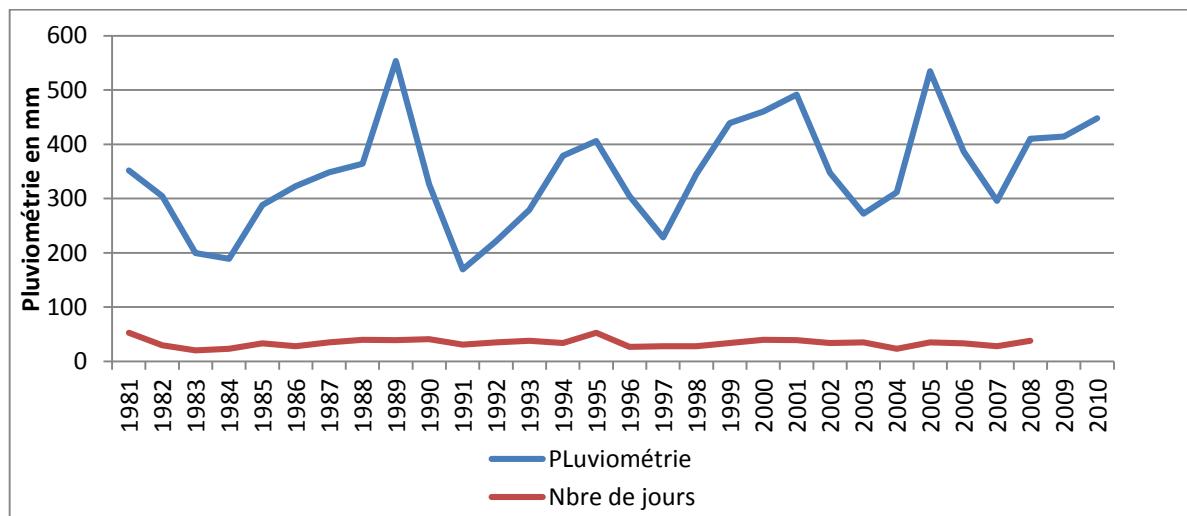


Figure 5 : Relation entre évolution de la pluviométrie et nombre de jours de pluie

L'analyse de l'histogramme montre que le continent est plus arrosé que le littoral du fait de la présence de la discontinuité d'alizé. En effet, arrivé au contact de cette discontinuité, l'air en provenance du continent plus sec chevauche celui du littoral humide et exerce une contrainte qui s'oppose à ses possibilités de pluviogenèse par l'évaporation importante induite.

⁹ Le Sahel est une bande de 200 à 500 km de large mais de 5 500 km de long qui s'étire de l'embouchure du fleuve Sénégal à la Djezireh soudanaise sur le haut Nil en passant par le Tchad. (P121-124). Cf. les milieux naturels difficiles

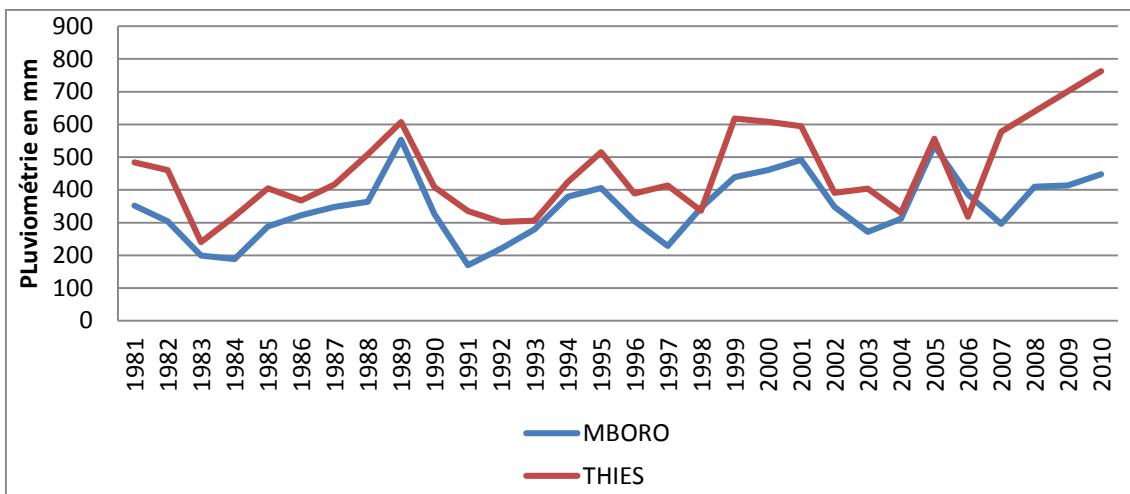


Figure 6 : Evolution des précipitations : Thiès et Mboro

Pour déterminer les années déficitaires des celles excédentaires en fonction de la normale (336,19 mm), nous avons appliqué la formule de l'écart à la normale suivante :

$$\text{Ecart E : } P(\text{Année}) - N$$

L'analyse de la figure montre une légère domination des années excédentaires sur celles déficitaires. Ce qui traduit la variabilité des pluies. Cet état de fait est à corrélérer avec le comportement de la pluviométrie dans le Sahel, notamment dans ce tiers ouest du littoral sénégalais où les conditions géographiques et climatiques la rendent aléatoire.

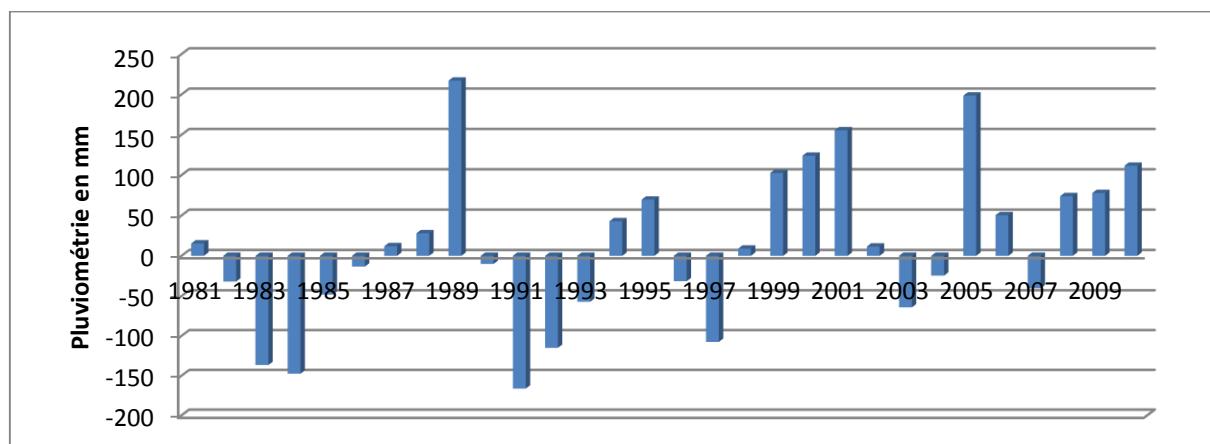


Figure 7 : Variabilité de la pluviométrie par rapport à la normale (1981-2010)

Les précipitations assurent une action morphogénétique dans la fixation des dunes, tout en assurant la recharge des nappes phréatiques, le développement d'un tapis végétal qui freine l'avancée des dunes grâce à l'humidification des sols. Ce qui explique d'ailleurs que : « l'avancée soit nulle durant cette période » (Sall, 1971). En effet, l'humidité du sol permet d'agglomérer les grains de sables en leur conférant une certaine cohésion qui fait qu'ils ne sont

plus libres pour être soumis à la déflation. Mais dans ce Sahel africain, le concours des épisodes de sécheresses des années 1970-1973, de 1983-1984 compromettent sérieusement leur efficacité. Ces différentes phases de sécheresse se sont illustrées comme de véritables thalwegs sur le réseau pluviométrique, notamment celle des années 1970-1973 qui a vu « les déficits pluviométriques, la variabilité spatiale et temporelle des pluies, la contraction de la saison des pluies, cumulés leurs effets à ceux de la sécheresse chronique, pour créer les conditions d'une véritable crise climatique » (Demangeot. J, 1990).

II-3 Les températures

L'évolution de la température est sous l'étroite dépendance de l'insolation commandée par l'énergie incidente en provenance du soleil qui dépend de la position du Sénégal dans la zone tropicale. L'observation de la figure ci-dessous donne un régime thermique dont le maximum intervient en Octobre pour une température moyenne maximale de 28,1° C. Et le minimum est enregistré au Février avec 21,5° C pour une température moyenne de 24,8° C. D'où le régime thermique bimodal. De faibles amplitudes thermiques caractérisent les Max et les Min dont les écarts sont tous inférieures 8° C. D'où la relative fraîcheur des températures au voisinage de la côte. En effet la relative modération des températures ainsi que le décalage des mois les plus chauds par rapport au reste du pays s'explique par le rôle de pondération et de régulateur thermique que joue l'océan qui contribue à la chute des températures par l'humidité relative induite.

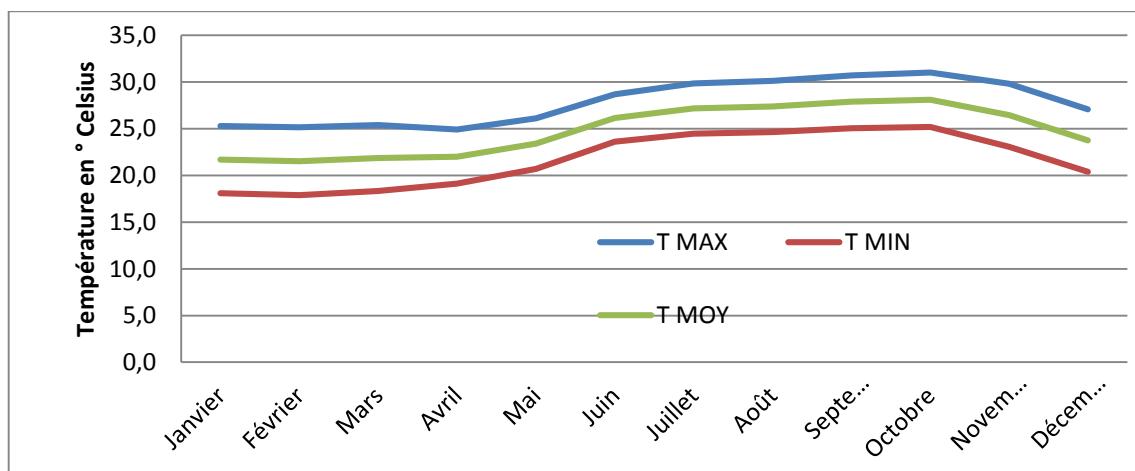


Figure 8 : Evolution de la température annuelle 1981-2010

Ceci est d'ailleurs attestée par Sagna (1997) qui avance que : « La Grande Côte constitue la partie la plus fraîche du pays en raison de la quasi-permanence de l'alizé maritime ». Tandis

que P. Barreto avance que ces températures relativement basses sont inférieures de 6 à 7 ° à ce qu'elles devaient être. Etat de fait que l'auteur lie au rôle thermorégulateur de l'océan, et à la présence du courant froid des canaries qui longe la côte Nord.

Tableau 2 : Récapitulatif des données de températures de la station Dakar Yoff

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T Max	25,3	25,2	25,4	24,9	26,1	28,7	29,8	30,1	30,7	31,0	29,8	27,1
T min	18,1	17,9	18,3	19,1	20,7	23,6	24,5	24,6	25,0	25,2	23,0	20,4
Moyenne	21,7	21,5	21,9	22,0	23,4	26,1	27,2	27,4	27,9	28,1	26,4	23,7
Amplitude	7,2	7,3	7,0	5,8	5,4	5,1	5,4	5,5	5,7	5,8	6,8	6,7

L'analyse de l'évolution de la courbe des températures sur la période 1981-2010 montre une allure en dents de scie marquée par des phases de « canicules » et de fortes baisses. Parmi les périodes les plus chaudes, on peut citer les années 1998, 2001, 2005, 2008 et 2010. Cette augmentation des températures durant la décennie 2000-2010 s'explique par les changements climatiques intervenus dans le Monde. Tandis que les années les plus fraîches concernent respectivement 1982, 1985 et 1989 etc.

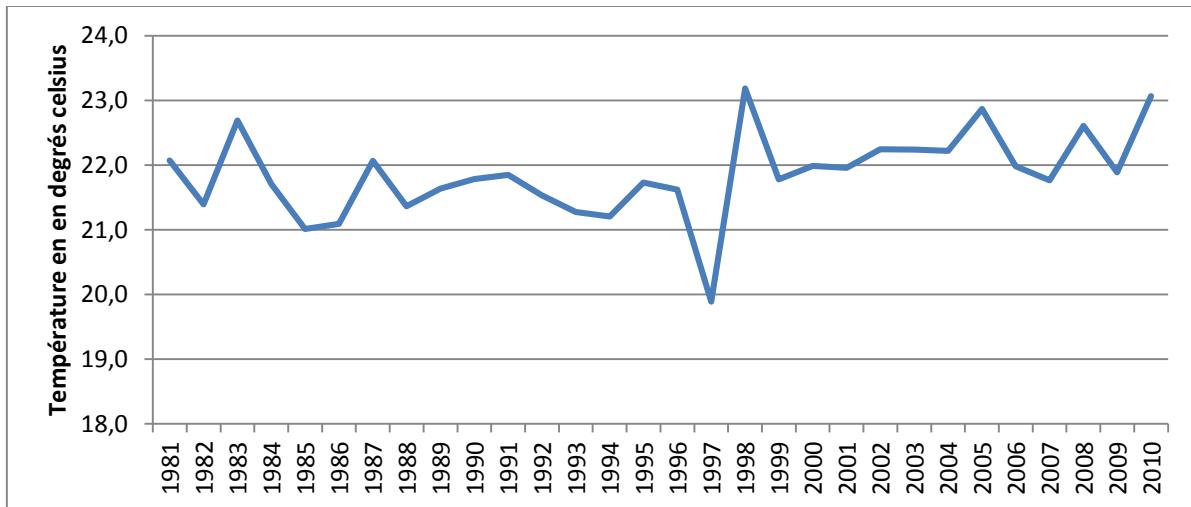


Figure 9 : Evolution de la température sur la période 1980-2010 (Dakar-Yoff)

En somme, Mboro bénéficie d'un climat caractérisé par de faibles amplitudes thermiques typique du climat sub canarien et une certaine douceur favorable aux cultures maraîchères. N'empêche ces températures exercent une des actions morphogénétiques les plus décisives sur les dunes, d'ailleurs attesté par Dieng D. (1997) qui avance que l'efficience du vent croît avec les conditions favorables que créent les températures. Parmi lesquelles on peut citer l'assèchement des particules cohésives, l'évaporation, l'évapotranspiration à laquelle sont soumises les plantes saisonnières à la fin de l'hivernage qui se conjuguent pour donner libre

cours à l'érosion éolienne. De même que suivant le jeu de chaleur et de fraîcheur, à l'échelle de la journée ou des saisons, les variations climatiques agissent sur les matériaux par thermoclastie. Comme impact, elles entraînent l'assèchement du substrat sableux, nécessaire à la remobilisation des particules sableuses.

II-4 L'humidité relative

A l'échelle de la Grande Côte, l'humidité provient pour l'essentiel de l'évaporation marine importante à Mboro eu égard à sa position littorale et à la transpiration des plantes. Comme disait J. Olatani : « Il y'a toujours une certaine quantité de vapeur dans l'air, elle provient tant de l'évaporation des mers et des lacs que de la transpiration des plantes. »¹⁰. C'est l'un des paramètres les plus influençables d'autant plus si elle concerne des régions voisines de plans d'eaux. Ce qui a comme effet induit d'impacter considérablement sur les températures partant bouleverser le pouvoir évaporant par la création d'un micro climat local.

Pour apprécier l'évolution de l'humidité, analysons la figure suivante.

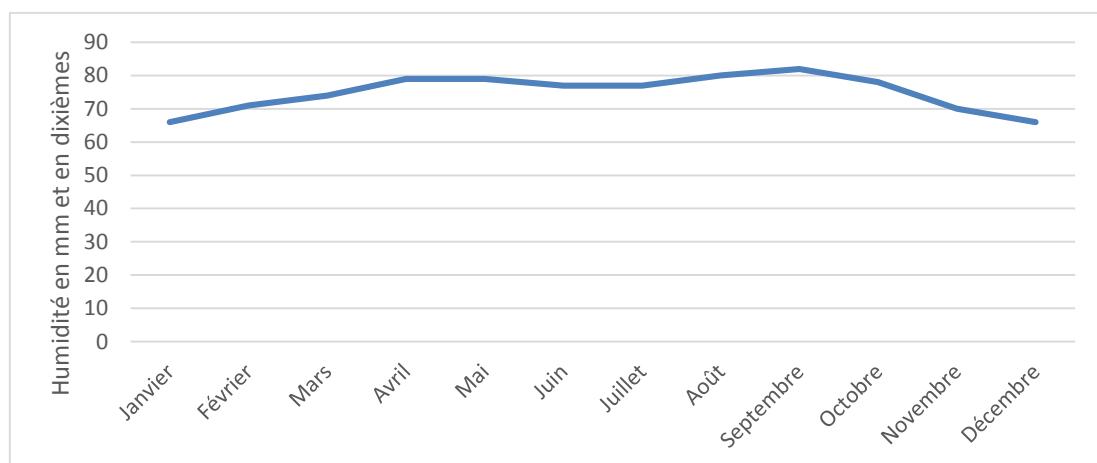


Figure 10 : Evolution de l'humidité moyenne mensuelle (1981-2010)

L'humidité atteint son pic durant les mois d'Août et Septembre où elle dépasse le seuil de 80%. Et elle est d'autant plus faible durant la période pluvieuse quoique sa valeur soit supérieure à 65%. D'où la relative constance de l'humidité qui est toujours élevée sur le littoral. Et que cette humidité est due pour l'essentiel à l'importance de l'évaporation sur le milieu marin combinée à l'apport de l'humidité atmosphérique durant la période pluvieuse.

¹⁰ In Météorologie : connaître et prévoir le temps, p 13

L'observation de la seconde figure montre une relative constance dans l'évolution de l'humidité dans le temps dont sinuosités observables sur la figure ne sont dues qu' à la variabilité des autres paramètres notamment la pluie, la température et l'insolation.

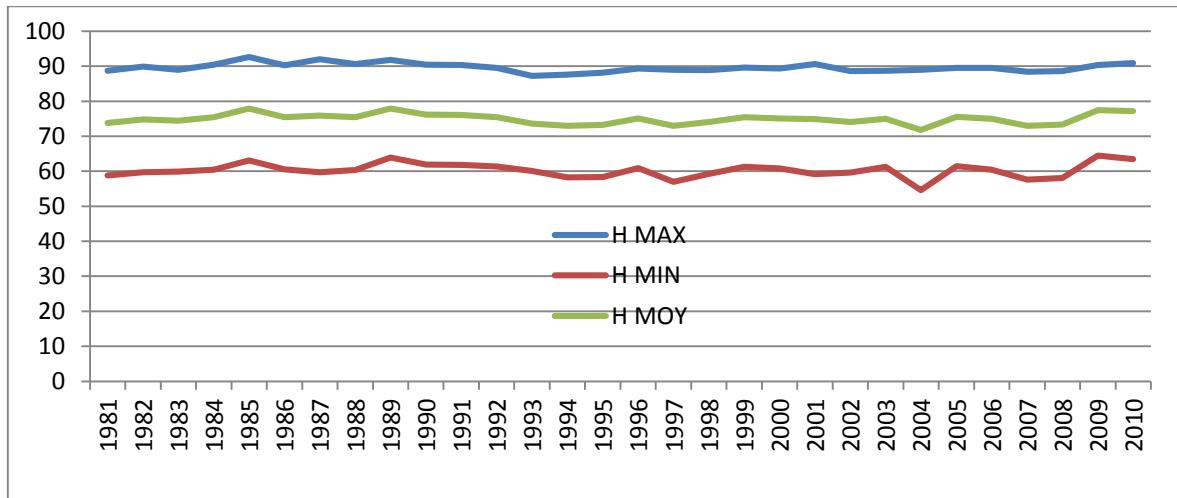


Figure 11 : Evolution de l'humidité relative dans le temps

En somme l'humidité relative assure un rôle morphogénétique sur les sables par le fait qu'il contribue à adoucir les températures tout en favorisant la maturation des cultures maraîchères.

II-5 L'insolation

L'insolation détermine le pouvoir évaporant d'une zone qui dépend de l'angle d'incidence du soleil, de la zone géographique concernée, de l'humidité atmosphérique et des saisons. Dans la zone tropicale, les rayons tapent à la verticale, ce qui est synonyme d'importance du rayonnement, donc de chaleur qui contribue à l'assèchement de l'horizon supérieur des sables. La courbe d'évolution de l'insolation se caractérise par des fluctuations dont la maximale intervient en Mars pendant que les mois de Mai à Septembre se caractérisent par une relative faiblesse avec des minima enregistrés aux mois de Mai et d'Août.

L'importance de l'insolation à Mars fait suite aux mois de Novembre à Février où les températures sont les plus basses et le ciel généralement nuageux lié à l'importance de l'évaporation sur l'océan. C'est aussi durant cette période qu'on a les plus probabilités d'occurrence de la rosée des pluies de *Heug*.

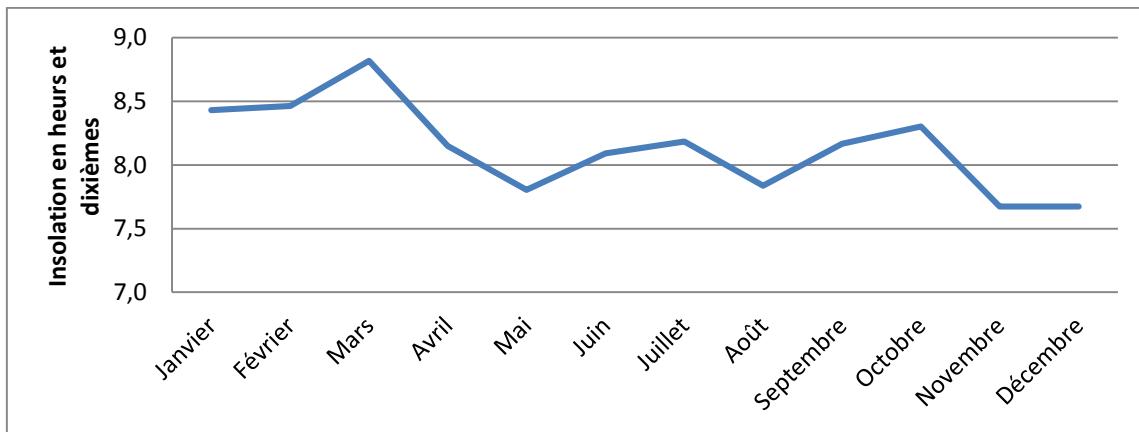


Figure 12: Evolution de l'insolation moyenne mensuelle

La relative faiblesse de l'insolation durant la période hivernale –la plus chaude- s'explique par le rôle thermorégulateur de l'océan qui impacte sur les hausses de températures par l'évaporation induite. En effet grâce au pouvoir évaporant, l'atmosphère chargée d'humidité crée les conditions idoines au développement de couches nuageuses qui forment un blocus en réexpédiant une grande quantité d'énergie incidente vers les couches supérieures de l'atmosphère. Ce qui empêche une grande part des rayons solaires d'atteindre le sol. L'albédo des eaux marines eu égard à leur nature explique aussi la faiblesse de l'insolation. C'est pourquoi durant cette période ne domine que les phénomènes d'érosion hydrique car les conditions de déclenchement de l'érosion éolienne sont sapées par la poussée végétative, l'importance de l'humidité atmosphérique, la formation de la croûte de battance, la présence de l'eau et l'humectation du sol.

II-6 Evaporation

L'évaporation d'un milieu est tributaire des conditions climatiques perceptibles à travers l'importance de la température, du déficit hygrométrique de l'atmosphère suivant la saisonnalité. L'évaporation s'apprécie comme le passage de l'état liquide à l'état gazeux au moyen de processus physiques ou biologiques –évapotranspiration-. Elle est sous la dépendance des facteurs géographiques : latitude, nature du milieu, présence ou absence de végétation ou d'un plan d'eau. L'évolution de la courbe de l'évaporation est sous la domination des mois de Novembre à Mai avec le pic atteint au mois de Mars avec une valeur supérieure à 400 en réponse au déficit hygrométrique de l'atmosphère en eau. Tandis que les mois les plus bas niveaux d'évaporation vont de Juin à Octobre avec une valeur inférieure à 100 par le mois de Septembre liée à la saturation progressive de l'atmosphère en eau suite aux pluies du mois d'Août.

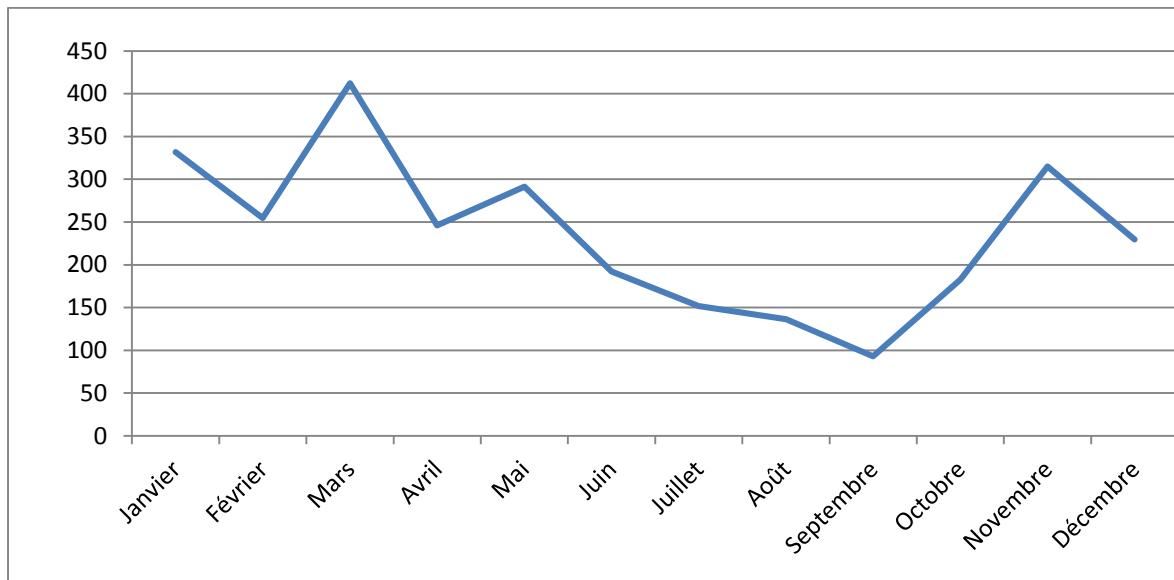


Figure 13: Evaporation : cumul total mensuel en mm et en dixièmes

Ce qui explique d'ailleurs que les plus faibles niveaux d'évaporation correspondent à la période pluvieuse (Juillet à Septembre) à la suite des premières manifestations de formations nuageuses. En revanche durant la période sèche, l'évaporation s'accroît car le déficit hygrométrique de l'atmosphère est à son paroxysme, d'où les ponctions importantes. Mais l'océan impacte sur l'évaporation par l'apport de l'humidité au voisinage de la côte. Cette évaporation entraîne un assèchement du matériel sableux, nécessaire à la remobilisation des ensembles dunaires.

III Les Ressources en eau

Mboro recèle d'importantes ressources hydrauliques liées à son histoire géologique. Pour les conditions hydrographiques, on note une absence d'écoulement fluviatile ou lacustre, exception faite du Lac Tanma. Mais demeure in situ les vestiges d'un réseau hydrographique à l'état de relique dans la Vallée de Mboro, Sao, Diogo ainsi que les marigots de Khondio (situé à 2km de Mboro village), celui de Taloundé près de Diogo, Dieuk Diar, qui sont des exemples illustratifs (Fall, S. 1986). Mboro bénéficie d'un important réseau hydrographique constitué principalement par trois nappes souterraines.

III-1 Les eaux souterraines

- La nappe Maestrichtienne

Il s'agit d'une nappe captive, de profondeur variable du Nord au Sud entre 200 et 500 m. Son eau devient impropre à la consommation à Léona du fait de sa contamination par les résidus secs, mais reste de bonne qualité dans le secteur Tanma-Taïba. Son niveau baisse du fait de

l'importance du pompage des ICS. Elle constitue une importante réserve dans les nappes du Maestrichtien, situées en dessous des aquifères du Continental Terminal (R.S.I., 1982).

- La nappe du Paléocène

Ses eaux sont emmagasinées dans les structures de calcaire, de marnes et de grès. Ces réserves sont importantes mais sa qualité se détériore par une contamination des résidus secs.

- La nappe des sables dunaires

La nappe phréatique des sables dunaires littoraux longe l'Atlantique Nord de Kayar à Saint Louis et repose sur un substrat marneux ou marno-calcaire d'âge Eocène. Elle est réalimentée par les apports pluvieux et ces eaux affleurent au niveau des *Céanes*¹¹. Sa profondeur s'accroît à mesure que l'on s'éloigne de la côte. S'y observe depuis des décennies un phénomène de salure suite à l'intrusion du biseau salé¹² favorisée par le pompage des ICS de Taïba, du croît des forages passé à trois (à Mbaye-Mbaye, cité ICS et Verger de Serigne Mansour Sy). Sur les bras de mers transformées en Niayes, on peut avoir des eaux saumâtres.

III-2 Les eaux de surface

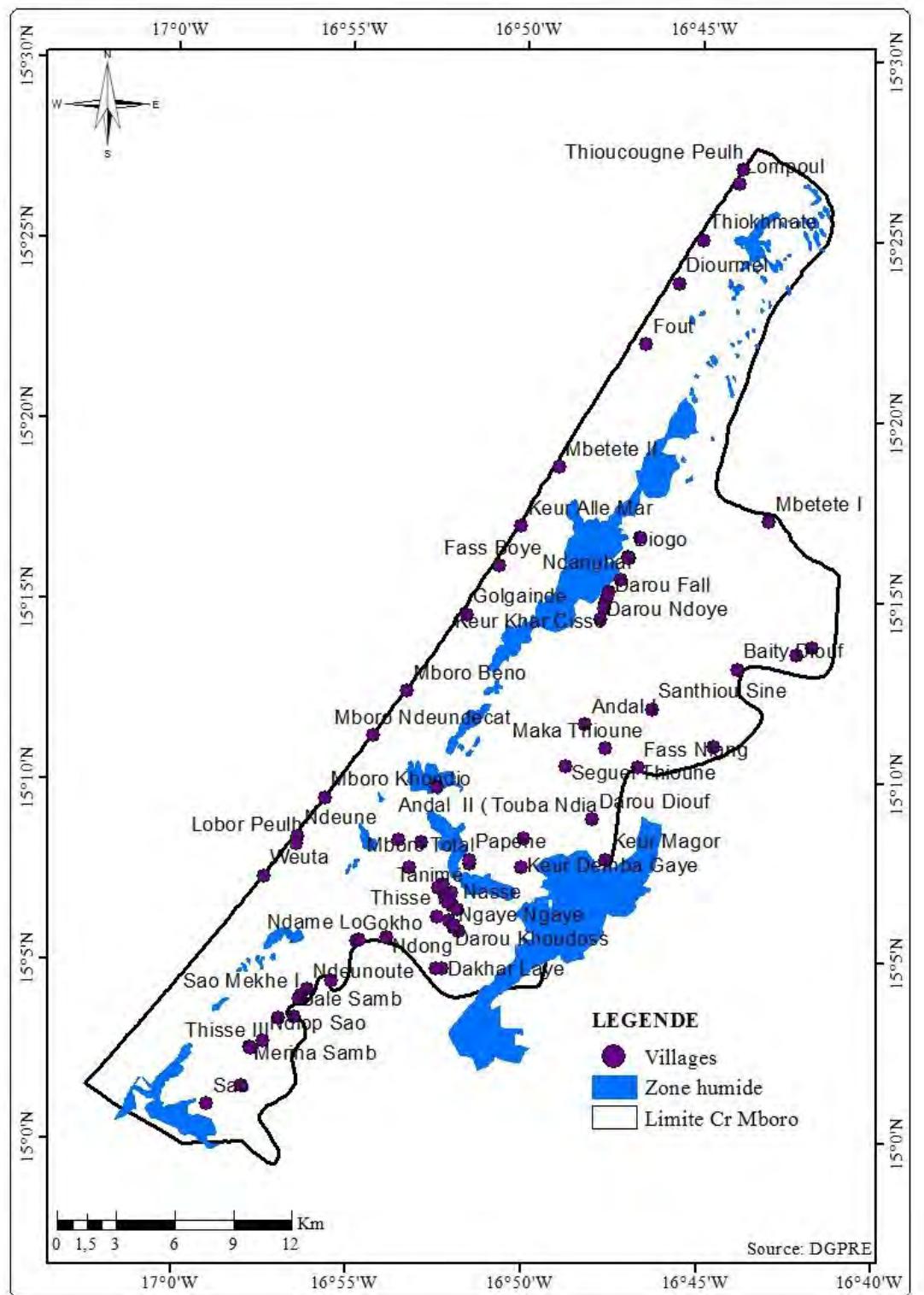
Pour ce qui concerne les eaux de surface, il existait autrefois dans cette zone des cours d'eaux permanents à l'image du lac de Mboro qui a évolué pour donner une lagune qui avec l'évolution régressive des précipitations a tarie pour donner des cuvettes maraîchères. Mais aussi des cours d'eaux temporaires dont la durée de vie est intrinsèquement liée aux fluctuations de la nappe et des recharges saisonnières par les pluies.

La carte ci-dessus est révélatrice d'une zone de cuvettes qui servent de réceptacles naturels des eaux de pluies. Mais la présence de l'eau est surtout le fait de l'affleurance de la nappe dans les cuvettes des Niayes. Ce qui fait que les eaux de surface proviennent pour l'essentiel des nappes souterraines, des eaux de surface et des eaux pluviales. Mais les ponctions importantes de volumes d'eaux, la variabilité des précipitations et du nombre de jours de pluies rendent improbable toute réalimentation de la nappe. Ce qui favorise l'introduction du biseau salé entraînant l'abandon de certaines surfaces exploitées.

¹¹ Zones dépressionnaires où la nappe demeure affleurante, la plupart aménagé à des fins d'arrosage

¹² Biseau salé : c'est la zone d'interface eau douce et eau salée.

Carte 3 : Distribution eaux de surface à l'échelle de Mboro



IV Les Types de sols

A l'image de la Grande caractérisée par une zonation pédologique, la typologie et la distribution des sols sur le littoral de Mboro est fonction des unités morphogénétiques.

IV-1-1 Les sols bruts d'apports éoliens et d'érosion des dunes littorales

Il s'agit de sols minéraux bruts apportés par le vent et peu évolués. Dans l'échelle géologique, ils sont très jeunes et se caractérisent par une grande pauvreté organique. Ils sont sableux à plus de 95% d'où leur grande porosité qui explique leur faible capacité de rétention d'eau eu égard à leur grande perméabilité. Ces sols sont constitués d'éléments non cohésifs, d'où leur vulnérabilité à la déflation éolienne. Ces derniers ont une origine marine et éolienne [et], ils se caractérisent par une faiblesse voire une nudité végétative (ADM, 2003). On retrouve ces sols minéraux bruts sur les dunes littorales à Fass Boye, à Keur Alfe Mar, à Mboro Bono, Golgaïndé etc. Mais pendant que les sols des dunes blanches sont uniquement éoliens, ceux des dunes jaunes sont à la fois éoliens et d'érosion mais leurs caractéristiques restent identiques. Les rares apports de matière organique proviennent des feuilles de filaos qui en s'accumulant donnent un humus riche. Dans l'ensemble il s'agit de sols jeunes non climatiques, sableux, perméables, pauvres en minéraux et facilement mobilisables par le vent.

IV-1-2 Les sols hydromorphes¹³ ou « Decks »¹⁴

Il s'agit de sols riches en matière organique et en humus qui occupent les dépressions interdunaires, vestiges du réseau hydrographique constitué des vallées alluviales sur une proportion de 10% (A., Diop, 2006). C'est le cas des sols des *Niayes* qu'on retrouve sur le grand Khour de Mboro, derrière la station agricole, à Mboro Total, vers le sud et le nord avec respectivement Gokho, Sao et Diogo. Leur richesse pédologique est liée à l'importance de la fraction de matières fines ainsi que du degré d'hydromorphie. Ce dernier en générant un engorgement partiel ou total, temporaire ou permanent, [demeure] l'élément fondamental de diversification pédologique des sols. Et selon S., P., Barreto (1953) : « les causes de l'hydromorphie sont multiples et liées à l'eau, dont l'agent causal du phénomène a plusieurs origines : pluies, inondation, niveau hydrostatique temporaire ». Ainsi sur la base de l'enseignement de M Ngom (2007), on distingue les sols hydromorphes suivants :

¹³ Ce vocable regroupe les sols qui ont été transformés suite à une longue exondation

¹⁴ Appellation des sols hydromorphes selon la terminologie locale

- Les sols à hydromorphie partielle :

On les retrouve sur les pentes douces des cuvettes, sur les sommets et/ou sur les mares. Ces sols Deck-dior sont constitués d'un horizon sableux de surface et d'un horizon interne humifère, peu riche, en faible capacité de rétention d'eau et une faible teneur en matière organique (J., M., Chastel, 1982 cité par M Ngom). Ils sont soit gris brun soit brun foncés.

- Les sols à hydromorphie totale

Les sols vacillent entre une hydromorphie temporaire en période pluvieuse et de la fluctuation entre la nappe superficielle et celle profonde. Les matériaux sont de richesse moindre en matière organique. Des phénomènes de salure s'y observent en période sèche liée à l'importance de l'insolation et de l'évaporation favorisant le développement des plantes halophytes.

- Les sols Tourbeux à pseudo-Gley ou constamment immersés

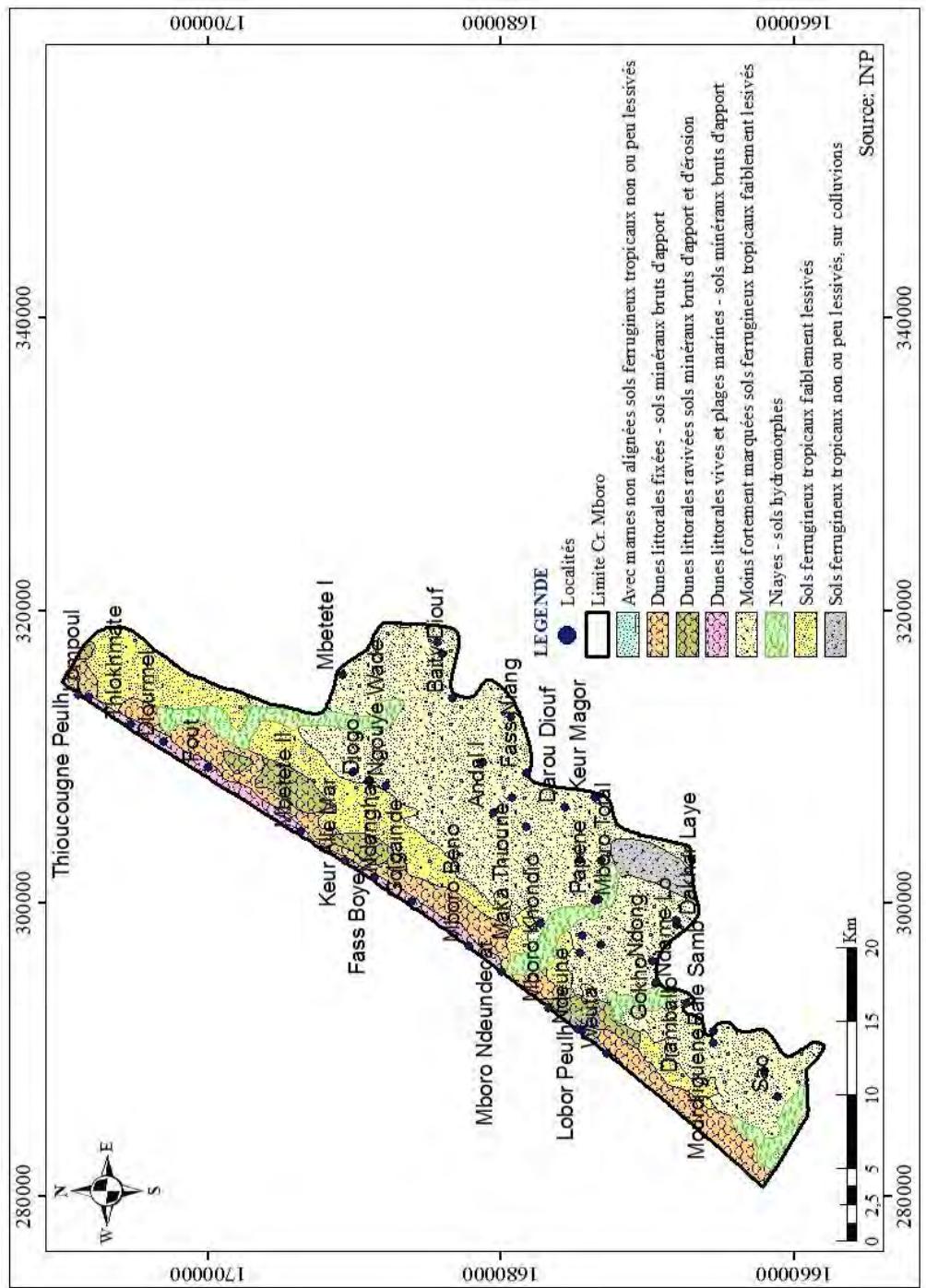
C'est la gamme des sols tourbeux qui se sont formés suite à une turbidification liée aux conditions asphyxiantes et réductrices du milieu. Ils sont localisés dans les bas-fonds des *Niayes* et très riches en matière organique. Avec la variabilité pluviométrique, ces sols ne sont inondés qu'une seule partie de l'année. Ces sols tourbeux liés aux éléments fins, la faible profondeur de la nappe et leurs propriétés organiques sont très favorables aux cultures maraîchères. Pour ces sols l'arrosage n'est pas nécessaire.

IV-1- 3 Les sols halomorphes

On les retrouve à l'estran et dans les *Niayes*. Il s'agit de sols salés lié à la présence des sels sodiques (chlorure et sulfate) qui peut être d'origine géologique ou marine. Sur les cuvettes maraîchères, cette halomorphie est le résultat d'une communication périodique de la vallée morte de Mboro avec la mer et/ou de la remontée capillaire des sels de la nappe sous-jacente à la nappe douce. Leur présence se manifeste par l'apparition d'efflorescences salines blanchâtres ou grisâtres et par une végétation d'halophytes.

IV-1-4 –Les sols ferrugineux tropicaux non lessivés

C'est la famille des sols « Dior » des dunes rouges répandus à Khondio, à Fass Niang, à Gouye Wade et à Mboro Ndeudeucatt. Ils sont sableux, de couleur rouge dû à la rubéfaction des sesquioxydes de fer et occupent environ 80% des surfaces (ADM, 2003). Il s'agit de sols ferrugineux tropicaux non lessivés marquée par l'individualisation du fer. Aujourd'hui ces sols constituent l'aire des habitations et celles des champs destinés aux cultures pluvieuses. Il s'agit de sols fixés, n'empêche de remaniements locaux peuvent subsister.



V Végétation

La végétation naturelle, en dehors de la plantation de filaos « œuvre de l'homme dans sa tentative de lutte contre l'avancée des dunes » est constituée d'espèces sahéliennes, soudaniennes voire guinéennes. Leur distribution est fonction des systèmes dunaires ainsi que l'adaptation aux conditions pédologiques et climatiques.

V-1 La végétation des dunes blanches

Abstraction faite de la bande de filaos (200 à 300 m), les dunes blanches sont porteuses d'une végétation éparses voire squelettique. Les espèces herbacées y prédominent et constituées par *Cenchrus biflorus* (cram-cram), *Opuntia tuna* (cactus), *Ipoméa prescaprea*, *Leptadenia hastata*, *Chrysobalanus orbicularis* et des *Parinari macrophylla*. Ici la tendance qui se dégage est une association d'espèces locales et des espèces introduites : filaos et d'*Eucalyptus*. Sa faiblesse peut s'expliquer par la présence des embruns marins et son substrat perméable qui fait que les espèces les mieux adaptées à ce substrat sableux et aux sels sont soit des psammophytes ou soit des halophytes (Diaw A.T., 1980).

V-2 La végétation des dunes jaunes

Sur ces dunes jaunes semi fixés, y pousse une végétation quoique plus abondante mais jamais pérenne, de même qu'elle a une composition floristique plus riche que celle des dunes blanches. Selon Diop A. (1999) : « les espèces dominantes sont *Maytenus senegalensis* [Ndori], *Acacia albida*, *Cenchrus buflorus*, *Anacardium* et quelques peuplements de *Parinari macrophylla* ». Mais contrairement à lui, le *Parinari macrophylla* est l'espèce la plus répandue dans cette zone en dehors des filaos. Cette dernière est bien adaptée au milieu sableux et se développe mieux dans les dépressions interdunaires. Cette végétation se situe en cheval des plantations de filaos et des savanes des dunes internes rouges.

V-3 La Végétation des Niayes

J. Trochain (1940) définit les Niayes¹⁵ en parlant d'un ensemble de : « Boquetaux de palmiers à huile qui entourent les étages littoraux plus ou moins colmatés qui s'étendent depuis la presqu'île du Cap vert jusqu'à mi-chemin entre Makao et Gadiol ». Aujourd'hui les Niayes sont à l'état relictuelle et ont beaucoup régressé du fait des défrichements. Sa végétation est de

¹⁵ Niaye : nom féminin en français tandis qu'il est au masculin et au singulier en wolof. Dans Véhi Ciossane de Sembène Ousmane (1966), ce dernier définit le niaye comme : « étant ni savane, ni delta, ni steppe, ni brousse, ni forêt : une zone singulière qui borde l'océan atlantique dans sa sphère occidentale, et qui s'étend de Yoff à Ndar et au-delà... d'où surgissaient des hameaux, des agglomérations aussi éphémères que les gouttes d'eaux recueillies sur les cils. »

nature guinéenne en plein Sahel africain ; originalité qui s'explique par une prédisposition naturelle du milieu où les conditions topographiques et hydrologiques font la richesse de son biotope (Cf. Photos 11 et 12 Annexe 1). La typologie floristique des Niayes peut se faire en fonction du degré d'hydromorphie qui donne la zonation des espèces :

- Sur les sols peu humifères aux alentours des dépressions, on a des *Acacia raddiana*, *Maytenus senegalensis*, *Alormea cordifolia* ;
- sur les sols humifères s'y développent des palmeraies avec *Elaeis guinensis*¹⁶ (palmier à huile), de *Coco nucifera* (cocotier) et le développement des fougères en été ;
- dans les dépressions, sur les sols organiques tourbeux, poussent des plantes aquaphyles avec *Nympha lotus*, *Fragmites vulgaris*, *Imperata cylindrica*, *Sporobulus*. (Ngom M., 2007). C'est le domaine du *Khour*¹⁷.
- enfin sur les sols salins poussent des plantes halophytes à l'image du *Salicornia senegalensis*, *Rupia maritime*, *Paspalum vaginatum*.

En somme la végétation des Niayes est la plus riche du littoral, toutefois, cette végétation mériterait davantage de protection car la tendance joue à son amenuisement.

V-4 La végétation des dunes rouges internes

On retrouve cette végétation sur le continent où son importance s'explique en partie la stabilité des dunes rouges. Cette végétation est de type savane, domaine de la prédominance des ligneux : *Acacia raddiana* (seing), *Adansonia digitata* (baobab), *Faidherbia Albida* (Kadd).

Mais aussi des espèces arbustives et herbacées qui sont constituées surtout d'Euphorbiacées (*Euphorbia balsamifera*), de Combrétacées (*Combretum glutinosum*, de *Guiera senegalensis*) et de graminées saisonnières avec *Cenchrus biflorus*. (ADM, 2003, Ngom M. 2007). C'est aussi le domaine de prédilection des cultures champêtres.

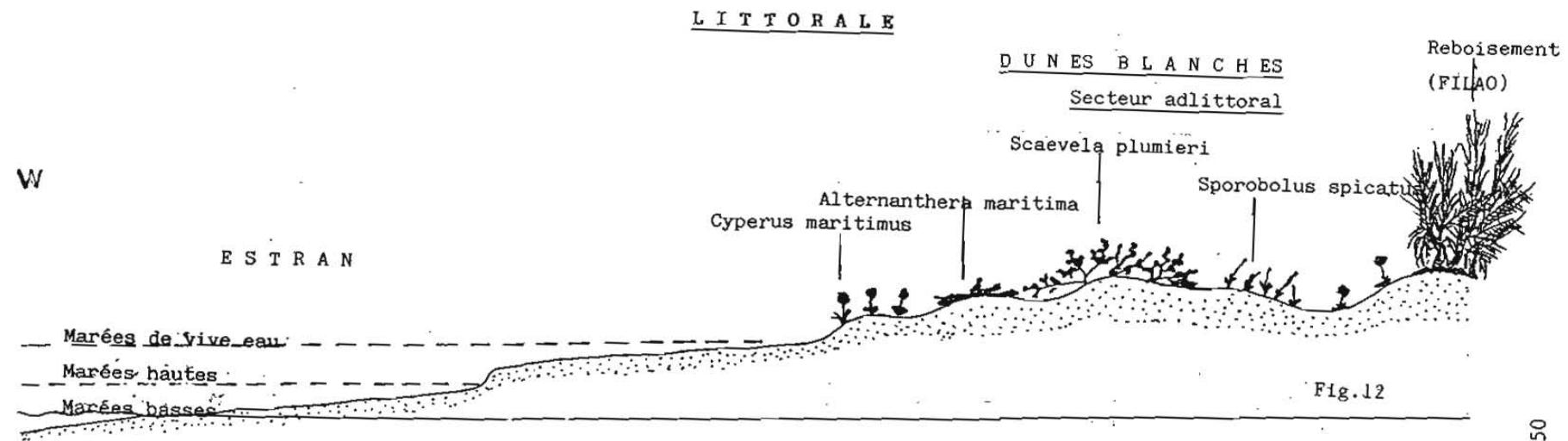
La zone est marquée par trois types de végétation qui sont fonction de la nature des sols et de leur localisation sur les dunes ou dans les dépressions qui explique leur importance. En dehors de sa carte postale dunaire, Mboro est surtout connu pour ses productions légumières et fruitières. (Cf. Annexe 3).

¹⁶ En effet le palmier *Elaeis guineensis* sert de distinction avec les autres dépressions interdunaires souvent confondues d'avec les Niayes par analogie aux cuvettes.

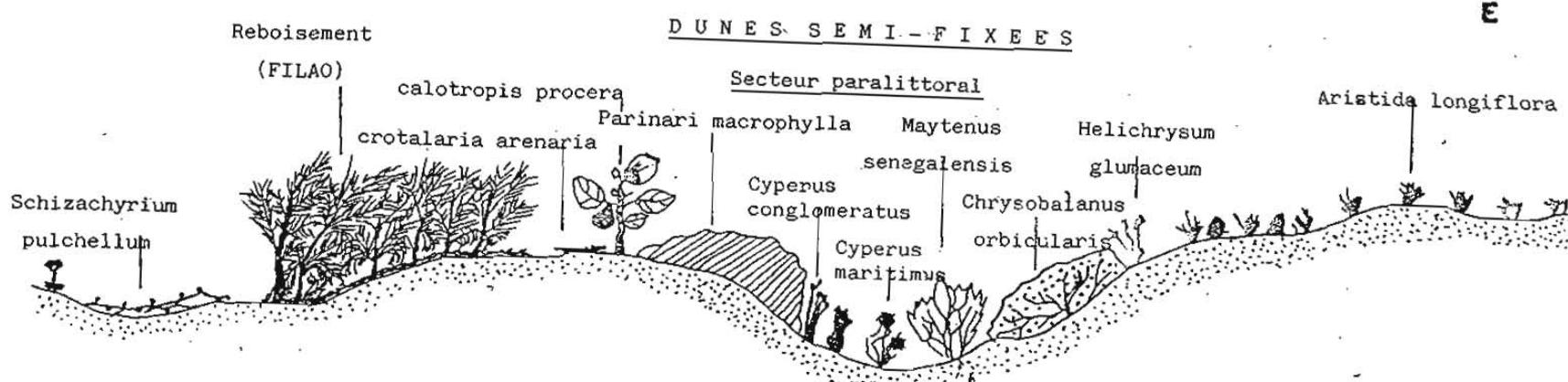
¹⁷ Partie constamment inondée où la nappe demeure affleurante

Figure 13 bis:

COUPE SCHEMATIQUE DE LA VÉGÉTATION



50



Source : D'après A. Macgel, P. Michel, Ch. Toupet (1969), révisé par Tangara (1997)

IV Faune

Du rivage vers l'intérieur des terres, s'observe sur la plage à estran large une colonie de crabes « blancs » aux premières heures du matin, et des crabes rouges moins nombreux sous la plantation de filaos (Cf. photos 3 et 4 Annexe 1). Les plantations de filaos ont permis la recomposition de la faune locale. C'est d'ailleurs ce qu'affirme le Manuel d'Agroforesterie (1965) qui dit que : « La reconstitution artificielle des plantations de filaos et d'*Eucalyptus* ont grandement favorisé la reconstitution des biotopes ayant permis une reproduction effective de la faune ». L'observation directe est révélatrice d'un retour timide de l'avifaune et du petit gibier : écureuils, lièvres ainsi que des singes.

Par contre, sur les dunes internes proches des habitations, le développement de la faune locale est compromis par les friches, la surexploitation des ressources forestières, le dépérissement végétatif, la présence industrielle, le braconnage antérieur. Ces divers facteurs sont responsables de l'amenuisement de la biodiversité animale. Ce qui permet d'établir une relation étroite entre ressources végétales et fauniques dont la survie de ces dernières est étroitement dépendante de la pérennité de ces premières.

DEUXIEME PARTIE

Les dynamiques actuelles des systèmes dunaires sur le littoral de Mboro

Chapitre I : Les facteurs responsables de la dynamique

L'organisation des formations dunaires à l'échelle de Mboro dicte les caractéristiques physiques du milieu à travers la zonation végétative, les caractéristiques pédologiques et faunistiques. Lesquelles agissent sur l'évolution des dunes qui dépendent des paramètres climatiques sans oublier l'action de l'homme. L'étude de la dynamique des systèmes dunaires sur le littoral de Mboro revient à s'intéresser aux facteurs responsables de la migration des dunes et à son corollaire direct : l'ensablement. C'est ainsi que l'appréciation de la dynamique des dunes passe par une analyse de l'évolution diachronique des cartes d'occupation du sol de 1989, 1999, 2007 et 2014.

I Evolution temporelle des dunes sur le littoral de Mboro

L'analyse de la dynamique des systèmes dynamique sur le littoral de Mboro passe par une reconstitution du milieu grâce aux cartes d'occupation du sol de 1989, de 1999, 2007 et 2014. Lesquelles cartes permettent d'apprécier l'évolution des dunes dans le temps.

L'analyse de la carte d'occupation du sol en 1989 montre une prédominance des aires de savanes arbustives et de cultures pluviales sur l'arrière côte. Les surfaces des carrières et des eaux libres demeurent faibles. Les surfaces des sols nus demeurent aussi importantes à l'arrière de la bande de filaos tandis que les aires de reboisement tournent autour de 5467 ha. D'où leur faiblesse eu égard au fait qu'on évoque Mboro en tant que CR. A cela plusieurs raisons notamment la bonne pluviométrie de 1989 avec 553,4 mm suite aux années sèches de 1983-1984 qui a favorisé un regain de la végétation sur les sols nus qui toutefois demeurent persistant à Mbetete II, Mboro Bono et Ndeudécatt surtout. Les aires de reboisement les plus vigoureuses s'observent au Nord à Diourmel et à Fout tandis que la bande se rétrécit au fur et à mesure vers le Sud.

Carte 5 : Evolution diachronique des dunes sur le littoral de Mboro de 1989 à 2014

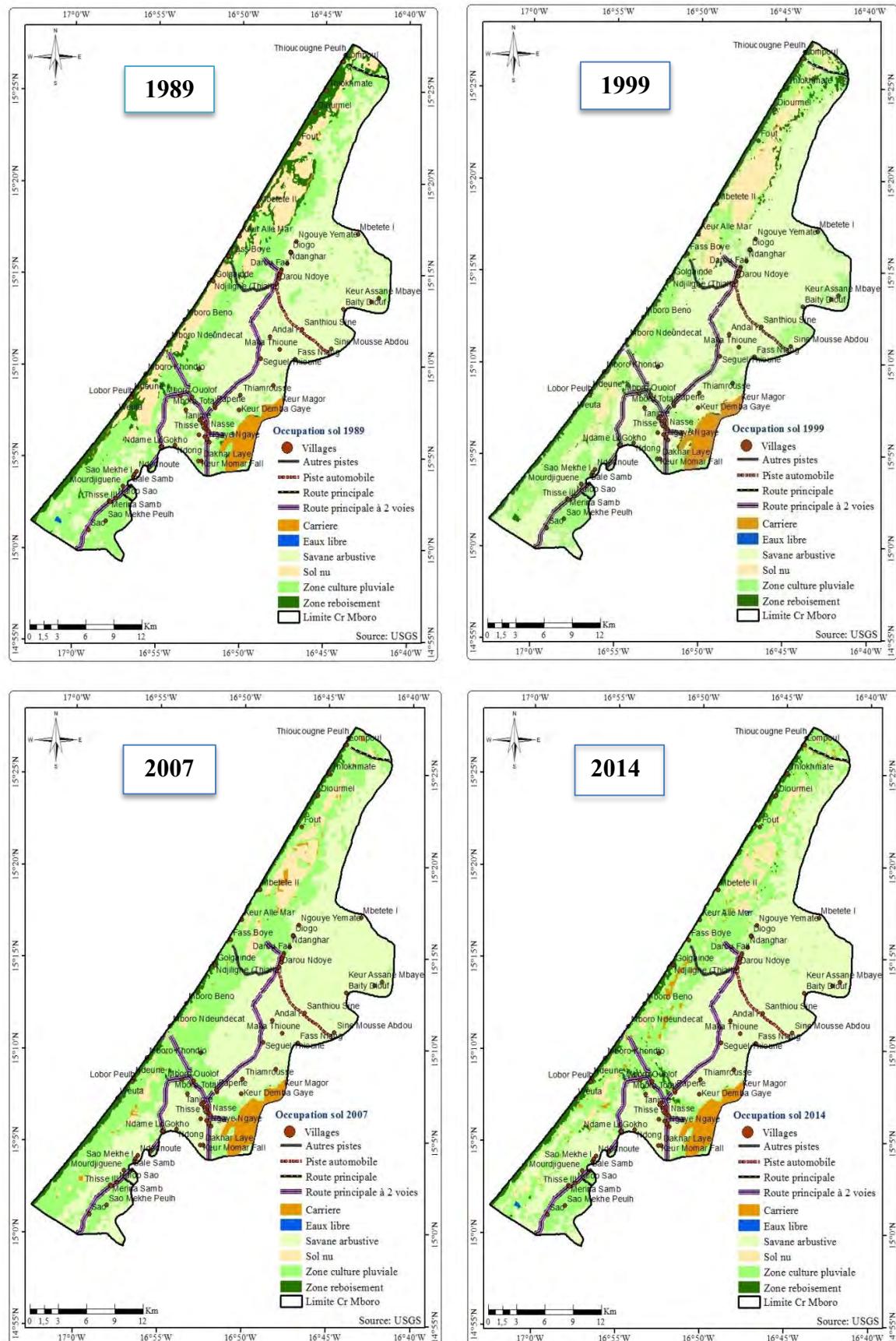


Tableau 3 : Evolution en chiffre des unités spatiales de 1989 à 2014

Unités spatiales	Superficie en 1989 (ha)	1999	2007	2014
Carrière	265	60	552	874
Eau libre	298	220	198	208
Savane arbustive	29922	32928	31822	32707
Sol nu	6499	6965	4003	4038
Zone culture pluviale	18165	17127	21838	20438
Zone reboisement	5437	3284	2171	2319

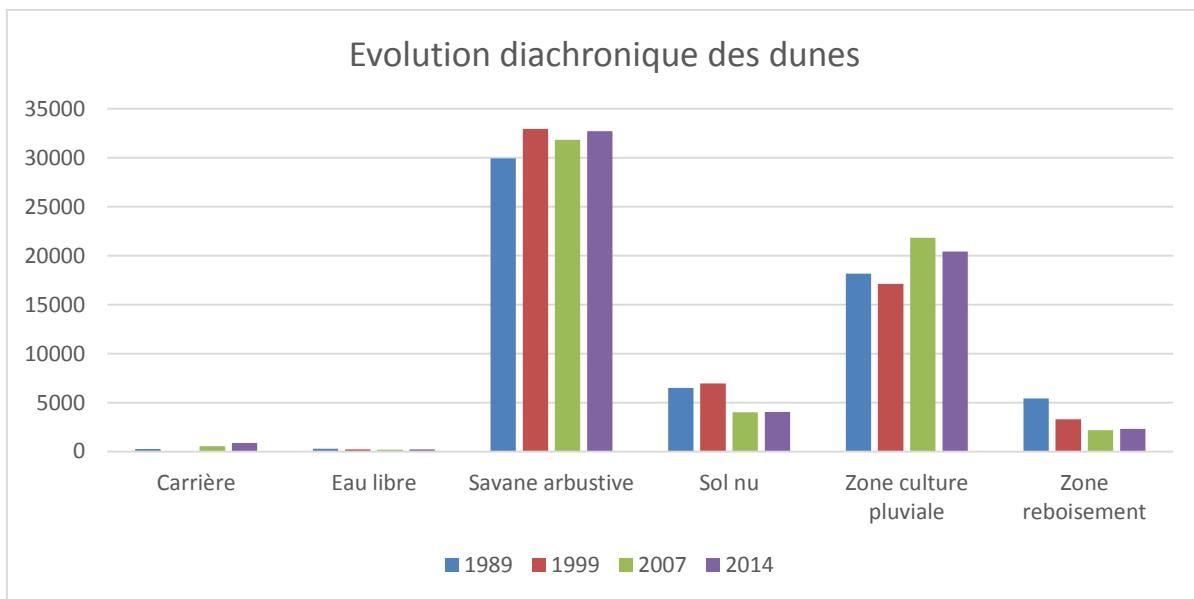


Figure 14 : Evolution des unités spatiales à Mburo de 1989 à 2007

La comparaison de la situation de 1989 par rapport à celle de 1999 permet de faire les remarques suivantes :

- il y'a une régression de 1038 ha de l'aire des cultures pluviales, des eaux libres (77 ha) et des carrières (205) et du périmètre de reboisement de 2152 ha ;
- parallèlement la surface des sols nus s'est accrue de 466 ha de même l'aire de la savane arbustive.

La régression des aires de cultures pluviales est en partie liée à la décadence de la pluviométrie des années 1990 à 1994 où la moyenne des pluies a été de 275 mm. Ce qui a occasionné l'extension des surfaces dénudées à la suite du dépérissement végétatif et de la baisse du niveau de la nappe. La régression des périmètres de reboisement à la suite du programme de CTL/sud explique la rétraction de la bande de filao le long de la côte demeurée sans suivi, ce qui

inéluctablement s'accompagne de l'extension des sols nus derrière la bande de filao notamment à Mbetete II, Diourmel et à Weuta.

A partir de 2007, la situation s'inverse encore pour ce qui concerne l'évolution des unités spatiales. En effet, l'aire des carrières s'est élargie de 492 ha et les zones de cultures après une baisse de 1038 ha augmentent de 4711 ha entre 1999 et 2007. Les autres unités sont toutes caractérisées par des régressions. L'évolution progressive des zones de cultures est liée au retour à une pluviométrie normale constatée dernièrement. N'empêche l'extension des sols nus est en marche du fait surtout de la concentration des programmes de reboisements sur les dunes blanches au détriment de celles jaunes. La régression de la savane arbustive est imputable au croît de l'aire des carrières qui procèdent par désertification favorable à l'extension des sols nus (2692 ha) et à l'absence de programme de reboisement majeur. L'homme également par ses modes de mise en culture procède à la dégradation de la biosphère.

En 2014, seule l'aire des zones de cultures est en diminution (-1399 ha) tandis que toutes les autres unités ont connu une évolution croissante. L'augmentation combinée de l'aire de la savane arbustive et de la zone de reboisement est synonyme de regain de la flore. Tandis que la perte de vitesse des surfaces cultivées s'explique par la baisse sensible du niveau de la nappe et de l'impact de l'homme sur ces dernières ainsi qu'à la pauvreté croissante des sols suite au vannage du vent.

En somme, l'analyse montre une régression de la densité des aires reboisées avec le temps comme en témoigne la carte de 1999 par rapport à 1989, et cette dernière par rapport à 2007 et à 2014. Mais la nudité des dunes littorales s'est beaucoup améliorée avec l'évolution positive des surfaces couvertes de végétation. En effet jusqu'à 1989, on notait un état de dénudation avancée dans les secteurs de Mbetete II, Golgaindé, Keur Abdou Mari, Mboro Bono, Mboro Ndeudeucatt et Weuta qui ont été les plus affectés. Cette situation persiste jusqu'à 1989 marquée par une évolution positive à partir de 2007 et une nette amélioration en 2014. Mais les résultats de 2007 devraient être appréciés avec précaution car ils reflètent une situation de sortie d'hivernage où la végétation demeure persistante. Soulignons toutefois qu'il y'a une imbrication des aires de culture maraîchères celles pluviales en raison des mêmes degrés de réflectance que ne parviennent à différencier le satellite.

La dynamique des ensembles dunaires sur le littoral de Mboro se manifeste par la migration des dunes et l'ensablement des cuvettes et s'exprime par la conjugaison de trois dynamiques : les agents marins, l'action des paramètres et du fait surtout de l'homme qui à travers ses activités

impacte sur le couvert végétal, les sols et la bande de filao. Ces trois processus constituent la boucle de rétroaction qui est à l'origine de la dynamique des systèmes dunaires à Mboro et peuvent être rangées en raison de leurs caractères en causes naturelles et anthropiques. Lesquelles sont divisibles en facteurs déclencheurs ou naturels et en facteurs aggravants qui relèvent de la main de l'homme.

II Les facteurs déclencheurs de la dynamique des systèmes dunaires

Parmi les causes naturelles, on peut citer la dynamique littorale ainsi que l'impact morphogénétique des paramètres climatiques sur les sables et la végétation.

II-1 La dynamique littorale

L'accent est mis sur les agents responsables de l'érosion littorale dont leurs actions permettent l'approvisionnement en sédiments de la plage que le vent par la suite transporte pour édifier les dunes. Ce qui fera d'ailleurs dire à Coque (1977) que : « la construction des plages résulte, essentiellement de l'action des houles et des dérives littorales... ». Ces agents sont responsables de la morphogenèse littorale, de l'amaigrissement et/ou de l'engraissement des plages mais sont sous la dépendance des influences subaquatiques qui entraînent une agitation des eaux marines lesquelles s'expriment par des vagues, houles, dérives littorales, les mouvements de marée et de tempête. Mais l'action des agents marins est dictée par la localisation des centres d'actions qui commande le sens de déplacement des vents qui influe sur les eaux par l'agitation induite à partir de laquelle naît les mouvements de houles, de vagues, de marées et de tempête responsables de l'apport sédimentaire qui est repris par le vent, moteur essentiel dans le façonnement des formations littorales.

II-1-1 L'action des vagues

La vague transporte les éléments en suspension dans l'eau de mer pour les déposer sur l'estran. Son action dépend de la force du vent, de sa durée d'action et de la profondeur bathymétrique. Dans son déferlement, la vague entraîne une action abrasive responsable du transport, du creusement et du dépôt de sédiments qui permet l'engraissement des plages d'autant plus important en saison sèche où l'intervention des alizés renforce la dérive littorale.

II-1-2 La houle

Le vent de même qu'il est à l'origine de la vague, donne naissance à la houle. Sur la Grande Côte, on distingue la houle du NO, qui est la plus déterminante des trains d'ondes. D'après

Guilcher (1954) rapporté par Sall (1971), cette houle appartient à la famille des houles longues qui prennent naissance sur l'Atlantique Nord. Et c'est cette houle qui suivant son obliquité est génératrice de courant de dérive qui a un impact considérable dans le transfert latéral de sédiments sur le littoral de Mboro.

II-1-3 Les courants de marée

Ils sont déterminés par des phénomènes astronomiques mais la réponse sera fonction des facteurs géographiques liés à la morphologie du site et à l'importance de la masse d'eau. Lors des fortes marées de vives eaux, le déferlement des vagues est à son paroxysme, ce qui se traduit par d'importantes ponctions sur les sables marins. Ainsi les courants de marée assurent un doublement en raclant les fonds marins mais aussi en contribuant au démaigrissement des plages.

a) La dérive littorale

La dérive littorale en tant que un courant côtier parallèle au rivage est génératrice du transfert latéral des sédiments qui sont transportés et déposés sur les plages. Cette dérive associée à la vague et à la houle sont les principaux agents responsables de l'accumulation du sable sur l'estran. Mais la dérive est la plus déterminante en ce qu'elle n'entraîne pas de démaigrissement. D'où son importance dans les processus de sédimentation littorale.

Sur la Grande Côte, cette dérive littorale peut atteindre 4 km/h, et c'est elle qui est responsable du charriage des sables vers le sud. Dans leur transit vers le sud sous l'impulsion de la dérive littorale, les sédiments sont piégés dans le canyon sous-marin de Cayar qui hypothèque la fourniture en sables les côtes de Dakar et celle du Sud. L'importance de la dérive littorale explique le fait que : « le littoral septentrional est donc une zone de sédimentation et de transit qui confirme l'alimentation régulière des dunes vives par les sables de plage » (PDU, 1986).

Les agents marins sont les principaux responsables de l'engrassement et/ou du démaigrissement de l'estran. Parmi ces agents, certains ont un double rôle : les vagues, les courants de dérives et tempêtes qui sont à la fois agent d'érosion, de transport et de dépôts. En revanche, la dérive littorale n'a qu'une action de construction par le transport de sédiments à la côte. Et sa permanence sur la côte fait qu'elle est la plus déterminante en ce qu'elle permet la disponibilité du sable. Mais l'énigme demeure l'origine du sable.

a) L'origine du sable

La progression des dunes vers l'intérieur des terres est la preuve de l'existence d'une source d'approvisionnement en sable à l'estran que le vent déplace pour constituer les dunes. Mais si l'efficacité du vent est un préalable, la disponibilité d'une zone de stockage en sable est un

impératif faute de quoi toute construction d'édifice dunaire est impossible. L'origine du sable sur la Grande Côte peut être diversifiée.

Suivant la résolution de Barreto (1965), ce sable peut avoir une origine géologique et marine. L'origine géologique est liée à la disponibilité des sols qui proviennent de l'altération de la roche mère: cas des formations superficielles autochtones : des dépôts de tourbes, des formations salifères et lagunaires. Mais l'origine marine est la plus plausible. Ce sable serait le produit de l'accumulation des sédiments transportés par les agents marins et accumulés sur l'estran. Thèse défendue par Pélissier (1966) qui avance que : « C'est à partir des sables accumulés sur la plage par la dérive littorale du NNW que l'alizé a édifié les dunes côtières actuelles ou subactuelles.

Par le dragage de fond, thèse défendue par Zenkovitch (1965) qui se met en marche lors des fortes marées de vives eaux où les eaux devenues suffisamment tourbillonnaires eu égard à leur célérité et leur grande longueur d'onde, raclent les fonds marins. Ainsi remuent les bas-fonds et transportent les sédiments qui ont été déposés lors du retrait du jusant. Toutefois la réussite de ce dragage est assujettie à une faible bathymétrie.

S'y ajoute aussi le rôle de l'alizé continental qui apporte de fines particules de poussières en suspension sous forme d'un écran nuageux plus connues sous le nom de « brume sèche ». Ces particules sont des lithométéores transportés sur de longues distances depuis le désert Sahara. En somme la rapidité de l'avancée du front dunaire est tributaire de l'efficience du vent et la disponibilité du matériau sableux à l'estran qui dépend de la granularité des particules.

III-2 Impact morphogénétiques des paramètres climatiques

Le climat agit par le biais de ces facteurs que sont les précipitations, les températures et le vent. Mais ce sont les vents et les précipitations qui sont les plus déterminants dans l'évolution des dunes. Ces deux facteurs se combinent pour favoriser l'impact de l'érosion (hydrique et éolienne) qui correspond au sens large « à l'appauvrissement du sol ou du tapis végétal en terme de diminution des taux de substances fertilisantes » Derruau (1988).

III-2-1 Impact de l'érosion éolienne

L'érosion éolienne est un risque permanent qui menace les milieux arides et semi arides. Cette érosion s'effectue par le biais de la déflation, du transport et du dépôt des sédiments. Pour être efficace, l'action du vent sur les particules sableuses est liée à la réunion des conditionnalités suivantes à savoir : un sol meuble et sec, une absence d'aspérités naturelles (relief et/ou végétation) et un vent fort capable d'action morphogénétique. Selon Diaw, les vents capables d'exercer un tel rôle sont présents dans 41% sur le littoral de la Grande Côte (Diaw, 1980).

Tableau 4 : Mesure d'érosion éolienne

Sites	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Estran	0,1	-0,1	0,2	-0,7	-1,6	-2,8
Rupture de pente (DB)	-1,7	-1,8	-1,0	-0,1	0,8	1,7
Crête (DB)	-0,7	0,5	2	3,5	4	6,5
Zone d'accumulation (DB)	-0,2	-0,7	0,5	1,7	2,8	4,0
Zone de départ (DJ)	0,8	1,3	0,0	-1,4	-2,8	-4,2
Aire de déflation (DJ)	1,0	2,0	0,0	-1,5	-3,0	-4,5
Crête (DJ)	-0,4	-2,5	-1,8	-3,0	-3,7	-4,3
Zone d'accumulation (DJ)	0,8	-3,2	0,0	0,5	2,2	3,7

Durant la période sèche, l'évolution du matériel sédimentaire soumis au vent nous permet de faire l'analyse suivante.

- La vigueur des vents des secteurs NNE et du NE sur la côte expliquent la forte ponction des sédiments déposés sur l'estran, d'où le bilan déficitaire négatif des plages en sables ;
- la présence de la bande de filao sur les dunes blanches s'oppose au transport des sédiments et expliquent le piégeage du matériel sableux par la végétation donnant naissance à la formation de *nebkhlas* au niveau de la rupture de pente et sur la crête ;
- les zones d'accumulation qui correspondent aux dépressions interdunaires ont connu un dépôt de matériel sableux, ce qui témoigne de l'ensablement des surfaces déprimées ;
- l'importance de la déflation éolienne par l'alizé maritime (NE) sur les dunes jaunes explique les ponctions enregistrées au niveau de la zone de départ, sur l'aire de déflation et sur la crête.

En somme la recrudescence du vent du large à la sortie de l'hivernage malgré la présence d'aspérités végétales encore vivaces explique l'accumulation du matériel sédimentaire dans les zones d'accumulation ou *Ndioukis*. Mais la bande dans son rôle de brise vent contribue au piégeage du matériel sableux. Et l'absence d'écran végétal donnant libre circulation au vent explique les ponctions de matériel sur les dunes jaunes dont l'importance de la déflation éolienne explique l'accumulation des sédiments. Et c'est cette érosion qui est à l'origine de l'ensablement des zones dépressionnaires à Mboro.

III-2-3 L'érosion hydrique

L'érosion hydrique à Mboro est déclenchée par les précipitations et s'effectue au moyen du ruissellement qui trouve ici un cadre favorable à son expression suite à l'alternance de dunes et de dépressions interdunaires. En effet cette succession de crêtes et de bas-fonds facilite le

ruissellement qui charrie des quantités non négligeables de sédiments pour les déposer sur les cuvettes des *Ndioukis* et des *Niayes*. Cette érosion est liée aux caractéristiques pédologiques du milieu, sa composition organique qui fait dire que: « Presque tous les sols contenant peu ou pas de matière organique sont très sujets à l'érosion » (FAO, 1983).

La nature orageuse des précipitations générées par les lignes de lignes de grains, eu égard à leur battance entraînent un *effet de splash* qui agresse le sol par l'érosivité des pluies. Ainsi l'eau creuse de petites rigoles de quelques cm de profondeur qui peuvent donner des ravins aux dimensions importantes en bordure de route (CF. Annexe 1). Ainsi la chaleur jointe à l'humidité provoque la vigueur de l'hydrolyse par les phénomènes d'engorgement et de décapage dans les *Niayes* surtout.

Tableau 5 : Mesure d'érosion hydrique

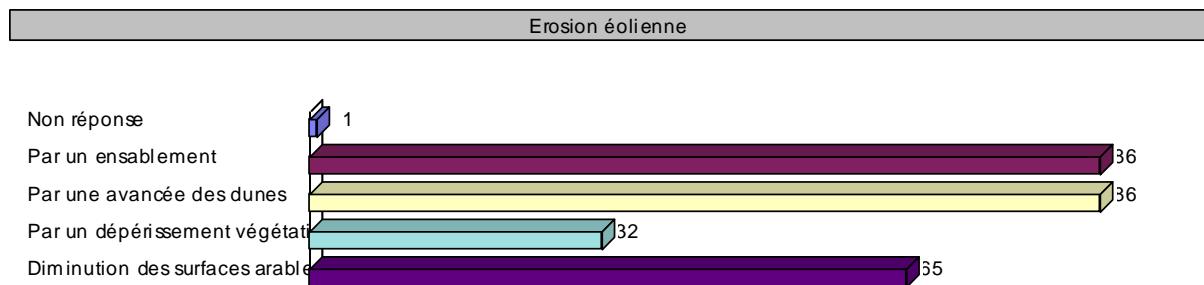
Sites	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Estran	0	0	0	0	0	-0,3
Rupture de pente (DB)	3,3	-1,0	0,4	0,5	0,1	0,3
Sommet (DB)	-1,7	-3,5	-3,6	-2,2	-0,5	-0,2
Zone d'accumulation (DB)	*	*	*	*	*	*
Zone de départ (DJ)	1,2	0,8	-0,7	-0,5	0,5	0,8
Aire de déflation (DJ)	2,5	2,2	1,1	0	0,8	1,6
Crête (DJ)	0,4	-0,2	-0,5	-0,3	0,3	0,9
Zone d'accumulation (DJ)	-3,6	-3,8	-3,3	-3	-3,8	-1,6

- Durant la période pluvieuse, le renouvellement de la matière sableuse à l'estran est assuré par les agents marins qui coïncide à l'amollissement de l'alizé maritime au profit de l'alizé continental et à la tombée des pluies ;
- la rupture de pente comme la crête connaissent des variations du matériel sableux déposé par le vent qui demeurent toutefois faibles ;
- on remarque qu'avec la saison des pluies tirant à sa fin, le dépôt de sable s'accroît timidement comme on peut l'observer sur les dunes jaunes tandis que dans la zone d'accumulation, s'est produit un démaigrissement du matériel au lieu de dépôt.

Le sable accumulé sur l'estran pendant l'hivernage est lié aux agents marins où les eaux additionnelles apportées par les précipitations favorisent leur transport. De la même manière que la tomée des pluies s'oppose à la déflation éolienne par la fixation du sol par un tapis végétal. Les faibles valeurs de dépôt constaté dans l'ensemble de nos sites sont liées à la

faiblesse des vents d’Ouest à leur arrivée sur le littoral où s’opposent les flux d’alizé maritime et continental. De même que la traversée de l’équateur météorologique peut servir de facteur explicatif. L’ensablement dû aux pluies est faible dans la zone du fait surtout de la grande perméabilité des sols qui empêche le ruissellement des eaux de pluies. En ce sens on peut dire que l’ensablement intervient surtout en période dont l’absence d’ensablement des bas-fonds est liée à la grande perméabilité des sols. Ce qui justifie qu’il y ait érosion au lieu dépôt.

Figure 15 : Les formes de manifestation de l’érosion éolienne



Sur la base des enquêtes, l’érosion éolienne se manifeste par l’ensablement des cuvettes maraîchères, l’avancée des massifs dunaires, la diminution des surfaces arables, le tout favorisé par un dépérissement végétatif. Ainsi l’érosion impacte sur la capacité du sol à retenir l’eau par sa pauvreté croissante en matière organique. Mais la conséquence la plus dramatique est celle liée à la migration des dunes et à l’ensablement des surfaces déprimées d’ailleurs confirmés par les résultats des mesures d’érosion. Ces deux phénomènes sont les causes de la dégradation pédologique et de la baisse des productions par perte des terres, du déchaussement et de l’ensevelissement des plants cultivés.

L’érosion éolienne est d’autant plus exacerbée que le sol est mal protégé par une végétation de l’insolation qui entraîne l’assèchement des particules sableuses et les rend plus vulnérables au vent. Et dans ce sahel le dépérissement du couvert végétal, la faiblesse des pluies et la longue durée de la saison sèche favorisent l’érodibilité des sols.

Chapitre II les facteurs aggravants

Ces facteurs ont pour dénominateur commun l'homme qui à travers ses activités impacte sur la dynamique des dunes. Ainsi l'impact de l'homme sur le milieu sera apprécié à travers sa dynamique démographique et ses activités que sont l'agriculture et l'élevage qui entraînent une dégradation du couvert végétal et des sols partant bouleverser l'équilibre du milieu condition sine qua non à la stabilisation des dunes, et à la viabilité de l'activité maraîchère.

II-1 Evolution de la dynamique démographique

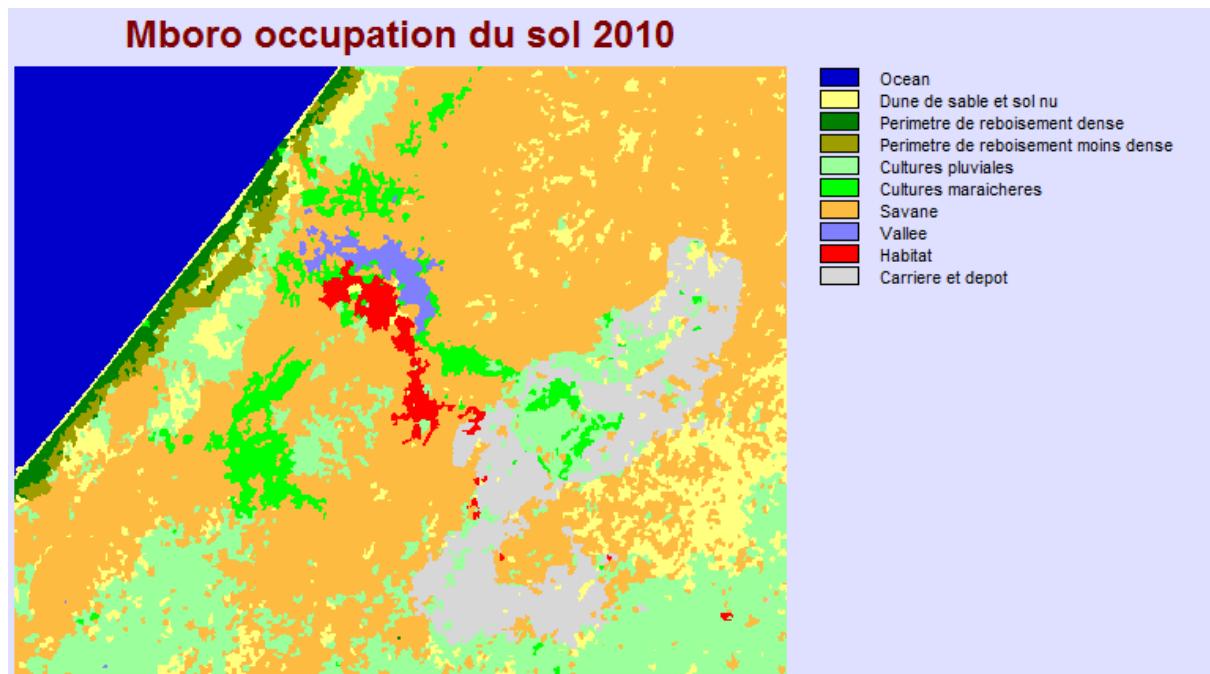
Malgré son exigüité, la commune est fortement peuplée avec ses 30 139 âmes (estimations de la commune). D'où la forte densité de 93,8 habitants au km². La distribution démographique de Mboro est le reflet du brassage ethnique des 39% de wolofs, de 22% de Sérères, de 18% de Pulaars, de 17% de Diolas et Mandiacks et de 4% de Mandingues. L'arrivée des migrants et leur sédentarisation a boosté la croissance démographique avec un taux annuel de 6,5 %. Pour preuve, la population est passée de 4.000 habitants en 1969 à 8.454 lors du recensement de 1988 à 19 423 en 2000, soit une hausse de 56,47% en 12 ans. Suivant l'étude de Bâ N'Faly (2009), la migration vers Mboro se fera par vagues successives

Tableau 6 : Les différentes phases de migration à Mboro

Années	Événements
1936 à 1950	Afflux généré par la station agricole pour le maraîchage
1950-1967	Création de la CSPT, arrivée des ouvriers qualifiés de Dakar
1970 à 1989	création de la CR de Mboro qui accrût sa position de pôle
1989 à nos jours	Fusion de la CSPT et des ICS qui a boosté l'essor économique

En somme, le peuplement de Mboro s'est fait par vagues de migrants originaires pour l'essentiel des régions internes où sévissaient les sécheresses (zone arachidière, Ferlo), de la capitale pour la majorité des ouvriers qualifiés et une faible part d'étrangers. Ces migrations sont l'expression de la dynamique économique, spatiale et démographique née de la station agricole, des épisodes de sécheresses dans le centre du pays, et de l'implantation industrielle. D'ailleurs c'est ce qui explique l'importance de sa population démographique à dominante masculine et juvénile.

Carte 6 : Carte d'occupation du sol de Mboro (2010)



Source : Ndao M. (2012)

II-2 L'impact du maraîchage et de l'agriculture pluviale

La pratique agricole est dominée par le maraîchage. Avec 8,22% d'agriculteurs et d'éleveurs, Mboro assure environ 30% de la production de pomme de terre et d'ornions du pays soit 6200 tonnes/an (ADM). La pratique du maraîchage tout comme l'agriculture s'accompagne de conséquences tant positives que négatives sur le couvert végétal.

L'agriculture pluviale serait responsable de l'importance des surfaces défrichées pour l'extension des champs. Ce mode de mise en culture contribue à fragiliser les sols, à les exposer au vent durant la saison sèche. De même que l'importance des parcelles cultivées à l'arrière des brise-vents entraîne une modification de la structure végétale qui est dominée par des herbacées pour les productions horticoles dont les quelques arbustes et arbres servent de clôture aux champs. Cet état de fait favorise la reprise de l'action du vent au-delà de la bande de filao facilitée par l'absence la raréfaction d'aspérités majeures (les plantes ligneuses).

Les modes de culture, leur caractère intensif, la réduction du temps de jachère, la compétition des arbres qui poussent à leur abattage se conjuguent pour favoriser l'érodibilité des sols qui perdent une grande quantité de propriétés nutritives. Et cette fébrilité des sols les rend d'autant plus vulnérable à l'érosion éolienne. S'y ajoute la forte demande en eau des cultures maraîchères ainsi que la large diffusion des motos pompes qui contribuent à l'abaissement du

niveau des nappes que les pluies hivernales ne parviennent plus à recharger. Dans ces dernières se développent le phénomène de salinisation avec l'avancée du biseau salé qui fait que certaines terres sont perdues. D'où la rupture de l'équilibre de cet écosystème auxquels les ICS ont une grande part par les volumes d'eaux extraites. Pour avoir une idée sur l'évolution de la nappe des Niayes, observons le tableau suivant :

Tableau 7 : Profondeur de la nappe en fonction des unités morphologiques

Zones	Dunes littorales	Dunes ogoliennes
Sud	3,25 m	9,6 m
Centre	3,5 m	11,5 m
Nord	3,1 m	20,17 m

Source : CTL 1971

L'adoption de certains modes de culture, les cultures à une strate, les défrichements et les ponctions importantes d'eaux, la réduction du temps de repos biologique des sols se combinent pour accélérer la dégradation de la couverture végétale naturelle et culturelle. Et ce sont ces deux dernières qui permettent de fixer le sol par l'opposition d'un écran végétal.

II-3 L'impact de l'élevage

A Mboro, deux formes d'élevage (pastoralisme et élevage extensif) sont pratiqués simultanément et parfois par un même éleveur. Mais l'agriculture extensive est limitée et concerne les gros ruminants (bœufs) pendant que le pastoralisme est le mode le plus répandu et concerne surtout les petits ruminants (Chèvres et moutons). La divagation des animaux entraîne la dégradation de la végétation source de conflit entre éleveurs et agriculteurs.

S'y ajoute, que le filao qui sert à lutter contre l'action du vent est très prisé par les ruminants ce qui fait des surfaces reboisés faute de surveillance des sites vulnérables à la merci des animaux domestiques qui s'attaquent aux jeunes plants. D'autant plus qu'il n'est rare que les jeunes enfants se chargent à l'abri des regards à entailler les branches des filaos pour nourrir leur bétail. Et ceci en dépit des sanctions auxquelles elles s'exposent.

Même si réduite grâce à la surveillance des agents des Eaux et Forêts appuyés par les groupements, la divagation des animaux dans une moindre mesure contribue à la détérioration de la flore locale et de la bande de filao devant assurer la fixation des sols.

II-4 L'impact du déboisement et des coupes clandestines

Malgré les efforts déployés par les agents des Eaux et Forêts et les groupements, cette pratique demeure de mise et la plupart des cas, ces coupes sont effectuées hors du domaine impari notamment sur les dunes jaunes loin des habitations. Cette situation est à lier avec l'insuffisance des agents des Eaux et forêts face à l'étendue de la bande.

Dans le souci de satisfaction de ses besoins et la recherche du profit direct, l'homme se soucie peu de la pérennité de son environnement. Ce qui inéluctablement est générateur de conséquences négatives sur la végétation et en retour sur sa vie et ses activités. Par modification de la couverture végétale, l'homme crée de nouvelles conditions biologiques bouleversant l'équilibre du milieu. Son action indirecte s'exerce d'abord sur la végétation qui en retour retentit sur les systèmes dunaires. L'action anthropique se manifeste par les déboisements, les coupes clandestines, les défrichements, en un mot par la surexploitation des ressources locales forestières à des fins personnelles et économiques. Ces dernières contribuent à la déperdition végétative condition favorable à la reprise éolienne par ailleurs favorisée par la dégradation pédologique. La conjugaison des facteurs déclencheurs et aggravants est génératrice d'une dégradation pédologique et végétative.

III La dégradation pédologique

La dégradation pédologique est perceptible à travers les phénomènes de salinisation et d'acidification des sols et s'apprécie comme :

« La diminution ou la disparition dans les zones arides, semi arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique (...) dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement, tels que l'érosion des sols causés par le vent et/ou la détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols et de la disparition à long terme de la végétation naturelle ».¹⁸

Cette définition pointe l'impact de l'homme sur la dégradation des ressources pédologiques, bien qu'il y'ait des explications naturelles. C'est là une conception de la nature nourricière au détriment de sa durabilité et de sa pérennité. Sur le littoral de Mboro, cette dégradation se manifeste à travers deux phénomènes que sont la salinisation et l'acidification des sols.

¹⁸ In La Terre source de vie, publication conjointe des secrétariats de la FEM et du CNULD, 2011, PXII

III-1 La salinisation

La manifestation de la salinisation est souterraine et dictée par l'avancée du biseau salé suite à la baisse du niveau de la nappe depuis des décennies du fait d'une pluviométrie incapable de la recharger, à l'augmentation fulgurante des moteurs pompes dans l'arrosage. Mais ce sont surtout les ponctions occasionnées par les ICS à travers l'importance des volumes d'eaux extraites qui est l'élément déterminant dans la baisse du niveau de la nappe.

Cette salinisation s'opère par la domination des ions sodiums qui à la longue donne des sols salins. Ce sodium a une double origine, il provient d'une part de la nappe sous-jacente des dunes littorales avec l'avancée du biseau salé. Ce qui entraîne une remontée de la langue salée au niveau des puits (Cf. Photos 5 et 6 Annexe 1). D'autre part, la salinisation se manifeste sur le grand Khour de Mboro par le développement de plantes silicicoles. A la longue, les dépressions deviennent incultes et abandonnées. Idée confortée par Mathieu et Pielat (1998) : « A partir d'une certaine quantité, le sel a, selon la plante, un effet toxique direct sur celle-ci. Le rendement est très vite affecté et peut baisser jusqu'à 80 p. cent».

Elle se manifeste aussi par la distribution des embruns marins que les vents se chargent de disperser et la brise marine qui dépose les sulfates de sel sur les feuilles et hypothèquent la croissance des cultures. L'eau en proie à la salinisation entraîne la mort des végétaux, une croissance ralentie et la disparition des végétaux qui ne peuvent s'adapter à cet excès de salure. A Mboro, cette salinisation est à l'origine de l'abandon de puits et de champs attestée par une coloration blanchâtre visible dans les puits et une couleur rouille des matériaux utilisés dans l'arrosage (Cf. Annexe 1, Photos 5 et 6).

III-2 L'acidification des sols

L'acidification des sols est liée à la présence de certaines plantes dont l'*Opuntia tuna* et l'*Eucalyptus* dont le développement latéral de leurs racines acides entre en compétition avec les autres espèces naturelles et cultivées. C'est le fait aussi du *Casuarina equisetifolia* qui est réputé d'avoir des feuilles acides, d'où son développement mono spécifique.

S'y ajoute la manifestation de la brume sèche amenée par l'harmattan qui en se déposant sur le sol bloque les pores. Et tout récemment la présence de nématodes dans le sol serait décriée par les agriculteurs. Le recours à des engrangements chimiques par les agriculteurs occasionne aussi une contamination de la nappe, dont l'eau utilisée à des fins d'arrosage peut entraîner de véritables conséquences écologiques par la consommation des légumes et fruits.

Un autre fait qui n'a pas d'incidence direct est le déversement sans prétraitement des déchets chimiques de l'ICS sur la plage de Khondio qui se traduit par une pollution marine (Cf. photos 7 et 8 Annexe 1) qu'on définit comme :

« l'introduction par l'homme directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin (...), ayant pour conséquences des effets néfastes, tels que nuisances pour les ressources vivantes, risques pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), altération de la qualité de l'eau de mer et réduction des agréments » (GESAMP, 1990, cité par J Lacaze, 1993).

La dégradation pédologique conduit à celle du couvert végétal. Laquelle entraîne une baisse de la fertilité du sol, de la production, du coût des mesures de bonification ce qui se répercute sur les coûts de production et des ventes. En vue de remédier à cette carence, l'homme a recours à des engrains dont la tendance chimique domine. En fait, le sol met des années à se constituer mais sa dégradation s'opère de manière très rapide, d'où sa grande vulnérabilité.

III-3 Dégradation de la couverture végétale

La dégradation de la couverture végétale est perceptible à travers le recul de la végétation naturelle au profit des surfaces cultivées et de l'amenuisement de la zone des Niayes. Et dans une moindre mesure par une modification de la flore locale occasionnée par l'introduction du filao. Cette dégradation du couvert végétal, a plusieurs causes.

Tableau 8 : Principales causes de la dégradation de la couverture végétale

Causes-dégradation	Fréquence
Non réponse	0,6
Faiblesses des pluies	24,1
Effet du vent	15,4
Déboisement	9,3
Feux de brousse	0,6
Elevage	4,7
Acidification des sols	12,2
Salinisation	12,2

Source : Enquêtes C. A. T. Faye (Août, 2013)

Au chapitre des causes responsables de la dégradation du couvert végétal, figurent la faiblesse des pluies qui n'arrive plus à recharger les nappes phréatiques. L'impact du vent vient qui fait tomber les fleurs et fruits des légumes, ensevelissent les jeunes plants, la brume induite par l'harmattan et la brise marine qui picote les feuilles. A cela s'ajoute cela l'acidification des sols et la salinisation des eaux, l'élevage et les feux de brousse quoique rares dans la localité.

Aujourd’hui se pose la nécessité d’une redéfinition des Niayes par rapport à la définition donnée par Trochain car des réserves peuvent être émises pour multiple facteurs notamment :

- la nécessité d’actualiser les écrits, car cet écotone sous sa forme originelle demeure à l’état de relique. Leur amenuisement est lié aux opérations de défrichements pour des besoins d’extensions des aires de culture et d’habitations ;
- Aux épisodes de sécheresses des années 1968-1973 qui se sont traduites par un recul de la végétation des dunes ainsi que de la régression des totaux précipités.

Figure 16 : Evolution de la flore des Niayes dans le temps



Source : Représentation schématique d’une Niaye de Diogo (SE de Mboro) Bull IFAN, 1969

Ce qui se laisse voir est qu’il y a une régression en hauteur et en densité de la végétation des Niayes de Mboro à la suite des défrichements. A cela s’ajoute la spéculation foncière qui a été de 168 ha/an entre 1986 et 2010 tandis l’aire des carrières est passée de 778 ha à 3969 ha durant le même intervalle. Ces deux facteurs se sont faits au détriment des systèmes dunaires.

A l’inverse, la végétation des dunes blanches littorales s’est améliorée avec l’intervention des programmes de reboisement qui a favorisé une régénération de la flore locale. Pour preuve plus de 60,8% des personnes enquêtées affirment qu’il y a un accroissement de la végétation. Tandis que 27,8 % soutiennent qu’elle est en régression. Ce décalage peut s’expliquer par la confusion souvent faite entre productivités légumières et végétation naturelle. Pendant ce temps 9,3% affirment qu’elle est plus est ou moins stagnante.

La combinaison des facteurs naturels et anthropiques se manifeste par une avancée des dunes et l’ensablement des surfaces déprimées qui affectent par ordre d’importance les unités morphogénétiques suivantes :

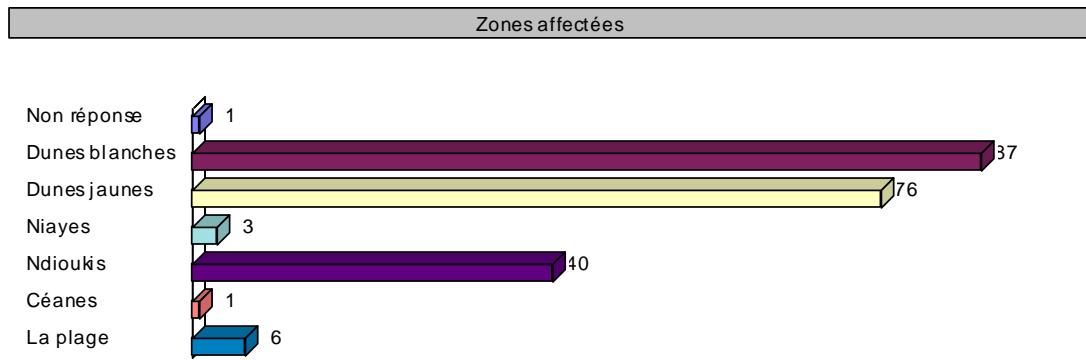


Figure 17 : Principales zones affectées par la migration des dunes

La figure montre que ce sont les dunes blanches et jaunes qui sont les plus affectées par la marche des dunes qui demeurent d'actualité sur les surfaces nues de celles-ci à Mboro Bono, Khondio, Mboro/mer, Golgaïndé, Keur Abdou Mari (Cf. Photos 13 à 22) etc. Arrivent en seconde position les Ndioukis du fait de la recrudescence des phénomènes d'ensablement.

Pour mieux expliciter les mécanismes des phénomènes d'érosion éolienne et hydrique et déterminer parmi les deux lequel est le plus décisif dans la mise en marche des dunes et de l'ensablement généré, nous avons jugé nécessaire de faire parler le matériel granulométrique afin d'apprécier les modes de transport ainsi que les modifications occasionnées au cours de ce processus. Ainsi nous allons passer à l'analyse des échantillons de sols recueillis à Keur Abdou Mari

Chapitre III Témoignage du matériel granulométrique.

L'analyse des prélèvements de sol pose par un *modus facendi* selon les normes retenues dans les ouvrages de Clément Mathieu et de Françoise Pieltain dans : Analyse physique des sols et Analyse chimique des sols ; chacun faisant appel à des procédés spécifiques.

III-1 Analyse physique des sols

La granulométrie permet l'étude statique de la dimension des particules dans une formation meuble ou consolidée. Elle s'intéresse au calibrage des particules en ce sens: « L'analyse granulométrique (...) consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules inférieures à 2 mm et à déterminer les proportions relatives de ces catégories, (...)» (Mathieu et Pieltain, 1998).

III-1-1 Méthode

La granulométrie a été faite suivant le schéma ci-dessous dont la nature des matériaux incohérente, nous a exemptés du broyage.

- Tamisage des échantillons au moyen d'un tamis de 2 mm ;
- pesée à la balance de précision de 20 gramme de sable par échantillon qui ont été lavés pour enlever la matière argileuse au moyen d'un tamis de 20 micron ;
- les sables sont placés à l'étuve pour séchage pour une durée de 7 tours d'horloge ;
- ensuite on a fait passer le sable séché à la tamiseuse électronique pendant 10 minutes par échantillon ; et pesé en fonction des rejets.

Etant donné que nous ne disposions que de 5 tamis, la détermination de la matière argileuse a été faite suivant la méthode de la pépite qui consiste à peser 20 g de sable par échantillon qui ont été mis sur des fioles dont a été ajouté 30%¹⁹ d'eau oxygénée vu la faible teneur de matière organique et de l'eau distillée et laisser au repos jusqu'à la veille. La veille, les mêmes échantillons, ont été chauffés à la plaque de bain de sable pour éliminer la mousse. Avec ajout d'eau distillée à mesure que la mousse monte. Après refroidissement on verse le contenu sur un grand flocon qu'on laisse au repos jusqu'au lendemain. A la suite on agite manuellement et on laisse au repos pendant 7 heures. Une fois ce temps écoulé, on pépite de 10 cm qu'on met sur un petit flocon que l'on place à nouveau dans l'étuve. Après séchage et refroidissement, on pèse la matière obtenue qui va représenter la proportion des argiles sur les limons.

Mais la proportion de matière argileuse s'est révélée à l'état de trace pour ne pas dire absente.

¹⁹ La norme étant de 10% lorsque la matière organique est importante

Tableau 9 : Résultats d'analyse des échantillons de sable (Mboro)

ECH	PROF	A	LF	LG	SF	SM	SG	ST	A	LT
Estran	0-20 cm	0	1,12	0,085	14,055	84,475	0,265	98,795	0	1,205
RP DB	0-20 cm	0	4,785	0,025	16,425	78,75	0,015	95,19	0	4,81
Crête DB	0-20 cm	0	2,125	0,03	19,15	78,595	0,1	97,845	0	2,155
ZA DB	0-20 cm	0	3,815	0,185	30,71	65,215	0,075	96	0	4
ZD DJ	0-20 cm	0	3,045	0,175	49,345	47,28	0,155	96,78	0	3,22
AD DJ	0-20 cm	0	1,115	0,08	26,13	72,665	0,01	98,805	0	1,195
Crête DJ	0-20 cm	0	0,84	0	6,925	92,155	0,08	99,16	0	0,84
ZA DJ	0-20 cm	0	0,65	0	16,345	82,98	0,025	99,35	0	0,65

RP : Rupture de pente

A : Argile

ZA : Zone d'Accumulation

LF/LG : Limons fins/grossiers

ZD : Zone de Départ

SF/SM/SG : Sable Fins /Moyens /Grossiers

AD : aire de Déflation

LT : Limons Totaux

DB : Dune Blanche

ST : Sables Totaux

DJ : Dune Jaune

Tableau 10 : Classement des particules minérales en fonction de leur taille

0	2 microns	20μ	50μ	200μ	2 mm
Argiles	Fins	Grossiers	Fins	Grossiers	
Limons			Sables		

50μ	100μ	200μ	500μ	1mm	2 mm
Très fins	Fins	Moyens	Grossiers	Très grossiers	
Famille des sables en fonction de leur taille					

Source : Manuel de pédologie du Sénégal (1987)

III-1-2 Analyse des résultats

Cette analyse se fait suivante des normes classiques de granulométrie qui permet de déterminer les paramètres texturaux suivants : le Mz, le SI, le Ski, le KG mais aussi le Cu et le SO de Trask. Mais avant cela, il nous a fallu déterminer les Phis élémentaires notamment :

$\phi_5, \phi_{16}, \phi_{25}, \phi_{50}, \phi_{75}, \phi_{84}$, et ϕ_{95}

Tableau 11 : Résultats des phis élémentaires

Phis	Estran	RP DB	Crête DB	ZA DB	ZD DJ	AD DJ	Crête DJ	ZA DJ
ϕ_5	0,76	0,77	0,77	0,79	0,84	0,78	0,76	0,77
ϕ_{16}	0,98	1	1	1,07	1,22	1,03	0,96	0,99
ϕ_{25}	1,15	1,19	1,19	1,3	1,61	1,24	1,12	1,17
ϕ_{50}	1,64	1,72	1,72	1,93	2,41	1,81	1,56	1,66
ϕ_{75}	2,13	2,24	2,24	2,86	3,26	2,47	2,01	2,16
ϕ_{84}	2,31	2,86	2,79	3,35	3,56	2,52	2,17	2,42
ϕ_{95}	3,55	3,98	4,36	3,95	3,95	3,76	2,99	3,55

- Le Mz permet de mesurer la taille moyenne des grains de sédiments et permet ainsi d'apprécier les conditions de dépôts des sédiments :

$$MZ = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

- Le coefficient de dispersion ou SI permet de mesurer l'indice du tri du sédiment. On l'appelle aussi écart type. Suivant son importance, on aura un sédiment bien classé si

$$SI = \frac{(\phi_{84} - \phi_{16}) + (\phi_{95} - \phi_5)}{4}$$

$$6,6$$

- Le coefficient d'asymétrie ou SKI est déterminé par sa valeur, ce qui permet d'avoir :

$$SKI = \frac{(\phi_{84} + \phi_{16}) - 2(\phi_{50}) + (\phi_{95} + \phi_5 - 2(\phi_{50}))}{2(\phi_{84} - \phi_{16}) + 2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

- Si $SKI = 0$ on a une courbe symétrique ;
- Si SKI tend vers +1, on a un excès en particules fines
- Si SKI tend vers -1, on a un excès en particules grossières

Le SKI permet de rendre de la dispersion dans la partie centrale du sédiment par rapport à la dispersion dans les queues de courbe.

- Le coefficient d'angulosité ou $Kg = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$

Tableau 12 : tableau témoin du poids cumulé des échantillons de sols

N° du tamis	Ouverture du tamis en mm	Logarithme à base 2 de la maille	Poids cumulés
-	2		0
29	0,630	0,67	84,74
24	0,200	2,32	98,795
19	0,063	4	98,88
-	0,020	4,32	100
-	> 0,020	4,64	

Après calcul des différents paramètres texturaux, nous avons pu dresser le tableau suivant

Tableau 13 : Résultats des paramètres texturaux

Sites	MZ	SI	SKI	KG	Cu	So Trask
ESTRAN	1,64	0,76	0,19	1,17	2,14	0,93
RP DB	1,81	0,87	0,32	1,25	2,24	0,94
CRÊTE DB	1,80	0,99	0,33	1,40	1,93	0,94
ZA DB	2,07	1,05	0,31	0,83	2,38	1,1
ZD DJ	2,40	1,36	- 0,01	0,62	1,74	1,01
AD DJ	1,79	0,82	0,54	0,99	2,26	1,00
CRÊTE DJ	1,56	0,64	0,68	1,03	2,05	0,90
ZA DJ	1,69	0,78	0,21	1,15	2,14	0,92

➤ MZ

Sur nos différents sites de prélèvements, le MZ est partout supérieur à 1 et inférieur à 2,5 ceci témoigne d'une harmonie dans la distribution des sédiments et témoigne d'une uniformité de la granulométrie. Les grains les plus grossiers sont observables dans la zone d'accumulation des dunes blanches et sur la zone de départ des dunes jaunes.

➤ SI

L'évolution du SI révèle deux types de classement à savoir des sables très bien classés notamment au niveau de l'estran (0,76), dans la zone de rupture de pente et sur la crête de la dune blanche mais aussi au niveau de la zone de départ, de l'aire de déflation et de la zone d'accumulation des dunes jaunes. Le sable est bien trié dans la zone d'accumulation de la dune blanche et dans la zone de départ des dunes jaunes. Ce qui reflète le bon tri du sédiment sur nos deux systèmes dunaires.

➤ SKi

Le SKi révèle un excès de particules grossières au niveau de l'estran et jusqu'à la zone d'accumulation pour ce qui concerne les dunes blanches. Les dunes jaunes par contre ont une composition mitigée montrant un excès très important de particules grossières dans la zone de

départ et moindre dans la zone d'accumulation. Par contre l'aire de déflation et la crête sont dominées par un excès de particules fines. Ceci témoigne que le seul vent du large n'est pas à l'origine de la migration des dunes. Et qu'il faudrait intégrer dans notre raisonnement la resousse de l'alizé continental.

➤ Le KG

L'analyse du KG met l'accent sur le mauvais tri du sédiment sur cinq sites de prélèvements où le KG est supérieur à 1. A l'inverse les sédiments ne sont bien triés qu'au niveau de la zone d'accumulation des dunes blanches et dans la zone de départ et dans l'aire de déflation des dunes jaunes. Ce mauvais tri dans les dunes blanches est lié à la présence de la bande de filao qui dans son rôle de brise vent, s'oppose au transport des sédiments par l'obstacle créé. Le bon tri du sédiment au niveau de la zone de départ et dans l'aire de déflation des dunes jaunes s'explique par la virulence du vent au-delà de la bande de filao où il opère un tri.

III-1-2 Morphoscopie

La morphoscopie consiste à l'observation à la loupe binoculaire des grains de sables dans la fraction supérieure à 200 microns afin de déterminer les types de formes et les états de surface. Ceci afin de savoir le ou les agents responsables du transport et les modalités par lesquelles il s'effectue.

a) Morphoscopie des dunes blanches

Estran : domination des CA (38%), et une grande importance des AR et O (42%), résultat des modifications que les grains ont subi lors de leur transport en suspension par l'eau de mer.

Rupture de pente : domination des CA (37%) et croît des AR (28%) lié toujours à la proximité de la mer

Crête : Forte proportion des CA (48%) eu égard à l'importance du vent de la côte

Zone d'accumulation : CA et AR (77%) s'explique par les modifications liés aux entrechoquements des particules lors de leur transport en suspension par le vent fort du large. Les types de formes renforcent la thèse des modifications subies lors du transport des grains.

Estran : domination des MC (46 %) et des L (23 %) lié à l'usure par l'eau de mer salé

Rupture de pente : domination des ME (36%) quoique les MC demeurent importants.

Crête : Domination des ME (47%) lié à l'agressivité des vents eu égard à leur vitesse, baisse des MC (14%) et croît des PL (22%) liés aux picotements induits par les entrechoquements.

Zone d'accumulation : domination des ME et PL (69%) quoique les MC demeure important.

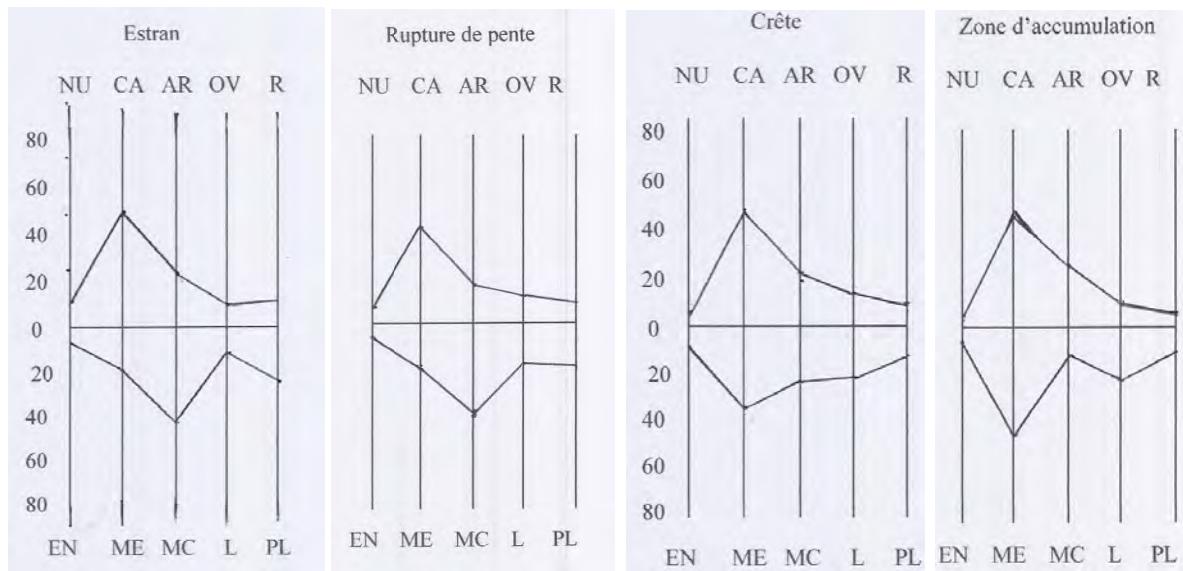


Figure 18 : Analyse morphoscopique des dunes blanches

En somme l'analyse morphoscopique des particules de sables des dunes blanches est révélatrice d'une domination des actions chimiques qui explique l'importance du façonnement marin. Mais à mesure qu'on s'éloigne de l'estran, l'influence de la mer se ramollie par les actions éoliennes et les ME prennent le dessus.

b) Morphoscopie des dunes jaunes

L'analyse morphoscopique des dunes jaunes peut se faire sur la base des figures ci-dessous.

Zone de départ : Domination des CA (47%) et des AR (26%) lié à la célérité des vents sur les dunes jaunes dénudées et faible proportion des R aux environs de 3%.

Aire de déflation : Augmentation des CA (55%), légère baisse des AR (19%) et O (15%).

Crête : Grande domination des CA (59%), faiblesse des NU (>5%) et des R

Zone d'accumulation : Summum des CA (62%), suivi des AR (23%), faiblesse des NU et quasi disparition des R.

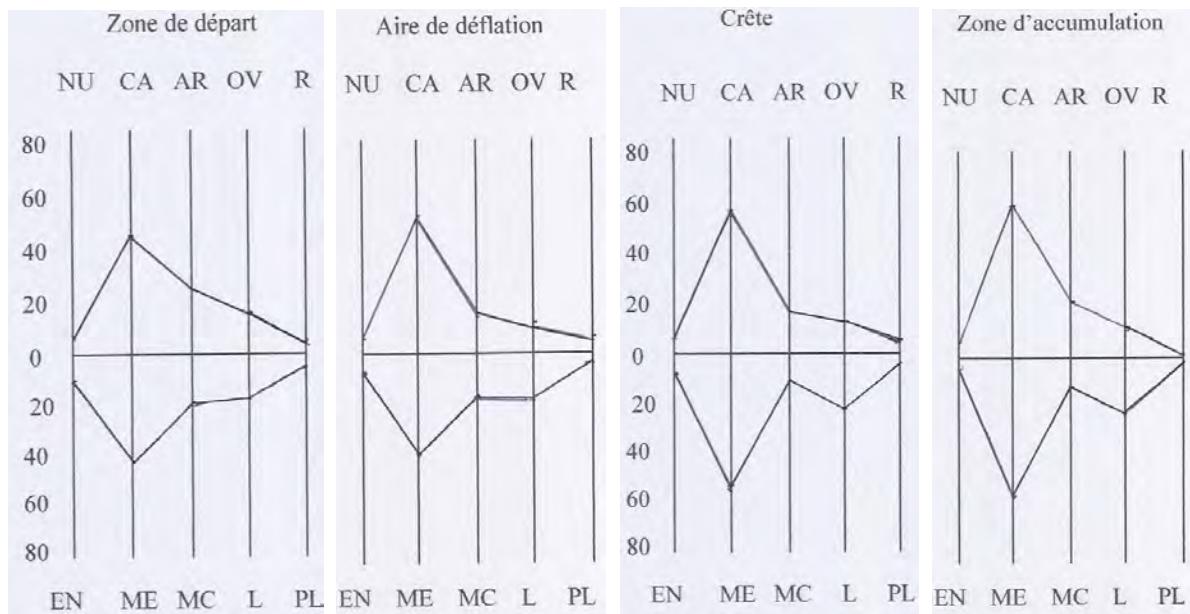


Figure 19 : Analyse morphoscopique des dunes jaunes

Ici prédominent les actions éoliennes, d'où l'importance des CA et des AR qui témoignent des modifications orchestrées par le vent à l'absence d'un écran végétatif ligneux. On note également une faible proportion des NU qui s'explique par l'importance de l'usure éolienne. Le fléchissement des O et R est tributaire de l'avancée sur les dunes internes.

Maintenant analysons les résultats obtenus à partir des états de surface des dunes jaunes.

Zone de départ : Domination des ME (42%), part modérée des MC (18%) qui voisine les PL (17%).

Aire de déflation : Forte proportion des ME (53%) et des PL, tendance des MC (17) est à la baisse

Crête : Domination des ME (57) et croît des PL (21) et baisse des autres

Zone d'accumulation : ME et PL dominants (79%), rareté des L (2%).

Ce qui découle de cette analyse qu'il y'a une forte modification des grains de sables dues à l'usure par le vent qui se fait largement dégradant à l'arrière de la bande de filao bien que sa puissance à la côte soit plus importante.

En somme, l'examen morphoscopique des grains de quartz révèle que le vent et l'eau sont les deux agents d'érosion sur le littoral de Mburo. Durant leurs transports, les particules sableuses subissent des modifications liées à l'action de ces deux agents. En effet, la mer est responsable du polissement des particules lors de leur transport en suspension. A l'inverse, le vent est responsable des picotements et entrechoquements des grains de quartz qui finissent par prendre les formes suivantes : CA et AR et est l'agent principal dans l'édification des dunes.

III-2 L'analyse chimique

L'analyse chimique a permis de déterminer les caractéristiques suivantes que sont le potentiel d'hydrogène, la conductivité, le dosage carbonique et le rapport carbone sur azote.

III-2-1 Mesure du potentiel d'hydrogène ou pH

La mesure du pH d'un sol permet de déterminer son degré d'acidité, d'alcalinité et de neutralité. Ce degré est fonction de la concentration des ions présents dans la solution sous forme d'ions H^+ libres ou bien sous forme d'ions H^+ qui contrairement aux premiers sont échangeables. Ces derniers sont fixés par les substances colloïdales du sol. Ce qui fait qu'on mesure le pH pour connaître les modifications qui sont intervenues au cours de son évolution qui dépend de son complexe argilo-humique. En effet suivant sa valeur, on aura :

- Un sol basique si le pH < 7;
- Un sol neutre si le pH est égal à 0 ;
- Et un le sol est acide ou alcalin si le pH est > 7.

a) Protocole

On a d'abord pesé 20 gramme de sable pour chaque échantillon auquel on a ajouté 50 ml d'eau distillée. Ensuite on a fait agiter grâce l'appareil destiné à cet effet (agitateur) pendant une heure. A la suite de quoi, on a mesuré le pH grâce à l'appareil pH Mètre GLP 21 qui nous a donné les résultats suivants :

Tableau 14 : Résultats du pH des sols

Sites	Estran	RP DB	Crête DB	PB DB	ZD DJ	AD DJ	Crête DJ	ZR DJ
pH	7,30	7,10	7,00	6,90	6,60	7,10	6,80	6,50

Les valeurs obtenues tournent autour de 7, ce qui fait que dans l'ensemble des sols neutres Le rôle du pH concerne les plantes dont certaines ont un pH préférentiel qui influence la disponibilité des éléments nutritifs de la plante. Ce qui fait qu'il est admis que c'est entre un pH de 6 à 7 que la majorité des éléments se trouvent dans des conditions acceptables. Lesquels éléments favorisent le développement des végétaux.

III-2-2 Mesure de la conductivité du sol

A la suite de la mesure du pH, on a ajouté à la même solution 150 ml d'eau distillée. De la même manière on a placé la solution sur l'agitateur pendant une trentaine de minutes. A la suite de quoi, on a pu déterminer la conductivité grâce au Conductimètre GLP 31 qui permet de mesurer le degré de salinité d'un sol grâce à la présence des ions sodiums.

La conductivité de nos échantillons de sols s'est révélée pauvre car il faut une valeur de 200 à partir de laquelle on peut dire qu'on a des sols salins. La valeur la plus élevée est obtenue à l'estran (32) et dans le bas fond des dunes blanches (31). L'on se rencontre que la conductivité diminue de l'estran pour atteindre 5 dans les surfaces déprimées des dunes jaunes. Ce qui permet d'avancer que la salinité des sols est d'autant plus accusée à mesure qu'on se rapproche de la côte et inversement en baisse à mesure qu'on s'en éloigne. Ce qui toutefois est insuffisant pour dire que la seule proximité de la mer ne permet pas de dire qu'un sol est salin (cas de l'estran pauvre en sel). En effet la salinité d'un sol dépend surtout des propriétés iso-humiques du sol ce qui fait qu'il est plus facilement conservée dans les argiles.

En raison de la nature des matériaux à dominante sableuse et suite au lessivage de l'eau de mer, ces facteurs se combinent pour expliquer la pauvreté des sols dunaires en sel. Mais l'explication la plus rationnelle est liée au moment des prélèvements durant le mois d'Août où les fortes pluies de ce mois viennent tempérer la salinité au niveau de l'estran.

III-2-3 Détermination du carbone par la méthode Walkley et Black modifiée

Le dosage de la matière organique est réalisé par la détermination de l'un de ses constituants à savoir le carbone organique, qui est estimée à 58% de la matière organique.

- Balance de précision à 0,01g ;
- Fioles coniques de 300 ml à large ouverture, soit 1 par échantillon

Eau déminéralisée, Acide sulfurique et bichromate de potassium, sulfate d'aluminium

a) Protocole

On a d'abord pesé 1g de sable pour chaque échantillon vu la faible teneur de matière organique, la norme étant de 0,5 g. En effet, plus la terre est riche en matière organique, plus la prise d'essai -qui est déterminée en fonction de la couleur de la terre- sera faible. Ce qui fait qu'un sol sombre est synonyme de richesse en matière organique. Le principe est le suivant :

- On a d'abord ajouté 20 ml de bichromate de potassium (3.3.7) à la pipette à chaque fiole conique de 300 cl contenant 1g de sol ainsi qu'une fiole témoin ;
- à la solution, on a ajouté 20 ml d'acide sulfurique p.a (3.3.2) que l'on agité et placé dans un four. On a laissé reposer pendant 30 minutes ;
- à la fin du temps, on ajoute 150 ml d'eau déminéralisée pour arrêter la solution ;
- ensuite on a ajouté du fluore de sodium en raison de 1 g par échantillon ;
- puis quelques gouttes de diphénylamine ;

- puis on a posé la solution sur l'agitateur avec ajout de sel de Mohr jusqu'à ce que la solution devienne verte. Et en fonction de la quantité de sel de Mohr on détermine le volume de carbone V. La valeur de carbone blanc étant fixe (21).

Les résultats ont donné le tableau suivant :

Tableau 15 : Résultat du taux de carbone des sols

Sites	Estran	RP DB	Crête DB	ZA DB	ZD DJ	AD DJ	Crête DJ	ZR DJ
%C	0,093	0,056	0,074	0,111	0,019	0,056	0,037	0,149

Les résultats obtenus sont tous inférieurs à 1, ce qui témoigne de la grande pauvreté des sols dunaires en carbone. Et c'est cette carence en carbone qui explique que certaines espèces végétales sont éliminées d'office.

La détermination de la matière organique s'est faite grâce à l'application de la formule suivante :

$$\frac{3,9 (10-Vt)}{10 P} = \frac{0,39 (10-Vt)}{P} = \text{p g C/100 g de terre}$$

Soit 3,9 : 1ml de bichromate de potassium correspond à 3,9 mg de carbone par excès

P : 1 g de terre

T = 10 : Volume de la solution de bichromate de potassium

V = Volume versé de solution de sel de Mohr

t = La concentration de la solution de sel de Mohr (t = 10/T)

En somme les sols des dunes littorales de Mboro se présentent sous la forme de sols neutres et non salins durant la période hivernale. Mais aussi d'une grande pauvreté en matière organique ce qui explique la spécificité de sa zonation végétale limitée à quelques espèces.

Tableau 16 : Récapitulatif des résultats d'analyses des échantillons de sol

ECH	PROF	pH	CE	%C	MO	N %	C/N	Granulométrie
Estran	0-20 cm	Neutre	Non salin	Très pauvre	Très pauvre	Très pauvre	Bonne minéralisation	Sols sablonneux à dominance moyenne
RP DB	0-20 cm						Bonne minéralisation	
Crête DB	0-20 cm						Bonne minéralisation	
ZA DB	0-20 cm						Minéralisation lente	
ZD DJ	0-20 cm						Minéralisation rapide	
AD DJ	0-20 cm						Bonne minéralisation	
Crête DJ	0-20 cm						Bonne minéralisation	
ZA DJ	0-20 cm						Minéralisation lente	

Ces sols par contre bénéficient d'une bonne minéralisation dans leur ensemble à l'exception des points bas où la minéralisation lente est liée à la présence des matières végétales.

La dynamique des systèmes dunaires à l'échelle de Mboro est le résultat de trois dynamiques qui se manifestent par une dégradation pédologique et végétale. On a d'une part les agents marins responsables du transport des sédiments qu'ils accumulent à l'estran qui est la source d'approvisionnement en sable. D'autre part l'impact des paramètres climatiques favorise l'assèchement des particules sableuses qui sont reprises par le vent pour favoriser l'avancée des dunes. A ces facteurs déclencheurs, s'ajoutent des facteurs aggravant perceptibles à travers l'action de l'homme par le biais de sa dynamique démographique, de l'agriculture et de l'élevage, et des coupes orchestrées sur la bande de filao. L'impact de l'homme favorise la dégradation de la flore qui assure la pérennité de la bande de filao. En somme, l'équilibre du milieu est lié à une relation complémentaire entre les éléments physiques et l'homme faute de quoi toute tentative de stabilisation des dunes est vouée à l'échec. Et c'est la rupture de cet équilibre qui est à l'origine de la dynamique des massifs dunaires à Mboro qui se manifeste par une avancée des dunes sur les terres de culture et son corollaire qu'est l'ensablement.

TROISIEME PARTIE

Manifestations de la dynamique et Politiques de reboisement sur le littoral de Mboro

Chapitre I : Les manifestations de la dynamique des systèmes dunaires

A l'échelle de la Grande côte, les dunes constituent des formations naturelles qui présentent un risque pour les populations et leurs activités. Ce risque lié à la dynamique des systèmes dunaires se manifeste par une avancée des dunes et un ensablement des surfaces déprimées. Cette dynamique est aujourd'hui exacerbée par la nature des matériaux, à l'état de la couverture végétale et surtout à l'impact de l'homme. Sur le littoral de Mboro, la remobilisation des massifs dunaires se manifeste par un déplacement frontal des systèmes dunaires littoraux vers l'intérieur des terres et l'ensablement des cuvettes maraîchères qui n'est que la résultante de cette avancée. Le tout favorisé par le dépérissement végétatif qui se manifeste par une diminution des surfaces arables comme l'illustre le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Manifestations de la dynamique des dunes sur le littoral de Mboro

Erosion éolienne	Réponses	Pourcentage
Non réponse	1	0,4
Ensablement des cuvettes	86	31,9
Avancée des dunes	86	31,9
Dépérissement végétatif	32	11,9
Diminution des surfaces arables	65	24,1

Source : Enquêtes Faye (Août 2013)

I L'avancée des systèmes dunaires

Malgré les mesures entreprises pour freiner la remobilisation des dunes par la succession des programmes de reboisements, cette situation quoique moins vigoureuse demeure persistante. Mais cette avancée est assujettie à la réunion de conditionnalités à savoir la disponibilité d'un manteau sableux et un vent fort d'autant plus efficace que le sol est mal protégé par une couverture végétale. A ce titre, disait Ottman (1965) : « lorsque la dune a atteint une certaine hauteur définie par la force du vent et la nature des sables, elle cesse de croître en altitude et commence à se déplacer dans le sens du vent ». A ce titre a été avancée que : « La variation de vitesse la plus importante s'observe dans les premiers millimètres ou centimètres au-dessus de la surface. C'est la couche de turbulence puisque 95% du sable déplacé par le vent l'est dans les 30 premiers centimètres au-dessus de la surface du sol (FAO, 1983).

Ce sont les tourbillons créés qui entraînent le déplacement de particules. En effet le vent en tourbillonnant voit sa célérité multiplier par cinq, ce qui augmente son efficience. Cette migration des dunes est favorisée par le renforcement du vent, la dégradation du couvert

végétal, les coupes clandestines et la surcharge pastorale dont le graphique suivant permet de mieux apprécier les principales causes de la remobilisation des ensembles dunaires.

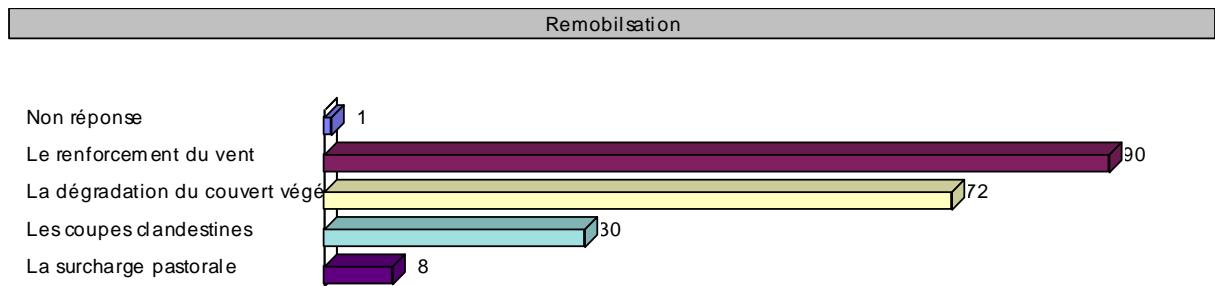


Figure 20 : Principales causes de la migration des dunes

En effet, la migration des dunes atteint son paroxysme en période sèche, où l'érosion éolienne exerce pleinement son action et contribue à la migration des dunes blanches et jaunes. Selon Sall (1971), cette vitesse de propagation serait de 2 à 11 m par an. Chiffres revus en baisse par Tangara (1997) qui soutient que la vitesse de migration des dunes blanches serait de 2,8 à 9,3 m par an en 1994. Ce qui explique que les programmes de reboisements se soient portés sur les dunes blanches au détriment de celles jaunes. Mais aujourd’hui le danger le plus inquiétant provient de la remobilisation des dunes jaunes semi fixées à l’intérieur desquelles on a les cuvettes des *Ndioukis*. Et ce sont ces dunes malgré leur nature vive qui sont les portes drapeaux de l’avancée et de l’ensablement favorisés par l’importance des surfaces dénudées à l’arrière de la bande de filao à Mboro.

a) Séquence d'avancée des dunes blanches

En raison de leur grande vivacité, les dunes blanches ont fait très tôt l’objet de fixation par la plantation d’une bande de filaos qui s’étire le long du littoral de Mboro sur une largeur de 200 à 300 mètres. Ce qui fait que malgré leur nature vive, une grande partie de ces dunes ont été fixées par la végétation. N’empêche des dynamiques d’avancée s’observent :

- sur les parties des dunes blanches dégradées liées à la vieillesse de la bande de filaos ;
- à l’arrière de la bande de filaos où la reprise de l’activité éolienne se fait menaçante ;
- sur les maisons situées le long de la mer à Médina Khondio et Mboro/Mer par l’envahissement des murs de clôture par les sables.

En somme les reboisements ont permis de freiner considérablement la marche des dunes blanches quoique des dynamiques persistent sur les poches dénudées de végétation (Cf. photos 13 à 22).

a) La séquence d'avancée des dunes jaunes

Les dunes jaunes malgré leur nature semi vives sont à ce jour les principales responsables de la dynamique des dunes du fait qu'elles n'ont été prises en compte que tardivement dans les programmes de reboisements. La bande de filaos qu'elle porte ne date que d'une dizaine d'années d'où l'importance de ses surfaces nues. L'autre fait est lié à l'effet de la bande elle-même qui en opposant un blocus au vent de la côte, diffère son impact sur les dunes jaunes rendant plus dynamique l'action de l'érosion éolienne.

Ceci permet d'avancer que la cause de la remise en marche des dunes jaunes est en partie liée aux réponses conjoncturelles qui ont été initiées pour freiner l'action du vent. Lesquelles se sont appesanties sur les dunes blanches au détriment des dunes jaunes. Cela s'est manifesté par une reprise de l'action éolienne au-delà de la bande sur les dunes jaunes négligées. Ce qui fait qu'aujourd'hui que ce sont ces dunes jaunes les responsables de la migration des dunes, de l'envahissement des surfaces déprimées et à l'origine de l'ensablement des cuvettes.

Toutefois l'efficience du vent n'est pas pérenne car son action s'amenuise au fur et à mesure que l'on s'éloigne sur le continent. D'ailleurs c'est en ce sens que Coque (1977) disait :

« Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rivage (...), l'amollissement du vent, la diminution de l'alimentation en sable, et surtout l'efficacité croissante de l'action stabilisatrice de la végétation ralentissent l'avancée des dunes mouvantes, puis les fixent en dehors de tout obstacle dressé par le relief».

En un mot, l'avancée de dunes a pour cause principale l'érosion éolienne dont le travail est facilité par l'état de dénudation végétative, la diminution des précipitations et l'impact de l'homme sur les ressources floristiques et les modes de mise en culture inadaptées.

I-3 Comparaison de l'avancée des dunes avant et après reboisement

Avant l'intervention des programmes de reboisement, il y'avait une grande vigueur des dunes blanches et jaunes. D'où la dynamique des migrations et de l'ensablement des cuvettes : *Niayes* et *Ndioukis*. L'intervention des programmes de reboisement par la plantation de la bande de filaos a permis de freiner considérablement l'effet du vent sur les dunes blanches, de stabiliser les sols et d'amoindrir considérablement l'ensablement des Niayes à tel point que ce phénomène a disparu sur la majeure partie du littoral de Mboro.

Photo 1 : Dunes blanches avant reboisements Photo 2 : Dunes blanches après reboisements



Source : Les domaines phytogéographiques du Sénégal Source : C. A. T. Faye (Août 2013)

I-4 Apport de la source orale

Le témoignage recueilli auprès de père Bâ 67 ans, demeurant à Mboro Bono avance que : « Avant l'intervention des reboisements, [années 1970], l'avancée des dunes était telle qu'ils n'utilisaient pas les ânes et que les passages empruntaient aujourd'hui étaient obstruées par les dunes le lendemain. Certains puits étaient ensablés au bout de quelques jours et que l'ensablement menaçait gravement les Niayes ».

Toujours selon Bâ: « l'avancée des dunes menaçait en sus de la zone des Niayes, les habitations à telle point qu'on avait l'impression d'entrer dans une Kamb²⁰ en pénétrant dans sa chambre, et qu'il était fréquent que des habitations croulent sous le poids de la poussée des dunes. Et qu'en raison de ce fait, personne n'osait construire en dur même si on avait les moyens de le faire ».

Aujourd'hui encore on assiste encore à l'ensablement d'importantes surfaces, le comblement de puits qui et la modification des dunes mineures. La migration frontale des dunes s'est certes ralentie avec l'intervention les reboisements qui ont occasionné la fixation de la majeure partie des dunes blanches. Et plus récemment les dunes jaunes ont été ciblées dans les reboisements. Mais des mesures restent à faire pour réduire les espaces de dunes jaunes non couvertes par une végétation. Comme conséquence directe, l'avancée des dunes entraîne l'ensablement des surfaces déprimées destinées dans leur grande majorité à la pratique horticole.

²⁰ Kamb que l'on peut traduire ici par cuvette

II L'ensablement des cuvettes interdunaires

L'ensablement est lié à l'accumulation par le vent ou les eaux de sables qui envahissent les surfaces déprimées des terres de culture des cuvettes maraîchères ou le long de bord d'eau. A Mboro l'ensablement est surtout le fait du vent qui assure le triple rôle d'agent érosif, de transport et d'accumulation. Cet ensablement s'accompagne de conséquentes perturbations aussi bien économiques et sociales en ce sens qu'il demeure le moyen d'expression de la désertisation et de gain de surfaces suite à l'avancée de surfaces dénudées, c'est en ce sens qu'il est dit que l'ensablement constitue souvent l'une des manifestations les plus spectaculaires de la désertification, et de nombreux pays à longue saison sèche connaissent ce phénomène qui peut prendre les dimensions d'un véritable fléau (FAO, 1983).

II-1 Apparition de l'ensablement à Mboro

L'apparition de l'ensablement dans la localité de Mboro passe par l'observation de la figure suivante :

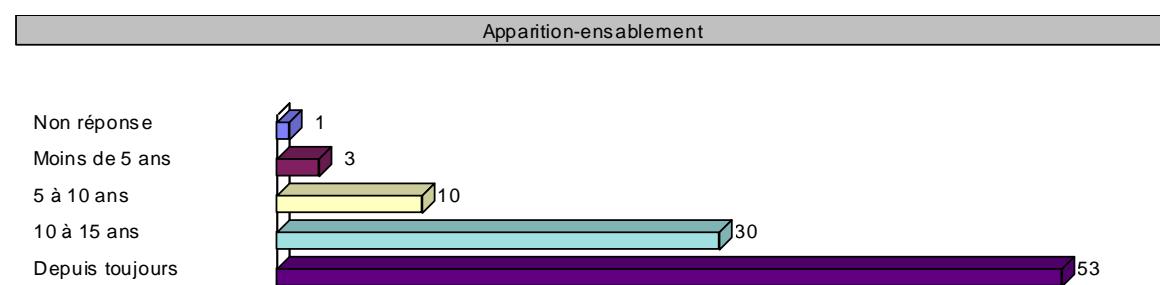


Figure 21 : Apparition de l'ensablement dans la localité de Mboro

Suivant les réponses, 54,6% des personnes enquêtées soutiennent que l'ensablement remonte depuis toujours contre 30,9% qui le situent au maximum à 15 ans pendant que le reste prône moins de 10 ans. Cette différence de réponse peut s'expliquer par le fait de la migration surtout qui fait que les réponses recueillies reflètent surtout la date d'implantation à Mboro pour la majorité des personnes enquêtées. Mais demeure vraie que l'ensablement est séculaire à Mboro comme fait incontesté d'ailleurs constaté dans les écrits anciens notamment dans les travaux de Guilcher (1954). Toutefois l'impact de l'ensablement dans sa forme virulente a été boosté à la suite des épisodes de sécheresse des années 1968-1973.

II-2 Les conditions de l'ensablement

En somme l'ensablement est conditionné par des facteurs pédologique et anémométriques lesquelles dépendent de la réunion des conditions climatiques, géomorphologiques et biogéographiques qui favorisent son expression à plusieurs égards :

- au plan climatique, l'ensablement est favorisé par l'existence sur ce tiers ouest littoral de pluies faibles et irrégulières et de l'importance des vents du large ;
- au plan pédologique par l'existence d'un substrat sableux en renouvellement sur la plage. Lequel est constitué de sols squelettiques faits de matériaux cohésifs facilement mobilisables par le vent ;
- au plan géomorphologique par le milieu dunaire lui-même donnant lieu à une alternance de crêtes et de dépressions qui fait que le transport latéral des particules s'effectue sur les versants de la dune pour se retrouver dans les dépressions ;
- au plan biogéographique par l'état la non couverture de certaines dunes par un développement végétatif important pour s'opposer au transport éolien ;
- et sur le plan anthropique par l'impact de l'homme sur le couvert végétal.

Cet ensablement est à la fois autochtone et subautochtone alimenté par les sables dunaires de même composition depuis l'estran et qui se manifeste en été car durant la période des pluies, la grande porosité du matériel sableux empêche le ruissellement de l'eau.

II-4 Manifestations de l'ensablement

Cet ensablement se manifeste par des accumulations sableuses, lors de leur déplacement ensevelissent les cultures et les zones déprimées. Ses retombées économiques portent sur les rendements et les niveaux de revenus des producteurs par la diminution des surfaces de culture. Mais l'ensablement est aussi lié à la nature de la dune qui est d'avancer tant qu'elle n'est fixée par une végétation. Ce qui fait dire à Dia (2000) que « l'ensablement de la zone des Niayes n'est pas toujours ni nécessairement le résultat d'une péjoration climatique qui ne contribue qu'à l'aggraver, mais il est d'abord et fondamentalement le produit de la mise en place encore inachevée des dunes littorales ». Poursuivant, Dia (2000) identifie des couples morphogénétiques dont l'un est l'espace vecteur et l'autre l'espace victime de la contrainte : couple dunes vives-ndioukis, dunes jaunes remaniées-cuvettes interdunaires, dunes rouges ogoliennes-niayes ogoliennes. Selon lui ce sont par ces couples que s'effectuent l'ensablement des cuvettes et les *Niayes*.

Une réserve peut toutefois être émise à l'encontre de la thèse de Dia du fait que l'ensablement des *Niayes* a été largement freiné à Mboro grâce aux reboisements. Aujourd'hui, cet ensablement concerne les couples dunes vives-ndioukis et dunes jaunes remaniées-cuvettes interdunaires et se manifestent selon les maraîchers par la formation de nouvelles dunes sur les surfaces de culture d'autrefois.

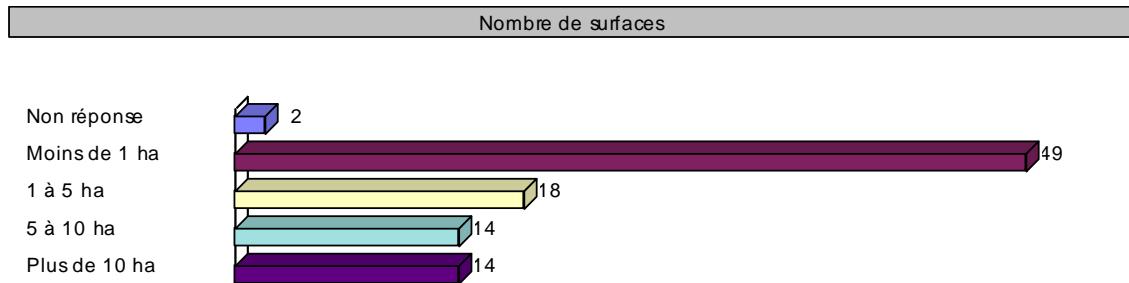


Figure 22 : Pertes des surfaces dues à l'ensablement

En effet 50,5% des maraîchers affirment que l'ensablement a englouti moins d'un ha de leurs aires de culture. Tandis que 18,6 % avancent un chiffre inférieur à 5 ha mais, ceci est lié au fait que certains agriculteurs sont détenteurs de plusieurs terres à des lieux différents. D'autres par contre donnent un chiffre global des aires perdues dans leur localité. Face à la diversité des réponses, nous nous sommes rabattus sur celle du Sergent Traoré des Eaux et Forêts qui avance une perte de 100 ha de terres du fait de l'ensablement sans préciser l'intervalle de temps afin que nous puissions établir une dynamique. N'empêche, l'ensablement entraîne:

- l'abandon de champs englouti sous les sables qui entraîne la baisse des niveaux de production ainsi que les rendements des maraîchers ;
- et un comblement de puits comme nous pouvons l'observer ci-dessous.

Photos 3 et 4 : Comblement de puits et développement végétatif



Prise de vue C. A. T. Faye (Août 2013)

Pour avoir un aperçu sur l'évolution des surfaces concernées, analysons le tableau en dessous

Tableau 18 : Evolution de la surface des unités géomorphologiques à Mboro

Unités	Couverture aérienne de 1978	Couverture aérienne de 1989
Dunes Blanches	675	630
Dunes Jaunes	720	747
Niayes	954	945
Dunes Rouges (O)	1701	1701

Source : Enquêtes A. Diop (1999)

Sur la base de ses chiffres ce qui se laisse voir est que :

- il y'a une régression de 45 ha de la bande de dunes blanches grâce au reboisement ;
- les dunes jaunes se sont élargies de 27 ha soit une avancée de 2,45 ha par an ;
- une régression de 9 ha de la zone des Niayes par rapport à 1989 ;
- La surface des dunes rouges non remaniées demeure la même.

Les résultats montrent que l'ensablement des cuvettes maraîchères provient de la dynamique des dunes jaunes. Mais aujourd’hui, le phénomène de l'ensablement des ne se manifeste que faiblement à Mboro. Il est plus actif dans les secteurs de Lompoul et de Kayar et résulte selon M. Ndao (2012) : « des vents de secteur NNW dominants [qui] contribuent à l'ensablement des cuvettes maraîchères et à la réduction des surfaces cultivables ».

En somme le phénomène d'ensablement à Mboro concerne surtout les dunes jaunes qui sont les porteuses de la dynamique d'avancée et d'ensablement des cuvettes maraîchères du fait de leur intégration tardive dans les programmes de reboisement, de leur intégration tardive dans les programmes de reboisement, de l'état de la couverture végétale, de l'impact de l'homme et de l'importance des surfaces concernées à Mboro Bono, Golgaïndé et à Mboro/ mer.

Chapitre II Politiques de reboisement sur le littoral de Mboro

I Les programmes de reboisement

En vue de renverser la dynamique des systèmes dunaires et son corollaire qu'est l'ensablement de la zone des Niayes, les autorités coloniales dès 1925 ont entrepris des programmes de reboisement en vue de « contribuer à l'arrêt du processus de désertification qui sévit tout le long du littoral Nord du Sénégal par l'établissement d'un front continu de verdure qui arrêtera la progression des dunes vers l'intérieur du pays et aidera d'une manière permanente à la stabilisation de l'écosystème. (Rapport final, Projet UNSO/SEN 89/01).

La recrudescence des sécheresses qui frappait le Sahel durant la période 1968 à 1973 suscita l'intérêt des problèmes de l'environnement. L'accent sera mis sur la lutte contre la désertification causée selon eux par les changements climatiques et la déforestation. Dans cette perspective, les bailleurs créèrent le Club du Sahel qui dès 1973 mirent sur pied le Comité Inter Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS). C'est dans cette optique qu'ils financèrent à grande échelle la plantation d'*Eucalyptus* dans la région de Thiès ainsi qu'un projet de stabilisation de dunes dans les Niayes.

D'autres projets suivront avec l'implication de l'USAID et/ou de pays étrangers comme le Canada et le Japon auxquels suivront les Programmes de Reboisement du Littoral (PRL). Ces programmes avaient pour objectif de freiner l'avancée des dunes et l'ensablement des cuvettes, afin de « produire un impact positif sur l'environnement, l'économie et la production agricole au Sénégal » (MEPN, 1997). Les actions qui ont été menées tournent autour de l'installation des haies vives, des brise-vents, des fascines (contre l'ensablement par *Guiera senegalensis*) et par des rideaux d'arbres.

I-1 Objectifs du reboisement

Les programmes de reboisements initiés sur le littoral se sont fixés une pluralité d'objectifs dont les principaux sont :

- la protection du potentiel maraîcher de la zone des Niayes pour une meilleure mise en valeur des cuvettes maraîchères par la fixation des dunes ;
- la lutte contre l'ensablement des dépressions interdunaires (*Niayes et Ndioukis*) ;
- la protection des sols par l'établissement des brises vents pour freiner l'impact de l'érosion éolienne, leur enrichissement et leur récupération par régénération biologique en favorisant la consolidation du couvert végétal par le reboisement ;

- la production de bois de chauffage en vue d'une gestion durable des ressources assurant le double rôle de protection et d'usage ;
- la contribution à la sécurité alimentaire du Sénégal d'autant plus que les *Niayes* assurent 80 % des demandes en légumes du pays.

Ces objectifs se trouvent inscrits au cœur des documents de planification (PNAT, le Code forestier et le Plan Directeur de l'Environnement etc.). Dans cette optique « La lutte est alors dirigée contre l'accélération de l'érosion éolienne (...) principalement due à la destruction de la couverture végétale, [ce qui fait que] le remède devrait logiquement se trouver dans la restauration d'un couvert comparable, en quantité et en efficacité, à celui qui existait naturellement » (FAO, 1960).

I-2 Panorama des programmes de reboisement sur la Grande Côte

Les premières actions de lutte contre l'ensablement des cuvettes maraîchères remontent en 1925 sur l'œuvre du service colonial de l'agriculture. Mais les premières opérations de fixation des dunes sur le littoral remontent en 1947. C'est ainsi qu'une série de projets se succèdent à la suite des indépendances.

Le projet de fixation des dunes de Kébémer en 1975 qui a été réalisé par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Ce projet avait entre autres objectifs la fixation des dunes vives ainsi que la protection des cultures maraîchères et a été réalisé sous la direction de la FAO. Ce projet sera suivi par celui du P.N.U.D-SEN 73/ 012 qui a permis le reboisement de plus de 100 km de côtes par du Casuarina et de l'Eucalyptus.

En 1976 débute le projet de Fixation des Dunes et Protection des cuvettes maraîchères du Gadiolais qui sera relancé sous le nom de Projet Autonome de Fixation des Dunes du Gadiolais qui va concerter les Niayes du Nord. En 1978 débute le Projet de Fixation des Dunes de Kayar qui intéresse cette fois le littoral Sud. Ce projet a été réalisé grâce au financement de l'USAID. Il sera suivi dès 1981 par le projet UNSO Lompoul/Kébémer.

Intervention de PL 480 en 1982 qui concerne le littoral médian notamment la région de Thiès comprenant Kayar et Mboro entre autres. Projet de Fixation des dunes de Khondio grâce à la Coopération japonaise ou JICA. Ce projet a permis la réalisation de la carte Louga 1a ND-28-XX. En 1988, le PL 480 sera phagocyté par le Projet de Conservation des Terroirs du Littoral Nord pour finalement se résumer à l'appellation de CTL. D'autres suivront notamment le Projet de Mise en Œuvre du Plan d'Aménagement de la bande de filao (PMOPA), mais aussi le Projet d'Aménagement et de Développement Economique des Niayes (PADEN). Ce projet comprenait

deux volets notamment un volet forestier et un volet horticole. CTL 1988/ 89 S'est déroulée en deux phases, projet japonais sous forme de don non remboursable. Projet de Gestion Intégrée des Ecosystèmes du Sénégal (PGIES) 2003-2011, il s'est déroulé en deux phases, la troisième phase est en attente. Projet forestier 2012-2014 de Fixation des dunes du Littoral et de la Réhabilitation de la bande de filao. Et enfin les PRL de Mboro en 2006

La vulgarisation des programmes de reboisement a été boostée par une sensibilisation à l'éducation environnementale grâce à la promotion des périmètres de reboisements villageois.

Tableau 19 : Acquis des Programmes de reboisements de 1981 à 1997

Année	Plantations massives	Plantations en régie	Plantations communautaires	Mis en défense /Régénération naturelle	Plantations linéaires en km
1981	9300	4835	4465	0	195
1982	9711	4900	4811	0	221
1983	9800	4700	5100	0	234
1984	8172	1524	6648	0	218
1985	23140	5740	17400	0	246
1986	22849	4239	18610	0	229
1987	19370	2264	17106	0	378
1988	19932	1908	18024	0	393
1989	21327	1605	19722	0	321
1990	17584	6142	11442	0	3513
1991	20684	9112	11572	0	2006
1992	15915	8620	7295	7295	2543
1993	8793	958	2974	4861	5292
1994	9862	378	4992	4492	2436
1995	8722	230	4273	4219	2754
1996	8807	409	4063	4335	2373
1997	7267	173	4085	3900	2106
Moy	14190	3396	9564	4702	1498
Max	23140	9112	19722	7295	5292
Min	7267	173	2974	3900	195

Source : Rapport Annuels DEFCCS, Division Suivi, Evaluation 2010.

Tableau 20 : Acquis des reboisements entre 2005 et 2009

Année	Nombre de pépinières	Production de plants	Plantations massives (ha)	Plantations linéaires (km)
2005	2578	30 132 936	14 144	3 389
2006	3 383	27 883 352	12 688	4 088
2007	3 941	22 170 257	10 147	2 471
2008	2 853	19 740 153	12 351	1 979
2009	2 867	20 945 826	12 812	2 762

Source : DEFCC

Au chapitre des acquis, la zone des Niayes occupe le premier rang en termes de plantations massives, en particulier les plantations en régie. De nombreuses haies vives ont été également installées dans cette zone pour réduire les phénomènes d'ensablement des cuvettes maraîchères. (D. Diouf et al. (1998) cité par Ndao, 2012) Mais la réussite des reboisements dépend du choix des espèces.

I-4 Choix des espèces

Le choix des espèces sera dicté par les conditions climatiques et écologiques en fonction desquelles, les essences devront remplir la capacité de se développer dans un milieu dunaire pauvre en éléments nutritifs. L'espèce en question devra avoir un système racinaire pivotant et puissant qui facilite l'accès de l'humidité résiduelle du sol. En outre, elle devra être capable d'opposer une grande résistance aux vents ainsi que leur action abrasive sur les tiges et feuilles. Mais surtout dotée d'une rapide croissance et d'une grande faculté d'auto-régénération. Comme le soulève Ndiaye Paul (1994) :

« L'essence retenue devait être capable de s'adapter aux conditions littorales. Elle doit être capable de croître sur un sol pauvre et très peu cohérent, supporter les vents violents chargés d'embruns, résister à un ensablement partiel en raison de sa capacité de croissance dans des conditions particulières: proximité de la mer, effet des vents violents chargés d'embruns, présence d'un sol sablonneux peu fertile, et sans cohésion, et résistance à un ensablement partiel ».

Les espèces choisies devraient être halophytes et de préférence ligneuses. En effet elles doivent être en mesure de supporter la salure du sol et les embruns marins. Ce qui fait figurer le *Casuarina equisetifolia* parmi les espèces les plus adaptées au milieu littoral comme l'atteste Ndao M (2012) ;

Le filao ou *Casuarina equisetifolia* est un arbre pouvant atteindre une hauteur de 20 m, à large amplitude pluviométrique (250 à 2000 mm/an) ce qui fait qu'il s'adapte parfaitement aux rigueurs de la sécheresse dans le Sahel. S'y ajoute sa grande tolérance aux embruns marins ainsi que son adaptation aux sols minéraux bruts. Le caractère traçant de son système racinaire fait du filao le ligneux le plus approprié pour fixer le sol sur les dunes littorales et autour des «Niayes» comme brise vent (Ndao, 2012).

Le choix judicieux porté sur *Casuarina equisetifolia* est de permettre la mise en place d'un rideau d'arbres dense pour annihiler toute vigueur du vent de la côte afin d'assurer la fixation

du sol, la lutte contre l'avancée des dunes, de lutter contre l'ensablement et d'assurer la protection des cuvettes maraîchères etc. L'appréciation des populations sur l'efficacité de la bande de filaos a permis d'obtenir les résultats observables de la figure en dessous :

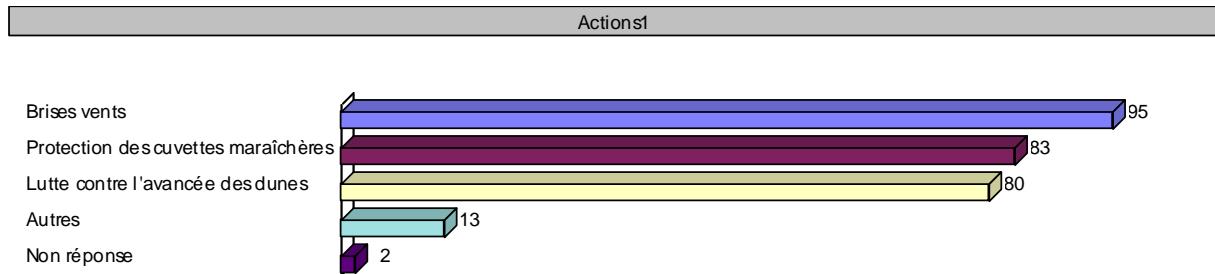


Figure 23 : Les différentes fonctions de la bande de filao

Le rôle de brise vent, de protection des cuvettes de culture et d'opposition à l'avancée des dunes de la bande de filao est attesté par l'appréciation positive faite par les maraîchers. Au regard de ses avantages, le choix du casuarina dans la fixation des dunes est plus que pertinente mais l'essence a également ses limites et qui sont le plus souvent décriés.

I-4 Les techniques de fixation des dunes sur la Grande Côte

L'objectif visé dans la fixation des dunes est d'empêcher le sable d'être remobilisé par le vent afin de permettre aux jeunes plants de croître et de stabiliser le sol. Au Sénégal, c'est la plantation linéaire qui est utilisée dans la fixation de dunes vives par *Casuarina equisetifolia*. Malgré la grande diversité des techniques, on distingue une fixation mécanique et biologique.

I-4-1 La fixation mécanique

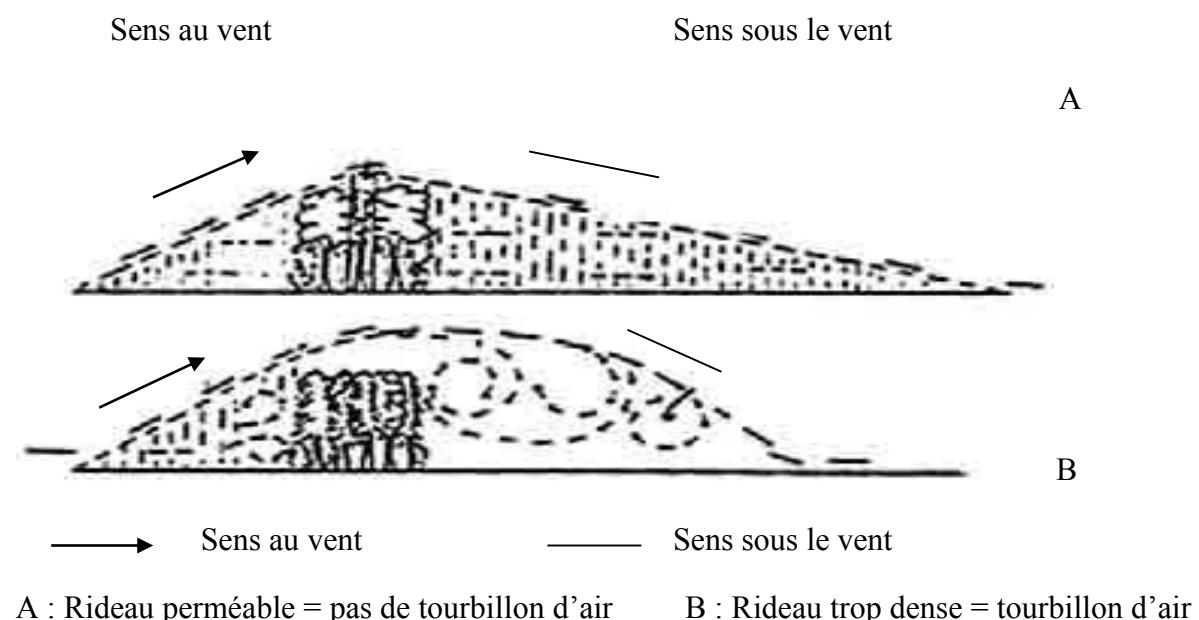
Il s'agit de dresser un obstacle pour freiner le mouvement du vent par l'érection de palissade et mettre en place une dune en arrêt. La palissade en question est un obstacle linéaire opposé au vent dominant pour en diminuer la vitesse et provoquer à son niveau l'accumulation du sable en mouvement (FAO, 1986). La palissade doit répondre aux normes suivantes : être perméable au vent pour favoriser le dépôt du sable sans possibilité de mouvement tourbillonnaire du vent et avoir une hauteur minimale de 1 à 1,20 m. Une taille plus importante ne se justifierait pas puisque 95% du sable déplacé par le vent l'est dans les 30 premiers centimètres au-dessus de la surface du sol (FAO, 1983).

Cette technique consiste à délimiter un réseau de protection par la mise en place d'un réseau de petites palissades ou fascines implantés perpendiculairement par rapport aux vents et dont la distance entre fascines est fonction de l'importance de la pente. Cette distance sera de 20 m si les pentes sont faibles et de 10 à 15 m si la pente est supérieure à 5%.

I-4-2 La fixation biologique

Après mise en place des fascines, il est désormais possible de procéder à : « Cette plantation [qui] se fait de préférence durant les mois de Juillet et Septembre pendant la période pluvieuse après un cumul de 40 mm de pluie (Bilan CTL sud, 1998). Le respect de ces dates permet de se passer de l'arrosage des jeunes plants car à ce stade ils n'ont pas encore un système radiculaire assez développé pour puiser l'humidité naturelle en profondeur. Les essences choisies doivent par ailleurs avoir une taille minimale de 30 cm. Une mise en défens de 3 ans est aussi nécessaire du fait de la vulnérabilité des jeunes plants.

Figure 24 : Techniques de fixation des dunes



Source : Centre technique forestier tropical

II Les modes de gestion

II-1 Cadre juridique

En Mars 1980 une initiative a été adoptée par l'IUCN en collaboration avec la FAO, le PNUE et l'UNESCO par la publication de la Stratégie Mondiale de Conservation des sols. Cette initiative a été renforcée par une Charte Mondiale des sols qui se fixent pour objectifs d'élaborer une technique de conservation des eaux et des sols qui passe par conscience des problèmes de l'érosion du sol par la collectivité et d'adopter une législation relative à la conservation des sols et des eaux au moyen de mesures législatives.

Au Sénégal, les orientations politiques en matière de gestion de l'environnement et des ressources naturelles sont régies par des documents stratégiques de référence : Plan National d'Action pour l'Environnement (PNAE), la Lettre de Politique Sectorielle sur l'Environnement, le Plan d'Action National de lutte contre la Désertification, le Programme National Forestier et la Loi d'Orientation Agro-sylvopastorale (LOASP). Ces documents de planification accordent leur priorité aux périmètres de reboisement ou de restauration qui sont des terrains dénudés ou insuffisamment boisés sur lesquels s'exerce ou risque de s'exercer une érosion grave, et dont le reboisement ou la restauration est reconnue nécessaire du point de vue agronomique, économique ou écologique. Ces terrains sont temporairement classés en vue d'en assurer la protection, la reconstitution ou le reboisement (Conservation de la biodiversité, ESEA, 2013).

Aujourd'hui la bande de filao bénéficie d'une classification temporaire contre l'agression anthropique dont la réussite passe par l'organisation des populations des terroirs traversés.

II-2 Organisation des populations locales

Les populations locales sont organisées au sein des Organisations Communautaires de Base (OCB) dont on distingue des ONG, des GPF et des groupements mixtes. Ces OCB sont aujourd'hui devenus de véritables leviers de développement aux tâches diverses. L'implication des OCB participent d'une gestion intégrée des ressources des terroirs.

Les groupements sont les plus dynamiques parmi les OCB intervenants dans les reboisements avec 44,5 % des observations, les GPF avec 34,2% et les ONG représenteraient 17,2 %.

L'implication des OCB dans les programmes de reboisement portent sur le renforcement de la bande. Ces derniers ont recours à leur propre gardien vu l'effectif réduit des agents des Eaux et Forêts qui ne peuvent à eux seuls assurer la surveillance.

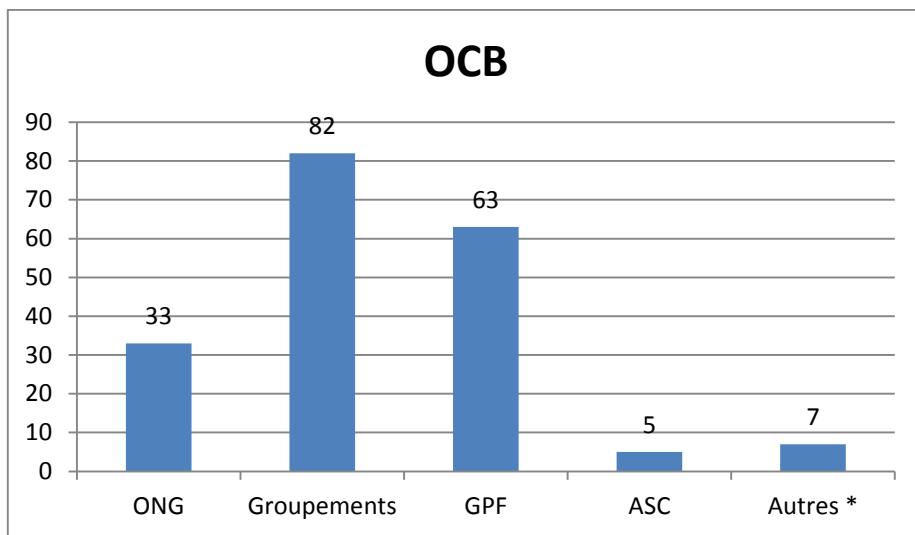


Figure 25 : Structures intervenant dans les programmes de reboisement

Source : Enquêtes C. A. T. Faye 2013

* Organismes : USAID, de pays partenaires : Japon (JICA) et Canada

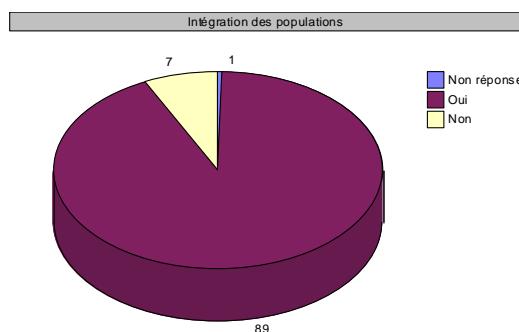


Figure 26 : Degré d'intégration des populations dans les reboisements

L'intégration des OCB dans les reboisements serait de 92,8% à Mboro. Ces dernières sont organisées au sein des groupements qui interviennent à toutes les échelles de la plantation : semis, suivi et coupes périodiques.

II-3 L'élaboration d'un Plan d'Aménagement de la bande de filao

L'organisation du couple reboisement-exploitation passe par l'élaboration d'un Plan d'Aménagement de la bande de filao qui procède au découpage en 120 blocs de la bande de Dakar à Saint Louis. Chaque bloc constitue une unité de 50 ha qui est divisé en parcelles de 2 ha et confié à la gestion d'un groupement dont Mboro Khondio occupe le bloc 53 sous l'assistance et la supervision technique des agents des Eaux et Forêts.

Ainsi chaque année, le groupement procède au déboisement de 2 ha qu'il reboise (Cf. photo 29). Ce qui fait une rotation de 25 ans pour l'exploitation du bois. Les 2 ha se présentent correspondent à une parcelle de 25 m de large sur 800 m de long. La coupe est faite de manière alternée sans jamais concerner les 50 m proche du littoral. Dans le cahier de charge, il est exigé un taux de réussite de 85% du dernier reboisement faute de quoi pas de nouvelles parcelles. Une taxe forestière de 250 F le stère²¹ est destiné à constituer la caisse du Fond d'Aménagement.

Les points blancs sur la photo de droite représentent les zones reboisées qui ont été replantées sans l'assistance technique des agents des Eaux et Forêts. D'où les erreurs relatives à l'écartement de $3 \times 2,5$ m contrairement à ici. Ceci témoigne de la nécessité d'assistance des populations locales dans les opérations de renforcement de la bande.

Photos 5 et 6 : Aires déboisées et reboisées à Mboro Khondio



Cliché C. A. T. Faye (Août 2013)

Le projet CTL sud a été mis en œuvre dans le but de protéger le potentiel maraîcher de la zone des *Niayes* pour une meilleure mise en valeur des cuvettes maraîchères et ainsi contribuer à la sécurité alimentaire du Sénégal.

III Réalisations des programmes de reboisement à l'échelle de Mboro

Les acquis des programmes de reboisement à l'échelle de Mboro sont perceptibles à travers les différents programmes de reboisements initiés dans la localité notamment le projet de CTL/Sud.

²¹ Unité de mesure du bois équivalent à un mètre cube et employé pour qualifier le bois de chauffage

Tableau 21 : Bilan des réalisations de CTL Sud

Types d'activités	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Total
D. Maritimes (ha)	134	19	203,5	-	130	54,5	207,5	107,2	-	1035,8
D. 2daires ha	60,6	3	101	515	150	52,5	207,5	37	-	973,1
Regarnis ha	-	57	62	-	196	224	25,5	110,2	-	529
Brises vents km	19	47	-	7	17	17	-	2	5,5	121
Axes routiers	-	28	3	4,5	2,5	0,2	-	17	-	28,7
Plantations massives	-	1,5	-	19	-	-	1	2,25	-	22,25

Source : Ndao Mariétou (2012)

Au total, 1035,75 ha de dunes maritimes et 973,1 ha de dunes secondaires ont été reboisés afin de freiner la déflation éolienne. Sur ce les regarnis ont permis la restructuration de 529 ha pendant que 121 km de brises vent ont été soit implantés ou soit renforcés afin de freiner l'agressivité du vent. Ce projet initié en 1989 a été de courte durée malgré les résultats satisfaisants. Ce projet est par ailleurs le dernier grand connu ayant concerné une aussi importante superficie. Aujourd'hui ses réalisations souffrent de son arrêt du fait qu'il n'y a pas de suivi et de pérennisation des acquis.

Ce qui se laisse voir sur la carte d'occupation des sols à Mboro portant sur les changements thématiques d'usage du sol de 1986 à 2010 est que :

- il y'a augmentation des aires reboisées qui est passé de 626 ha en 1986 à 1387 ha soit une augmentation moyenne annuelle de 31,7 ha ;
- parallèlement les aires de cultures maraîchères ont connu la même hausse passant de 1076 ha en 1986 à 1884 ha en 2010 soit un croît de 33,7 ha l'an ;
- de la même manière la spéculation foncière liée à l'habitat a connu une augmentation de 18 ha par an pour passer de 168 ha en 1986 à 600 ha en 2012 soit une hausse de 432 ha en 24 ans ;
- au même moment les carrières ont connu l'ascension la plus fulgurante passant de 778 ha à 3969 ha soit une augmentation de près de 132,7 ha par an.

Mbora: analyse thématique des changements d'usage du sol 1986 - 2010

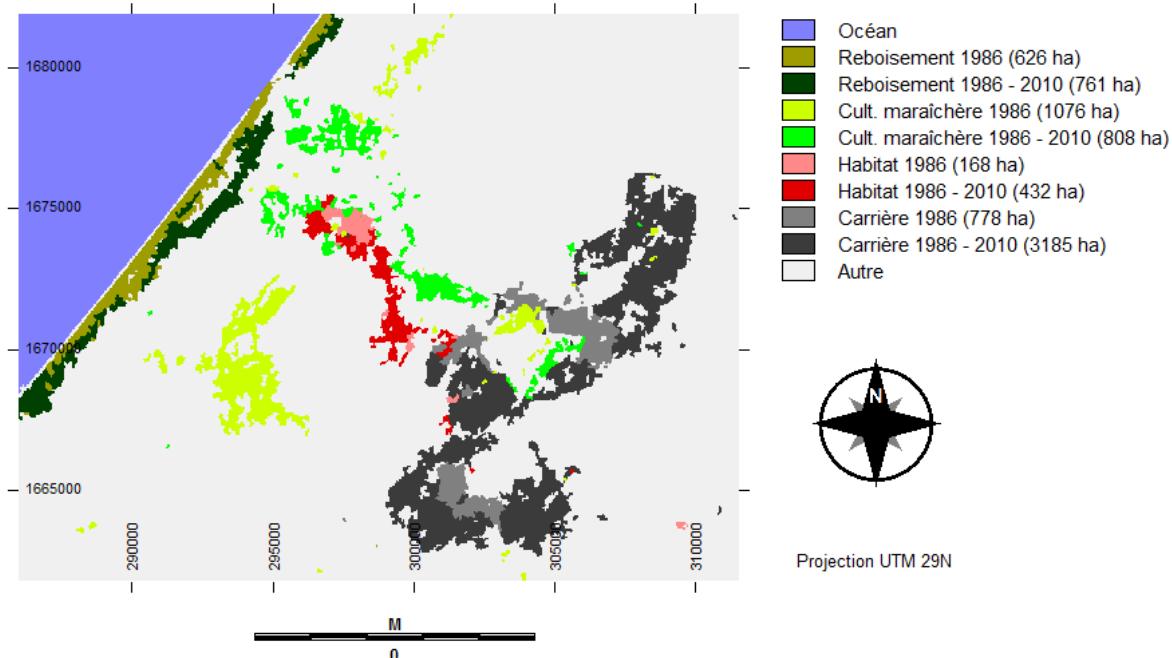


Figure 27 : Les différents usages du sol de 1986 à 2010

Source : Ndao Mariétou

L'augmentation des aires reboisées est liée à l'effervescence des programmes de reboisement dont le dernier en date remonte en 2006 dont une grande part est à imputer à la dynamique des mouvements corporatistes. L'augmentation des périmètres maraîchers est à lier avec le recul des terres cultivées suite à la progression du front dunaire encore vivace à Golgaïndé et à Mbora Bono mais surtout à la baisse des capacités de production des sols lié à la salinisation des eaux de puits. Ce qui entraîne comme corollaire direct l'abandon des champs au profit d'autres et des Niayes ont été abandonnée pour la même cause notamment sur le Grand Khour de Mbora à hauteur du pont sur la route de Khondio. Parmi les bienfaits procurés par les reboisements la sédentarisation des peulhs et la construction en dur des bâtiments, l'exploitation du bois de combustion figure au menu.

III Limites des programmes de reboisement (Cf. Photos 30 à 36 Annexe 1)

Malgré les nombreux bénéfices qui découlent de l'édification de la bande de filao, les programmes de reboisement connaissent des limites. C'est ainsi que de nombreuses réserves ont été émises à l'encontre d'une part des espaces reboisées et d'autre part sur le choix de l'essence privilégiée. En effet, selon Dia (2000) il y'a eu une mauvaise identification des

espaces à fixer et dénonce la priorité accordée aux dunes blanches et la négligence des dunes jaunes responsables de l'ensablement des Niayes.

D'autres critiques ont été soulevées dès 1971 par Sall qui met l'accent sur la faible longévité du *Casuarina equisetifolia*, sa tendance au déprérissement précoce mais surtout pour ses feuilles acides qui empêchent le développement d'un tapis herbacé. Ceci fait que les critiques portent sur deux volets : sur l'espace reboisé et sur le filao.

La priorité accordée aux dunes blanches est liée à leur grande vigueur, à l'importance du vent de la côte, à l'amoncellement du matériel sableux sur le cordon renouvelé par l'apport du sable par la mer. En fait, la négligence des dunes jaunes a favorisé la perte de plusieurs terres de culture désormais sous les sables. Mais qu'en est-il des points de vue des populations sur les espaces à favoriser dans les programmes de reboisement ?

Ainsi 42,3% des maraîchers accordent la priorité aux dunes jaunes contre 25,8 % qui l'accordent aux dunes blanches tandis que 20,6% d'entre eux accordent la primauté aux *Ndioukis*. Le commentaire que l'on peut faire est que la priorité des dunes jaunes est liée au fait que ce sont elles qui renferment les *Ndioukis* qui sont destinées à la production des légumes. L'autre argument qui milite à leur faveur est liée à leur grand état de dénudation végétative, les exploitations qu'ils renferment sont aussi porteuses d'une végétation basse notamment les légumes. Ces deux facteurs se conjuguent pour rendre aléatoire toute protection efficace contre l'ensablement des dépressions interdunaires.

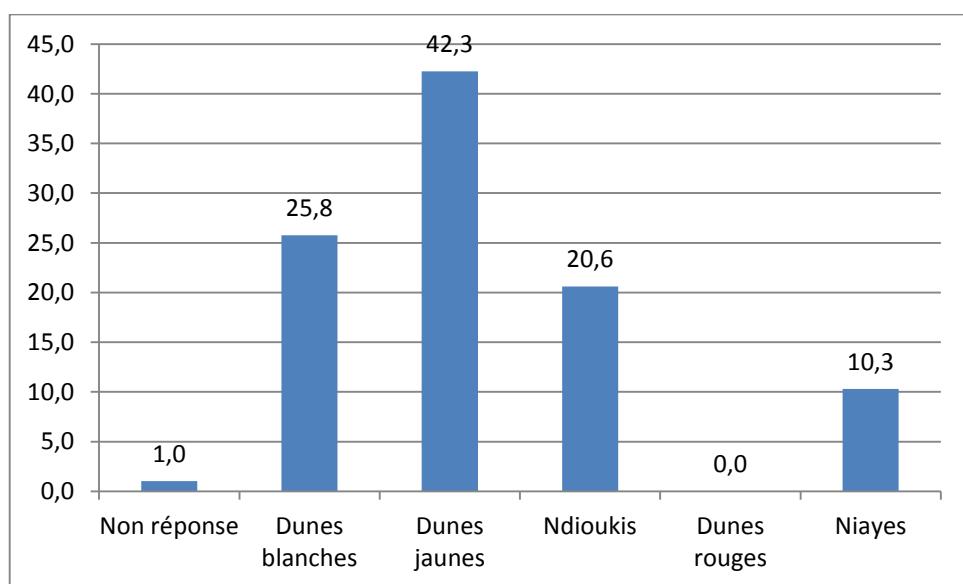


Figure 28 : Zones à favoriser dans les reboisements

Pour parer à cela, les maraîchers ont recours aux modalités de mise en défens ci-dessous.

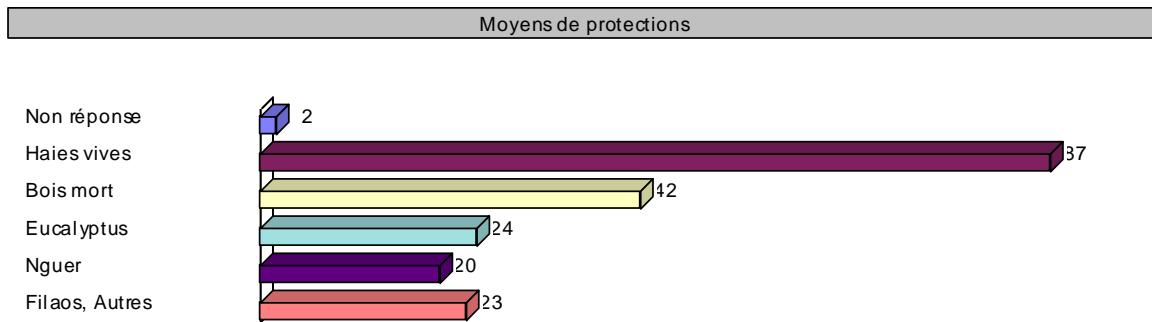


Figure 29 : Moyens de protection alternatifs des maraîchers

Source : Enquêtes Faye 2013

Parmi les réponses structurelles, les principales consistent à la mise en défens de leurs champs au moyen de haies vives qui est un mur de plantations destinées à arrêter le vent et empêcher l'introduction des animaux errants. Cette barrière se fait avec des essences locales somme *Guiera senegalensis*, *Opuntia tuna* mais aussi des *Eucalyptus*. D'autres utilisent des filaos mais aussi des récupérations de filets de pêche et aux bois morts. Ces différentes mesures visent certes à empêcher l'introduction des animaux mais elles sont davantage destinées à la protection des cuvettes maraîchères contre l'ensablement et la marche des dunes semi fixées.

Au chapitre des inconvénients figurent la faible longévité de l'espèce, dont les sources se caractérisent par une grande disparité sur les années avancées. Celle-ci serait de 30 à 60 ans selon certains ouvrages tels celui de Ndao (2013) et de 40 ans au plus selon Tangara (1971). L'espèce est aussi en proie à un vieillissement rapide et une certaine xénophobie, qui fait que rien ne pousse sous son bois qu'il couvre d'une épaisse couche d'éguilles et de branchâtres. Cela est lié à l'acidité de ses feuilles qui toutefois nous laisse dubitatif²². Cette intolérance s'opère le plus souvent au détriment des essences locales telles que le *prosopis*. Les rares espèces qu'il tolère sont le *Leptadenia hastata*, l'*Opuntia tuna* etc. De plus, le filao ne se régénère pas naturellement sur son propre couvert, ce qui rend onéreuses les reboisements.

En somme, la bande de filaos a une grande importance tendant à la réduction de la force du vent responsable de la déflation éolienne tout en ayant ses méfaits : acidification des sols, opposition au développement d'une strate herbacée, bouleversement du système éolien qui se renforce à l'arrière des brises vents. Aujourd'hui, la pérennisation de la bande de filao est gravement menacée par ces maux reportés sur le tableau en dessous.

²²Notre doute se fonde sur le fait que les feuilles du filao sont utilisées comme terreau fertilisant.

Tableau 22 : Les principales contraintes à la pérennité de la bande de filao

Causes de dégradation	Fréquence	% Reps.
Non réponse	1,0	0,5
Elevage	43,3	19,8
Déboisement	37,1	17,0
Surexploitation	22,7	10,4
Coupes clandestines	57,7	26,4
Vieillissement	53,6	24,5
Autres	3,1	1,4
TOTAL OBS.	212	100,0

Source : Enquêtes Faye 2013

Parmi les principales contraintes qui s'opposent à la durabilité de la bande de filao, on note.

- les coupes clandestines malgré les mesures qui ont été prises jusqu'ici avec 26,4 % ;
- à la vieillesse de la bande 24,5% ce qui nécessite des mesures de renforcement ;
- à l'élevage avec la divagation des animaux.

La survie de la bande de filao est un impératif pour les maraîchers mais suite aux nombreuses réserves retenues, son association avec d'autres essences s'impose.

III-1 Propositions d'essences alternatives par les populations

Pour parer à la recrudescence des phénomènes de migration des dunes, les populations préconisent une association d'essences locales avec le filao. Les espèces préconisées se trouvent répertoriées dans le tableau ci-dessous. (Cf. Photos 23, 24 et 25 Annexe 1).

Tableau 23 : Utilités des essences alternatives

Nom scientifique	Durée de vie	Caractéristiques	Ecologie
Anacardium occidentale Anacardier/Darkasu F. Anacardiacées O. Amérique Centrale et Antilles	20 à 30 ans	Arbre pouvant atteindre 20 à 25 m de haut, peut pousser sur des sols pauvres (latéritiques) mais aime les sols profonds Fruit : akène comestible Production : 15 kg à partir de 3 ans	Résiste aux chaleurs fortes et sensibles aux basses températures, affectionne les sols profonds. Bois utilisé dans la combustion, écorce destiné à tanner les peaux, Pharmacologie : fabrication de liquides de freins
Eucalyptus camaldulensis F. Myrtaceae O. Australie du NE		Adapté aux sols pauvres et aux dunes jaunes à ravivage intense. Système racinaire pivotant fait qu'il fixe moins bien le sol. Introduite en Afrique (Algérie vers 1840) et planté dans tout le Sahel. <u>Utilités</u> : bois abondant et de bonne qualité	Besoins en eaux (500 mm), n'aiment pas les sols calcaires, tolèrent ceux légèrement salés, résistent à la sécheresse et aux inondations Croissance rapide (20m/an dans le Sahel), toujours verts peut être bas branchue.
Maytenus senegalensis		Arbuste buissonnant épineux de 2 à 5 m de haut	Petit arbre envahissant, fréquent dans les étendues sablonneuses au bord de mer
Ipomea Pes Caprae		Plante vivace à grosses tiges herbacées, longuement rampantes et à feuillaison annuelle	Cette plante ne se rencontre que sur les dunes en bord de mer, où elle s'étend longuement.
Azadirachta indica		Petit arbre haut de 5 à 15 m, utilisé dans les meubles, constructions de poteaux et instruments de jardinage	Feuilles persistantes, importé des Indes comme arbre d'avenue, de parc, et d'ombrage. Bois non attaqué par les termites à cause de son amertume
Acacia albida		Arbre épineux de 8 à 10 m de haut et 1 mètre de diamètre. Fournit humus et vertus curatives	Arbre fréquent au Sénégal, feuillage vert en saison sèche et dénudé en saison des pluies.

Malgré de nombreuses controverses, les reboisements demeurent la meilleure solution de lutte dans la fixation des dunes de même que le choix porté sur le *Casuarina equisetifolia* comme le plus judicieux. Mais ces programmes nécessiteraient d'être élargis aux surfaces des dunes jaunes grandement nues. L'alternative serait une association de brises vents à la côte et de plantations massives autour des champs par l'intégration d'essences adaptées introduites ou locales telles que l'*Anacardium occidentale* et le *Parinari macrophylla*. Mais pour ce faire des efforts supplémentaires de suivi, de surveillance, de sensibilisation, de renforcement des capacités techniques et matériels des acteurs qui interviennent dans la gestion de la bande, est considérée comme une alternative prometteuse.

Conclusion

La dynamique des systèmes dunaires est l'une des menaces naturelle et séculaire de la Grande Côte. Elle s'érige en contrainte et se manifeste par une migration frontale des dunes littorales responsable de la perte de 25 ha de terres et de l'ensablement des cuvettes maraîchères (100ha). Cette migration des dunes est sous le contrôle de l'érosion éolienne qui sévit en période sèche et qui s'alimente à partir de l'estran de sables accumulés par les agents marins. Cette érosion éolienne est favorisée par la dégradation du couvert végétal, le croît des terres de culture, la salinisation des eaux de puits, l'acidification des sols, les coupes clandestines, l'élevage et les formes de culture inadaptées et induites par l'homme. Donc c'est la conjonction des facteurs déclencheurs naturels et aggravants anthropiques qui sont aujourd'hui à l'origine de la reprise du phénomène éolien à l'arrière de la bande de filao, de la marche des dunes jaunes semi vives. Lesquelles constituent le trinôme : dégradation du couvert végétal, reprise du vent et avancée des dunes. La lutte devrait être orientée sur les actions allant dans le sens de la conservation du couvert végétal.

En dépit de nettes améliorations, beaucoup de choses restent à améliorer. C'est d'ailleurs ce qui explique l'initiation des programmes de reboisement par la mise en place de rideaux d'arbres pour contre casser l'action du vent sur les dunes blanches vives porteurs de la migration des dunes. C'est pourquoi les reboisements se soient appesantis sur les dunes blanches au détriment des dunes jaunes semi vives. Erreur aujourd'hui responsable de la couple avancée de dunes et ensablement.

Malgré les controverses dont il fait objet, le filao demeure la meilleure solution quant à l'opposition d'un écran au vent. Mais aujourd'hui cette bande est sous la menace d'une triple contrainte liée à sa propre vieillesse, aux coupes clandestines et à la divagation des animaux. Sans oublier qu'il y a une remise en marche des dunes jaunes semi vives à l'arrière des brises dont la protection efficiente est amoindrie par la recrudescence du phénomène éolien qui même si elle est faible est à la base de la marche des dunes sur les *Ndioukis* qu'elles ensablent avec les conséquences économiques générées.

Aujourd'hui la gestion de la bande de filao est à la fois l'affaire des gouvernants, politiques et maraîchers et passe par une gestion participative qui est la solution optimale devant mettre fin au risque séculier de la dynamique des systèmes dunaires qui menace les espaces de culture maraîchères d'ensablement à Mboro.

Bibliographie

ADM : Audit urbain de la ville de Mboro, Groupe Gerad, Rapport final, Septembre 2003

Almang Cédrick (2001) : Petites leçons de géographie, PUF, France, p 101-107, 264 p

Amiot G., Mereaux J., Meslays C. (1981) : Ecologie des côtes sableuses du milieu intertropical, NEA

ANSD (2010) : Rapport sur le développement économique et social de la région de Thiès

Antonio P. P. (1991) : Les littoraux, Nathan, Paris 1994 p 55-65, sous la direction D. J. Pitte

Association Sénégalaise pour l'Etude du Quaternaire de l'Ouest Africain (ASEQUA), Revue de géographie de l'Afrique Occidentale, p 235-238

Atlas du Sénégal, éditions 2000

Bâ N'Faly T., (2009) : Industrialisation et urbanisation : impact des industries chimiques du Sénégal sur le développement urbain de la commune de Mboro, Mémoire DESS/ADT, ENEA

Barbey Christian (1968) : la formation des dunes vives aux environs de Dakar, n° 116, in Notes africaines, IFAN

Barreto Pierre (1965) : Problèmes d'aménagement de la zone des Niayes, Collège d'Aménagement du territoire, ENEA, 101 p

Belais P. et C. Pomerol (1982) : Eléments de géologie, Armand Colin, 7^{ème} édition, Armand Colin, (p 307-319).

Birot P., (1981) : Les processus d'érosion à la surface des continents, Ed. Masson pp 467-482

Bruyelles P., Carré F., Devailly J. M., Flament E., Marcadon J., Miossec A., Thumerelle P. J., et Vigarie A. (1998) : Les littoraux, espaces de vies, Dossiers des images économiques du monde, Sedes 368 p

Cissé Ibrahima (1976) : Etude géomorphologique -Secteur de Lompoul Grande Côte, Mémoire de Maîtrise, UCAD, IFAN

Coque Roger, (1977) : Géomorphologie, Armand Colin, Paris, 5^{ème} édition pp 302- 310

Courel M. F., (1974) : Nouvelles observations sur les systèmes dunaires du Cap Vert p 217-247, In Travaux et documents géomorphologiques tropicales, Mboyé, Chemard Ph., Courel M. F. CNRS/CEGT

CSE, (2005) : Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal, MEPN

Dah Dieng, (1978) : Morphodynamique éolienne et problème d'ensablement dans la vallée du fleuve Sénégal : étude de cas le lac R Kiz et le Koundi, thèse de doctorat de III^{ème} cycle, Septentrion

Demangeot Jean (1990) : Les milieux naturels du globe, 3^{ème} édition refondue, Collection géographie, édition Masson, Paris-Milan, 276 p

Demangeot Jean (1991) : Les milieux naturels désertiques, 2^{èmes} éditions C.D.U. et SEDES, Paris 1981, 261 p

Derruau M., (1990) : Les formes du relief terrestre, 7^{ème} édition, 119 p

Dia S., (2000) : Les Niayes du Nord, évolution d'une région littorale en crise ; Géographie- Thèse- Docteur es-sciences humaines, Université de Rouen

Diaw A.T., (1980) : Les ensembles littoraux du Sénégal Nord Occidental (Kayar à Lompoul), approche par la télédétection et la sédimentologique, thèse 3^{ème} cycle, Paris

Diaw A. T., A Bâ, P Boulard, P S Diouf, L. A. Lake, M A Mbow, P Ndiaye:
Actes de l'Atelier de Gorée : Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal, 27-29 Juillet 1992

Diop Aliou, (1999) : Gestion des ressources naturelles dans la communauté rurale de Mboro, Problèmes et enjeux, Mémoire de maîtrise, UCAD

Diop Amadoune, (2006) : Le développement territorial à travers le partenariat local : cas de la Commune de Mboro et de la CR de Darou Khoudoss. DESS, AEDT, ESEA.

Durand J. H. (1965) : Les sols des Niayes, In L'Agronomie Tropicale, n° 3, Mars 1965, Série agronomie tropicale, Centre de recherche Pédologique de Hann Dakar

Elouard Pierre (1967) : Etudes géologiques et géomorphologiques des formations sédimentaires du Guebla Mauritanien et de la vallée du fleuve Sénégal, BRGM, n° 7, éditions techniques IRD

Gaußen G. C., (1991) : Les sciences sahariennes, cycle sédimentaire et place dans les environnements et paléo environnements désertiques, PUF, Paris, pp 4-10.

George P., (1990) : Dictionnaire de la Géographie, 4^{ème} éditions, PUF, Paris.

Giret A., (2008) : Le Quaternaire : climats et environnements, collection Biologie, Ecologie Agronomie, Harmattan, 296 p

Gueye M. (2009) : Les stratégies de lutte contre la dégradation des terres dans le secteur des Niayes de la Communauté Rurale de Darou Khoudoss, Mémoire de Maîtrise, UCAD

Gueye Mor (1989) : Etude cartographiques des milieux naturels : Coupure Mboro (Louga ND-28-XX)- Evaluations des ressources en eau dans la zone des Niayes, Mémoire de Maîtrise, UCAD

Guilcher A., (1954) : Morphologie littorale et sous-marine, PUF, Collections ORBIS, 215 p

Joly F., (1997) : Glossaire de géomorphologie (Base de données sémiologiques pour la cartographie), Armand Colin

L'Agronomie tropicale, (1965) : Série agronomie générale, Centre de recherches pédologiques, n° 3

Le Petit Robert, éditions 1995

Le Quillet, (1965) : Nouvelle Encyclopédie Autodidacte, Physique-chimie-Atome-Géo, Tome III

Michel Pierre, (1973) : Les bassins du fleuve Sénégal et Gambie, étude géomorphologique, thèse lettres, Strasbourg, 743 p

Moreau M., Brace G. (2000) : Dictionnaire des sciences de la terre, publication de l'Institut Français de la Terre, éditions techniques.

Ndaw Babacar (1987) : Fixation des dunes et remaniements actuels sur la côte nord du Sénégal de Kayar à Lompoul, Mémoire de maîtrise, UCAD

Ndiaye Ibrahima (1988) : Etudes cartographiques des milieux naturels au 1/50 000, Coupure de Diogo (Louga, ND- 28- XX), Typologie et dynamique des différentes formes d'utilisation du sol, Mémoire de Maîtrise, 122 p

Ngom M., (2007) : Maraîchage dans la zone des Niayes de Mboro : usage des pesticides et leurs risques sur l'environnement et la santé publique, Mémoire de Maîtrise, UCAD

Ottman François, (1965) : Introduction à la géologie marine et littorale, Masson et cie, Paris VI, 259 p

Pélissier Paul, (1966) : Les paysans du Sénégal : les civilisations agraires du Cayor à la Casamance, Dakar-Paris, version électronique, 2008, p 939

Pierre Elouard, (1967) : Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla Mauritanien et de la vallée du fleuve Sénégal, Bureau de recherche géologiques et minières, n°7, Editions techniques IRD

Riser J., (1999) : Géographie de l'Afrique centrale et australe, éditions Ellipses

Sagna P., (2005) : Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique Occidentale, thèse doctorat d'Etat es lettres, UCAD ; Tome I et II.

Sall M. M., (1971) : Dynamiques et morphogenèses actuelles (Contributions à l'étude géomorphologique du Sénégal Occidental), Dakar, IFAN n° 4° 3077

Sall M. M., (1982) : Dynamiques et morphogénèses actuelles au Sénégal Occidental, Strasbourg, Paris

Sembene Ousmane (1966) : Véhi Ciossane ou Blanche genèse, NEA

Sy Boubou Aldiouma (1990) : Intensité des vents et formations des nebkhlas dans la région de Ross Béthio Moyen Delta ; Mémoire de Maîtrise, UCAD, p113

Tangara A., (1993) : Périmètres de reboisement et nouvelles dynamiques des sables de la côte Nord du Sénégal (Gandiolas), Mémoire de DEA, UCAD

Tangara A., (1997) : Les systèmes dunaires de la côte Nord du Sénégal : de l'instabilité Climacique originelle à la pénestabilité par le reboisement, secteur Sud (Cap Vert, Thiès), thèse de 3^{ème} cycle, Dakar, UCAD

Thiam, D. : Programmes zones humides de l'UICN, In Les milieux naturels du globe, p 121-124

Rapports

Conférence préparatoire Campagne nationale de Reboisement, Rapport introductif, Juin 1986, 33 p

Face au désert 1979-1984, Rétrospection des différentes campagnes de reboisement, Ministère de la Protection de la Nature

Diégane Diouf, Bassirou Sougoufara, Mara Neyra, Didier Lesireur : Le reboisement du Sénégal, Bilan des réalisations de 1993 à 1998, IRD, DEFCCS

Projet de fixations des dunes de Kébémer, Giffard, p 80 , In Compte rendu du colloque de Dakar du 5 au 10 Nov. 1979 : Le rôle des arbres dans le Sahel

Projet de conservation des territoires du littoral, CTL Sud, Bilan des activités, 1988, 26p

Diagnostic du terroir de Khondjo : Séminaire sur l'approche participative : outils d'application de l'approche MARP, Thiès, 1994

MEPN (1997) : Expérience sénégalaise en matière de lutte contre la désertification, CONSERE, 49 p

MEPN, CTLSS : Analyse des techniques de conservation des sols au Sénégal,

NEA : La désertification au Sud du Sahara : Colloque de Nouakchott du 17 au 19 Déc. 1973

Projet de gestion des ressources naturelles pour l'auto promotion 402/95, 60 p

Rapport final Projet UNSO/SEN 89/X01 : **Projet de fixation des dunes de Kébémer**, 22 p

Rapport d'exécution de la campagne de reboisement, 1994, p 47

Sahel vert : Bilan et perspectives, Ouagadougou (Haute Volta), Agence de coopération culturelle et technique, 13-17 Septembre 1983

FAO (1960) : La défense contre l'érosion éolienne, Rome, p 99

Adresses internet

www.travel-university.org

[horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/...](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/)

www.environnement-afrique.info/spip.php?auteur29

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-processus-responsables-de-la.html>

www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/vague

hydrologie.org/glu/FRDIC/DICRUISS.HTM

<http://www.bf.refer.org/toure/pageweb/erohydry.htm>

Liste des cartes

Carte 1: de Localisation de Mboro (CR).....	22
Carte 2 : Historique de mise en place des dunes sur la Grande Côte.....	31
Carte 3 : Distribution des eaux de surface à l'échelle de Mboro.....	48
Carte 4 : Typologie des sols sur le littoral de Mboro.....	51
Carte 5 : Evolution diachronique des dunes sur le littoral de Mboro de 1989 à 2014.....	58
Carte 6 : Carte d'occupation du sol de Mboro (2010).....	68
Carte 11 : Les différents usages du sol de 1986 à 2010.....	105

Liste des figures

Figure 1 : Profil schématique d'une côte sableuse et terminologie anglo-saxonne équivalente d'après Shepard (1973).....	24
Figure 2: Coupe schématique de la zone des Niayes et fluctuation du niveau piézométrique..	27
Figure 3 : Direction dominantes des vents durant la période 1982-2012.....	36
Figure 4 : Evolution de la pluviométrie au cours de l'année (2010)..... ;.....	38
Figure 5 : Relation entre évolution de la pluviométrie et nombre de jours de pluie.....	39
Figure 6 : Evolution des précipitations : Thiès et Mboro.....	40
Figure 7 : Variabilité de la pluviométrie par rapport à la normale (1981-2010).....	40
Figure 8 : Evolution de la température annuelle (2012).....	41
Figure 9 : Evolution de la température sur la période 1980-2010.....	42
Figure 10 : Evolution de l'humidité moyenne mensuelle.....	43
Figure 11 : Evolution de l'humidité relative dans le temps.....	44
Figure 12 : Evolution de l'insolation mensuelle.....	45
Figure 13 : Evaporation : cumul total mensuel en mm et en dixièmes.....	46
Figure 13 bis : Coupe schématique de la végétation littorale.....	54
Figure 30 : Evolution des unités spatiales à Mboro de 1989 à 2007.....	59
Figure 15 : Les formes de manifestation de l'érosion éolienne.....	66
Figure 16 : Evolution de la flore des Niayes dans le temps.....	73
Figure 17 : Principales zones affectées par la migration des dunes.....	74
Figure 18 : Analyse morphoscopique des dunes blanches.....	80

Figure 19 : Analyse morphoscopique des dunes jaunes.....	81
Figure 20 : Principales causes de la migration des dunes.....	88
Figure 21 : Apparition de l'ensablement dans la localité de Mboro.....	91
Figure 22 : Pertes des surfaces dues à l'ensablement.....	93
Figure 23 : Les différentes fonctions de la bande de filao.....	99
Figure 24 : Techniques de fixation des dunes.....	100
Figure 25 : Structures intervenant dans les programmes de reboisement.....	102
Figure 26 : Degré d'intégration des populations dans les reboisements.....	102
Figure 27 : Les différents usages du sol de 1986 à 2010.....	105
Figure 28 : Zones à favoriser dans les reboisements.....	106
Figure 29 : Moyens de protection alternatifs des maraîchers.....	107

Liste des photos

Photo 1 : Dunes blanches avant reboisements.....	90
Photo 2 : Dunes blanches après reboisements.....	90
Photos 3 et 4 : Comblement de puits et développement végétatif.....	93
Photos 5 et 6 : Aires déboisées et reboisées à Mboro Khondio.....	103

Liste des tableaux

Tableau 1 : Vitesse moyenne des vents 1980-2010.....	37
Tableau 2 : Récapitulatif des données de températures de la station Dakar Yoff.....	42
Tableau 4 : Evolution en chiffre des unités spatiales de 1989 à 2014.....	59
Tableau 4 : Mesure d'érosion éolienne.....	64
Tableau 5 : Mesure d'érosion hydrique.....	65
Tableau 6 : Les différentes phases de migration à Mboro.....	67
Tableau 7: Profondeur de la nappe en fonction des unités morphologiques.....	69
Tableau 8 : Principales causes de la dégradation de la couverture végétale.....	72
Tableau 9 : Résultats d'analyse des échantillons de sable (Mboro).....	76
Tableau 10 : Classement des particules minérales en fonction de leur taille.....	76

Tableau 11 : Résultats des phis élémentaires.....	77
Tableau 12 : tableau témoin du poids cumulé des échantillons de sols.....	78
Tableau 13 : Résultats des paramètres texturaux.....	78
Tableau 14 : Résultats du pH des sols.....	82
Tableau 15 : Résultat du taux de carbone des sols.....	84
Tableau 16 : Récapitulatif des résultats d'analyses des échantillons de sol.....	84
Tableau 17 : Manifestations de la dynamique des dunes sur le littoral de Mboro.....	87
Tableau 18 : Evolution de la surface des unités géomorphologiques à Mboro.....	94
Tableau 19 : Acquis des Programmes de reboisements de 1981 à 1997.....	97
Tableau 20 : Acquis des reboisements entre 2005 et 2009.....	97
Tableau 21 : Bilan des réalisations de CTL Sud.....	104
Tableau 22 : Les principales contraintes à la pérennité de la bande de filao.....	108
Tableau 23 : Utilités des essences alternatives.....	115

Table des matières

Sommaire.....	2
Avant propos.....	3
Sigles et acronymes.....	5
Synthèse bibliographique.....	7
Introduction.....	11
Problématique.....	12
Définition des concepts clefs.....	16
Méthodologie.....	18
Première partie : Présentation des systèmes dunaires.....	20
Introduction.....	21
Chapitre I : Présentation des systèmes dunaires.....	23
I Présentation des unités géomorphologiques.....	23
I-1 La Plage.....	23
I-1-1 Le bas de plage ou <i>foreshore</i>	23
I-1-2 L'estran.....	24
I-1-3 Le haut de plage.....	24
II-Les systèmes dunaires.....	24
II-1-1 Le système des dunes blanches.....	24
II-1-2 Le système des dunes jaunes.....	25
II-1-3 Le système des dunes rouges internes ou continentales.....	26
II-2 Les unités morphogénétiques de transition.....	27
II-2-1 La dépression du « <i>Ndiouki</i> ».....	27
II-2-2 La dépression des Niayes.....	27
II-3 Les formes dunaires.....	28
II-3-1 Les formes mineures.....	28
II-3-2 Les formes complexes.....	28
a) La dune transversale.....	28
b) La dune parabolique.....	28
c) La dune longitudinale.....	29
III La mise en place des systèmes dunaires.....	29
III-1 L'Ogolien.....	29

III-2 Tchadien de 12 000 à 6800 ans BP	29
III-3 Le Nouackchottien ou holocène moyen.....	30
III-4 Le Tafolien (4 200 ans à 2 000 ans BP).....	30
III-4 Le Subactuel et l'Actuel.....	30
Chapitre II : Les caractéristiques physiques du milieu.....	33
I Géologie et relief.....	33
II Le climat.....	34
II-1 Les facteurs généraux.....	34
II-1-1 Les centres d'actions.....	34
II-1-2 Les discontinuités.....	34
II-1-3 Les flux.....	34
a) L'alizé maritime.....	34
b) L'alizé continental.....	35
c) La mousson.....	35
II-2 Analyse des données.....	36
II-2-1 Les vents.....	36
II-2-2 Précipitations.....	37
II-2-3 Les températures.....	41
II-2-4 L'humidité relative.....	43
II-2-5 L'insolation.....	44
II-2-6 Evaporation.....	45
III Les ressources en eau.....	46
III-1 Les eaux souterraines.....	46
III-2 Les eaux de surface.....	47
IV Les types de sols	49
II-1-1 Les sols bruts d'apports éoliens et d'érosion des dunes littorales.....	49
II-1-2 Les sols hydromorphes ou « Decks » ²³	49
- Les sols à hydromorphie partielle.....	50
- Les sols à hydromorphie totale.....	50
- Les sols Tourbeux à pseudo-Gley ou constamment immergés.....	50
II-1- 3 Les sols halomorphes.....	50
II-1-4 Les sols ferrugineux tropicaux non lessivés.....	50

²³ Appellation des sols hydromorphes selon la terminologie locale

V Végétation.....	52
II-2 -1 La végétation des dunes blanches.....	52
II-2 -2 La végétation des dunes jaunes.....	52
II-2 -3 La Végétation des Niayes.....	52
II-2 -4 La végétation des dunes rouges internes.....	53
II-3 Faune.....	55
Deuxième partie : Les dynamiques actuelles des systèmes dunaires sur le littoral de Mboro.....	56
Chapitre I : Les facteurs responsables de la dynamique.....	57
I Evolution temporelle des dunes sur le littoral.....	57
II Les facteurs déclencheurs de la dynamique des systèmes dunaires.....	61
II-1 La dynamique littorale..... ;.....	61
II-1-1 L'action des vagues.....	61
II-1-2 La houle.....	61
II-1-3 Les courants de marée.....	62
II-1-5 La dérive littorale.....	62
a) Origine du sable.....	62
II-2 Impact morphogénétiques des paramètres climatiques.....	63
II-2-1 Impact de l'érosion éolienne.....	63
II-2-3 L'érosion hydrique.....	64
Chapitre II: Les facteurs aggravants.....	67
II-1 Evolution de la dynamique démographique.....	67
II-2 L'impact du maraîchage et de l'agriculture pluviale.....	68
II-3 L'impact de l'élevage.....	69
II-4 L'impact du déboisement et des coupes clandestines.....	70
III La dégradation pédologique.....	70
III-1 La salinisation.....	71
III-2 L'acidification des sols.....	71
III-3 Dégradation de la couverture végétale.....	72

Chapitre III Témoignage du matériel granulométrique	75
III-1 Analyse physique des sols.....	75
III-1-1 Méthode.....	75
III-1-2 Analyse des résultats.....	77
III-1-2 Morphoscopie.....	79
a) Morphoscopie des dunes blanches.....	79
b) Morphoscopie des dunes jaunes.....	80
III-2 L'analyse chimique.....	82
III-2-1 Mesure du potentiel d'hydrogène ou pH.....	82
a) Protocole.....	82
III-2-2 Mesure de la conductivité du sol.....	82
III-2-3 Détermination du carbone par la méthode Walkley et Black modifiée.....	83
a) Protocole.....	83
Troisième partie : Manifestations de la dynamique et Politiques de renversement de la dynamique à travers le reboisement	86
Chapitre I : Les manifestations de la dynamique des systèmes dunaires	87
I L'avancée des systèmes dunaires.....	87
a) Séquence d'avancée des dunes blanches.....	88
b) La séquence d'avancée des dunes jaunes.....	89
I-3 Comparaison de l'avancée des dunes avant et après reboisement	89
I-4 Apport de la source orale.....	90
II L'ensablement des cuvettes interdunaires.....	91
II-1 Apparition de l'ensablement à Mboro.....	91
II-2 Les conditions de l'ensablement.....	92
II-4 Manifestations de l'ensablement.....	92
Chapitre II Politiques de reboisement des systèmes dunaires	95
I Les programmes de reboisement.....	95
I-1 Objectifs du reboisement.....	95
I-2 Panorama des programmes de reboisement sur la Grande Côte.....	96
I-4 Choix des espèces.....	98
I-4 Les techniques de fixation des dunes sur la Grande Côte.....	99

I-4-1 La fixation mécanique.....	99
I-4-2 La fixation biologique.....	100
II Les modes de gestion.....	100
II-1 Cadre juridique.....	100
II-2 Organisation des populations locales.....	101
II-3 L'élaboration d'un Plan d'Aménagement de la bande de filao.....	102
III Réalisations des programmes de reboisement à l'échelle de Mboro.....	103
III Limites des programmes de reboisement.....	105
III-1 Propositions d'essences alternatives par les populations.....	108
Conclusion.....	111
Bibliographie.....	112
Liste des cartes.....	118
Liste des figures.....	118
Liste des photos.....	119
Liste des tableaux.....	119
Table des matières.....	121
Annexes.....	126
Annexe 1.....	127
Annexe 2.....	133
Annexe 3.....	134

ANNEXES

ANNEXE 1

Photo 1 : Vue sur la mer (Mboro/mer)



Photo 2 : Plage coquillée



Photo 2 : Crabe blanc dans son repaire



Photo 3 : Crabe rouge sous filaos



Photos 5 et 6 : Coloration des arrosoirs et de bassin par effet de salure des eaux



Clichés C. A. T. Faye (Août 2013)

Figure 7 et 8 : Déversement de produits toxiques sur la plage de Khondio par les ICS



Photo 9 : Symbiose entre filao et champignons Photo 10 : Ravinement (Médina Khondio)



Photo11 : Niayes avec nappe affleurante



Photo 12 : Grand Khour de Mboro.



Clichés C. A. T. Faye (Août 2013)

Photo 13 et 14 : Sommet de dune colonisée par une végétation fixatrice (Ndeudecatt)



Photo 15 : Dune jaune mobile



Photo 16 : Aire de déflation (K. A. M.)



Photo 17 et 18 : Grand état de dénudation des dunes jaunes derrière la bande de filao



Clichés C. A. T. Faye (Août 2013)

Photo 19 : Dune jaune nue (Mboro Bono)



Photo 20 : Poche de dune blanche nue



Photo 21 et 22 : Grandes étendues de dunes jaunes dénudées (Keur Abdoul Mari)



Photo 23 : *Anacardium occidentale*



Photo 24: *Opuntia tuna*



Clichés C. A. T. Faye (Août 2013)



Photo 25 : *Parinari macrophylla*



Photo 26 : *Leptadenia hastata*

Photo 27 : Plantation d'oignon

Photo 28 : Terrain préparé en vue d'être cultivé



Photo 29 : Point de stockage du bois :
siège de l'UGMM

Clichés C. A. T. Faye (Août 2013)

Photo 30 : Reboisement *Eucalyptus* (JICA) ; Photo 31 : Filao incliné du au vent



Photo 32 : Bande malmenée par la veillesse

Photo 33 : Déchaussement de filao



Photo 34 : Bande de filao vigoureuse (Khondio) Photo 35 : Bande dégradée à Mboro/mer



Clichés C. A. T. Faye (Août 2013)

ANNEXE 2

Maraîchage	<p>Basilic (<i>Ocimum basilicum L.</i>) ; Nana ordinaire (<i>Mentha sp.</i>) ; Nana menthe (<i>Mentha sp.</i>) ; Chou cabus vert (<i>Brassica oleracea L. var. capitata</i>) ; Piment (<i>Capsicum frutescens L.</i>) ; Poivron (<i>Capsicum annuum L.</i>) ; Bissap (<i>Hibiscus sabdariffa L.</i>) ; Laitue (<i>Lactuca sativa L.</i>) ; Courgette (<i>Cucurbita pepo L.</i>) ; Carotte (<i>Daucus carota L.</i>) ; Haricot vert (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) ; Manioc (<i>Manihot esculentum</i>) ; Tomate de table (<i>Lycopersicum esculentum var.</i>) ; Tomate cerise (<i>L. esculentum var. cerisae</i>) ; Navet (<i>Raphanus napus L.</i>) ; Melon (<i>Cucumis melo L.</i>) ; Pastèque (<i>Citrullus colocynthis L. Schrad</i>) ; Aubergine (<i>Solanum melongena L.</i>) ; Gombo (<i>Abelmoschus esculentus</i>) ; Jaxatu (<i>Solanum aethiopicum L. Kamba</i>) ; Fraisier (<i>Fragaria vesca L.</i>) ; Pomme de terre (<i>Solanum tuberosum L.</i>) ; Concombre (<i>Cucumis sativus L.</i>) ; Asperge (<i>Asparagus officinalis</i>) ; Potiron (<i>Cucurbita maxima L.</i>) ; Oignon (<i>Allium cepa L.</i>) ; Poireau (<i>Allium porrum L.</i>) ; Courge ; Patate douce (<i>Ipomea batatas L.</i>) ; Ail (<i>Allium sativum L.</i>) ; Fenouil ; Persil (<i>Petroselinum crispum L.</i>) ; Niébé (<i>Vigna unguiculata L. Walp.</i>) ; Ciboulette (<i>Allium schoenoprasum</i>) </p>
Arboriculture fruitière	<p>Goyavier (<i>Psidium guajava L.</i>) ; Manguier greffé (<i>Mangifera indica L.</i>) ; Papayer Solo (<i>Carica papaya L.</i>) ; Papayer ordinaire (<i>Carica papaya L.</i>) ; Sapotillier (<i>Achras sapota L.</i>) ; Citronnier (<i>Citrus limon L. Burm</i>) ; Oranger (<i>Citrus sinensis L. Osb.</i>) ; Badamier (<i>Terminalia macrophylla</i>) ; Cocotier (<i>Cocos nucifera L.</i>) ; Bananier (<i>Musa paradisiaca L.</i>) ; Anacardier (<i>Anacardium occidentale L.</i>) ; Manguier ordinaire (<i>Mangifera indica L.</i>) ; Grenadier (<i>Punica granatum L.</i>) ; Fruit de la passion (<i>Passiflora edulis L.</i>) ; Carrossolier (<i>Annona muricata L.</i>) ; Pomme cannelle (<i>Annona escammosa L.</i>) ; Mandarinier (<i>Citrus reticulata Blanca</i>) ; Pomélo (<i>Citrus paradisi Macf.</i>) ; Nèf (<i>Parinari macrophylla</i>) ; Palmier à huile (<i>Elaeis guineensis L.</i>) ; Palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera L.</i>) ; Cerisier (<i>Prunus persica L.</i>)</p>
Floricultu	<p>Fleurs coupées ; Chrysanthèmes, Arum, Iris, Rosiers, Glaïeuls, Tulipes, Aster bleu, etc.</p> <p>Plantes ornementales (nombreuses espèces)</p>

Source : Base de données ISRA-CDH.

ANNEXE 3

Date :

Enquêteur :

N° : _____

GUIDE ENTRETIEN

GUIDE ENTRETIEN POUR LA REALISATION DE MEMOIRE DE MASTER 2 UCAD

La dynamique des systèmes dunaires le long du littoral de Mboro

1. Localisation

- 1. Région: Thiès
- 2. Département: Tivaouane
- 3. Arrondissement: Méouane
- 4. Commune: Mboro
- 5. Nom du village

Identification de l'interviewer

2. Prénom et Nom

Les causes de la dynamique des systèmes dunaires

3. Quels sont les facteurs déterminants dans cette dynamique

- 1. Les vents
- 2. Le climat
- 3. Manque d'eau
- 4. Dégradation des sols
- 5. Le déboisement
- 6. L'élevage

4. Quelles sont les zones les plus affectées par cette dynamique des sables

- 1. Dunes blanches
- 2. Dunes jaunes
- 3. Niayes
- 4. Ndoioukis
- 5. Céanes
- 6. la plage

5. Quels sont les systèmes dunaires les plus touchés par ce phénomène

- 1. Dunes blanches
- 2. Dunes jaunes

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

6. Qu'est ce qui favorise la remobilisation des massifs dunaires

- 1. Le renforcement du vent
- 2. La dégradation du couvert végétal
- 3. Les coupes clandestines
- 4. la surcharge pastorale

7. Comment évaluez vous l'état de la couverture végétale

- 1. En progression
- 2. En régression
- 3. Stagnante

8. A combien évaluez vous les pertes de terres liées à la remobilisation des dunes

9. Quelles sont les causes de la dégradation végétale

- 1. Faiblesse des pluies
- 2. Effet du vent
- 3. Déboisement
- 4. Feux de brousse
- 5. Elevage
- 6. Acidification des sols
- 7. salinisation

10. Comment se manifeste cette érosion éolienne

- 1. Par un ensablement
- 2. Par une avancée des dunes
- 3. Par dépérissement végétatif
- 4. Diminution des surfaces arables

11. Quand est elle plus importante

- 1. Période sèche
- 2. Période humide

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

12. Quels sont les effets induits sur la végétation

Les manifestations de la dynamique

13. Comment se manifeste cette dynamique des sables dans les cuvettes maraîchères

- 1. Par une avancée des dunes
- 2. Ensablement des Niayes
- 3. Acidification des sols
- 4. Salinisation des sols

14. A quand situez vous l'apparition de l'ensablement des dunes

- 1. Moins de 5 ans
- 2. 5 à 10 ans
- 3. 10 à 15 ans
- 4. Depuis toujours

15. Y a t'il une régression des surfaces cultivées à cause de ce phénomène

- 1. Oui
- 2. Non

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

16. Si Oui, qu'elle est l'importance des surfaces concernées

- 1. Moins de 1 ha
- 2. 1ha à 3 ha
- 3. 3 ha à 5 ha
- 4. Plus de 7 ha

Importance des reboisements

21. Quelle appréciation faites vous des programmes de reboisement

22. Que visent leurs actions

- 1. Brises vents
- 2. Lutte contre l'avancée des dunes
- 3. Protection des cuvettes maraîchères
- 4. Autre

23. Qu'est ce qui selon vous devrez être améliorés

24. Quelles sont les zones qu'on devrait favoriser dans les politiques de reboisement

- 1. Dunes jaunes
- 2. Dunes jaunes
- 3. Dunes rouges
- 4. Niayes

25. Qu'est ce qui favorise votre choix

26. Les populations locales sont elles associées dans ces programmes de reboisement

- 1. Oui
- 2. Non

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

27. Y a t'il des associations communautaires intégrées dans ce processus? Si oui lesquelles

- 1. ONG
- 2. GPF
- 3. ASC
- 4. Scouts Coopératives

17. A combien évaluez vous les pertes liées à cet ensablement

18. Y a t il des remaniements locaux des dunes rouges qui affectent les Niayes

- 1. Oui
- 2. Non
- 3. Autre

19. Y a t il comblement de zones dépressionnaires à cause de l'ensablement

- 1. Oui
- 2. Non

20. Y a t il d'autres formes de manifestations de cet ensablement

28. A quoi consiste leurs tâches

29. Qu'est ce qui favorise la détérioration de la bande de filaos

- 1. Elevage
- 2. Déboisement
- 3. Surexploitation
- 4. Coupes clandestines

30. Quel est le type d'élevage effectué dans la zone

- 1. Pastoralisme
- 2. Elevage intensif

31. Ce type d'élevage impacte t il sur le couvert végétal

- 1. Oui
- 2. Non

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

32. Comment se manifeste leur impact

33. Avez vous entrepris des mesures de protection de vos champs

34. Par quels moyens

- 1. Haies vives
- 2. Bois mort
- 3. Eucalyptus, Nguer
- 4. Filaos, Autres

35. Quelle appréciation faites vous de l'essence privilégiée (Filaos)

36. N'y aurait-il pas des essences locales susceptibles de jouer le même rôle que le filao

1. Oui 2. Non

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

37. Si Oui lesquelles

38. Quels sont les arguments qui plaident en leur faveur

- 1. Protection efficace
- 2. Longévité
- 3. Tolérance des autres espèces
- 4. Tolérance d'autres espèces
- 5. Tolérance de la salinité

39. Quels systèmes devrait-on favoriser dans les reboisements pour lutter contre l'ensablement

40. Qu'est-ce qui justifie votre réponse

41. Quelle est votre opinion sur ce qui doit être fait en priorité pour lutter contre l'avancée des dunes