



**Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**

**Université de Toliara, Faculté des sciences
Formation doctorale biodiversité et
environnement**



**MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
DE LICENCE PROFESSIONNELLE
EN BIODIVERSITÉ ET ENVIRONNEMENT**



LA FIXATION DES DUNES SUR LE LITTORAL DE TOLIARA

Présenté par ALEX-PERLIN Jérémie

Soutenu le décembre 2014

Membres du Jury

Président du jury : Docteur YOUSOUF Jacky

Examineur : Madame ANDRIANJOHARY Bakolisoa Solange

Rapporteur : Docteur TOSTAIN Serge

Année universitaire 2013-2014

5ème promotion

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, j'adresse mes vifs remerciements à Madame REJO FIENENA Félicité, Professeur d'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences de Toliara, mon encadreur, de m'avoir permis d'effectuer ce stage en vue de valider ma licence professionnelle en Biodiversité et environnement.

Je remercie mes tuteurs de stage, Monsieur Serge TOSTAIN, Docteur en génétique et Monsieur Salomon, doctorant de l'Université de Toliara. Leurs encadrements furent primordiaux durant cette expérience professionnelle.

Je témoignerais d'une profonde gratitude envers Monsieur le Président de l'Université de Toliara et Madame Dina Jeanne Maître de Conférences à la Faculté des Lettres de Toliara, qui m'ont accompagné tout au long de ce travail. Je n'oublierai pas les enseignants Tuléar qui sont à la base de ma formation. Je remercie également toute l'équipe du laboratoire des sciences pour leur accueil et leurs conseils durant les cinq mois de stage

Pour finir, ma reconnaissance va vers mes parents et mes frères et sœurs qui m'ont assuré un soutien moral et financier dans toutes mes études.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	2
LISTES DES FIGURES.....	4
LISTE DES TABLEAUX.....	5
1- Introduction.....	6
1-1 Définition de la dune.....	6
1-2 Problématique.....	7
1-3 Objectifs de l'étude.....	7
2- Présentation de la zone d'étude.....	7
2-1. Choix du site d'étude.....	7
2-2. Localisation du site	8
2-3. Environnement physique	9
2-3.1. Climat.....	9
2-3.2. Pédologie.....	9
2-3.3. Hydrologie.....	10
2-4. Environnement biologique.....	11
2-4.1. La flore.....	11
2-4.2. Faune.....	11
2-4.1. Les habitants.....	12
3- Méthodes et Matériels.....	12
3-1. Organisation	12
3-2. Matériels.....	13
3-2. Méthodes.....	14
3-2.1. Recherches documentaires.....	14
3-2.2. Étude des dunes.....	15
3-2.2.1 Observations faites sur le terrain.....	15
3- 2. 2. 2 Analyses des sables.....	15
3- 2. 2. 3 Les modalités de la fixation des dunes	17
2- 2. 2. 3. 1 Fixation mécanique	17
3-2. 2. 3. 2 la fixation biologique.....	18
4- Résultats et Discussions.....	18
4-1 Formation et origine des dunes	18

4- 1. 1. Dynamique dunaire.....	18
4- 1. 1. Qualité du sable.....	19
4- 1. 1. 1 Morphoscopie des grains de sable.....	19
4- 1. 1. 2 Détermination de l'état de sédimentation dans notre site d'étude	20
4- 2 Stabilisation des dunes en littoral utilisant des espèces autochtones.....	23
4-2. 1 Choix des végétaux.....	23
4- 3. Discussion.....	24
4- 3. 1. Formation des dunes.....	24
4- 3. 2. Analyse minéralogique afin de déterminer leurs origines.....	24
4- 3. 3. La fixation des dunes du site d'étude.....	25
5- Conclusion et recommandations.....	26
5- 1. Conclusion.....	26
6- Références bibliographiques.....	28
ANNEXE 1 : FICHE D'INVENTAIRE ET D'OBSERVATION.....	31
ANNEXE 2 : FICHE DE LISTE DES ECHANTILLONS AVEC LES COORDONNEES GPS.....	32
ANNEXE 3 : FICHE DES DIFFERENTS POIDS DE SEDIMENTS DE CHAQUE REFUS DES TAMIS.....	33
Résumé.....	34
Abstract.....	35

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : localisation du site d'étude

Figure 2 : localisation des dunes sur la carte

Figure 3 : Morphologie du delta de *Fihrenana*

Figure 4 : un lézard craintif tend l'oreille avant de s'enfouir

Figure 5 : cultivateur, pêcheurs, éleveurs

Figure 6 : différents outils utilisés sur le terrain d'investigation

Figure 7 : prélèvement des sables

Figure 8 : carte de prélèvement des sables

Figure 9 : charte visuelle pour la détermination de la forme des grains de sédiments

Figure 10 : balance de précision électronique

Figure 11 : tamiseur utilisé lors de nos études

Figure 12 : pépinière de palmier à *Belalanda* par Toliara sands

Figure 13 : la photo d'une Barkhane

Figure 14 : diagramme montrant le degré de classement et l'asymétrie d'un sable (vatan, 1967)

Figure 15 : courbes de fréquences présentant les échantillons analysés sur le site *Andaboy*

Figure 16 : courbes de fréquences présentant les échantillons analysés sur le site *Nosy vato*

Figure 17 : courbes de fréquences présentant les échantillons analysés sur le site *Abelitsaky-Mibotsibotsiky*

Figure 18 : Akao brise-vent

Figure 19 : photos *ipoméa pas-caprea*, *leptadenia madagascariensis* et *acacia spp*

LISTE DES TABLEAUX

- **Tableau I** : Principaux minéraux identifiés
- **Tableau II** : Les résultats des récoltes botaniques

1- Introduction

1-1 Définition de la dune

Une dune est un monticule de sable édifée par le vent sur les littoraux et dans les déserts. Elle est une formation géologique qu'on trouve dans le monde et à Madagascar.

La classification des dunes est très complexe. On a plusieurs classifications basées sur la morphodynamique et la morphologie. Il y aurait six groupes principaux de dunes : barkhane, croissante, linéaire, inverse, en étoile et en parabole. Chaque groupe possède trois variétés : simples, composées et complexes (Mc KEN,). Dans chaque variété, trois classes principales de dunes ont été proposées (TSOAR et al., 2004) :

- les dunes migrantes qui avancent avec peu ou pas de changement de forme et de dimension,
- les dunes extensibles qui s'allongent à mesure que le temps passe et
- les dunes à accumulation qui présentent peu ou pas d'avancement ni d'élongation.

À Madagascar, le système dunaire se rencontre au quaternaire jusqu'à l'ère actuelle. Il est bien développé dans la région de l'Androy avec les dunes karimboliennes, tatsimiennes, flandriennes et actuelles (BESARIE et COLLIGON, 1971). Dans la région de Toliara, les dunes karimboliennes sont associées aux dunes qui longent la faille de Toliara. Des dunes tatsimiennes sont observées aux tombeaux royaux de Miary. Les dunes flandriennes se rencontrent dans les dunes de Maninday et dans la forêt Mikea. Les dunes récentes se rencontrent sur le littoral.

La formation des dunes commence par l'altération physique des roches et des débris de roches, des récifs et les restes des coquilles d'organismes morts. Le transport se fait par les eaux des fleuves et des rivières de pluies, le vent, les courants marins et les vagues. Sous l'effet de collisions durant le transport ces différentes roches se transforment en grain de sable.

Le transport par le vent est fonction du poids des grains de sable. Quand la force du vent est bien supérieure au poids du grain, le transport se fait par suspension. Quand la force du vent est peu supérieure au poids du grain, on observe un transport par saltation. Quand la force du vent est faible, le transport se fait par roulement ou glissement. Des obstacles, cailloux, herbes, branches, arbres arrêtent les grains de sable et c'est le début de la formation d'une dune dans le désert ou le long des côtes marines ou lacustres.

La formation et l'avancement des dunes côtières dépendent des apports croissants de sédiment et de la vitesse du vent qui provoque une érosion importante et un dépôt de sédiments sur la plage. Les tempêtes favorisent l'érosion des dunes côtières et par conséquent leur déplacement (ANDREWS *et al.* 2002 ; PYE & BLOTT, 2008). Les dépôts de sédiments sur le littoral compensent en partie cette

érosion et peuvent être liés aux hausses successives du niveau de la mer pendant l'ère quaternaire (GIANNINI *et al.*, 2007).

Il y a un processus principal pour la formation des grains qui est l'altération physique des roches et des débris de coquilles d'organismes marins. Les restes d'organismes sous l'effet des collisions, se transforment en grain du sable qui est transporté par les eaux pour arriver à la plage. Les vagues, les marées, les houles de cyclone et le courant des marées les rejettent sur le littoral. Sur le littoral de Toliara, un vent dominant appelé « *Tsioky antimo* » souffle du Sud vers le Nord et prend en charge les sables du littoral pour former certaines dunes.

1-2 Problématique

Dans la Région Sud- ouest de Madagascar, l'avancement des dunes sous l'effet de l'alizé (vent régulier dans les zones intertropicales) ou bien encore du « *Tsioky Antimo* » est à l'origine des dégâts observés sur le littoral notamment sur celui de Toliara. La commune de Toliara envisage d'aménager le littoral afin d'attirer plus de touristes [1]. La principale problématique est l'avancement des dunes qui représente une menace pour les végétaux et l'infrastructure sur le littoral de Toliara. C'est pourquoi, il est important d'arrêter ou de fixer les déplacements des dunes du bord de mer. Notre sujet de recherche, intitulé : « Fixation des dunes sur le littoral de Toliara », a donc pour but de mieux comprendre la situation de l'avancement des dunes sur le littoral de Toliara et de proposer des méthodes de fixation.

1-3 Objectifs de l'étude

Appuyé par la documentation qui donne des informations sur les techniques de fixation de dunes dans le monde, notre étude a comme objectif général d'étudier la dynamique de la formation des dunes littorales de Toliara et les techniques de fixation des dunes. Pour l'atteindre, des objectifs spécifiques sont :

- 1) D'étudier la formation des dunes sur le terrain avec plusieurs descentes et avec une observation sur la forme et le déplacement des dunes.
- 2) De déterminer la qualité du sable et son origine avec tamis et loupe binoculaire.
- 3) D'observer les possibilités de fixation biologique en faisant l'inventaire du couvert végétal et les plantes à installer pour fixer le sable.

2- Présentation de la zone d'étude

2-1. Choix du site d'étude

Le site présente un intérêt important pour la conservation de l'environnement. Il renferme les sables

dunaires qui sont l'objet d'exploration de minéraux industriels comme l'ilménite (oxyde de fer et de titane, FeTiO_3 , avec des traces de magnésium, manganèse et vanadium) mené par Toliara Sands. C'est aussi un endroit touristique avec de magnifiques plages de sable que la Commune Urbaine de Toliara (CUT) voudrait valoriser.

La région subit un ensablement croissant dû aux apports fluviaux du Fiherenana et du Manombo et de l'érosion du fond de la mer par les vagues. La perturbation du site a un effet défavorable sur le récif barrière de Toliara où se développent des ressources halieutiques. Le déplacement des dunes vers la grande passe empêche les gros bateaux de rejoindre le port de Toliara qui souffre déjà de l'ensablement avec un tirant d'eau de 5 mètres seulement. Le projet de construction d'un port minéralier par Toliara Sands pour l'exportation de l'ilménite de Ranobe va avoir un impact environnemental important. Il doit tenir compte des mouvements du sable pour la pérennité de l'ouvrage. Le choix de sites accessibles, réduit les coûts de l'échantillonnage (DANKS *et al.*, 1987). Le littoral de Toliara présente un environnement côtier complexe. Le site a été choisi en fonction des possibilités de déplacement en voiture, à pieds et en motocyclette.

2-2. Localisation du site

Le site d'étude choisi se trouve au Sud et au Nord de l'embouchure de Fiherenana. le long du littoral entre Andaboy et le *tombolo* de Mibotsibotsiky qui se situent entre les latitudes $23^{\circ}21'15''$ et $23^{\circ}14'03''$ Sud, et entre les longitudes $43^{\circ}38'19''$ et $43^{\circ}36'53''$ Est. La zone s'étend sur une bande de 400 à 1 000 m de large parallèle à la côte (Figures 1 et 2). Le littoral est caractérisé par une formation végétale qui pousse sur du sable blanc. Le site présente deux parties distinctes :

- Le long de la côte s'étendent les dunes vives et les dunes partiellement fixées par une végétation en formant des buttes témoin. La largeur est estimée environ à 100 m au maximum. Les dunes vives forment le *tombolo* de Mibotsibotsiky. On y rencontre également des dunes fixées par des mangroves.
- Parallèlement à la côte, s'étendent des dunes fixées par une végétation constituée par une formation de type herbacé à type fourré. C'est dans cette zone que l'inventaire botanique a été mené. Les bras de rivières abandonnées ont une végétation abondante sur un ensablement sans forme géométrique.

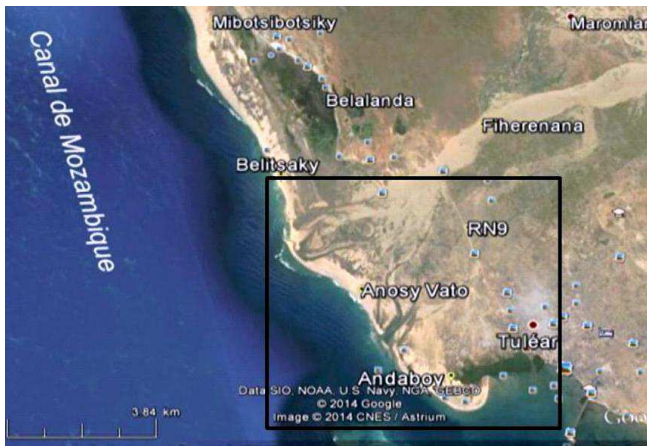


Figure 1 : Localisation du site (source Google Earth)

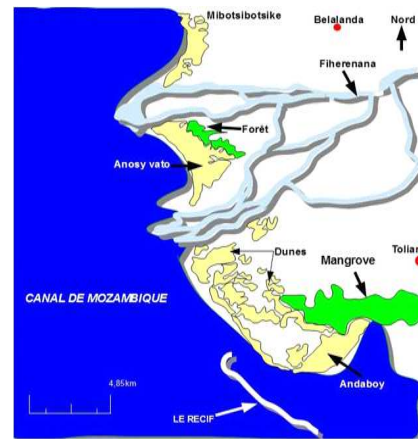


Figure 2 : localisation des dunes sur la carte (source google Earth)

Andaboy est situé dans la circonscription de la Commune Urbaine de Toliara tandis que le tombolo de Mibotsibotsiky est dans la Commune Rurale de Belalanda.

2-3. Environnement physique

2-3.1. Climat

Généralement, la région du Sud-Ouest de Madagascar présente un climat semi-aride. Le site se trouve dans la zone où les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 350 et 600 mm, avec une forte variation annuelle. Malgré la faiblesse des précipitations, l'importance de la rosée matinale contribue significativement à l'atténuation du déficit pluviométrique en début de la saison sèche et limite l'évapotranspiration (SALOMON, 1987).

Les vents et les brises côtières qui constituent un phénomène quotidien, sont dûs aux forts contrastes thermiques entre la mer et la terre. Le vent dominant du site est appelé *Tsioky antimo* car il vient du Sud. Il est à l'origine de l'érosion et de la formation des dunes dans notre site.

Durant de longues années, la température moyenne annuelle a été de 25°C dans le bassin versant du *Fihierenana*. La période la plus chaude s'étale de novembre à mars avec une température moyenne variable entre 32°C et 36°C. La température nocturne moyenne de juillet, le mois le plus frais, peut atteindre 11°C.

2-3.2. Pédologie

À Madagascar, on distingue 3 grands ensembles géologiques : le socle cristallin, les formations volcaniques et la couverture sédimentaire qui occupe la partie Sud et Ouest entre le socle cristallin et la mer (BATTISTINI, 1964). Notre site d'étude appartient à la formation sédimentaire qui renferme les minéraux des deux premières formations due à l'érosion et au transport fluvial.

En général, la région Sud-Ouest a des sols ferrugineux tropicaux (KOECHLIN *et al.*, 1974) qui proviennent essentiellement de la décomposition des roches d'origine diverses riches en fer. Le site de travail présente trois catégories de sols : le sol sableux, le sol sableux ferrugineux et les alluvions des bras des rivières. La coloration rouge provient de l'oxydation du fer en fer ferrique. L'analyse au laboratoire des minéraux constitutifs des sables permet de déterminer l'origine de la roche mère du sol.

2-3.3. Hydrologie

Il y a le fleuve Fiherenana et les bras du fleuve abandonnés entre deux épisodes pluvieux ou pendant la saison sèche comme à Ambondrolava (transformés en mares) et les petites résurgences côtières d'eau douce (à Belitsaky par exemple). Le fleuve prend sa source dans le massif gréseux de l'Isalo (SOURDAT, 1973) au Nord-Est de la forêt de Vohibasia et son bassin versant couvre 7 600 km² de superficie (CHAPERON *et al.*, 1993). L'estuaire est fortement ensablé (zone d'accumulation alluviale). De fortes crues en saison des pluies peuvent se produire en remodelant le littoral. Pendant la période des pluies, le fleuve Fiherenana se jette à la mer. Mais la force du fleuve ne peut plus creuser les alluvions dans son lit principal, si bien que le fleuve se jette à la mer avec plusieurs bras. Il faut attendre les marées hautes et les grandes crues pour transporter les sédiments au large. Les courants vont les transporter et les déposer le long de la côte. Le *tombolo* de Mibotsibotsiky en est la conséquence. L'apport sédimentaire dans le delta prend une ampleur significative en période de crue qui a des effets néfastes sur la biodiversité marine et côtière. Le fleuve a un régime irrégulier : vers la fin du mois d'avril, le cours d'eau montre un réseau anastomosé indiquant le début de l'étiage. En saison sèche il est complètement sec (oued) à son embouchure. Les mares sont colonisées par une végétation formée d'arbustes ou des palétuviers. Les résurgences côtières constituent des sources d'eau potable pour la population.



Figure 3 : Delta du Fiherenana avec les deux flèches dunaires : Mibotsibotsika au Nord et Andaboy au Sud (source : Google Earth)

2-4. Environnement biologique

2-4.1. La flore

La région de Toliara correspond au domaine phytogéographique du sud (REJO, 1995). La formation végétale est constituée par une végétation forestière fermée de type « fourré » (RAZANAKA, 1995) et un type de végétation arbustive fermée, unistratifiée avec une stratification arborée très discontinue, généralement peu pénétrable, souvent morcelée, à tapis herbacé absent ou discontinu. Il s'agit d'une formation épineuse et xérophile, caractéristique d'une adaptation à la sécheresse.

Dans le site d'étude, on distingue quatre zones : le cordon dunaire vif, les dunes fixées, les bras abandonnés et les substrats meubles.

Le cordon dunaire vif a une végétation pauvre. Les dunes sont presque nues. Sur les petites dunes fixées, la végétation est composée de plantes rampantes : *Ipomea pas-caprea*, *Leptadenia madagascariensis* et d'arbustes *Acacia spp*, *Henonia scoparia* (buttes témoin).

Les dunes fixées des littoraux présentent une végétation plus riche, car les plantes rampantes et les arbustes sont plus nombreux. On observe *Calotropis procera*, *Sporobolus halophilus* et *Cynodon dactylon*.

Dans ces régions littorales peu profondes où se déposent des sédiments les plus souvent vaseux, pousse la forêt de palétuviers (mangroves) qui est composée de deux types :

- la mangrove d'estuaire (bras nord du Fiherenana) avec *Rhizophora mucronata* de la famille des Rhizophoracées dans le site de Belitsaky ;
- les mangroves littorales, où les arbres dominants sont *Sonneratia alba* et *Avicenia officinalis*, qu'on trouve souvent dans la baie abritée de la Batterie-Andaboy.

Dans les bras abandonnés du fleuve Fiherenana, sur des substrats meubles argilo-sablonneux, la flore est plus riche avec de véritables arbres : les palétuviers, *Jatropha mahafaliensis*, *Placheia greveyi* et des grandes herbes, *Phragmites moritiana*.

2-4.2. Faune

La zone littorale est pauvre en faune terrestre, car elle ne renferme pas beaucoup de matière nutritive. Elle est exposée constamment au vent du sud, le *tsioky antimo*. En plus, la présence des pêcheurs perturbe la niche écologique par les bruits. La faune est dominée tout simplement par des lézards (Figure 4) et des caméléons.



Figure 4 : Lézard (source TOSTAIN, 2014)

2-4.1. Les habitants

Le littoral est habité surtout par les *Vezo* et *Tanalana* :

- Les *Vezo* sont des pêcheurs semi-nomades, prédateurs du platier corallien, de la mangrove et des zones forestières adjacentes à la côte.
- Les *Tanalana* sont des cultivateurs qui pratiquent des cultures sur brûlis sur les sols alluvionnaires des bras de rivière abandonnés et les sols meubles. Ils sont aussi des éleveurs de chèvres et de moutons qui broutent les feuilles des arbustes épineux. Ils font du charbon avec des arbres déracinés.

Les effets anthropiques sont énormes car les deux groupes ethniques vivent côte à côte dans une zone dégradée sur sols sableux, en arrière de la dune littorale. Actuellement, la région subit une forte augmentation de population et par conséquent une augmentation des besoins quotidiens de l'utilisation des bois forestiers pour les constructions de maison, la fabrication de charbon et le bois de chauffe, la recherche des superficies cultivables et des pâturages, la cueillette des essences forestières et l'utilisation des plantes médicinales par les matrones (Figures 5).



Figures 5 : cultivateur, pêcheurs, éleveurs (source TOSTAIN, 2014)

3- Méthodes et Matériels

3-1. Organisation

Nous avons fait notre travail sur le terrain de mars à juin 2014. Nous avons commencé par noter les coordonnées GPS des lieux et en même temps nous avons prélevé huit échantillons de sable sur les

dunes dans trois sites différents (Andaboy, Anosy vato et Belitsaky-Mibotsibotsiky).

Nous avons commencé les observations sur l'avancement des dunes sur le littoral de Toliara et repéré les plantes qui fixent les dunes en faisant l'inventaire floristique. Nous avons pris en photographie toutes les expériences que nous avons menées sur le terrain.

Le travail ne s'est pas seulement résumé à ces observations faites sur le terrain. Tout au long de cette période, une documentation sur la dynamique des dunes et leurs origines a été recherchée dans les différents centres de documentation de l'Université de Toliara et sur internet. Nous avons reçu d'autres documents par S. TOSTAIN (ONG Formad environnement).

Nous avons également travaillé au laboratoire du Département de géologie de la Faculté des Sciences de Toliara pour effectuer différentes expériences tels que le tamisage des échantillons recueillis sur les différents sites et l'observation au microscope des différentes formes de grains de sable.

3-2. Matériels

Différents matériels ont été utilisés sur le terrain :

- Un GPS (Global Positioning System) pour la localisation de chaque place d'échantillonnage (figure 6.a) ;
- Une moto pour nous rendre dans le lieu d'étude (figure 6.b) ;
- Des sachets plastiques pour mettre et conserver les différents échantillons recueillis (figure 6.c) ;
- Sac à dos pour porter les échantillons (figure 6.d)
- Un appareil photo numérique pour prendre des photos (figure 6.e) ;
- Cahier de note + stylo et crayon pour prendre des notes (figure 6.f).



6a



6b



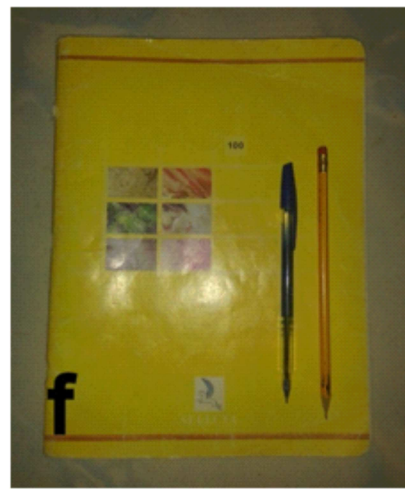
6c



6d



6e



6f

Figures 6 : Différents outils utilisés sur le terrain d'investigation (Source PERLIN, 2014)

3-2. Méthodes

3-2.1. Recherches documentaires

Pour avoir des informations de base susceptibles de fournir des données utiles et exploitables pour l'orientation de notre travail, nous avons fréquenté plusieurs centres de documentation à savoir la bibliothèque de la Formation Doctorale en Biodiversité et environnement du CEDRATOM et celle de l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IHSM). Nous avons également consulté des sites web en ligne pour avoir plus d'informations de la région et des différents pays du monde. Ainsi, nous avons consulté des articles, des mémoires, des ouvrages et des journaux qui ont été envoyés par Monsieur TOSTAIN.

Ensuite, on a entamé une série d'enquêtes auprès des spécialistes de géologie et des populations locales (cas des habitants de Belalanda). Pour l'évolution du climat de la région, nous avons mené des enquêtes auprès du service météorologique de Toliara.

3-2.2. Étude des dunes

3-2.2.1 Observations faites sur le terrain

Sur le terrain, nous avons prélevé des échantillons de sable (Figure 7). Chaque site a fait l'objet au moins de 8 prélèvements d'échantillonnages. Le positionnement de chaque échantillon a été réalisé à l'aide d'un GPS (Figure 8) Les prélèvements ont été faits dans trois sites : Andaboy, Nosy Vato, Belitsaky-Mibotsibotsiky.



Figure 7 : Prélèvement en surface des sables (source TOSTAIN 2014) Figure 8 : Positions géographiques des points d'échantillonnage (dune x) du sable

Les points ont été pris dans des endroits cibles (plage, dune nue, lit du Fihierenana, dune fixée) pour déterminer leurs caractéristiques. Il est important de savoir que les prélèvements des échantillons se font dans des conditions identiques dans l'ensemble des sites c'est-à-dire d'Andaboy et Mibotsibotsiky.

3- 2. 2. 2 Analyses des sables

Les analyses du sable ont été réalisées dans le laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences. Pour ce faire, nous avons utilisé un microscope binoculaire. Le but de cette méthode est de voir l'ensemble de la composition des sédiments. Nous avons étalé légèrement chaque échantillon préparé sur une lame de verre à l'aide d'une spatule. Ceci nous permet de distinguer les différentes formes des grains. Pour bien observer les formes de chaque grain, nous avons utilisé du plus faible grossissement au plus gros grossissement.

L'analyse morphoscopique des sables est une technique complémentaire de la granulométrie. Elle nous permet de déterminer la forme, l'état de la surface et le degré d'usure des grains de sable. Ce qui nous permet de déterminer la nature de l'agent de transport des sédiments (figure 9). La charte visuelle de KRUMBEIN et SLOSS (VATAN, 1964). Notre but est de déterminer la sphéricité et l'arrondissement de chaque grain visualisé.

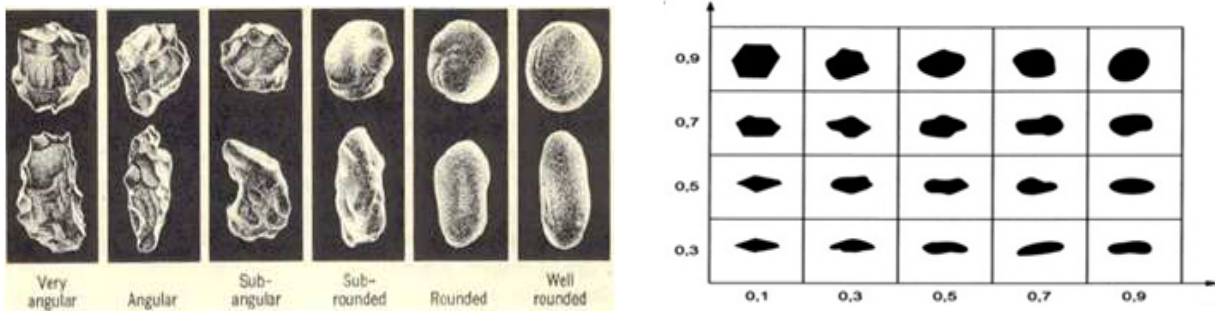


Figure 9 : Charte visuelle pour la détermination de la forme des grains de sédiments (de KRUMBEIN et SLOSS)

L'étude granulométrique permet d'estimer les différents diamètres de grains qui constituent ce sédiment. Pour cela, cette étude consiste à séparer et classer à l'aide d'une colonne à tamis les grains, selon leur diamètre. Puis, les grains isolés suivant leur taille sont pesés pour déterminer la proportion de chacun dans l'échantillon de sable.

Mode opératoire

- Peser 100 g de sable sec à l'aide d'une balance électronique (Figure 10).



Figure 10 : Balance de précision (PERLIN 2014)



Figure 11 : Tamiseur (PERLIN, 2014)

- Tamiser l'échantillon pesé dans un tamiseur à 14 colonnes de tamis (Figure 11). Les mailles de tamis se présentent en série d'usage (WENTWORTH, 1922 ; RATSITOHAINA, 2007 et HAIRIDINE, 2010). La superposition de tamis forme une colonne de différentes dimensions de mailles par ordre croissant du bas vers le haut. Les dimensions des mailles sont toutes converties en μm et elles sont présentées comme suit : 63-75-90-106-125-150-180-212-250-300-355-500-710-1000. L'agitation du tamiseur a été réglée avec une amplitude de 40 ampl/s pendant 10 minutes. A la fin de chaque pratique, nous enregistrons les différents poids de sédiments de chaque refus des tamis. Enfin, le tableau des données granulométriques (fréquences élémentaires et des pourcentages cumulés) ont été traitées par le logiciel GRADISTAT 4.0. pour obtenir les résultats sous forme d'histogrammes et de courbes cumulées.

3- 2. 2. 3 Les modalités de la fixation des dunes

Nous avons observé les différentes formes de dunes, de leurs avancées ainsi que la fixation naturelle des dunes, mécanique ou par les plantes (fixation biologique). Les plantes spontanées constituent des pièges à sable qui peuvent être vulgarisées pour stabiliser les dunes. Pour cette étude, on a adopté la méthode transect (GENTRY, 1993). Cette méthode consiste à tracer une ligne bien droite de 100 m de long à l'aide d'un mètre à ruban, en menant 1 m de part et d'autre de cette ligne, pour obtenir une bande de terrain de 200 m² appelée parcelle-transect (soit 100 m de long sur 2 m de large et espacés de 50 m). Pour chaque parcelle-transect, différentes caractéristiques ont été prises en compte telles que la position topographique, le type de sol, l'altitude et les coordonnées géographiques.

On a recensé tous les arbres, arbustes et lianes ayant un dhp supérieur ou égal à 2,5 cm se trouvant à l'intérieur de la parcelle-transect. Pour chaque plante, le nom vernaculaire, le nom de l'espèce, du genre ainsi que la famille à laquelle elle appartient ont été notés.

2- 2. 2. 3. 1 Fixation mécanique

La fixation mécanique, naturelle ou artificielle, consiste à arrêter les sables en mouvement par un obstacle physique tels que des pierres, des bouts de bois échoués, des troncs d'arbres morts, des branchages ou des palissades. La stabilisation mécanique artificielle des dunes se fait à partir de la technique du clayonnage croisé ou carroyage qui retient les sables en fonction des directions des vents dominants. La méthodologie actuelle la plus employée pour la reconstruction des cordons dunaires consiste à utiliser des systèmes passifs de piégeage de sable. Cette méthode imite la fonction de la végétation pionnière dans la formation des dunes. Pour ce faire, il existe plusieurs techniques, adaptées au type de dunes, qui servent à piéger le sable à l'aide notamment de fascines. Sur la base de notre expérience, nous avons proposé d'utiliser du matériel végétal local qui peut être assemblé pour former des palissades biodégradables (brise-vents). La taille et la disposition des palissades dépendent du type de dunes et des vents présents.

Les observations montrent que les mangroves bloquent la dynamique des dunes en arrêtant les mouvements du sable. Ainsi la plantation de palétuviers le long de la côte de Mibotsibotsiky est bénéfique.

Dans son projet de fixation des dunes de la Batterie, la Commune Urbaine de Toliara a pensé à la plantation de palétuviers de pépinière pour arrêter le sable et provoquer la formation d'un cordon dunaire.

3-2. 2. 3. 2 la fixation biologique

Le but est de fixer les dunes et le cordon dunaire par les racines des plantes, les tiges et les feuilles (végétalisation). Une fois le cordon dunaire stabilisé, pour atteindre un équilibre dynamique avec le vent, il est fixé définitivement par la plantation d'espèces dunaires qui, à l'état naturel, assurent la formation et la stabilisation des dunes. La fixation biologique des dunes se fait avec des espèces végétales adaptées au climat, par exemple : *lalanda*, *taritariky*, *bararata*, *kidresy* et *kifafa* qui doivent être d'abord développées en pépinières. Pour faire une pépinière, il faut des semences et des boutures, un arrosage (puits), du binage, et de la protection contre les animaux divagants, le soleil et les vents. Après la plantation, les jeunes pousses doivent continuer à être protégées des piétinements des hommes, des chèvres, des cochons ou des moutons.

Grâce à ces plantes, le cordon dunaire littoral est stabilisé et peut atteindre un équilibre. C'est le cas du *tombolo* de Mibotsibotsiky. On peut envisager une mise en valeur du site.

Pour la fixation biologique des dunes littorales de Toliara, la société Toliara Sands a planté dans sa pépinière de Belalanda plusieurs espèces dont des palétuviers, des filao et des cocotiers (figure 12).



Figure 12 : Pépinière de Filao financée par Toliara Sands à Belalanda (source PERLIN 2014)

4- Résultats et Discussions

4.1 Formation et origine des dunes

4- 1. 1. *Dynamique dunaire*

La formation, le développement et la morphologie d'équilibre de toutes les dunes sont déterminés par les variations dans les taux de transport de sédiments dans le temps et dans l'espace qui donnent lieu à l'érosion et la sédimentation. Les changements spatiaux dans le taux de transport des sédiments sont essentiels pour contrôler la morphologie des dunes. Dans les zones où le vent change de manière saisonnière, les modèles d'érosion et de sédimentation changent avec les saisons. Par contre, le développement de la dune modifie la structure du vent à son contact en établissant un équilibre dynamique sur la morphologie de la dune. Les processus de formation des dunes sont encore insuffisamment compris et analysés. En l'absence de végétation, la sédimentation implique une réduction locale du débit de transport, qui se produit normalement par une convergence des lignes de courant derrière un obstacle. Les observations sur place ont fourni des informations sur la formation des dunes.

On trouve trois types de dunes sur notre terrain : dune initiale (ou nue), dune blanche ou mobile et dune fixée. Nous avons constaté que la plupart des dunes qu'on a trouvées sur notre site Andaboy et le long des côtes sont presque toutes des barkhanes qui appartiennent à la catégorie des dunes mobiles sous l'action du vent. Le côté au vent est constamment mobile à un angle doux avec des rides appelées « ripples-marks ».



Figure 13 : Barkhane de grande taille (source TOSTAIN, 2014)



Le mécanisme de formation de ces dunes en croissant particulièrement mobile est complexe. La barkhane a deux coins, la partie sous le vent présente un angle abrupt.

4- 1. 1. Qualité du sable

4- 1. 1. 1 Morphoscopie des grains de sable

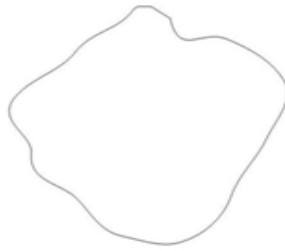
On utilise le microscope pour identifier la forme générale des éléments détritiques et mettre en évidence l'usure de ces éléments afin d'en déduire leurs modes de transport. Mais, ces observations ont été effectuées uniquement à l'aide d'un microscope binoculaire faute de microscope. Le cortège minéralogique est riche (tableau 1). Les minéraux représentés ne sont pas les seuls existants mais ce sont ceux que nous avons pu identifier avec les appareils utilisés.

Tableau 1 : Principaux minéraux identifiés.

Photos des minéraux	Morphologie des grains	Cassure	Description
		Irrégulière	<p>Le cristal présente des faces assez irrégulières. Cette forme témoigne des chocs au cours du transport par le fleuve</p>
Grain de pyroxène			



Grain de corindon

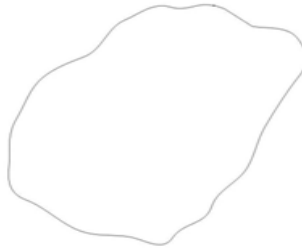


Sub-conchoïdale

Ce cristal de type octaédrique présente des formes anguleuses. Ceci témoigne de sa résistance aux chocs au cours de son transport sur le fleuve jusqu'à son dépôt.



Grain d'ilménite



Sub-arrondi

Cette graine présente une forme arrondie avec un taux de sphéricité assez élevé. Cette forme indique un parcours long durant son trajet.

4- 1. 1. 2 Détermination de l'état de sédimentation dans notre site d'étude

L'analyse granulométrique du sable a été effectuée après tamisage pendant 10 min à travers une colonne de tamis allant 63 à 1000 μm . Pour tracer les courbes, Microsoft Excel 2007 a été utilisé. Puis nous avons déterminé graphiquement la *Médiane* ($mean=Md$): (abscisse correspondant à l'ordonnée $y = 50$ et la dimension des grains tels qu'il en existe 50% des plus petits et 50% des plus gros). Puis, nous avons utilisé le diagramme de VATAN (1967), comme référence pour déterminer graphiquement le degré de classement et l'asymétrie des sédiments de chaque partie (Figure 14). Notre objectif est de vérifier le degré de classement ou de dispersion des grains des particules sédimentaires sur le littoral de Toliara. Ce diagramme nous permet également de vérifier l'asymétrie des courbes de fréquence et de vérifier la présence de mélange qui nous permet de mettre en évidence la dimension des grains les plus abondants.

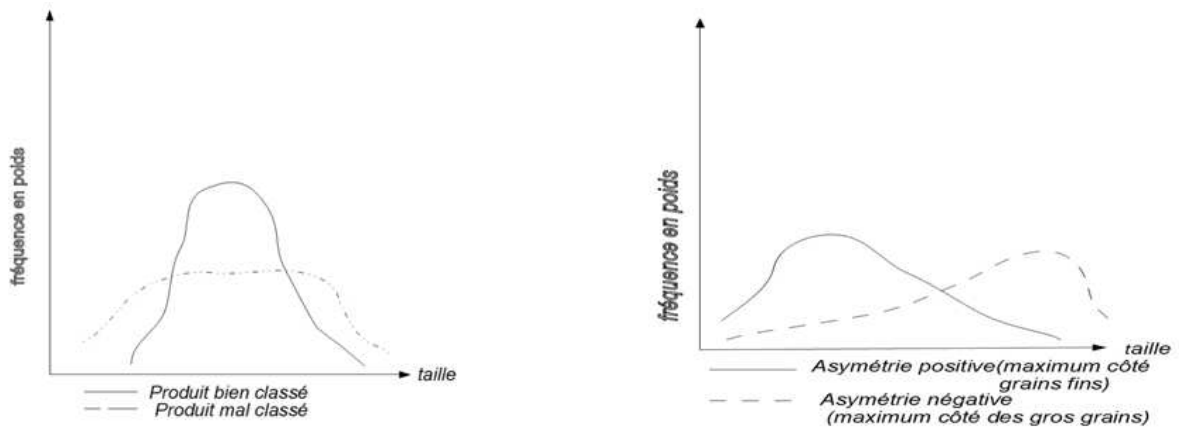


Figure 13: diagramme montrant le degré de classement et l'asymétrie d'un sable (VATAN, 1967)

Présentation des courbes du site Andaboy

Les résultats sont interprétés selon les démarches sédimentologiques classiques (FOLK, 1966, FRIEDMAN & SANDERS, 1978). Chaque courbe est représentée par sa propre couleur et une numérotation pour faciliter sa détermination.

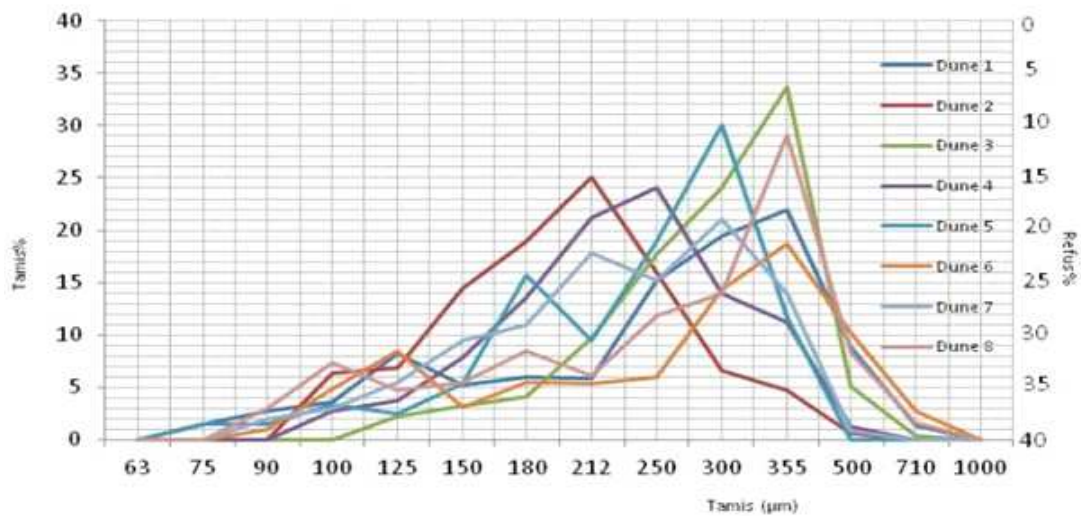


Figure 14 : Courbes de fréquences présentant les échantillons analysés sur le site Andaboy. Ordonnée gauche : Fréquence en poids ; Ordonnée droite : Refus ; Abscisse : Taille des grains

L'analyse granulométrique des échantillons prélevés sur les dunes d'Andaboy montre des faciès à granulométrie variable en allant de la partie Nord jusqu'à la partie Sud. La distribution granulométrique de la courbe montre qu'au niveau de la dune 1, les sédiments sont en général très mal classés.

Présentation des courbes du site Nosy vato

Tout comme sur le site précédent, chaque courbe du site est représentée par sa propre couleur et elle

est surnommée par des symboles pour qu'on facilite sa détermination.

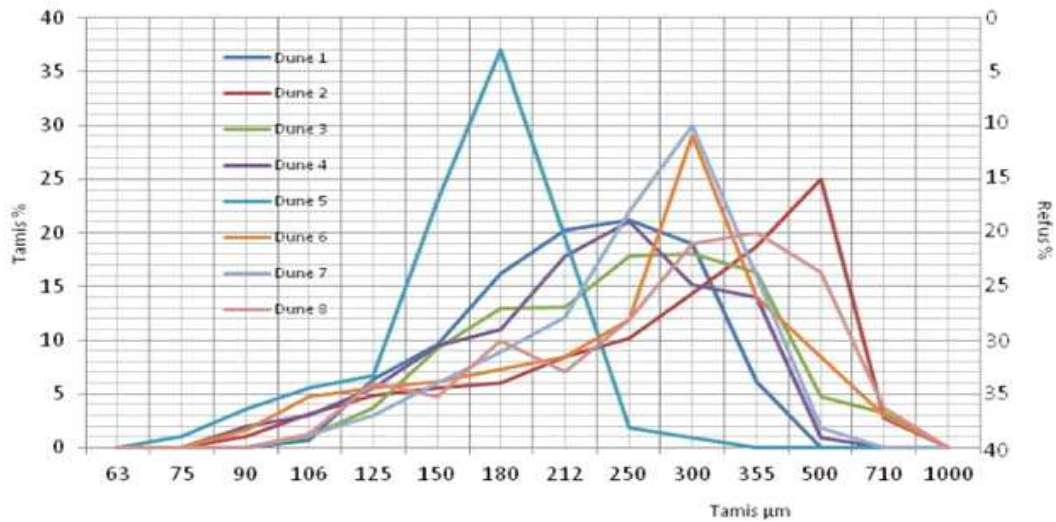


Figure 15 : Courbes de fréquences présentant les échantillons analysés sur le site Nosy vato

Donc, au niveau de la zone dunaire sur la courbe, le mode de dépôt éolien prédomine. D'où la présence de sédiments fins, bien classés avec triage très sélectif. On a remarqué aussi le mode de dépôt de la haute plage par la présence de courbe hétérométrique. Ceci figure la diversité de conditions de la formation de la dune : l'une est due à l'action de vent et l'autre par l'action des vagues. La vague ne permet pas aux sédiments fins de se déposer lors de la marée haute tandis qu'au moment de la marée basse, le vent transporte des éléments fins de manière très sélective. En effet, au niveau de la passe, la diversification des courbes granulométriques s'explique par : la présence de plusieurs facteurs hydrodynamiques complexes (vagues, courants des marées et les courant du canal de Mozambique...). Dans la partie profonde, les sédiments fins prédominent. En guise de conclusion partielle, le sens du granoclassement diminue de la haute plage vers le récif et de la haute plage vers la dune (Figure 15).

Présentation des courbes du site Belitsaky-Mibotsibotsiky

Les courbes présentent une symétrie très constante avec un apport important de fraction à grain moyen à fin. Ces indications marquent un mode de transport et de dépôt en milieu plus ou moins calme (Figure 16).

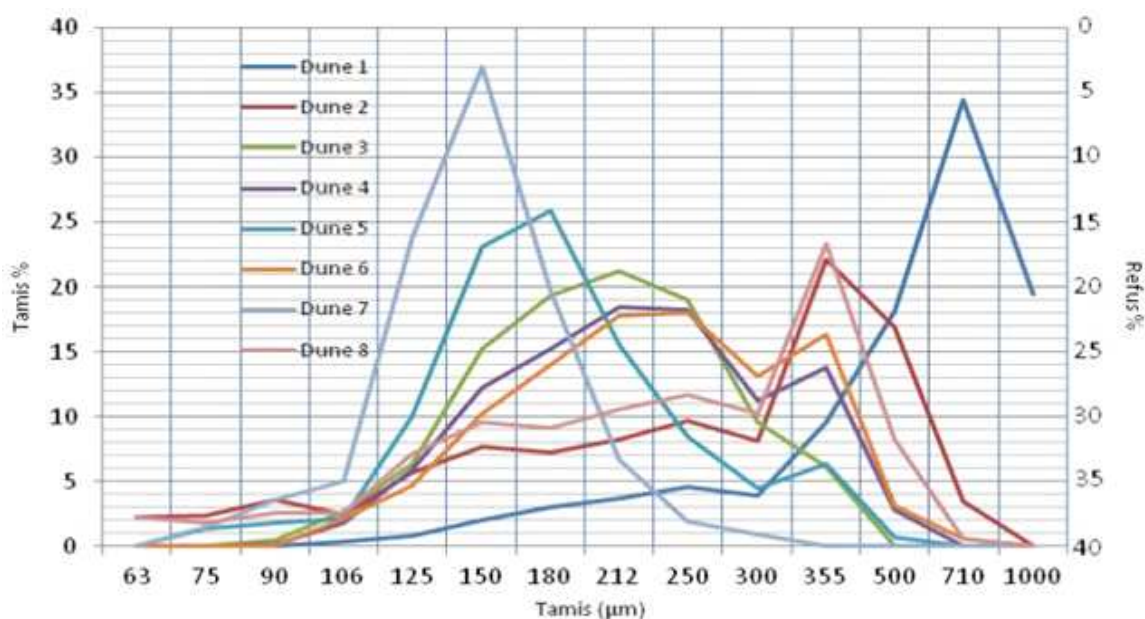


Figure 16 : Courbes de fréquence présentant les échantillons analysés sur le site Abelitsaky-Mibotsibotsiky

4- 2 Stabilisation des dunes en littoral utilisant des espèces autochtones

4-2. 1 Choix des végétaux

Le cortège floristique est constitué de 9 espèces de 7 familles (tableau 2). La famille la plus nombreuse est celle des Poacées (trois espèces). L'espèce *Calotropis procera* ainsi que les espèces de palétuviers n'ont pas été prises en compte car non autochtones.

Tableau 2 : Résultat des récoltes botaniques dans notre site

Nombre	Noms vernaculaires	Espèces	Familles
73	<i>Acacia</i>	<i>Acacia spp</i>	Fabaceae
63	<i>Lalanda</i>	<i>Ipomea pas-caprea</i>	Convolvulaceae
44	<i>Taritariky</i>	<i>Leptadenia madagascariensis</i>	Asclepiadaceae
32	<i>Kifafa</i>	<i>Henonia scoparia</i>	Amarantaceae
20	<i>Ahitra</i>	<i>Sporobolus halophilus</i>	Poaceae
18	<i>Bararata</i>	<i>Phragmites moritiana</i>	Poaceae
10	<i>Kidresy</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae
2	<i>Satra</i>	<i>Jatropha mahafaliensis</i>	Euphorbiaceae
2	<i>Famonty</i>	<i>Placheia greveyi</i>	Asteraceae

Les grands arbres sont utilisés pour la fixation mécanique, tandis que les plantes grimpantes sont favorables à la fixation biologique. La limite entre les deux fixations dunaires est floue.

4- 3. Discussion

Pour rendre clair ce que nous avons fait dans les chapitres précédents, nous allons donner un peu plus de détails.

4- 3. 1. Formation des dunes

La marée, par son amplitude, peut laisser à découvert une large bande de sédiments sableux susceptible d'être transportée par le vent. Le sable sec mobilisé par déflation est ensuite emporté au-delà de l'estran. Aux fluctuations quotidiennes de niveau dues à la marée viennent s'ajouter les conditions océanographiques et atmosphériques. Par vent de tempête, des surcotes de 0,5 à 1 m sont possibles. Des reculs importants du trait de côte interviennent alors en particulier lorsqu'il y a conjonction avec des marées de vive-eau.

Par ailleurs, des courants de marée jouent un rôle important dans les transports sédimentaires. L'onde de marée se propage dans le Canal du Mozambique d'Ouest en Est. À l'approche du rivage, les courants ont tendance à se déplacer parallèlement au trait de côte.

Les sédiments déplacés s'affinent vers les zones de moindre courant : ils constituent les sables fins et les vases dans les zones de calme (estuaires). Lorsque les affleurements rocheux sont présents, une faible épaisseur de sédiment est notée. Au débouché des estuaires, l'estran prend une grande importance, la forte largeur des dépôts est liée à l'effet d'épi hydraulique joué par les débouchés des fleuves du Fiheranana en mer (ralentissement de la dérive littorale puis dépôt).

4- 3. 2. Analyse minéralogique afin de déterminer leurs origines

La présence de minéraux dans le lagon est due en grande partie aux effets de ce fleuve suivis par la circulation des eaux engendrées par les courants marins. Cette forte proportion de minéraux dans les sites est directement liée aux forts rejets des apports sédimentaires transportés par le Fiheranana (SALOMON, 1987 ; RATSITOHAINA, 2007 ; HAIRIDINE, 2010).

La variation des granulométries traduit une origine fluviale sur l'origine marine. Les résultats morphoscopiques des minéraux observés montrent une origine commune : les roches cristallines du socle précambrien. En tenant compte de la forte présence des grains de quartz dans l'ensemble des échantillons, il est possible que ces grains aient comme origine la formation volcanique du Crétacé (FRANÇOIS 1996 ; RATSITOHAINA, 2007). Les formes anguleuses, les faces et arrêtes irrégulières et les cassures sub-conchoïdales et sub-arrondies présentées par certains minéraux (Tableau 1) indiquent un faible trajet fluvial (PASCAL, 1989 ; NADIA *et al.*, 2007) tandis que les minéraux possédant des caractères émoussés et luisant sont des signes de très longs trajets. Ces minéraux seraient donc transportés de l'amont vers leurs lieux de sédimentation par différents acteurs.

4- 3. 3. La fixation des dunes du site d'étude

Les dispositifs de stabilisation dunaire doivent tenir compte de deux principes :

(1) Être installés en aval, proche de la mer pour empêcher la formation de nouvelles dunes, en stabilisant les sédiments apportés par le vent et la mer ;

(2) Éviter dans la mesure du possible l'usage d'espèces introduites et favoriser l'emploi d'espèces autochtones. En effet, les techniques efficaces de stabilisation des dunes intègrent souvent les espèces autochtones (VAN DER MEULEN & SALMAN, 1996). Ces espèces sont particulièrement rustiques et bien adaptées aux conditions écologiques locales. Une plantation de l'arbuste dominant servant de brise-vent complète la régénération naturelle (OLUKOYE & KINYAMARIO, 2009). Tenant compte de ces principes, le dispositif suivant peut être mis en place :

- Une haie vive d'une plante introduite *raketa mena* (*Opuntia* sp.; Cactaceae) en amont de la plage (cinq à huit mètres de la mer). Cette haie, d'une épaisseur d'un à deux mètres, sera la première ligne pour briser la force du vent et du matériel transporté. Elle sera disposée perpendiculairement à la direction du vent dominant. En effet, *raketa mena* est prolifique et la population locale l'utilise comme haie vive pour protéger leurs champs de l'ensablement. Cette espèce est particulièrement rustique et bien adaptée aux conditions écologiques locales.



17a



17b



17c

Figures 17 : 17a : cactacée et agave ; 17b : *Acacia* sp ; 17c : *Akao*, Filao, *Casuarina equisetifolia* brise-vent d'origine australienne (sources TOSTAIN et PERLIN, 2014)

Une plantation de l'arbuste dominant servant de brise-vent, complète enfin le dispositif. Ce dernier occupera une épaisseur d'au moins 10 m pour être efficace.



18a



18b



18c

Figures 18 : 18a : *Calotropis procera* ; 18b : *Salicornie* sp.(Chenopodiaceae) ; 18c : Mangrove à *Avicennia* (source TOSTAIN, 2014)

Une couverture végétale formée par des espèces rampantes autochtones telles que le *lalanda* (*Ipomea pas-caprea*, Convolvulaceae) et le *taritarika* (*leptadenia madagascariensis*, Asclepiadaceae) vient ensuite. Elle sera mise en place derrière le brise-vent, la haie de *raketa mena*. Ces espèces sont des plantes de stabilisation déjà utilisées auparavant. *Lalanda* et *taritarika* recouvriront un couloir d'épaisseur variable (1 à 10 m) ;



19a



19b



19c

Figures 19 : 19a et 19b : *Ipomea pas-caprea* ; 19c : *Leptadenia madagascariensis* (source PERLIN, 2014)

5- Conclusion et recommandations

5- 1. Conclusion

Comme nous avons pu le mettre en évidence tout au long de ce travail, la fixation des dunes a pour but d'empêcher l'ensablement des champs, pâturages et des cours d'eau et pour stabiliser l'environnement du littoral de Toliara. Elle joue en même temps un rôle important sur le plan économique (tourisme, port minéralier). La fixation des dunes par les plantes rampantes et les arbustes (végétalisation) qu'on a proposé a pour effet d'élever le niveau de l'activité biologique du sol. Les sables proviennent généralement du continent. Ils sont apportés par les fleuves dans les estuaires et les deltas puis dispersés le long du littoral par les courants. C'est le cas des plages de Toliara constituées du sable du Fiherenana. Ils peuvent venir occasionnellement du remaniement

par la mer de sables littoraux après une tempête cyclonique. Les vagues et les courants peuvent exporter des pans entiers de plage et déposer le sable plus loin. Cette répartition de taille de grains varie en fonction de la roche mère et de la source d'alimentation des sables. Cet ensemble de grains fins clairs provient probablement souvent de l'altération des granites, des schistes cristallins et des grès.

Le principe de la fixation des dunes est d'empêcher les grains de sable de se déplacer pendant un temps suffisamment long pour permettre à la végétation naturelle ou plantée de s'y développer. Les dunes étant un milieu difficile pour les végétaux, sec et salin, les plantations doivent nécessairement tenir compte des espèces pouvant s'y adapter.

5- 2. Recommandations

Actuellement, l'avancement des dunes présentent des problèmes aux futures infrastructures (routes, habitations, port, cultures, végétation naturelle empêchant l'aménagement de littoral. Il est temps de concevoir des stratégies pour sa préservation à long terme.

De ce fait, divers changements dans la gestion de ce milieu doivent être mis en œuvre pour stopper la menace dynamique des dunes. Il y a les projets de Toliara Sands et ceux de la Commune urbaine de Toliara qui sont déjà planifiés. Nous n'avons pas pu les examiner pour confirmer nos observations.

Il faut éduquer la population locale pour qu'elle comprenne l'importance de la protection des plantes fixatrices installé sur la zone. Les populations doivent être impliquées et sensibilisées à la nécessité de respecter et de préserver ce patrimoine naturel qui leur assurera la sauvegarde de leurs infrastructures contre l'ensablement et de façon générale contre la dégradation de leur environnement.



Figure 20 : Fabrication de charbon (source TOSTAIN, 2014)

La solution la plus appropriée reste le gardiennage permanent dans les zones d'intervention, afin d'empêcher la circulation du bétail (zébus, moutons, chèvres). Des couloirs de passage du bétail devraient être délimités, et les interventions humaines illicites : récolte de bois, charbon (Figure 20) et coupe de pâturage) réduites au minimum afin de réduire au maximum les risques de dégradation des zones reboisées.

Il faut un encadrement de proximité pour garantir la formation et le suivi des structures nationales et des populations impliquées dans la mise en œuvre effective des programmes forestiers.

En d'autres termes, tout le monde est concerné (citoyens, étrangers, organismes gouvernementaux ou non gouvernementaux, nationaux ou internationaux). Il doit contribuer de près ou de loin à la lutte contre l'évolution du climat pour éviter la disparition ou le recul du littoral de Toliara.

6- Références bibliographiques

ALBAN N. 2004. Concertation environnementale et développement du territoire sur le littoral aquitain, Stage de DEA Environnement : Milieu, Technique et Société – MNHN, Stage de fin d'étude de la Formation des Ingénieurs Forestiers – ENGREF, pp.20 – 84.

BARRERE P., KOECHLIN. J. 1997. Rapport préliminaire en vue de l'étude de suivi du cordon dunaire du littoral aquitain. Bordeaux : ONF. 191 p.

BLANC R. 2013. Aménagement du lido du petit et grand travers à Mauguio-Carnon, enquête publique préalable, arrêté préfectoral N°2013-1-1414 du 15 juillet 2013, 72p.

BATTISTINI R. 1964. Étude géomorphologique de l'extrême sud de Madagascar. Etudes Malagasy. Thèse. Édition CUJAS. 577p.

- CHAPERON P., DANLOUX J., & FERRY L. 1993. Fleuves et rivières de Madagascar, 874p.
- FAVENNEC J. 2002. Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique. Coll. Dossiers forestiers de l'ONF, Paris : ONF. 394 p.
- FAVENNEC J. 2001. Le contrôle souple des dunes littorales Atlantique », Rev. For. Fr. LIII - numéro spécial 2001, étude pour l'Office national des Forêts Bordeaux, pp.279 – 287.
- FAVENNEC J. 2007. Évolution de la gestion des dunes, 22p.
- GEHU J.M. 1997. Phytodiversité et intérêt patrimonial de la végétation des dunes littorales Françaises. Biodiversité et protection dunaire, Édité par Jean Favennec, Paris : Lavoisier Tec et Doc. Pp.158-164
- HAIRIDINE O. 2010. Contribution à l'étude des origines de sable de formation des flèches dans le littoral de la baie de Toliara. Mémoire de DEA, soutenue à l'Université de Toliara. 108p.
- LEBLAN J. 1991. L'office national des forêts et la dune du littoral aquitain : une gestion résolument tournée vers l'écologie. Arborescences, n° 34, pp. 48-50 RDV techniques
- MASSART J. 1904. Les conditions d'existences des arbres dans les dunes littorales ». Extrait du Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique. 36p.
- MICHEL M. 2011. Gestion des plantations sur les dunes, Document de travail sur les Forêts et la Foresterie en zones arides, 3, avril 2011, 52p.
- MOULIS D, GINDRE D, VALANTIN P.Y, GOURBIL C. 2005. Connaissance et gestion de l'érosion du littoral, guide technique N°9. 54p.
- PETIT-BERGHEM Y. 2012 Expertiser le territoire : contribution à une nouvelle typologie des dunes du Calvados, Mappemonde, LETG-Caen Géophen, UMR 6554 UNICAEN, CNRS. 21 p.
- RABESANDRATANA R., RAKOTOZAFY A., TOMASSON M. 1982. Le fourré des dunes de sables blancs dans les environs de Toliara, sud-ouest Malgache. Pp.117-130.
- RANDRIANJAFY Z. J.N. 2000. Une technique biologique pour la protection des berges de cours d'eau de la région de Mahajanga – Madagascar. Mini – Projet. Pp.1–8.
- REJO-FIENENA F. 1995. Étude phytosociologique de la végétation de région de Tuléar Madagascar et gestion des ressources végétales par les populations locales (cas du pk 32). Thèse de doctorat, Paris, Muséum nationale d'histoire naturelle. 184p.
- RATSITOHAINA O. 2007. Contribution à l'étude sédimentologique et minéralogique des formations holocènes de la baie de Toliara, sud-ouest de Madagascar, Mémoire de DEA à l'Université de Toliara. 127 p.
- SALOMON J-N. 2009. L'accrétion littorale sur la côte ouest de Madagascar. Physio-Géo 3 : 35-59.
- SOURDAT M. 1973. Sur l'évolution du massif de l'Isalo et du bassin de l'Onilahy (sud-ouest de Madagascar. Revue de géographie 16. 113 p.

THOMASSON M. 1981. Groupements végétaux de la plaine de Tuléar, Madagascar : la plage et les dunes vives littorales. Mad. Rev. De Geo. 38 : 1-14.

VATAN A. 1964. Manuel de sédimentologie, Édition Technip, Paris. 397 p.

Liens Internet

<http://www.ville-erdeven.com/fr/information/22490/objectifs-gavres-quiberon>

<http://www.fao.org/docrep/014/mb043f/mb043f00>

http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/5309/279_287

<http://mappemonde.mgm.fr/num36/articles/art12403.html>

ANNEXE 1 : FICHE D'INVENTAIRE ET D'OBSERVATION

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	DHP	Hauteur

ANNEXE 2 : FICHE DE LISTE DES ECHANTILLONS AVEC LES COORDONNEES GPS

Nom des dunes	N°	Lat :	Alt :
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		

ANNEXE 3 : FICHE DES DIFFERENTS POIDS DE SEDIMENTS DE CHAQUE REFUS DES TAMIS

N°	1000 µm	710 µm	500 µm	355 µm	300 µm	250 µm	212 µm	180 µm	150 µm	125 µm	106µ m	90 µm	75 µm	63 µm	To tal /g
I															
II															
III															
IV															
V															
VI															
VII															
VIII															
IX															
X															
XI															
XII															
XIII															

Résumé

Ce travail de recherche intitulé : « Fixation des dunes sur le littoral de Toliara », a pour but de mieux comprendre la situation de l'avancement des dunes sur le littoral de Toliara. Cette étude, entrant dans le cadre de l'obtention de la Licence professionnelle en Biodiversité et environnement, comporte un stage dont voici le rapport final.

Les objectifs principaux de mes recherches peuvent être énumérés de la manière suivante :

- Etudier la formation des dunes et leurs déplacements sur le littoral de Toliara.
- Déterminer la qualité du sable des dunes sur notre site d'étude.
- Déterminer les possibilités de fixation biologique applicables à notre terrain.

Bien que la descente sur le terrain soit indispensable, ces objectifs doivent être appuyés par la documentation qui donne des informations sur les techniques de fixation de dunes dans le monde.

Quelles sont nos conclusions ?

Comme nous avons pu le mettre en évidence tout au long de ce travail, la fixation des dunes est un empêchement d'ensablement des champs, pâturages et cours d'eau. Elle est possible pour la stabilisation de l'environnement sur le littoral de Toliara. Elle peut être obtenue par

La végétalisation, fixation des dunes par les plantes rampantes et les arbustes, a pour effet d'élever considérablement le niveau de l'activité biologique du sol. Les sables proviennent généralement du continent; ils sont apportés par les fleuves dans les estuaires et les deltas puis dispersés le long du littoral par les courants: c'est le cas des plages de Toliara (*Fiherenana*). Néanmoins, ils peuvent provenir du remaniement par la mer de sables littoraux: au cours d'une tempête, les vagues et les courants peuvent exporter des pans entiers de plage et déposer le sable plus loin. Cette répartition de taille de grains varie en fonction de la roche mère et de la source d'alimentation des sables. Cet ensemble de grains fins clairs provient probablement souvent de l'altération des granites, des schistes cristallins et des grès. Les dunes étant un milieu difficile pour les plantes, la plantation doit nécessairement tenir compte du choix des espèces pouvant s'adapter à ce milieu.

Nous terminons ce résumé par quelques recommandations :

L'avancement des dunes présentent des stress pour l'infrastructure, les végétaux et l'aménagement de littoral. Il est temps de concevoir des stratégies pour sa préservation à long terme.

De ce fait, divers changements dans la gestion de ce milieu doivent être mis en œuvre très rapidement pour stopper la menace dynamique de formation des dunes.

Il faut éduquer la population locale pour qu'elle comprenne l'importance de la protection des plantes fixatrices installé sur la zone. Les populations doivent être impliquées et sensibilisées.

En d'autres termes, tout le monde est concerné (citoyens, étrangers, organismes gouvernementaux ou non gouvernementaux, nationaux ou internationaux) et doit contribuer de près ou de loin à la lutte contre le changement climatique actuel.

Abstract

This research entitled "Fixing the dunes on the Toliara's coast," aims to better understand the situation of dune's progress on the Toliara's coast. Within the context of obtaining a professional degree in Biodiversity and environment, this study includes a probationary which final report is shown here.

My research main objectives can be listed as follows:

- Studying the dunes formation and its movement on Toliara's coast.
- Determining the quality of the dune's sand on our study site.
- Determining the biological fixation opportunities applicable to our field.

Although conducting a field visit is essential, these goals must be supported by documentation that provides informations on dune fixation techniques around the world.

What are our conclusions?

As highlighted throughout this work, dune is an impediment to silting fields, pastures and rivers. It is possible to stabilize the environment on the coast of Toliara.

Revegetation, dune fixation by creepers and shrubs, have the effect of significantly raising the the soil's biological activity level. The sands come generally from the continent; these are carried by rivers into estuaries and deltas and scattered along the coast by currents: it is the case of Toliara's beaches (Fiherenana). Nevertheless, these can come from sea redesigning sands: during a storm, waves and currents can export whole swathes of beach sand and drop it further away. This grain size distribution varies depending on the parent rock and the source of the sands. This set of thin and clear grain often probably comes from altered granites, crystalline schist's and sandstones. The dunes are a harsh environment for plants; planting must necessarily take into account the choice of species that can adapt to this environment.

We end this summary with a few recommendations:

The dune's progress causes stress on infrastructure, plant and littoral development. It is time to

devise strategies for long-term preservation.

Therefore, various changes in the management of the environment should quickly be implemented to stop the threat from dynamic dune formation.

We need to educate the local population to understand the importance in protecting fixing plants growing in the area. People must get evolved and sensitized.

In other words, everyone is concerned (citizens, foreigners, governmental or non-governmental, national or international agencies) and must contribute directly or indirectly to the fight against nowadays climate change.
