

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES FIGURES .....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES PHOTOS .....	v
LISTE DES ACRONYMES .....	vii
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE I.....	3
GENERALITES : MISE EN CONTEXTE DU PROJET.....	3
I. CADRE DE L'ETUDE.....	4
I.1. Localisation de la zone d'étude.....	4
I.2. La Société Toliara Sands.....	5
I.3. Situation des permis miniers .....	6
I.4. Situation des permis environnementaux .....	7
II. CADRE GEOGRAPHIQUE .....	8
II.1. Climatologie .....	8
I.2. Géomorphologie.....	8
II.3. Le réseau hydrographique.....	10
III. CADRE GEOLOGIQUE .....	13
III.1. Contexte géologique régional.....	13
III.2. Les Minéralisations .....	17
IV. CADRE BIOLOGIQUE .....	19
IV.1. Flore .....	19
IV.2. Faune .....	23
V. CADRE JURIDIQUE .....	24
V.1. Code minier .....	24
V.2. Décret Mecie .....	24
CHAPITRE II .....	25
ESSAIS DE REHABILITATION NATURELLE.....	25
DES LIGNES DE FORAGE 2012.....	25
ET DES SITES D'EXTRACTION EN MASSE PIT01 ET PIT02 .....	25
I. METHODOLOGIE .....	26
I.1.Objectifs .....	26
I.2. Méthode .....	26

II. CAS D'ESSAI DE REHABILITATION NATURELLE DANS LES LIGNES DE FORAGE 2012.....	27
II.1. Localisation.....	27
II.2. Description des travaux de forage .....	31
II. 3. Description du milieu receteur dans les lignes de forages.....	33
II.4. Résultats et interprétations: évaluation de la réhabilitation naturelle des lignes de forage.....	34
II.4.1. Evaluation par rapport au nombre d'espèces inventoriées.....	34
II.4.2. Evaluation par rapport au nombre d'espèces en fonction du type de végétation.....	35
II.4.3. Evaluation par rapport au nombre d'espèces, en fonction de leurs utilisations.....	38
II.4.4. Evaluation selon le Diamètre à Hauteur Poitrine (DHP) .....	39
II.4.5. Evaluation selon la hauteur des plantes .....	41
Conclusion partielle .....	42
III. CAS D'ESSAI DE REHABILITATION NATURELLE SUR LES CARRIERES D'EXTRACTION EN MASSE PIT01 ET PIT02 .....	43
III.1. Les sites d'expérimentation.....	43
III.1.1. Choix des sites d'extraction.....	43
III.1.2. Préparation des sites d'expérimentation .....	45
III.2. Résultats et interprétations .....	48
III.2.1. Travaux de réhabilitation.....	48
III.2.2. Suivi-évaluation de la réhabilitation naturelle des carrières d'extraction en masse (Pit 01 et pit 02) .....	49
Conclusion partielle .....	53
CHAPITRE III .....	54
REHABILITATION EN PEPINIERES.....	54
DES SITES D'EXTRACTION 2007.....	54
I. METHODOLOGIE .....	55
I.1. Objectifs .....	55
I.2. Méthode .....	55
I.3. Matériels utilisés .....	55
II. DESCRIPTION DU MILIEU RECEPTEUR (ETAT INITIAL).....	56

III. DESCRIPTION DE LA PREPARATION DES SITES D'EXPERIMENTATION .....	57
IV. LES TRAVAUX DE REHABILITATION .....	59
IV.1. Mise en place des pépinières .....	59
IV.2. Choix des espèces plantées : .....	60
IV.3. La plantation dans les sept parcelles de suivi (PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, RDS, TDS).....	62
IV.4. Entretien des 07 parcelles de suivi (PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, RDS, TDS).....	62
V. RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	63
V.1. Evaluation de l'efficacité de la réhabilitation en pépinière des espèces selon leur nature et le nombre d'individus vivants en 2007, 2010 et 2014. ....	63
V.2. Evaluation de l'efficacité de la réhabilitation en pépinière selon l'utilisation et le taux de réussite des espèces en 2007-2010 et 2014 : .....	67
Conclusion partielle .....	73
CONCLUSION GENERALE.....	75
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	78
ANNEXES .....	82

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce mémoire, j'adresse mes plus vifs remerciement à

- Monsieur le doyen de la faculté des sciences, université d'Antananarivo, *le Professeur RAHERIMANDIMBY Marson*
- Madame le Chef de Département des Sciences de la Terre, *le Docteur RAMBOLAMANANA née RATRIMO Voahangy*
- Monsieur le responsable de la mention Géosciences et Evolution, *le Docteur RALISON Bruno André Noël*
- Madame et Messieurs les membres du Jury :
  - *Professeur RAKOTONDRAZAFY Raymond, Président du jury*
  - *Docteur RAMBOLAMANANA Voahangy, Examineur*
  - *Docteur RALISON Bruno André Noël, Examineur*
  - *Docteur ANDRIAMAMONJY Solofomampielly A., Examineur*
  - *Docteur RANDRIAMALALA René Paul, Rapporteur*

J'adresse également ma gratitude à :

- Tout le personnel de la société Toliara Sands, représenté par son gérant, *Monsieur LECLEZIO Jules François Joseph*
- Tout le personnel enseignant, technique et administratif du Département des Sciences de la Terre
- *Monsieur FIDISOAVONINARIVO A. Salomon*, en tant qu'encadreur sur terrain
- *Mademoiselle RANJAMBOLOLONA A. E.*, pour sa collaboration sur le terrain.

*Enfin, tous les efforts déployés pour la réalisation de ces travaux auraient été vains, sans la contribution morale et financière de toute ma famille, en particulier ma mère et mes grands-parents, auxquels je dédie spécialement ce mémoire.*

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 01 : Carte de localisation de la zone du projet.

Figure 02 : Organigramme de la société WTR.

Figure 03 : Carte de situation des périmètres miniers, source Toliara Sands.

Figure 04 : Profil géomorphologique Est-Ouest de Ranobe.

Figure 05 : Carte hydrographique de Ranobe.

Figure 06 : Carte géologique du secteur.

Figure 07 : Coupe géologique de Ranobe.

Figure 08 : Coupe lithologique du gisement de Ranobe.

Figure 09 : Carte de la végétation du secteur.

Figure 10 : Carte des forages effectués par la société durant toutes la phase de prospection en 2001, 2003, 2005, et en 2012.

Figure 11 : Histogramme montrant l'évolution du nombre des espèces depuis 2012 jusqu' au 2014.

Figure 12 : Histogramme de l'évolution du nombre de régénération des espèces avant forage en 2012, puis 2013 et 2014.

Figure 13 : Variation du nombre des espèces régénérées suivant leurs utilisations.

Figure 14 : Nombres d'individus en fonction du DHP.

Figure 15 : Histogramme des nombres des individus suivants leurs hauteurs.

Figure 16 : Image google earth de l'emplacement des deux sites d'extraction pit 01 et pit 02.

Figure 17 : Schéma de la séquence des travaux entrepris pendant l'extraction en masse

Figure 18 : Nombres d'individus par espèces dans la parcelle Pit 02

Figure 19 : Image google earth du milieu récepteur avant travaux.

Figure 20 : Processus des travaux d'extraction en masse et la réhabilitation de ces sites.

Figure 21 : Evolution du nombre d'individu par espèces vivantes dans les parcelles de réhabilitation depuis 2007,2010, 2014.

Figure 22 : Diagramme du taux de réussite en 2014 des espèces selon leurs utilisations.

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 01 : Historique des permis environnementaux

Tableau 02 : Les parcelles d'expérimentation

Tableau 03 : Historique des travaux de forage réalisés depuis 2001 jusqu'en 2012

Tableau 04 : Description des caractéristiques végétales du milieu avant les travaux de forage

Tableau 05 : Nombre totale des espèces et taux de revégétalisation, 2012, 2013 et 2014

Tableau 06 : Nombre des espèces par type de végétation, recensées en 2012, 2013 et 2014

Tableau 07 : Nombre d'espèces régénérées par utilisation

Tableau 08 : Etude comparative de deux parcelles par le biais du Dhp

Tableau 09 : Etude comparative des individus classés par hauteurs, dans les cinq paires de parcelles d'études

Tableau 10 : Description de l'état initial des deux (02) zones d'extraction

Tableau 11 : Etude comparative de la reprise végétative de Pit 01

Tableau 12 : Listes des espèces vivantes (2014) dans le site d'extraction Pit 02

Tableau 13 : Description et localisation des sites d'extraction servant de parcelles de suivi

Tableau 14 : Liste des espèces utilisées dans la réhabilitation des sites d'extraction 2007

Tableau 15 : Classifications des espèces selon leur nature et le nombre d'individus vivants en 2007, 2010, 2014

Tableau 16 : Classification des espèces par utilisations avec leurs taux de réussite

Tableau 17 : Liste des espèces potentiellement utilisables pour la revégétalisation

## **LISTE DES PHOTOS**

Photo 01 : Deux photos montrant des dunes pénéplanées en premier plan et le plateau calcaire en arrière-plan.

Photo 02 : Un puits de forage d'eau.

Photo 03 : Nouvelles dunes d'Ambolimailaka pauvres en couverture végétale.

Photo 04 : Dunes intermédiaires.

Photo 05 : Dunes anciennes, minéralisées en ilménite.

Photo 06 : Forêt Dense sèche (FDS).

Photo 07 : Savanes arborées.

Photo 08 : Fourrés épineux et les fourrés sur calcaire.

Photo 09 : Dégradation de la forêt de Ranobe.

Photo 10 : Exemple de parcelles de suivi

Photo 11 : La machine sondeuse porté par un véhicule 4X4.

Photo 12 : Réalisation des travaux de forage

Photo 13 : Une barrière à l'entrée d'une ligne de forage

Photo 14 : Destruction de la forêt dense sèche après le passage des feux de brousse, et vestige de la fabrication du charbon (Lieu de cuisson) à l'intérieur d'une parcelle de suivi.

Photo 15 : Les matériels utilisés pendant extraction en masse 2012.

Photo 16 : Essai d'extraction en masse en 2012.

Photo 17 : L'usine Pilote implanté en 2012.

Photo 18 : Les pépinières de Tsiafanoka , installé par la société Toliara Sands en 2006.

Photo 19 : Etat du site d'extraction en 2012.

Photo 20 : Etat du site pit 02 en 2014.

Photo 21 : Pépinière actuelle de Tsiafanoka.



Photo 22 : Plantation des jeunes plants dans une parcelle de suivi.

Photo 23 : Préparation du site de réhabilitation.

Photo 24 : Evolution de la réhabilitation dans la parcelle de plantation pp2.

## **LISTE DES ACRONYMES**

BDEA : Bases de Données Eau et Assainissement

CCE : Cahier de Charges Environnementales

CES : Coastal and Environmental Services

DHP : Diamètre à Hauteur de la Poitrine

EIE : Etude d'Impact Environnemental

FDS : Forêt Dense Sèche

FTM : Foibe Taotsaritanin'i Madagasikara

GPS : Global Positioning System

HMC : Heavy Mineral Concentrate

MECIE : Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement

MNP : Madagascar National Parks

MT : Million de Tonnes

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PE : Permis d'exploitation

PEE : Plan d'Engagement Environnemental

PGEP : Plan de Gestion Environnementale du Projet

PGRM : Projet de Gouvernance des Ressources Minérales

PR : Permis de Recherche

RN : Route Nationale

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

WTR : World Titanium Resources

WWF : World Wildlife Fund

## **INTRODUCTION**

A l'échelle mondiale, le secteur minier figure parmi les secteurs clés pour le développement économique du pays. Dans le cadre du développement durable, les lois en vigueur concernant le secteur minier mettent de plus en plus de valeur le volet environnemental. A Madagascar, en accord avec le code minier et le décret MECIE, portant sur la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement, toutes activités d'exploration et d'exploitation sont conditionnées par un bon respect de l'environnement.

Certes, l'exploitation des ressources minières pourrait également avoir des répercussions notables sur les aspects de l'environnement. En effet, les activités d'exploitation minière mènent à la destruction de la couverture végétale. Par la suite, une remise à l'état initial du milieu s'avère impérative, d'où la réhabilitation des sites miniers.

Notre zone d'étude se situe à Ranobe, dans la partie Sud-Ouest de Madagascar, à 40 km au Nord de la ville de Toliara et 12 km à l'Est de la mer. Le gisement d'ilménite de Ranobe rattaché au complexe dunaire d'âge Flandrien, montre une quantité et qualité de minerai économiquement rentable.

De nombreux paramètres miniers et para miniers conditionnent l'exploitabilité de ce gisement, dont en particulier les problèmes posés par la destruction de la forêt de Ranobe au cours du processus minier. En effet, le gisement est littéralement entouré d'un projet d'aire protégé. Le périmètre d'exploitation de Ranobe est inclus dans le complexe forestier de Ranobe riche en biodiversité avec une majorité des faunes et flores endémiques.

La réhabilitation des sites d'exploitation s'avère ainsi inévitable, compte tenu de cette dualité de l'exploitation vis-à-vis de l'importance biologique du secteur ainsi que le respect de la législation et la considération des besoins de la population environnante. Elle peut se traduire par la restauration des sites miniers.

Des essais de réhabilitation ont été effectués par la Société Toliara Sands dans les lignes de forage et les sites d'extractions en masse pour les usines pilotes respectivement de 2007 et 2012. Les expérimentations sont basées sur la restauration des plantes autochtones et quelques plantes exotiques.

Les résultats ainsi obtenus nécessitent une évaluation afin d'offrir un guide pour la restauration de la future exploitation ainsi de comprendre l'efficacité des systèmes de réhabilitation. D'où le sujet du présent mémoire intitulé :

« Evaluation des essais de réhabilitation naturelle et en pépinière pour le gisement d'ilménite de Ranobe, région Sud-Ouest de Madagascar ».

Le mémoire correspondant est réparti en trois chapitres, tels que : la mise en contexte du projet, les essais de réhabilitation naturelle en 2012, et enfin l'essai de réhabilitation en pépinières en 2007.

# **CHAPITRE I**

## **GENERALITES : MISE EN CONTEXTE DU PROJET**

## I. CADRE DE L'ETUDE

### I.1. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude se trouve dans la partie Sud-ouest de Madagascar correspondant au périmètre minier de recherche n°PR3315. Elle appartient à la région de Toliara, district Toliara II, respectivement dans les communes d'Ankilimalinika et Tsianisiha. Elle est située à environ 40 km au Nord de Toliara, et à 12 km Est de la mer.

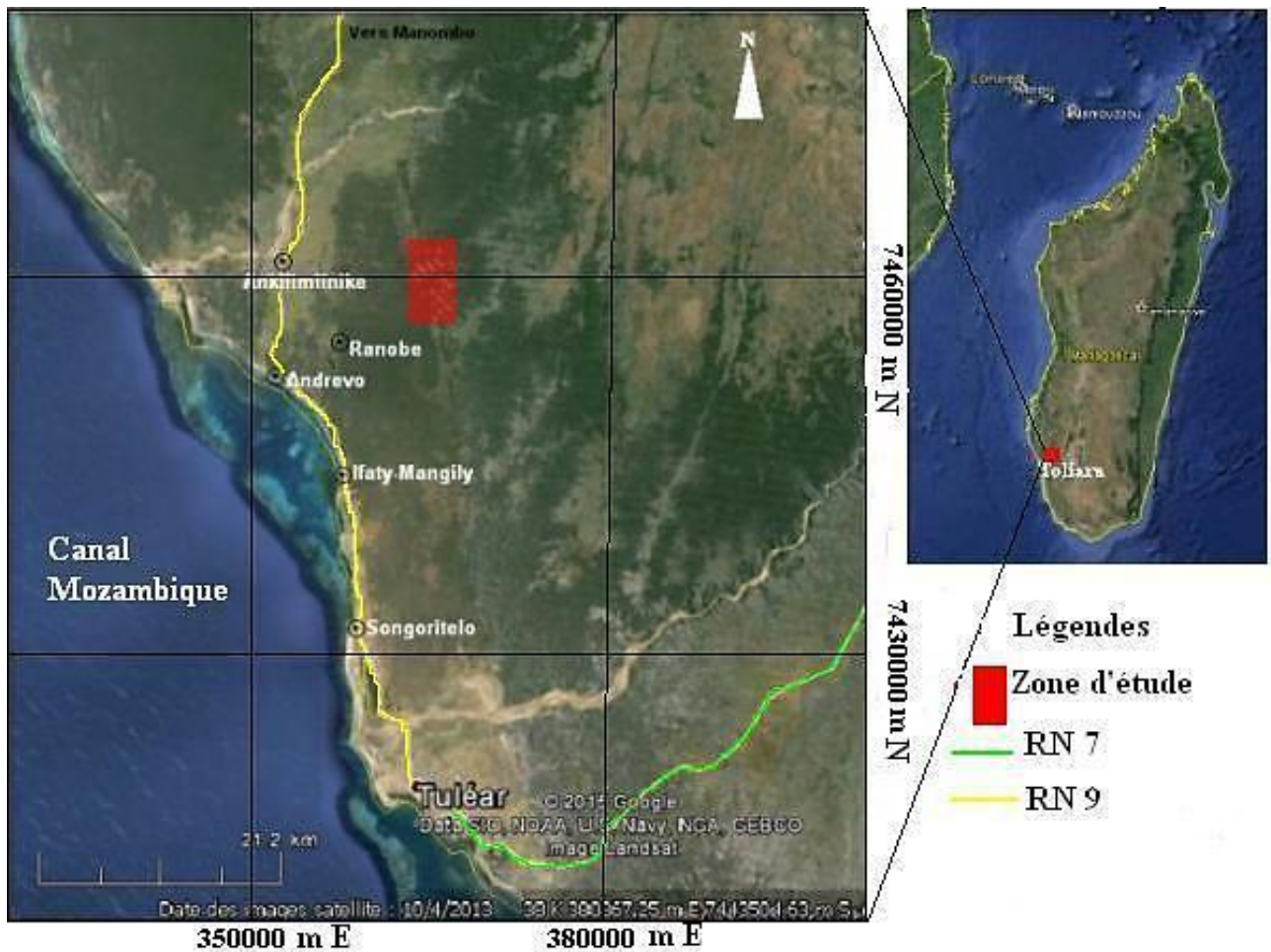


Figure 01: Carte de localisation de la zone d'étude

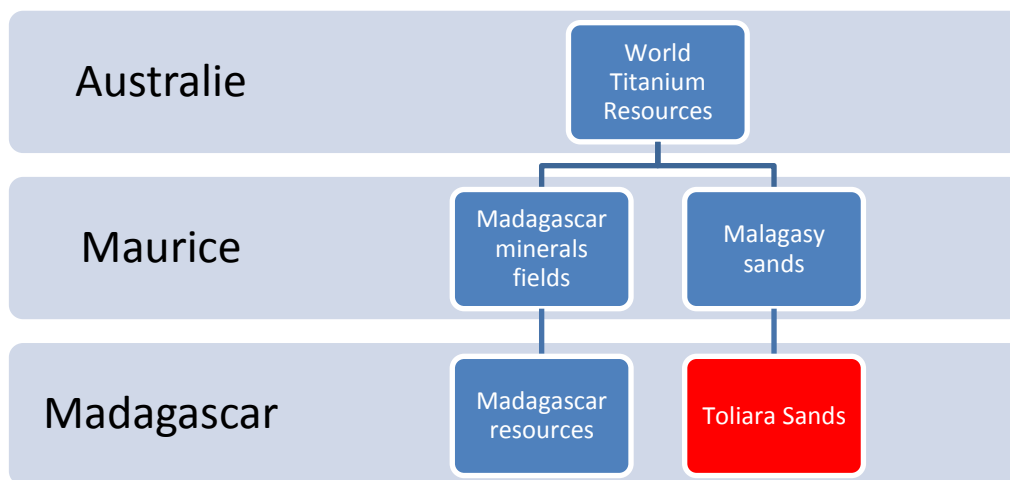
## I.2. La Société Toliara Sands

La société désignée sous le nom Toliara Sands est une société à responsabilité limitée (SARL) filiale à Madagascar, de la société World Titanium Resources (WTR), et chapeauté par des filiales à l'Ile Maurice. WTR est donc la Société mère, basée en Australie.

Le siège de Toliara Sands à Madagascar est basé à Toliara. Les produits ciblés seront l'ilménite, le rutile et le zircon. Selon la société Toliara Sands, les travaux de recherche effectués ont montré une réserve de 750 millions de tonnes de sables titrant 6 à 10% d'ilménite avec une teneur de 48 à 50% d'oxyde de titane.

Une première phase d'exploitation est en cours de préparation avec une production de 140 MT de sable, soit environ 8MT de minerai. Le permis d'exploitation a été déjà obtenu. Mais d'autres permis sont en cours d'obtention, dont le permis environnemental. La durée prévue d'exploitation est de 20 ans. Compte tenu de ce programme, le volet environnemental de ce projet figure parmi les premières priorités dont la prévision de la future réhabilitation de l'exploitation.

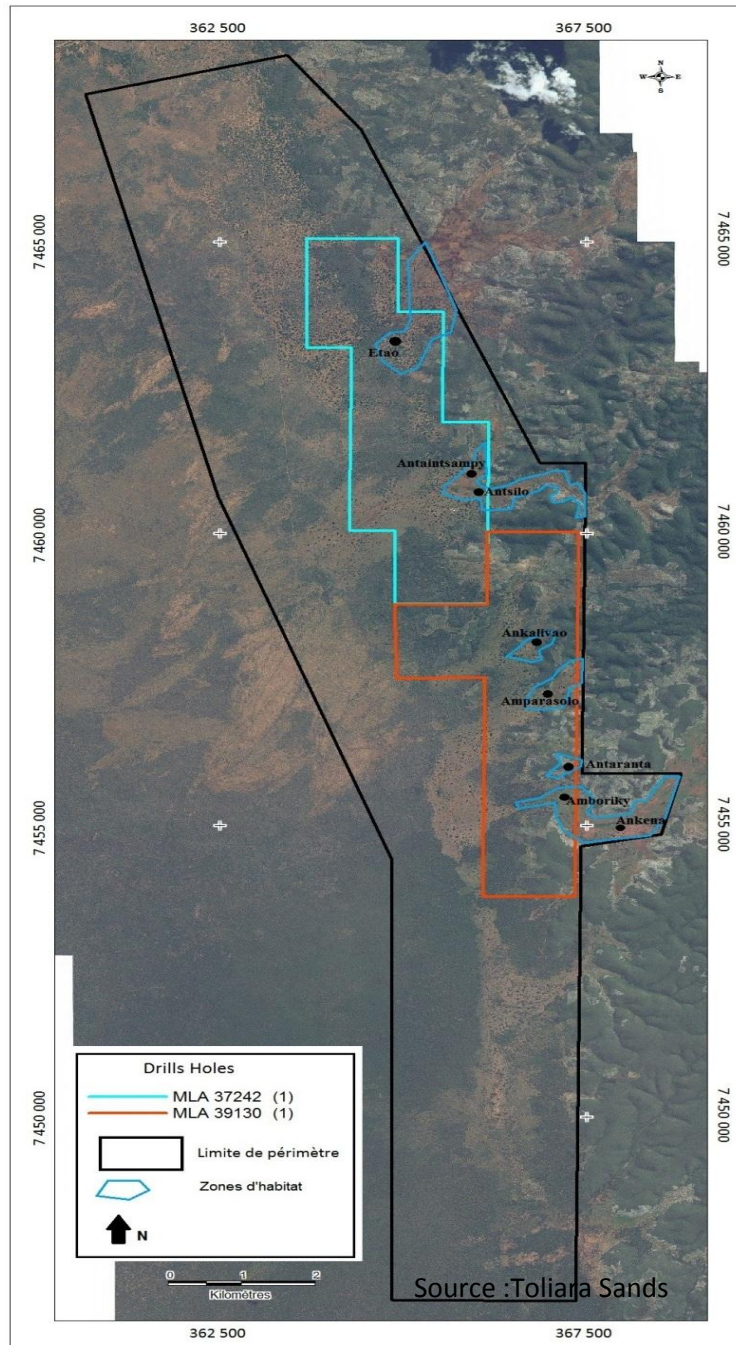
La structure de l'entreprise est représentée dans la figure suivante :



**Figure 02 : Organigramme de la société WTR**

### I.3. Situation des permis miniers

A Ranobe, Toliara Sands dispose d'un permis de recherche (PR3315) à l'intérieur duquel se trouve deux permis d'exploitation (PE37242 et PE39130) pour les minerais tels que : l'ilménite, le zircon, et le rutile. La photo suivante montre bien les localisations de ces permis ainsi que leur répartition.



**Figure 03 : Carte des situations des périmètres miniers**



#### **I.4. Situation des permis environnementaux**

Suivant les règles et les procédures décrites par le décret MECIE (Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement), la société devrait remplir ses obligations environnementales au cours de ses travaux de prospection. Le tableau 01 montre l'historique de différents permis y afférents.

**Tableau 01 : Historique des permis environnementaux (source : Toliara Sands)**

<b>Date</b>	<b>Activités</b>
<b>2014</b>	Dépôt de dossier EIE pour l'exploitation phase I (PE37242).
<b>2013</b>	Réajustement du CCE (Cahier de Charges Environnementales) pour l'étude géotechnique et la jetée.
<b>2012</b>	Réajustement du CCE pour les forages complémentaires et deuxième extraction en masse et usine pilote.
<b>2009</b>	Obtention du quitus environnemental pour tous les forages 2001-2003-2005.
<b>2007-à ce jour</b>	Etude d'impact environnemental pour l'exploitation du secteur Ranobe en cours.
<b>2007-2006</b>	Obtention du permis environnemental pour l'usine pilote et l'échantillonnage en masse (Ranobe).
<b>2005-2004</b>	Obtention du certificat de déclassement pour le secteur Ranobe.
	Obtention du permis environnemental pour le forage systématique du secteur Ranobe.
<b>2003</b>	Obtention du permis environnemental pour le forage de reconnaissance.
<b>2001</b>	Obtention du plan d'engagement environnemental (PEE)

D'autres permis seront à pourvoir avant le commencement des travaux de construction :

- Permis de construction
- Ouverture de chantier
- Autorisation d'exportation

## **II. CADRE GEOGRAPHIQUE**

Ce chapitre va aborder tout ce qui concerne les études géographiques de la zone du projet, dont la climatologie, la géomorphologie, ainsi que l'hydrographie.

### **II.1. Climatologie**

Le site de Ranobe montre un climat subaride, typique du sud de Madagascar, avec une température moyenne de 28 °C, un vent dominant de direction Sud-ouest- Nord Est. Ce vent correspond à la mousson. Un autre type de vent, l'alizé venant de l'Est se manifeste également dans la zone (CES : Coastal and Environmental Service, 2013).

La précipitation moyenne annuelle enregistrée dans la zone est de l'ordre de 500 mm/an (CES, 2012). Ces différentes données climatiques ont une énorme influence sur les caractéristiques végétales de la région Sud-Ouest.

### **I.2. Géomorphologie**

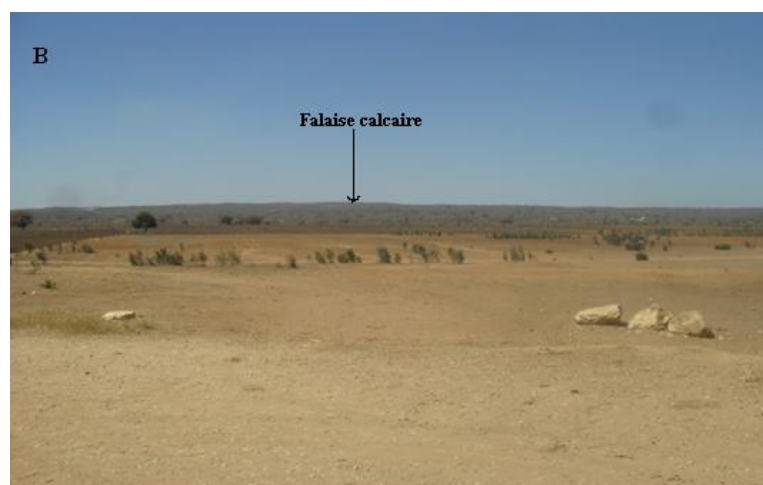
La région présente des caractéristiques géomorphiques très remarquables, une coupe Est-Ouest allant des plateaux calcaires vers la mer (figure 04), fait ressortir trois types de morphologies correspondant respectivement à trois types de relief (Cf Photo 01), composé par :

- Un plateau calcaire : situé en hauteur formant une barrière allongée presque Nord-Sud sur plus d'une centaine de kilomètres et constitue un relief monotone avec des ravinelements dus à l'érosion. Dans notre secteur, cette partie est généralement couverte de végétation particulière, appartenant à la forêt dense sèche (FDS).
- Une série de dunes anciennes sableuses : cette série couvre une zone dépressionnaire séparée à l'Est des plateaux calcaires par une falaise abrupte pouvant aller jusqu'à plus de 200m de hauteur. Ces dunes anciennes prennent un relief pénéplané avec une altitude de 100 à 150m. Elles sont constituées de sables roux. En général plus fertiles que les autres, ces dunes sont recouvertes par une végétation plus riches, donc favorables aux défrichements, d'où sa forme plus ou moins éclaircie.
- Plus à l'Ouest, un ensemble dunaire de relief de plus en plus accentué vers l'Ouest. Les nouvelles dunes se dressent comme un rempart contre le vent, en bordure des rivages.

En allant vers l'Ouest, l'altitude diminue de plus en plus vers la mer. Ces dunes sont composées par du sables de plus en plus clairs, jusqu'à totalement blancs le long des rivages. Ce type de morphologie concerne la plus grande partie de la forêt dense sèche (FDS) qui constitue essentiellement la forêt de Ranobe.



**Figure 04 : Profil géomorphologique Est – Ouest de Ranobe**



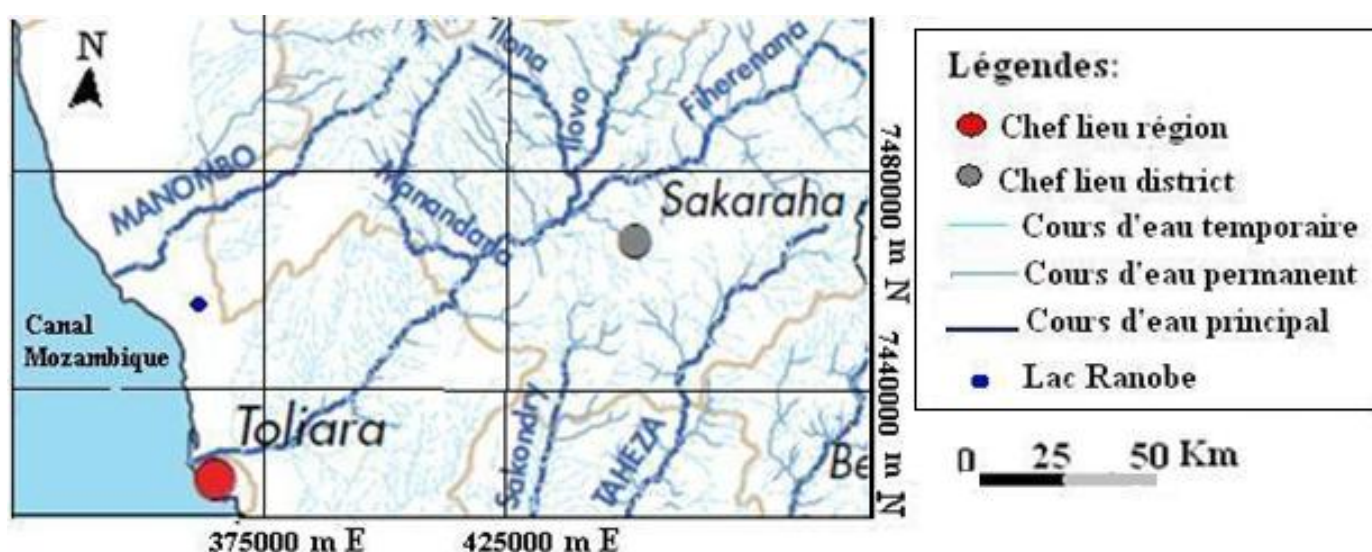
**Photo 01 : Deux photos montrant des dunes pénéplanées en premier plan et le plateau calcaire en arrière-plan. (Photo A à Beheva partie Sud du permis et la photo B au niveau de Tsiafanoka partie Nord).**

### II.3. Le réseau hydrographique

L'étude du réseau hydrographique se répartit en deux principales parties. Premièrement, on va parler du potentiel hydrologique de la région composé des eaux superficielles et deuxièmement concernant une étude hydrogéologique du bassin correspondant à la nappe aquifère.

- *Le potentiel hydrologique*

Le réseau hydrographique de la région est dominé au Nord par le fleuve de Manombo, et au Sud par la rivière de Fiherenana. Entre ces deux cours d'eau, une série de lacs occupe la partie centrale située aux environs du village Ranobe.



**Figure 05 : Carte hydrographique de Ranobe, extrait de la carte FTM 2000**

➤ Le fleuve de Manombo :

Les études hydrologiques montrent que la zone étudiée appartient au bassin versant de Manombo. Selon (Rakotondrainibe, 2013), ce fleuve Manombo prend sa source dans les collines du jurassique, au niveau d'Ankomaka, à une altitude de 736 m. Son écoulement est permanent toute au long de l'année. Le débit de crue est de  $2.10 \text{ m}^3/\text{s}$ , tandis que le débit d'étiage est de  $1.28 \text{ m}^3/\text{s}$ .

➤ La rivière de Fiherenana :

Alimentée par des cours d'eaux saisonniers (figure 05), la rivière Fiherenana présente un régime également saisonnier. En période de pluie, elle fait souvent l'objet de fréquentes et fortes crues et constitue une menace permanente pour la ville de Toliara.

Par contre, en période d'étiage, l'eau disparaît par infiltration dans les alluvions, laissant ainsi une plaine relativement asséchée.

➤ Les lacs de Ranobe

C'est une série de petits lacs dont le principal est le lac de Ranobe. Ce sont des lacs de résurgence permanents, contenus dans une nappe alluviale des dunes.

• *Etude hydrogéologique*

Les travaux de recherche hydrogéologique effectués par (SRK, 2007) et (Rakotondrainibe, 2013) découvrent que le système aquifère de la région trois types de nappe. Ils correspondent respectivement à trois types de roches réservoirs, tels que de haut en bas :

- ❖ La nappe superficielle : correspondant aux alluvions argilo-sableux du néogène de Manombo, et des dunes récentes. La profondeur du niveau statique correspondant est très variable. Les puits d'eau pour les villages environnants montrent une profondeur de l'ordre de 10 à 20m selon l'éloignement par rapport à la mer. Les deux (02) cours d'eaux, citées précédemment, participent à l'alimentation des nappes souterraines, en particulier celles de ces alluvions.
- ❖ La nappe calcaire, d'âge éocène selon (Besairie, 1951) : les travaux de forage effectués par (SRK, 2007) détermine le niveau statique à une profondeur de 50 à 60m. Selon (Rakotondrainibe, 2013) pour ce type de nappe, la recharge en eau a profité des cassures et failles fréquentes dans les formations calcaires karstifiées.
- ❖ La nappe sablo-gréseuse légèrement argileuse de l'Isalo : située à une distance de plus de 100km. Cette nappe semble, selon les auteurs, être la source de l'ensemble des nappes, en particulier la nappe calcaire.

En outre, l'écoulement de la nappe suit une direction Nord Est – Sud-Ouest (Rakotondrainibe, 2013).

Les essais de pompage effectués sur des puits de forage de (SRK, 2007), montre au niveau de l'aquifère calcaire éocène, un débit assez élevé de l'ordre de 5 à 100 m<sup>3</sup>/h. On observe un exemple de ces puits de forage d'eau dans la zone d'étude (photo 02).



Puits de forage

**Photo 02 : Un puits de forage d'eau**



### III. CADRE GEOLOGIQUE

Dans cette partie nous allons voir un autre composant du milieu physique portant sur les caractéristiques géologiques de la région et du gisement.

#### III.1. Contexte géologique régional

Le 2/3 de Madagascar fait partie du socle précambrien, contre 1/3 pour les formations sédimentaires. Notre zone d'étude, située le long de la côte Sud-ouest de Madagascar, appartient au bassin sédimentaire de Morondava.

Un inventaire géologique de la région montre une dominance de dunes de sables roux dans la partie Est du Ranobe, recouvrant un plateau calcaire éocène disposé en hauteur à l'Est (Besairie et Pavlovsky, 1951).

Une falaise orientée d'une direction Nord-Sud (Photo 01) sépare les dunes du plateau calcaire.

Des formations basaltiques peuvent être visible encore plus à l'Est, et dans certaines partie de la région (Figure 06).

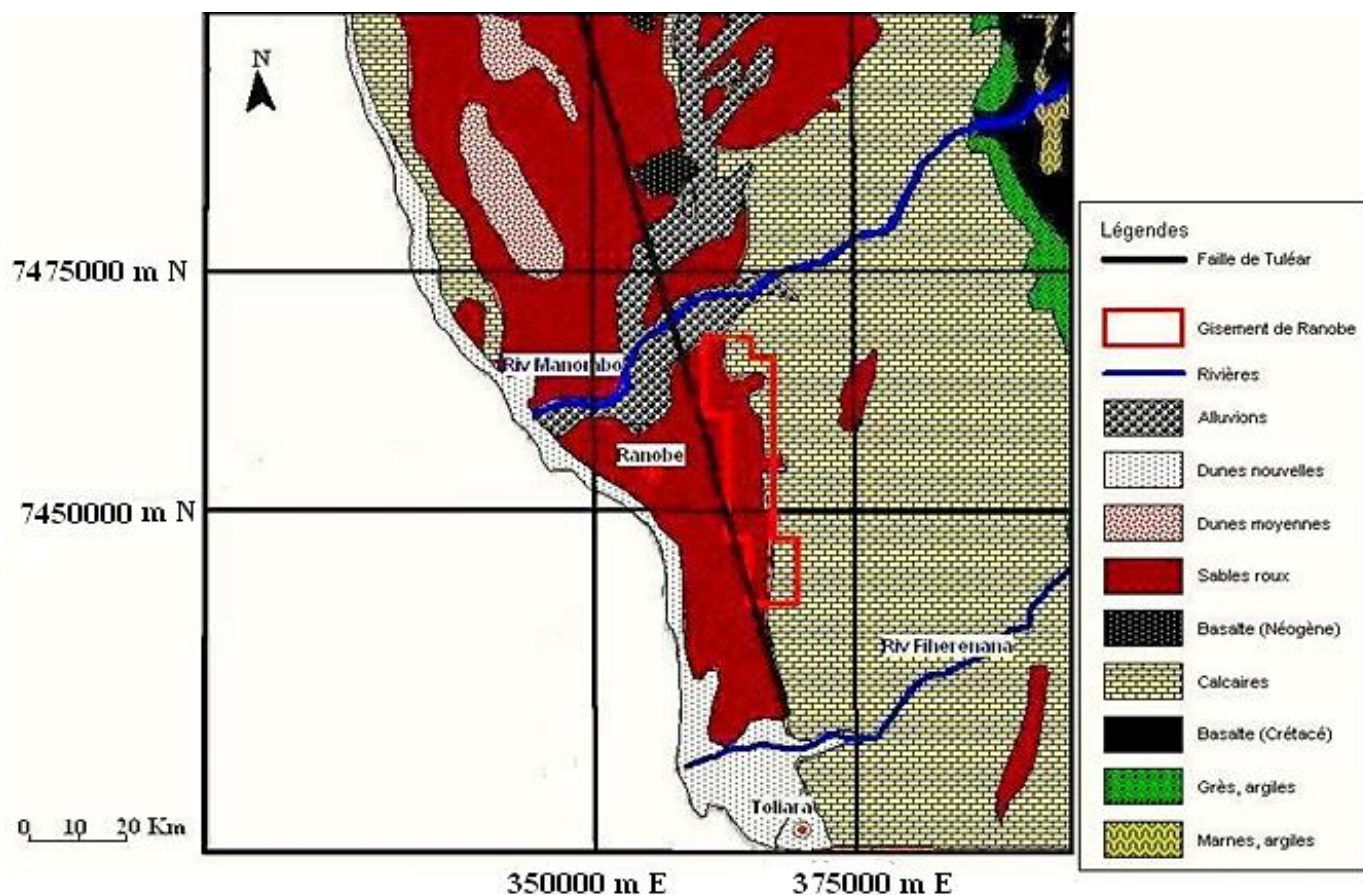
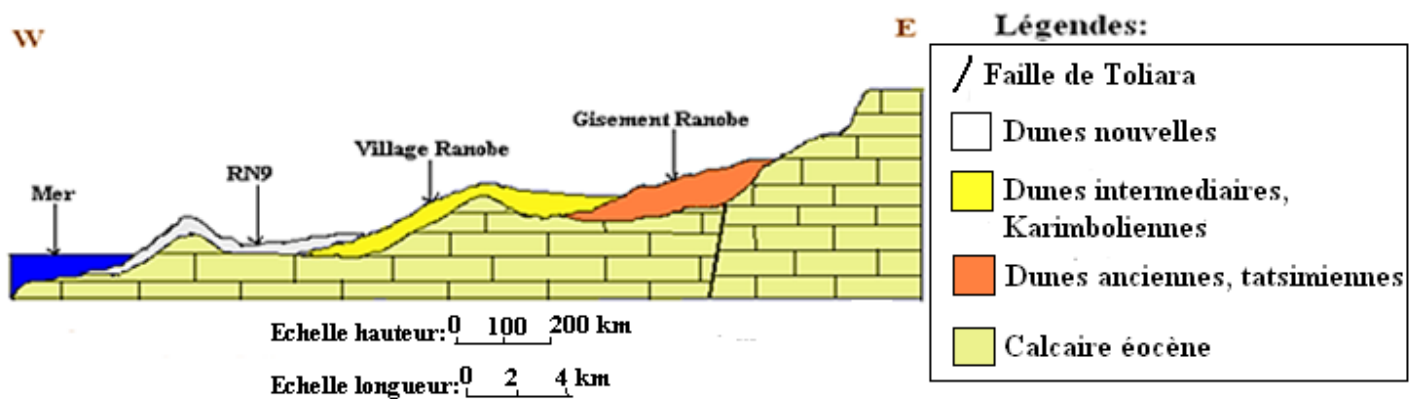


Figure 06 : Carte géologique du secteur, extraite des cartes de Besairie (1971) et Valiarimanana (2006).

En général, la zone d'étude présente deux unités géologiques : calcaire à l'Est et sables roux et les dunes nouvelles sur le bord Ouest de la région. D'après notre observation sur terrain nous avons pu distinguer de la partie Ouest à l'Est de Ranobe, une succession trois (03) systèmes dunaires : dunes anciennes, dunes intermédiaires, dunes nouvelles (Figure 07).

### ➤ Les dunes de sables

La couverture sableuse est composée de sables du quaternaire, généralement d'âge flandrien ou karimbolien, recouvrant un plateau calcaire de l'éocène (Besairie, 1951). D'après les données de forage entrepris par la société et suivi de notre observation sur terrain, une coupe schématique Est-Ouest montre la stratigraphie de la zone :



**Figure 07 : Coupe géologique de Ranobe**

Conformément à ce qui a été signalé précédemment, cette coupe permet de distinguer trois types de dunes sableuses, dont la stratigraphie montre de haut en bas :

- **Les dunes nouvelles** : Fraîchement installées le long des rivages de la plaine côtière de la région Sud-ouest, ces dunes sont constituées par des sables blanchâtres à granulométrie fine à moyenne. Ces dunes constituent le sommet de la série de dunes du secteur étudié. Elles sont généralement peu couvertes de végétation (Photo 03).





**Photo 03 : Nouvelles dunes d'Ambolimailaka pauvres en couverture végétale**

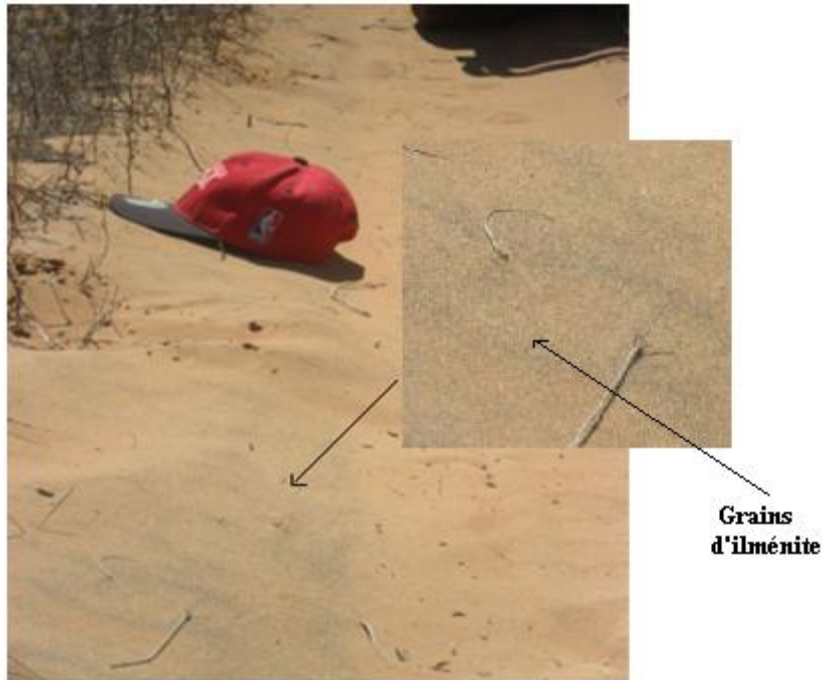
- **Les dunes intermédiaires** : formées par des sables de couleur jaunâtre d'âge Karimbolien selon Besairie. On les rencontre principalement plus à l'intérieur des terres, et affleure dans la forêt de Ranobe. Cette fois-ci la granulométrie est moyenne ou parfois grossière. En général, ces dunes sont couvertes par des grandes forêts, encore restées plus ou moins intactes des sables roux.



**Photo 04 : Dunes intermédiaires**

- **Les dunes anciennes** : situées plus à l'Est en contact avec le calcaire éocène, ces dunes constituent la base de la série des dunes. Ce sont des dunes de couleur rougeâtre. Ces dunes sont généralement couvertes de forêts de plus en plus dégradées, donnant ainsi place progressivement à une savane arborée.

Selon les auteurs, ces dunes font partie des dunes Tatsimiennes d'âge allant de 35000 à 100.000 ans. Les minéralisations en ilménite sont concentrées dans ce type de dune.



**Photo 05 : Dunes anciennes, minéralisées en ilménite**

➤ **Les plateaux calcaires**

Ils sont formés essentiellement par des carapaces de calcaire, ces plateaux sont d'âge éocène. Elles se présentent comme le substrat du système dunaire et affleurent sous forme d'un massif à l'Est de Ranobe. Cette formation se trouve traverser par la faille de Toliara de direction NE-SW (Figure 07).

➤ **Les coulées basaltiques**

Les formations basiques sont caractérisées par des coulées basaltiques. On les subdivise en deux groupes bien distincts selon leurs âges :

- Les basaltes récents se trouvent généralement dans la région d'Ankililoaka. Dans la plupart des cas, ils constituent des « neck » basaltiques en forme plus ou moins arrondie.

Ces basaltes correspondent à une venue basaltique post éocène (Pavlovsky, 1951). La carte du PGRM (2012) considère que ce sont des basaltes, des basanites, et des ankaratrites.

- Les basaltes du crétacé (Campanien-Santonien) affleurant le long de la partie Est du plateau calcaire. La carte géologique du projet PGRM (2012) montre qu'ils sont constitués également de sakalavite, basanite, basalte.

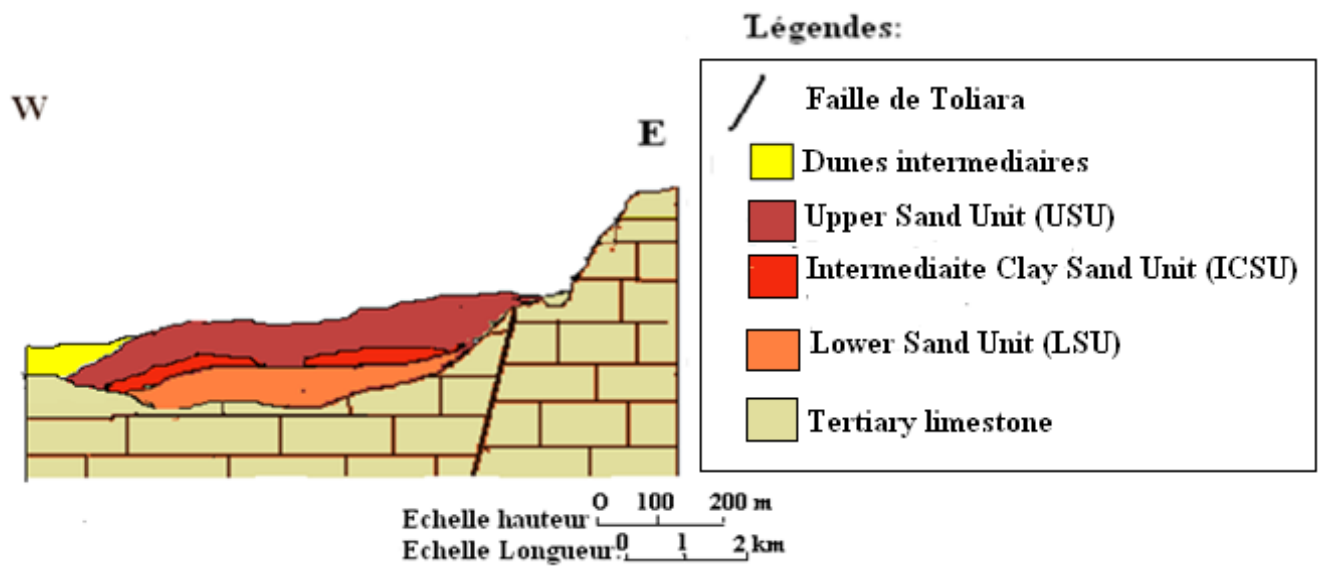
## III.2. LES MINERALISATIONS

Les observations sur terrains montrent que les minéraux utiles se concentrent dans les séries de sables dunaires ; plus précisément dans les dunes anciennes. Ces minéraux utiles sont : l'ilménite, le rutile et le zircon.

(Woods, 2004) distingue trois unités de sables selon la nature des sables et la présence des minéraux utiles. Cette classification a été reprise dans les rapports de (CES, 2013), basée sur les analyses des échantillons prélevés au cours des travaux de forage en 2005. On distingue alors de la plus récente à la plus ancienne:

- ❖ **Unité Supérieure de Sable (Upper Sand Unit ou USU) :** c'est l'unité la plus enrichie en minéralisations. Elle se présente sous une couleur brun rougeâtre. Son épaisseur augmente vers l'Ouest en s'éloignant du plateau calcaire avec une valeur allant jusqu'à plus de 30m. La granulométrie du sable diminue de plus en plus vers l'Est.
  
- ❖ **Unité Intermédiaire de Sable Argileux (Intermediate Clay Sand Unit ou ICSU):** cette unité montre une épaisseur comprise entre 0 à 15 m, elle ne constitue pas une couche normale continue mais se présente sous forme d'une bande intercalée (cf figure 08). Elle se distingue facilement par sa couleur orange foncée à rouge orangée. Comme son nom l'indique elle contient un peu d'argile probablement provenant de l'argile de décalcification.
  
- ❖ **Unité Inférieure de Sable (Lower Sand Unit ou LSU):** cette unité semble être de moins en moins enrichie en minéralisations, elle est composée par de sables de plus en plus jaune, avec également une granulométrie de plus en plus grossière. Son épaisseur peut aller jusqu'à 30 m.

La coupe schématique ci-dessous montre clairement ces différentes unités:



**Figure 08 : Coupe lithologique du gisement de Ranobe**

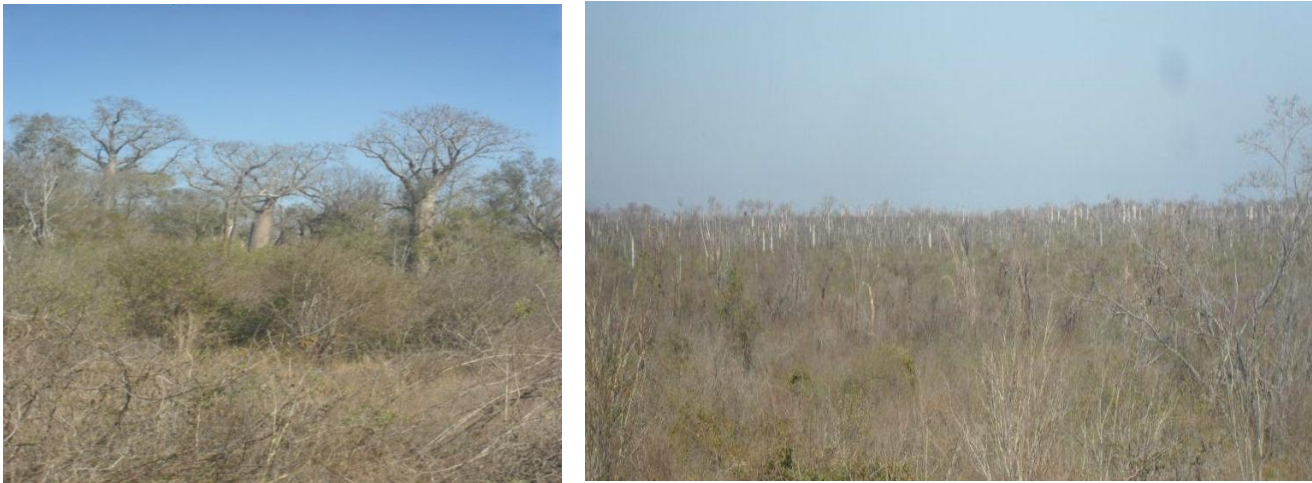
## IV. CADRE BIOLOGIQUE

Les études biologiques effectuées par les auteurs dans la zone de Ranobe ont montré une grande importance en matière de biodiversité. La zone fait partie d'une forêt de transition du type forêt dense sèche (FDS). Les diversités faunistiques et floristiques lui confèrent un caractère très spécifique.

### IV.1. Flore

En accord avec les auteurs, nos observations sur terrain confirment une importante diversité floristique, caractérisée par la présence des nombreuses variétés d'espèces endémiques. La classification admise montre globalement trois types de végétation :

- ❖ *Les forêts denses sèches* : qui couvrent la plupart de la surface située à l'Ouest et le Sud-ouest du site minier. Elles constituent les principales composantes de la forêt de Ranobe. Celle-ci est plus ou moins en cours de dégradation.



**Photo 06 : Forêt Dense sèche (FDS), (A) FDS en dégradation de la partie centrale Ouest du permis ; (B) Partie Ouest du périmètre minier.**

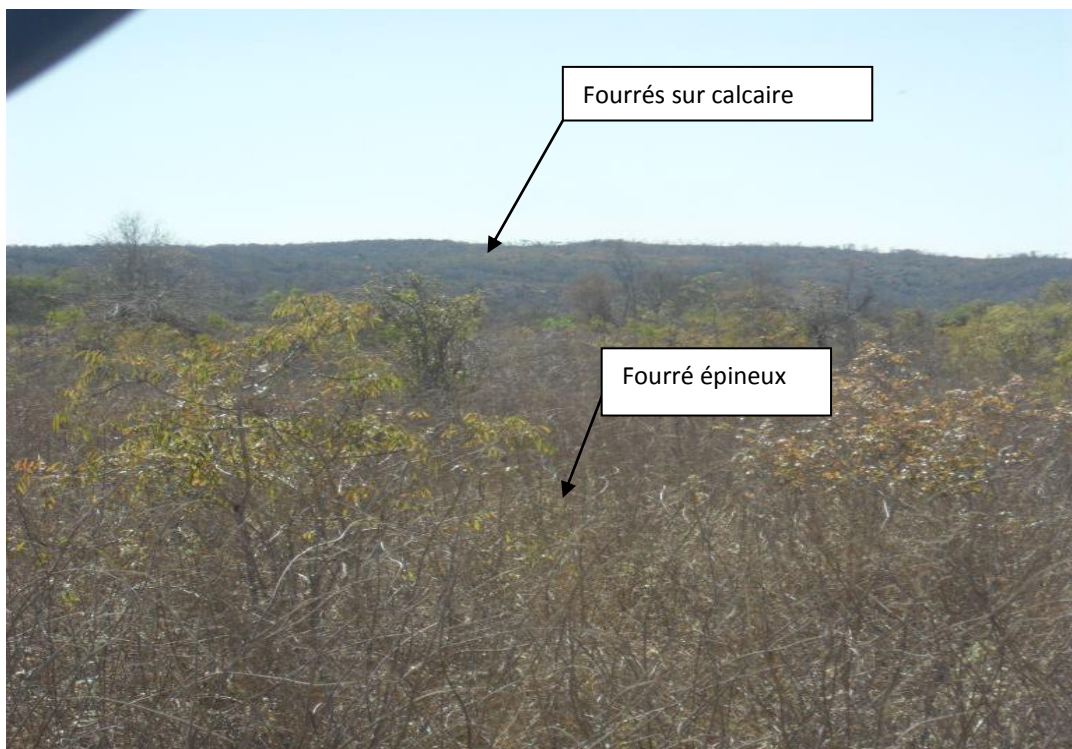
- ❖ *La savane arborée* : La savane arborée représente le terme ultime de la dégradation de la forêt dense sèche. Elle occupe une grande partie du site minier surtout dans sa partie sud, centre Est et Nord, correspondant aux dunes anciennes.





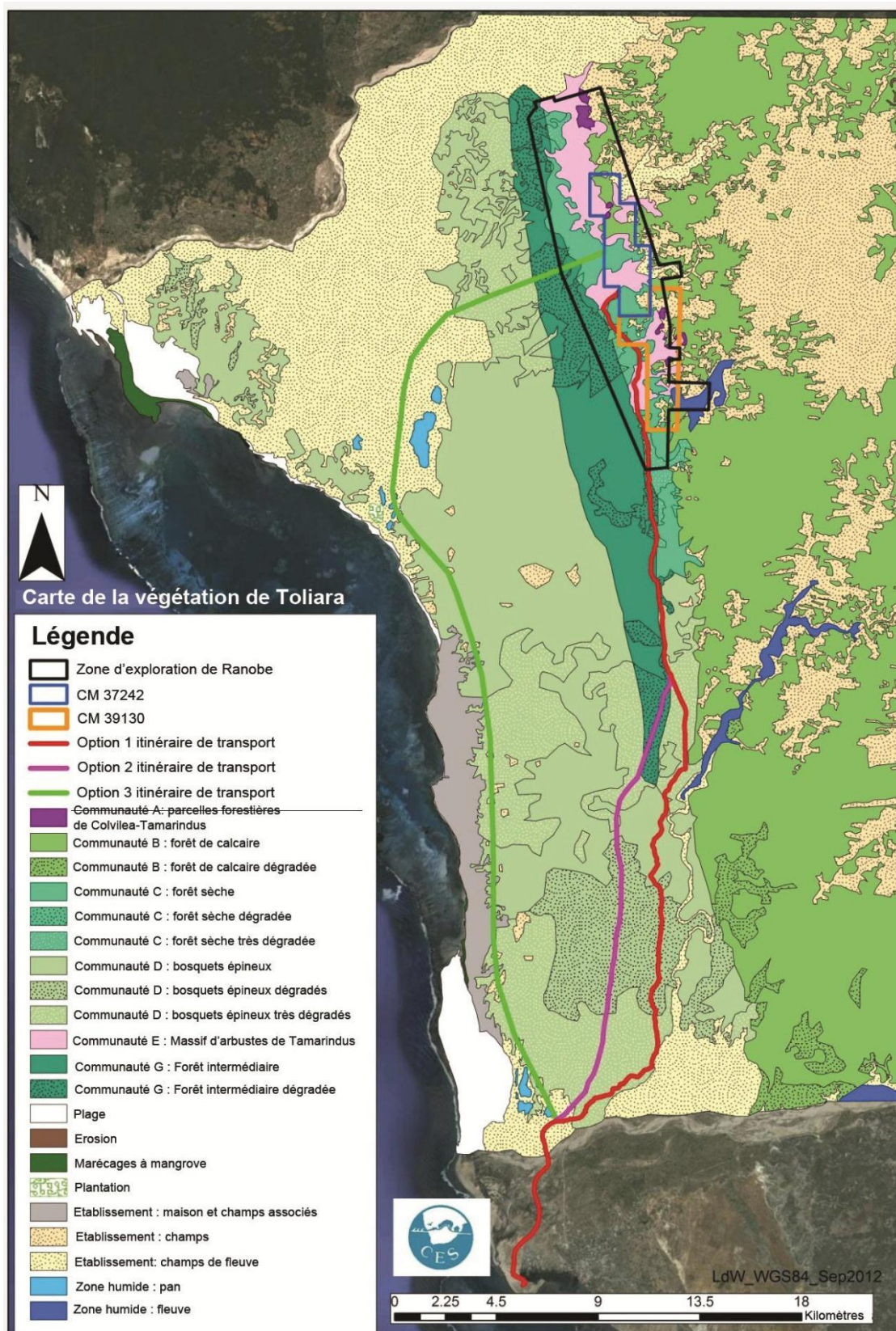
**Photo 07 : Savanes arborées, couvrant les dunes anciennes.**

- ❖ *Les fourrés* : les fourrés épineux peuvent être rencontrés aussi bien sur les sables minéralisés que sur les formations calcaires. Ils occupent le centre et la partie Est du site minier.



**Photo 08 : Fourrés épineux sur les sables roux et les fourrés sur calcaire**

(CES, 2013) y avait établi une classification spécifique des groupes des espèces floristiques rencontrées dans la zone. La carte ci-dessous montre la répartition de ces différentes formations végétales.



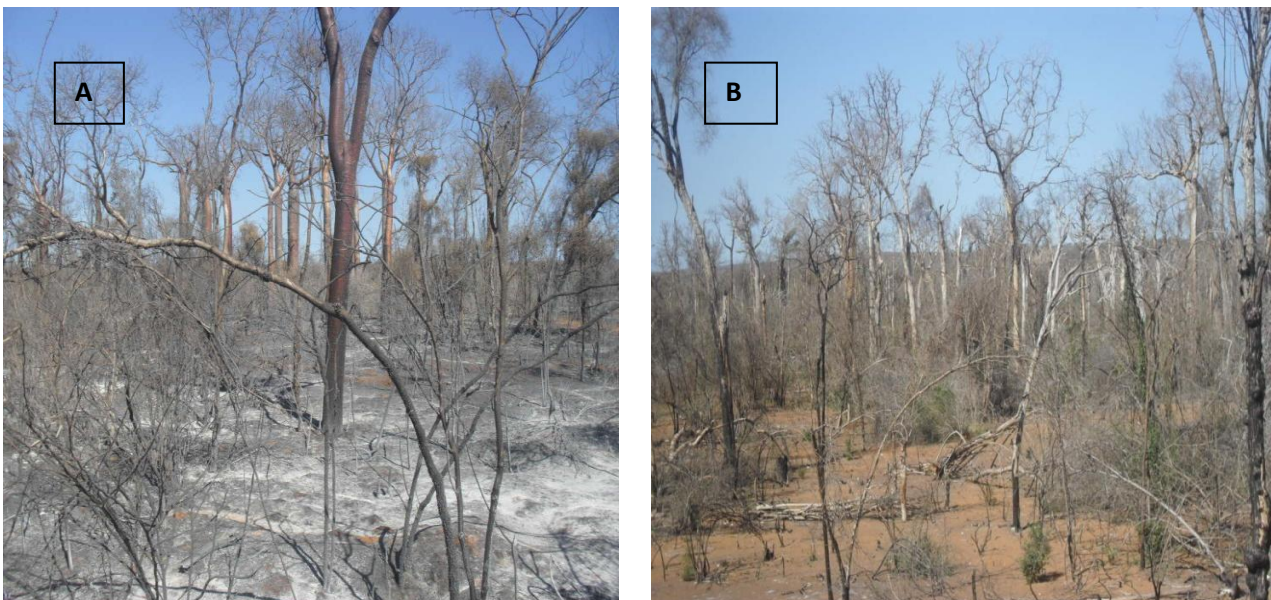
**Figure 09 : Carte de la végétation du secteur (Source CES)**



Cette carte montre que la partie Est de la région est largement dominée par une vaste étendue de forêt sur calcaire (CES, 2012) ou fourré sur calcaire (Woods ,2003). Tandis que la partie Ouest sablonneuse est couverte par des fourrés épineux. Ce groupe de végétation est caractérisée par de nombreuses espèces mais dominées par les populations suivantes : *Andasonia rubrostipa* (Baobab), *Didierea madagascariensis* (Sono), et *Givotia madagascariensis* (Farafatse).

Entre ces deux(02) formations apparaissent des forêts de *Tamarindus*, et des forêts de transition. (Mahafety, 2003) et (CES, 2012), les subdivisent en forêt sèche dégradée et forêt sèche très dégradée. Ces forêts présentent une grande densité d'*Andasonia za* (Baobab) et les *Commiphora humbertii* (Arofy), *Givotia madagascariensis* (Farafatsy), *Hildegardia erythrosiphon* (Vatoa). Ce type de végétation aussi occupe une grande partie du secteur.

Les causes principales de la dégradation sont les feux de brousses (Photo 09), les défrichements et les cultures sur brulis. Les espèces floristiques sont réparties d'une façon différente selon les caractéristiques géomorphologiques et géologiques ainsi que les conditions climatiques. Par exemple, les fourrés se concentrent de plus en plus sur les formations calcaires (Photo 08), tandis que les savanes et les FDS couvrent la plaine sablonneuse (Photo 07).



**Photo 09 : la dégradation de la forêt de Ranobe.** (A) Squelette de la forêt dense sèche (Septembre 2014) Post feux de brousse ; (B) Dégradation de la forêt de transition.



## IV.2. Faune

Les fourrés et les forêts de la zone constituent un écosystème, contenant une importante biodiversité faunique. La classification admise pour les variétés fauniques de la région peut être décrite de la manière suivante:

**Les amphibiens** : Constitués par les grenouilles telles que le *Laliostoma labrosium*, et le *Ptychadena mascariensis*. Elles sont réparties dans les zones humides de la région, comme à Ranobe.

**Les reptiles** : Parmi les reptiles on peut citer la tortue radiée *Astrochelys radiata* (Sokatra) qui est une espèce de grande taille et la tortue araignée *Pyxis arachnoides* avec une taille plus petite. Des études faunistique récentes par (Branch, 2007) révèlent l'existence d'une vingtaine d'espèces de lézards. On note aussi la présence des serpents comme le *Boa* de Madagascar : *Sanzinia madagascariensis* et *Acanthophis dumerilii* ; et les caméléons par exemple : *Furcifer belalandaensis*, *Furcifer labordi*.

La plupart des reptiles présentes dans la région sont endémiques à Madagascar et se trouve menacé par la perte de l'habitat (CES, 2013).

**Les oiseaux** : La zone contienne de nombreuses espèces endémiques, comme le Coua de Verreaux *Coua verreauxi*, le Coua coureur *Coua cursor*, le *Vanga de Lafresnaye* *Xenopirostris xenopirostris*, le Calicalic à épaulettes *Calicalicus rufocarpalis*, la Newtonie d'Archbold *Newtonia archiboldi*, et le *Monticola imerinus*. D'autres sont connues dans certains endroits plus secs de l'île.

**Les mammifères** : Les mammifères sont caractérisées par des espèces menacées telles que les lémuriens : *Mirzaco quereli*, *Propithecus verreauxi*, *Lemur catta* et *Lepilemur* sp. (Gardner et al. ,2009).

La plupart des groupes faunistiques montrent souvent des espèces endémiques à l'échelle régionale et nationale. Malheureusement, elles sont mises en danger d'extinction par les activités anthropiques, telles que : la chasse, les feux de brousse qui entraînent à son tour la destruction de l'écosystème.

## **V. CADRE JURIDIQUE**

A Madagascar, la réhabilitation est une forme de compensation de la végétation détruite au cours d'une exploitation minière. En général, elle est régie par deux textes législatifs : le décret portant code minier n°2006-910 du 19 décembre 2006 fixant les modalités d'application de la loi n°99-022 du 19 Août 1999 portant code minier modifié par la loi n°2005-021 du 17 octobre 2005, et le décret MECIE (Mise en compatibilité des investissements avec l'environnement) n° 99-954 du 15 décembre 1999 modifié par le décret n°2004-167 du 03 février 2004.

### **V.1. CODE MINIER**

La réhabilitation d'un site ou gisement minier est une activité incontournable dans la mesure où la société a l'obligation de remettre en son état initial le site d'exploitation.

Le code minier dans son Article 2 définit la réhabilitation environnementale comme étant « *Un ensemble des opérations visant à la remise en état du site le plus proche possible. Toutes activités consistent à rétablir la capacité du lieu de l'implantation de l'opération minière, de manière à sécuriser toute forme de vie ou d'activité future.* ».

L'article 244 précise les obligations des titulaires de permis minier, à savoir : « *Qu'il a l'obligation d'aménager la provision de réhabilitation et de protection de l'environnement, de définir, d'évaluer et d'appliquer toutes mesures adéquates tendant à minimiser et réparer les dommages prévisibles de son activité vis-à-vis de l'environnement.* ».

### **V.2. DECRET MECIE**

Le décret relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement (MECIE) portant charte à l'environnement, dans son article 29 décrit l'application des mesures prescrites dans le PGEP du promoteur ; « *Qui consiste à supprimer, réduire et éventuellement compenser les conséquences dommageables sur l'environnement* ».

Une liste des projets obligatoirement soumis à l'étude d'impact environnemental (EIE) est portée dans son annexe I. Dans le domaine du secteur minier, il est stipulé que « *Toute exploitation et extraction type mécanisé doit faire l'objet d'une étude d'impact environnemental* ».

Les autorisations environnementales correspondantes sont octroyées avec un cahier de charge environnemental (CCE) qui définit les engagements du promoteur, dans le cadre du suivi environnemental. Parmi ces engagements figure la réhabilitation du site d'exploration ou exploitation, comme le cas du projet Toliara Sands.

**CHAPITRE II**  
**ESSAIS DE REHABILITATION NATURELLE**  
**DES LIGNES DE FORAGE 2012**  
**ET DES SITES D'EXTRACTION EN MASSE**  
**PIT01 ET PIT02**

Au cours de la phase de prospection d'ilménite à Ranobe, la société Toliara sands a réalisé en novembre 2012, une campagne de forage et une extraction en masse dans deux carrières pour alimenter en minerai une petite usine pilote.

L'ouverture des lignes de forage et le creusement des deux carrières entraînent une destruction de la couverture végétale. A titre de réparation, la société a choisi de mettre en œuvre un système de réhabilitation pour les lignes de forage ainsi que les carrières une fois les trous rebouchés.

## **I. METHODOLOGIE**

Les travaux de forage et d'extraction en masse réalisés par la société Toliara Sands en 2012 ont fait l'objet d'autorisation environnementale. Cette autorisation est accompagnée d'un cahier de charge environnementale dans lequel sont indiquées toutes les obligations de la société vis à vis de l'environnement. Parmi ces obligations figurent la réhabilitation de ces lignes de forage et celles des sites d'extraction.

### **I.1.Objectifs**

Le mode choisi pour la revégétalisation de ces sites est la réhabilitation naturelle. C'est-à-dire que la reprise végétative s'effectue par régénération naturelle, sans aucun traitement spécial ni entretien (apport d'engrais, arrosage) ; et par introduction de nouvelles plantations également sans entretien (Cas de Pit02).

L'objectif est ainsi de démontrer l'efficacité de la méthode, et d'en tirer des leçons pour la future réhabilitation du gisement d'ilménite à l'intérieur du périmètre. L'évaluation de cette efficacité s'obtient par l'identification des formations végétales à l'intérieur des sites de réhabilitation. Ces derniers sont respectivement composés de : 05 paires de parcelles de suivi (05 parcelles d'étude et 05 parcelles témoins) pour les lignes de forage ; et 02 carrières (Pit01 et Pit02) pour les sites d'extraction en masse.

### **I.2. Méthode**

La méthode que nous allons adopter pour l'évaluation de la réhabilitation naturelle a été axée sur les critères suivants :

- Le choix des sites d'expérimentation : nos sites d'expérimentation sont choisis parmi les sites de réhabilitation de la société (tableau 02).

- Le suivi de la réhabilitation : cette partie décrit l'évolution de la réhabilitation au fil des temps par un système d'inventaire biologique de toutes les espèces présentes aussi bien dans les parcelles d'étude et les parcelles témoins (Cas des lignes de forage) que dans les carrières pit01 et pit02 (Cas des sites d'extraction).
- L'interprétation des résultats : lesquels seront exploités pour en tirer une conclusion sur l'efficacité de la méthode et les leçons qui en découlent.

Les résultats utilisés pour la description de l'état initial proviennent de l'inventaire biologique d'Andriamanajara 2012-2013, sur les sites de réhabilitation de Toliara Sands.

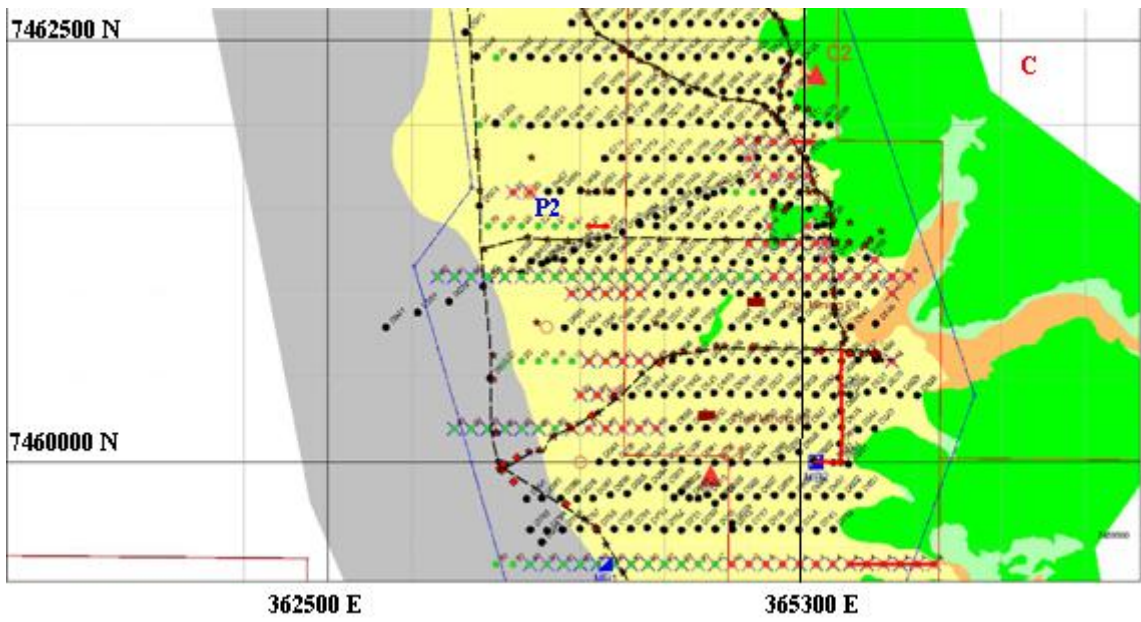
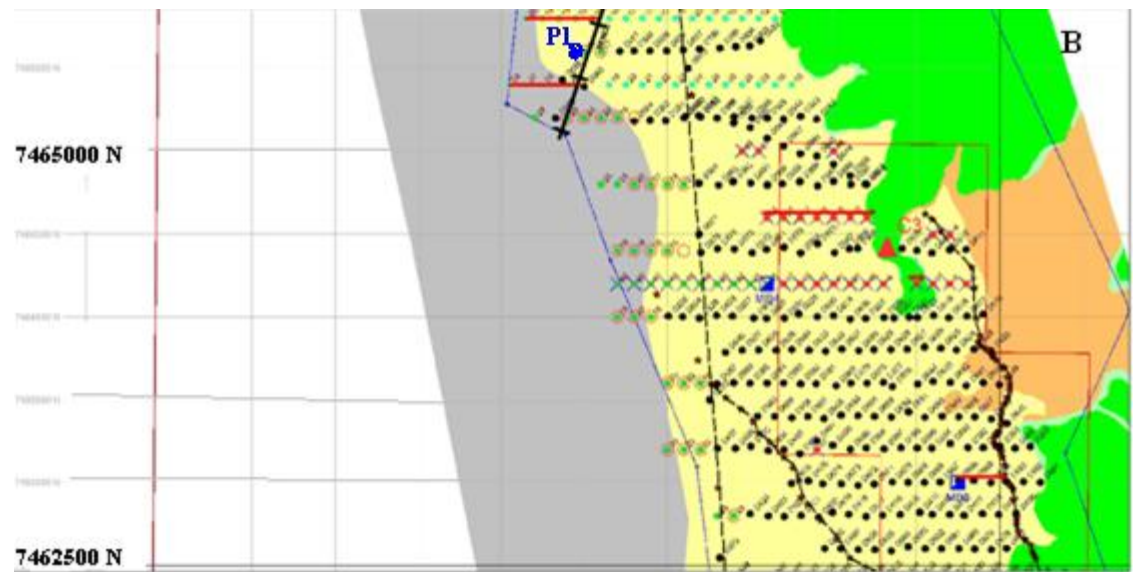
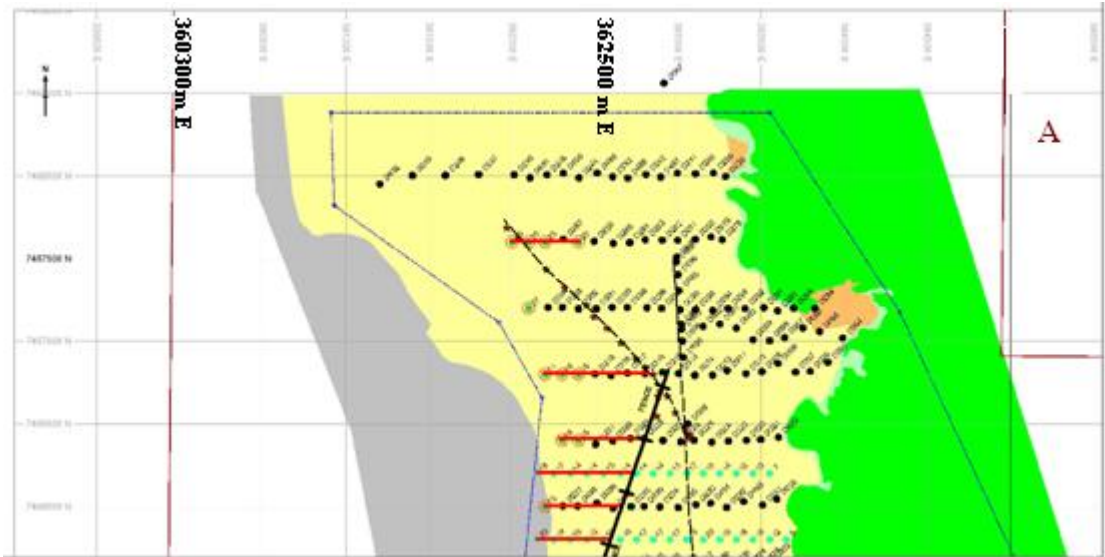
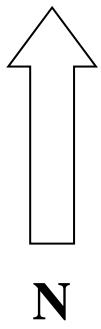
Les résultats utilisés pour nos expérimentations résultent de l'inventaire que nous avons effectué en 2014 avec la collaboration d'ANDRIAMANANJARA FIDIARISOAVONINARIVO Salomon (Biologiste de formation).

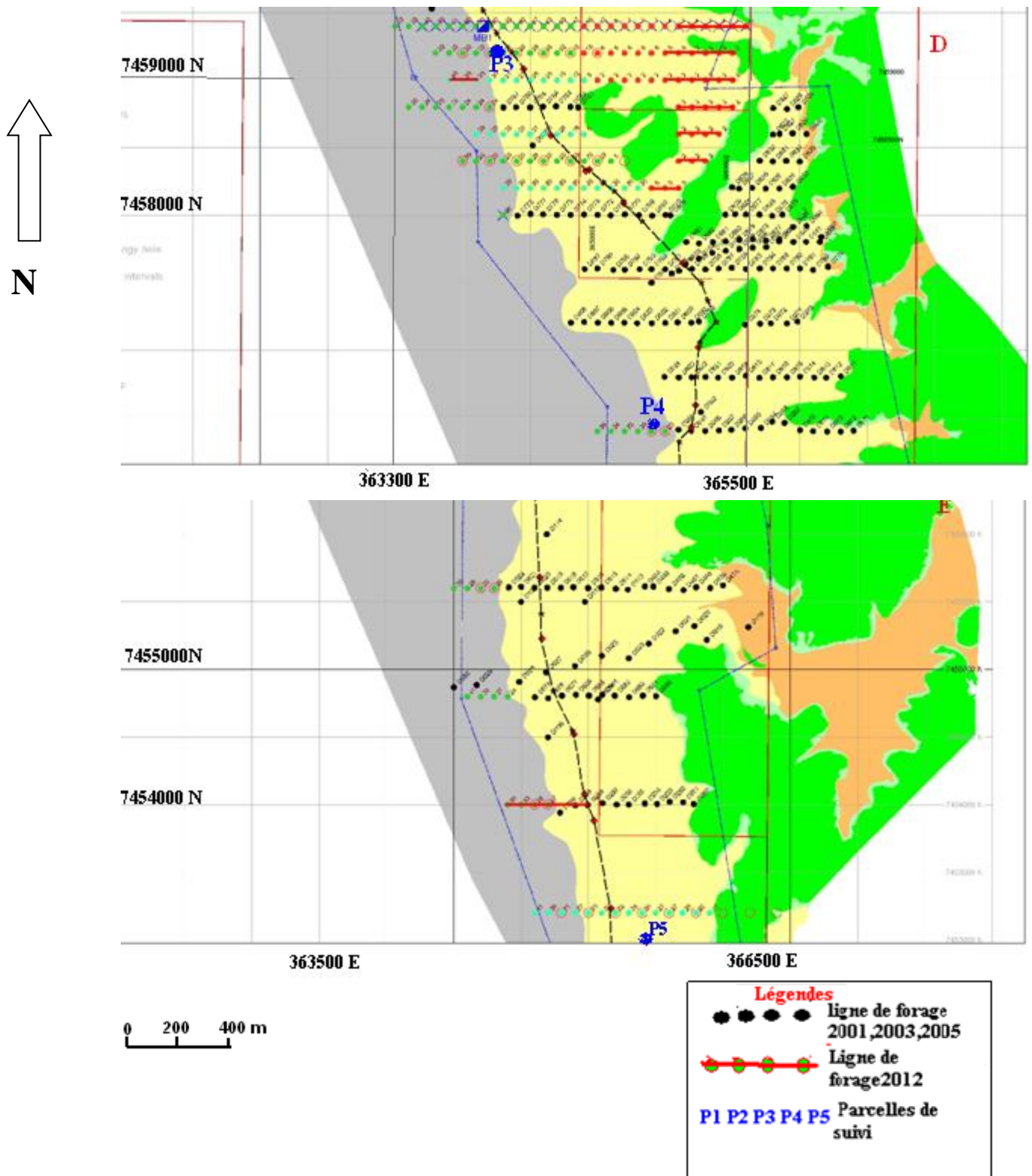
## **II. CAS D'ESSAI DE REHABILITATION NATURELLE DANS LES LIGNES DE FORAGE 2012**

L'essai de réhabilitation naturelle dans les lignes de forage s'effectue par une régénération par souche et une germination naturelle de toutes les espèces autochtones et pionnières de la région.

### **II.1. Localisation**

En 2012, 47 lignes de forages ont été ouvertes correspondant à 406 points de forage de 80mm diamètre, avec une profondeur moyenne de 20 m. La figure 10 numérotée (A, B, C, D, E) représentent la localisation de toutes les lignes et points de forages 2001-2003-2005-2012, ainsi que les parcelles d'expérimentation.





**Figure 10 : Carte des forages effectués par la société durant la phase de prospection en 2001, 2003, 2005, 2012. Notre étude concerne uniquement les forages en 2012, colorés en vert et rouge. Source : Toliara sands.**



Les parcelles de suivi établies par Toliara Sands sont composées par : 05 paires de parcelles (05 parcelles d'étude situées dans les lignes de forage et 05 parcelles témoins en dehors), lesquelles ont été choisies sur les lignes de forage respectivement pour chaque type de végétation. Une parcelle mesure chacune 10 m de côté. Elles sont facilement repérées par leurs coordonnées GPS (voir tableau 02) et par un marquage physique à l'aide d'une peinture verte (Photo 10). Ces dix (10) parcelles nous ont servi de parcelles d'expérimentation décrites dans le tableau suivant.

**Tableau 02: Les parcelles d'expérimentation**

N°	Type de parcelle	Numéro de Parcelle	Localisation		Type de végétation
			Coordonnées X	Coordonnées Y	
1	P. d'étude	P1	0363084m E	74650600m N	Savane arborée
	P. témoin	P1.1	0363095m E	74655950m N	
2	P. d'étude	P2	0363416m E	7461400m N	Fourré dégradé
	P. témoin	P2.2	0363407m E	7461387m N	
3	P. d'étude	P3	0364292m E	7459400m N	Formation secondaire
	P. témoin	P3.3	0364271m E	7459390m N	
4	P. d'étude	P4	0365456 m E	7456400m N	Forêt dense sèche dégradée
	P. témoin	P4.4	0365470 m E	7456414m N	
5	P. d'étude	P5	0366375 m E	7451600m N	Savane arborée
	P. témoin	P5.5	0366380 m E	7451579m N	



**Photo10 : Exemple de parcelles de suivi : (A) parcelle d'étude N° 04 ; (B) parcelle témoin N°04.**



## II.2. DESCRIPTION DES TRAVAUX DE FORAGE

Depuis 2001, plusieurs travaux de forages ont été réalisés par la société Toliara sands dans la zone de Ranobe. Le tableau suivant montre ces différents travaux :

**Tableau 03 : Historique des travaux de forage réalisés depuis 2001 jusqu'en 2012**

<b>2012</b>	Forage minéralogique et d'extension	Prolongement des lignes 2003- 2005, et création des nouvelles lignes.
<b>2005</b>	Forage complémentaire avec une maille plus serrée (200x100 m)	Rajout de nouvelles lignes à maille plus serrée qu'en 2003.
<b>2003</b>	Forage systématique avec une maille (400x100 m)	Lignes de direction EW
<b>2001</b>	Forage de reconnaissance	Le long des pistes existantes

Les travaux de forage ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse auto-portée venant d'Australie, monté sur un 4x4 pick-up.



**Photo 11: La machine sondeuse porté par un véhicule 4X4, utilisée pendant la campagne de forage 2012, source : Toliara Sands**

Afin de minimiser les impacts négatifs, l'ouverture des pistes de forage a été effectuée dans le respect du cahier de Charge Environnementale (CCE) :

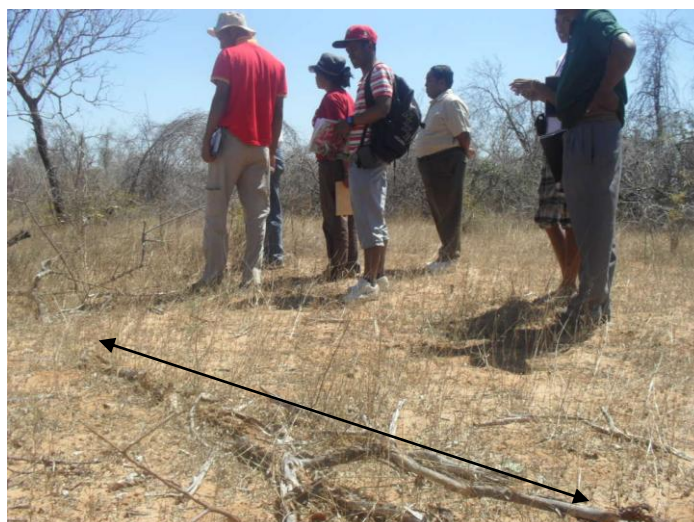
- Circuler dans les zones éclaircies
- Se faufiler en zig zag en évitant de couper les grands arbres
- Couper et non pas déraciner
- Ebranchage : consiste à couper uniquement les branches
- Le choix des espèces coupées se fait en présence d'un botaniste



**Photo 12 : Réalisation des travaux de forage, source: Toliara Sands**

Pour avoir une bonne reprise végétative naturelle, les mesures suivantes ont été prises :

- Sensibilisation auprès de la population pour ne pas utiliser les lignes de forage
- Pose de panneaux d'interdiction d'entrer
- Fermeture des lignes à l'aide d'une barrière



**Photo 13 : Une barrière à l'entrée d'une piste de forage, formée par des branches coupées éparpillées sur les différentes pistes de forage.**

### II. 3. DESCRIPTION DU MILIEU RECEPTEUR DANS LES LIGNES DE FORAGES

Les inventaires biologiques réalisés par (Mahafety, 2004 ; Woods, 2004 ; Andriamananjara, 2012) sur toute la région avant l'ouverture des lignes de forage, ont conduit à distinguer cinq(05) types de végétation décrits dans le tableau suivant :

**Tableau 04: Description des caractéristiques végétales du milieu avant les travaux de forage**

Type de formation	Caractéristiques	Exemples des espèces présentes
<b>Forêt Dense Sèche caducifoliée</b> à série de <i>Commiphora humbertii</i> , à <i>Givotia madagascariensis</i> et à <i>Hildegardia erythrosiphon</i>	C'est une formation encore intacte qui se trouve sous forme des îlots forestiers. La végétation est pluristratifiée avec une strate arborescente.	<i>Adansonia za</i> , <i>Strychnos madagascariensis</i> , <i>Acacia sp</i> , <i>Albizia sp</i> , <i>Dalbergia greveana</i> , <i>Euphorbia laro</i> , <i>Néobegua mahafaliensis</i> , <i>Gyrocarpus americanus</i> .
<b>Formation secondaire de forêt dense sèche (FDS dégradé)</b>	Elle est caractérisée par des arbustes avec une régénération très poussée occupant une grande partie dans la zone de recherche.	<i>Tamarindus indica</i> , <i>Poupartia caffra</i> , <i>Flacourtia ramontchi</i> , <i>Albizia tulearensis</i> , <i>Chadsia grevei</i> , <i>Grewia sp</i> , <i>Mundulea sp</i> .
<b>Forêt transition entre les formations végétales sur sable roux et le plateau calcaire</b>	Elle se trouve à l'Est de la zone d'exploration et possédant la même structure au groupe FDS caducifoliée mais les espèces dominantes sont vraiment différentes.	<i>Delonix floribunda</i> , <i>Strychnos madagascariensi</i> , <i>Suregada boiviana</i> , <i>Vanilla madagascariensis</i> , <i>Adenia olaboensis</i>
<b>Forêt dense sèche</b> à série d' <i>Adansonia za</i> , <i>Commiphora humbertii</i>	Ce type de formation se trouve au sud de la zone du projet, et constitué par des strates arbustives et herbacés.	<i>Securinega perrieri</i> , <i>Boscia longifolia</i> , <i>Commiphora simplicifolia</i> , <i>Euphorbia laro</i>
<b>Clairière herbeuse et/ou savane arborée</b>	Cette formation est fortement dominée par l'abondance des graminées et des grands arbres qui couvrent une grande surface du périmètre minier.	<i>Indigo tinctoria</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> , <i>Aristida rufescens</i>

Selon (Andriamananjara, 2012) toutes les cinq (05) principales formations végétales citées ci-dessus ont été affectées par le programme de forage 2012. L'inventaire biologique effectué sur ces lignes de forage a montré que 111 espèces ont été coupées au cours de l'ouverture des lignes de forage.

## II.4.RESULTATS ET INTERPRETATIONS: EVALUATION DE LA REHABILITATION NATURELLE DES LIGNES DE FORAGE

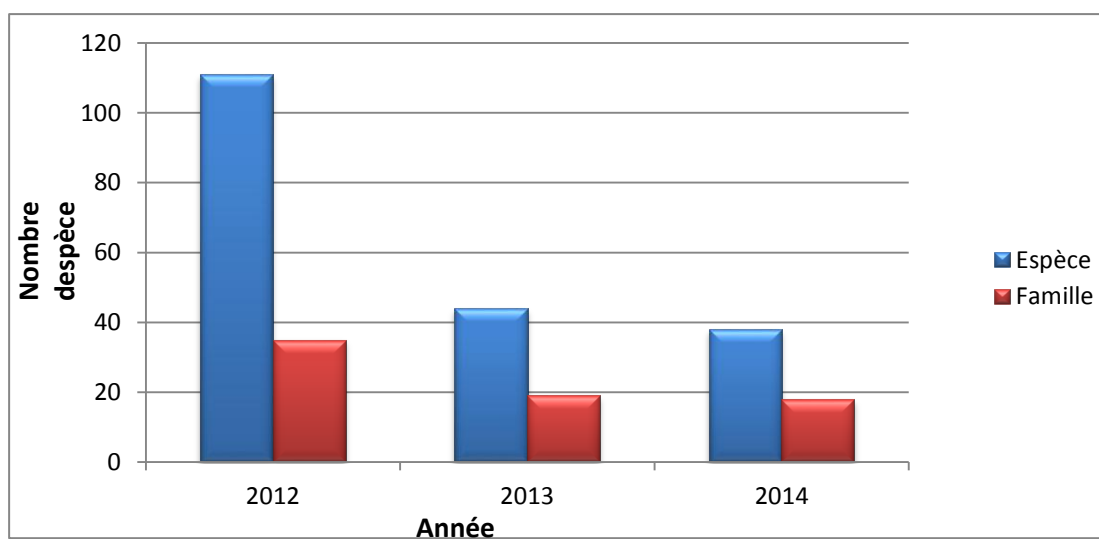
Les résultats des inventaires floristiques réalisés avant les travaux de forage en 2012 et dans les 10 parcelles de réhabilitation en 2013, ainsi que 2014 effectués en la faveur d'une intervention d'un botaniste Andriamananjara ; ceux-ci nous emmènent à décrire l'évolution des espèces dans les lignes de forage de la manière suivante :

### II.4.1. Evaluation par rapport au nombre d'espèces inventoriées

Le nombre des espèces recensées en 2012, 2013 et 2014 avec les taux de revégétalisation respectifs sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 05: Nombre totale des espèces et taux de revégétalisation, 2012, 2013 et 2014**

	2012 (coupées dans les 47 lignes de forage)	2013 dans les 10 parcelles de suivi	2014 dans les 10 parcelles de suivi
Nombre total des espèces inventoriées	111	44	38
Nombre de répartition des espèces par familles	35	19	18
Taux de revégétalisation		39.34 %	34.23 %



**Figure 11 : Histogramme montrant l'évolution du nombre des espèces depuis 2012 jusqu'au 2014, source : Ravelonjatovo, 2014.**

En 2012, Andriamananjara avait identifié cent onze (111) espèces coupées pendant l'ouverture des lignes de forage, réparties sur 35 familles.

En 2013, l'inventaire effectué par Andriamananjara dans les 10 parcelles de suivi a trouvé quarante-quatre (44) espèces réparties sur 19 familles. Ce qui correspond à 39,64 % taux de réussite.

En 2014, notre inventaire a donné trente-huit (38) espèces réparties dans 18 familles, recensées dans les 10 parcelles de suivi, soit un taux de réussite de 34,23 %.

Ces résultats semblent montrer une diminution progressive, non seulement du nombre d'espèces, mais également de la famille. Ce phénomène peut être lié à plusieurs facteurs, dont : les impacts négatifs des feux de brousse qui ralentissent la reprise végétative (photo 09), la résistance aux intempéries et à l'insuffisance de l'eau de pluie et l'absence d'ombrage.

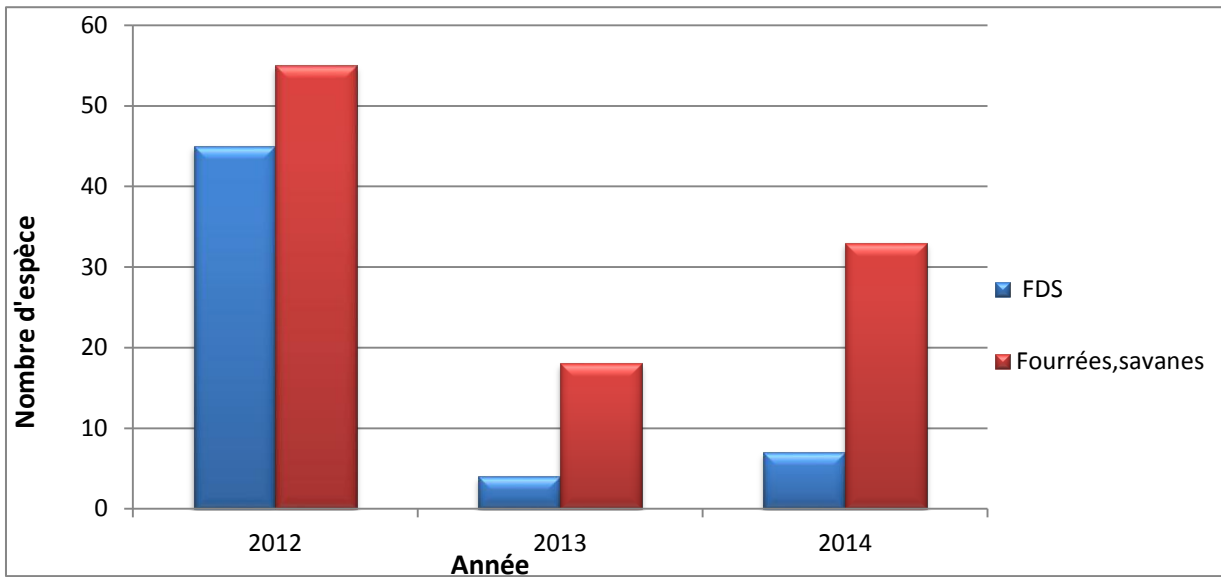
Par contre, d'un autre côté, on constate un fort développement des espèces pionnières dans les lignes de forage. Ces espèces sont capables de coloniser facilement les terrains dénudés, après la saison de pluie.

#### **II.4.2. Evaluation par rapport au nombre d'espèces en fonction du type de végétation**

Le tableau suivant indique le nombre des espèces classées selon le type de formation végétale.

**Tableau 06 : Nombre des espèces par type de végétation, recensées en 2012, 2013 et 2014**

	<b>2012 (espèces coupées)</b>	<b>2013 (dans les parcelles de suivi)</b>	<b>2014 (dans les parcelles de suivi)</b>
Nombre des espèces dans la formation primaire (Forêt dense sèche)	45	04	07
Nombre des espèces dans la formation secondaire (fourrées et savanes)	55	18	33



**Figure 12 : Histogramme de l'évolution du nombre de régénération des espèces avant forage en 2012, puis 2013 et 2014, source : Ravelonjatovo, 2014.**

Selon (Andriamananjara, 2012), deux types de formation végétale ont été touchés par les activités de forage : une formation primaire (Forêt dense sèche ou FDS) et une formation secondaire (Fourré et de savane).

En 2013, après la réhabilitation des lignes, Andriamananjara a trouvé au cours de son suivi dans les 10 parcelles, quatre (04) jeunes pousses de la communauté FDS et 18 espèces du type fourré et savane.

En 2014, notre évaluation sur terrain a permis de cibler 07 espèces du type FDS et 33 espèces faisant partie du groupe de fourré et savane.

Ce qui nous emmène à deux grandes conclusions : l'existence d'une grande différence concernant le nombre de régénération des espèces entre les deux types de végétation (Primaire et secondaire). Le développement par rejet de souche des espèces dans la formation secondaire est plus rapide que celui des espèces forestières (FDS), d'une part et la nette progression de la régénération au fil des temps, prouvée par les résultats d'inventaire en 2013 et 2014.



Au cours de notre descente sur terrain en 2014, on a pu observer une énorme croissance des espèces par rejet de souche. Nous avons compté 91 pieds de *Givotia madagascariensis* (Farafatse) et 35 jeunes individus d'*Albizia mahalao* (Fany) dans la parcelle de suivi N° 04 ou P4 (Cf annexe tableau 02). Les espèces de la formation secondaire sont facilement disséminées sur les terrains exposés après la saison de pluie.

L'accélération de la germination des graines est effective, aidée par l'effet du climat cyclonique de la région. Par contre, la croissance des espèces forestières est fortement affectée par les feux de brousse et par la production de charbon (photo14).

Par ailleurs, les espèces arbustives comme *Albizia mahalao* (Fany), *Givotia madagascariensis* (Farafatse) *Grewiagrevei* et *Grewia humberitii*, *Tabernaemontana capuronii* (Hibaky) commencent à coloniser la zone de clairière.



**Photo 14 : (A) Destruction de la forêt dense sèche après le passage des feux de brousse, (B) Vestige de la fabrication du charbon (Lieu de cuisson) à l'intérieur d'une parcelle de suivi.**

La photo ci-dessus montre l'effet des feux de brousse et de la production de charbon qui ralentit sinon détruit carrément le développement de la réhabilitation de la végétation.

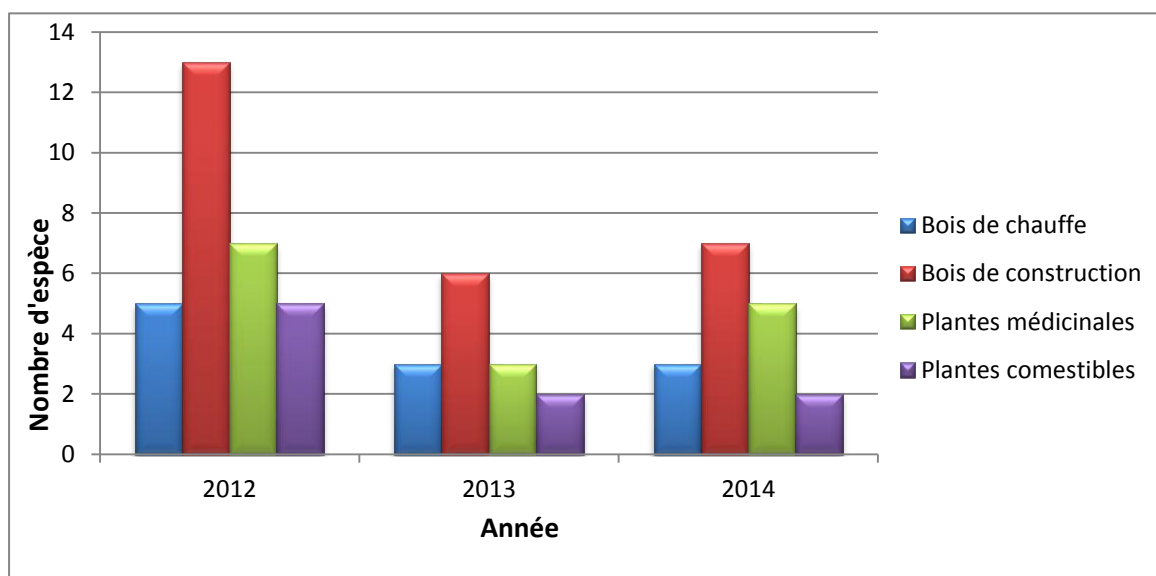
Bref, on peut dire que la vitesse de réhabilitation pour les espèces de la formation secondaire, durant ces deux (02) années successives, suit son cours normal (figure 12). Par contre, la croissance des espèces de la formation primaire est très lente. Ces dernières semblent avoir besoin d'un peu d'ombrage pour son développement.

### II.4.3. Evaluation par rapport au nombre d'espèces, en fonction de leurs utilisations

Il est vraiment important d'évaluer le mode de réhabilitation naturelle selon le nombre de régénération des espèces par utilisation. Les résultats y afférents sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 07 : Nombre d'espèces régénérées par utilisation**

Utilisation	Nombre des espèces		
	2012(coupées)	2013	2014
Bois de chauffe	05	03	03
Bois de construction	09	06	07
Plantes médicinales	07	03	05
Plantes comestibles	06	02	02



**Figure 13 : Variation du nombre des espèces régénérées suivant leurs utilisations, source : Ravelonjatovo, 2014.**

Le tableau 07 montre l'évolution du nombre des espèces qui ont été inventoriées au cours des années 2012, 2013 et 2014. Elles ont été classées en (04) groupes selon leurs utilisations: les bois de chauffe, les bois de construction, les plantes médicinales, les plantes comestibles (Cf annexe tableau01).

- La colonne 1 montre les espèces coupées durant l'ouverture des lignes de forage.
- La colonne 2 contient les espèces régénérées en 2013
- La colonne 3 englobe les espèces régénérées en 2014

La figure 13 indique l'évolution du nombre des espèces régénérées classées en fonction de leurs utilisations. Les résultats ainsi obtenus montrent que :

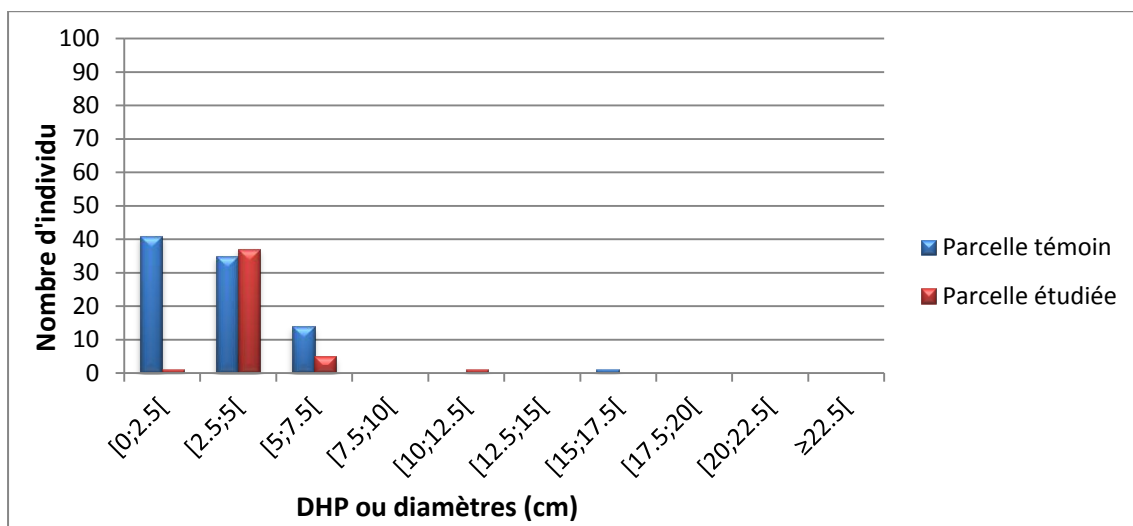
- Les bois de chauffe et les plantes médicinales se développent normalement dans les lignes de forage et leurs nombres augmentent au fil des temps par rapport à l'état initial (2012).
- Tandis que pour les plantes comestibles et les bois de construction ont poussé ; mais, le nombre des espèces inventoriées restent le même durant les deux années (2013 et 2014).

#### II.4.4. Evaluation selon le Diamètre à Hauteur Poitrine (DHP)

Le tableau suivant montre les résultats extraits de ceux obtenus au cours de notre inventaire dans les parcelles de suivi en 2014.

**Tableau 08 : Etude comparative de deux parcelles par le biais du DHP**

Parcelle témoin			Parcelle de suivi		
DHP [cm]	Nombre d'individus	% d'individus	DHP [cm]	Nombre d'individus	% d'individus
[0;2.5[	41	45,05	[0;2.5[	1	2,27
[2.5;5[	35	38,46	[2.5;5[	37	84,09
[5;7.5[	14	15,38	[5;7.5[	5	11,36
[7.5;10[	0	0,00	[7.5;10[	0	0,00
[10;12.5[	0	0,00	[10;12.5[	1	2,27
[12.5;15[	0	0,00	[12.5;15[	0	0,00
[15;17.5[	1	1,10	[15;17.5[	0	0,00
≥17.5	0	0,00	≥17.5	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>91</b>	<b>100,00</b>		<b>44</b>	<b>100,00</b>



**Figure 14 : Nombres d'individu en fonction du DHP, source : Ravelonjatovo, 2014.**

Le tableau 08 et la figure 14 ci-dessus résument les résultats obtenus au cours de notre inventaire en 2014. Ils nous indiquent une étude comparative du développement de chaque espèce dans les lignes de forages réhabilitées (Parcelles étudiées) et les parties non touchées par le forage (Parcelles témoins). Ces résultats obtenus pour les deux types de parcelles montrent que :

- Pour une valeur du DHP comprise entre [0; 2.5[ le nombre d'individus trouvés dans les parcelles étudiées est vraiment faible par rapport à celui trouvé dans les parcelles témoins.
- Par contre, pour un intervalle de DHP] 2,5 ; 5[, on note une forte présence des individus avec une nette domination des espèces *Albizia mahalao* (Fany).
- Aucune espèce ayant un diamètre > 17 cm n'a été identifiée dans les parcelles de suivi.

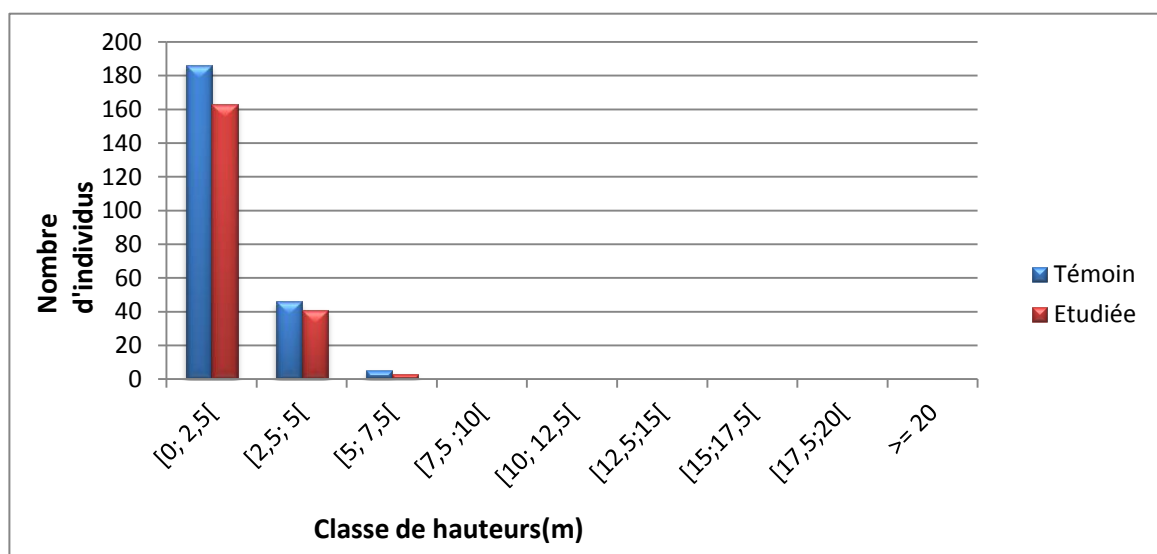
Pour cela, on peut dire que les espèces se développent normalement dans les parcelles d'étude.

## II.4.5. Evaluation selon la hauteur des plantes

Les études comparatives des hauteurs des individus inventoriés dans les parcelles d'étude nous permettent d'évaluer la vitesse de croissance des individus dans les lignes de forages. Les résultats de l'inventaire que nous avons effectué en octobre 2014 sont représentés dans le tableau 09.

**Tableau 09 : Etude comparative des individus classés par hauteurs, dans les cinq paires de parcelles d'études**

(A) Parcelles Témoins			(B) Parcelles de suivis		
Hauteur [m]	Nombre d'individus	% d'individus	Hauteur [m]	Nombre d'individus	% d'individus
[0; 2,5[	186	78,48	[0; 2,5[	163	78,74
[2,5; 5[	46	19,41	[2,5; 5[	41	19,81
[5; 7,5[	5	2,11	[5; 7,5[	3	1,45
[7,5 ;10[	0	0,00	[7,5 ;10[	0	0,00
[10; 12,5[	0	0,00	[10; 12,5[	0	0,00
[12,5;15[	0	0,00	[12,5;15[	0	0,00
[15;17,5[	0	0,00	[15;17,5[	0	0,00
[17,5;20[	0	0,00	[17,5;20[	0	0,00
>= 20	0	0,00	>= 20	0	0,00
	<b>237</b>	<b>100,00</b>		<b>207</b>	<b>100,00</b>



**Figure 15 : Histogramme des nombres des individus suivants leurs hauteurs, source : Ravelonjatovo, 2014.**

Le tableau 09 et la figure 15 montrent que tous les individus rencontrés dans les parcelles de suivi ont une hauteur comprise entre 0 ; 7.5 m. La vitesse de croissance des espèces rencontrées dans les parcelles de suivi semble très rapide et nettement supérieure à celle des parcelles témoins.

Après deux années de réhabilitation, le nombre d'individus de plante découverte dans les lignes de forage (parcelles de suivi) pourrait déjà atteindre le nombre d'individu dans les parcelles témoins. Donc, la vitesse du recouvrement végétal est normale.

Il est cependant à noter le fort développement des espèces pionnières au détriment des espèces forestières.

### **Conclusion partielle**

Suite à la mise en œuvre d'un essai de réhabilitation naturelle dans le cas des lignes de forage. L'expérimentation portant sur la fermeture des lignes de forage, la mise en place des cinq parcelles d'études et surtout les inventaires effectués dans ces différentes parcelles, nous montrent en fonction des paramètres suivants:

➤ *Taux de revégétalisation*

Le taux de revégétalisation est de 34,24 % dans les parcelles d'études. Les résultats de l'expérimentation ont montré que ce taux diminue au fil des temps entre 2012 et 2014.

➤ *Vitesse de croissance par type de végétation*

Les résultats de nos expérimentations sur les lignes de forage montrent que la vitesse de croissance varie en fonction du type de végétation. Ainsi, on a pu observer une forte régénération des espèces pour la formation secondaire par rapport à la formation primaire.

➤ *Etude comparative de la régénération des espèces par utilisation*

On s'aperçoit alors qu'il y a un déséquilibre au niveau de la réhabilitation des espèces suivant leurs utilisations. Les bois de chauffe et les plantes médicinales montrent un véritable succès tandis que pour les plantes comestibles et les bois de construction leur développement est souvent ralenti.

Par ailleurs nos observations sur terrain montrent qu'il existe plusieurs facteurs qui freinent la reprise végétative, dont en particulier les feux de brousse et des conditions climatiques de la région.



### III. CAS D'ESSAI DE REHABILITATION NATURELLE SUR LES CARRIERES D'EXTRACTION EN MASSE PIT01 ET PIT02

En 2012, un programme d'extraction en masse a eu lieu dans les deux (02) parcelles de suivi (pit 1 et pit 2). Ces travaux ont ensuite engendré une dégradation des sites et la disparition des espèces végétales présentes dans les milieux. Pour cela, il est vraiment bien mentionné dans le cahier de charge environnementale (CCE) que la société s'engage à réhabiliter les deux sites après les travaux d'extraction.

#### III.1. LES SITES D'EXPERIMENTATION

##### III.1.1. Choix des sites d'extraction

Les carrières d'extraction en masse de 2012 (pit01 et pit02) ont été choisies comme sites d'expérimentation pour la réhabilitation naturelle d'une carrière pour l'exploitation d'ilménite à Ranobe. Ce choix est motivé par deux principaux critères : l'absence autant que possible d'une importante végétation, (de préférence dans des zones de clairière), et la présence d'un sol de qualité proche de l'ensemble des zones à exploiter.

##### III.1.1.1. Cas de la végétation

En général, elles ont été ciblées, tel que la montre la photo satellite ci-dessous, dans des zones les plus éclaircies possibles non loin de l'usine pilote (Campement).

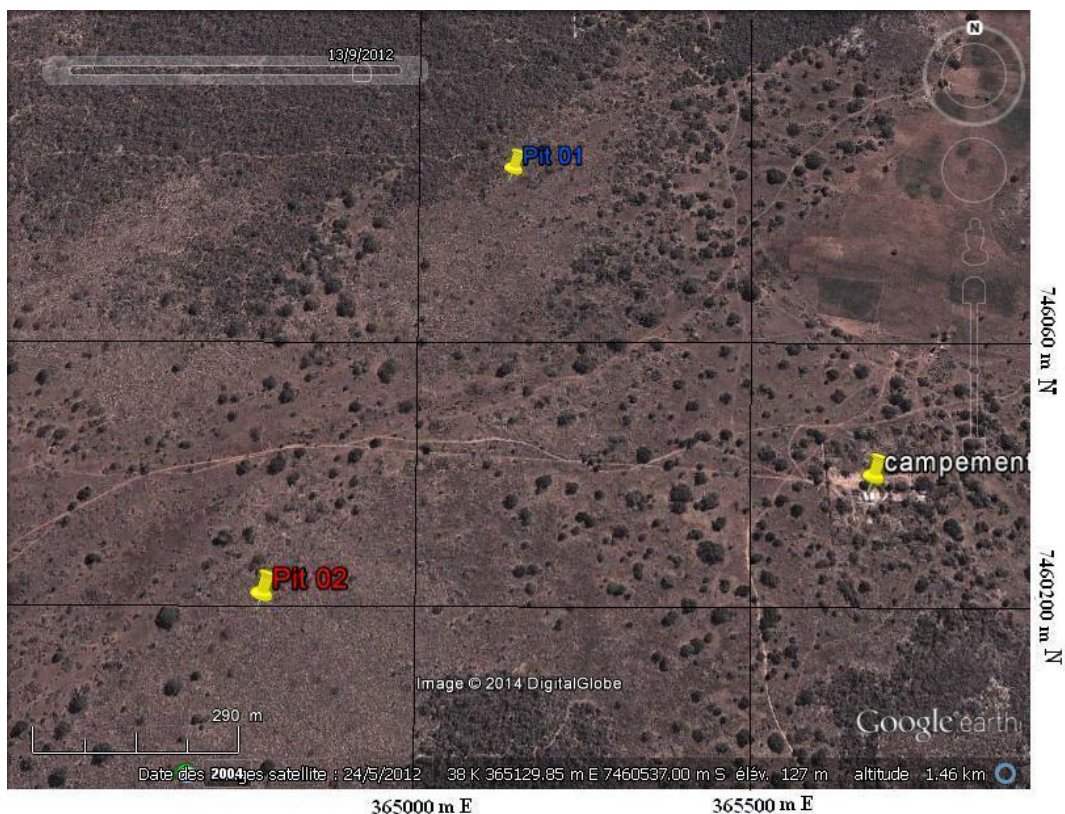


Figure 16 : Image google earth de l'emplacement des deux sites d'extraction (pit 01 et pit 02).

L'inventaire biologique effectué sur ces sites par Andriamananjara, 2012 avant l'ouverture de la carrière d'extraction est résumé dans le tableau 10.

**Tableau 10 : Description de l'état initial des deux (02) zones d'extraction**

	<b>Localisation</b>	<b>Surface</b>	<b>Formation végétale rencontrée</b>	<b>Nombre d'espèces et familles</b>	<b>Hauteur de la strate (m)</b>	<b>Dhp (cm)</b>
<b>Site d'extraction 01 ou PIT 01</b>	7460950m N/ 365050m E	100 mx50m	Fourrée Arbustive	09 espèces 07 familles	< 15	< 05
<b>Site d'extraction 02 ou PIT 02</b>	7460200 mN/ 364750m E	50mx50m	Savane arbustive	22 espèces 12 familles	3<H<15	<10

### **III.1.1.2. Cas des sols**

En général, des formations d'une large gamme de sols résultent des différents paramètres suivants tels que : la constitution pétrographique de la région qui constitue une roche mère, la diversité du forme de relief intervenant sur le drainage et le pédoclimat, les conditions climatiques jouent un rôle très important dans le processus de la pédogenèse. Les études pédologiques menées dans la région révèlent la présence des différents types de sols dans la région. Ils sont recouverts par des nombreux types de végétation. Selon l'observation pédologique dans le secteur d'étude, nous allons voir en deux groupes les caractéristiques sols de notre zone d'expérimentation, ce sont :

- **La terre végétale ou « top soil »** : c'est l'horizon organique formant la couche superficielle du sol. Elle est souvent plus riche en matières organiques et éléments nutritifs par rapports à ceux des autres horizons. Ceci résulte de l'action des microfaunes et microflore incorporés dans cette couche (Raherison, 2006). Les analyses des paramètres édaphiques effectuées par (Raherison, 2006) dans la zone de Mikea, affirment que les teneurs en éléments comme le carbone, l'azote, le phosphore sont plus élevés en surface; et les bases échangeables sont prédominées par le calcium, et par la suite le magnésium, le potassium et sodium.

- **Les sols sur des formations de sables roux** (Morat, 1973 ; Raheison, 2006) : ils correspondent aux sols ferrugineux qui se sont formés sur des matériaux détritiques sablo-argileux. D'après ces mêmes auteurs, la teneur en argile est de l'ordre de 15%. Par conséquent, la présence de l'argile peut intervenir sur la rétention d'eau du sol. Outre, les sols présentent une caractéristique plus ou moins poreux vue sa texture sableuse. Ce type de sol constitue la principale cible pour l'exploitation car ils présentent une concentration importante en minéraux lourds utiles (cf minéralisations page 17).

D'ailleurs, ces différents paramètres physico-chimiques des sols jouent un rôle très important au niveau du développement des plantes. En effet, ces principaux types de sol constituent une source des éléments minéraux (P, N, les bases échangeables) et des réserves hydriques nécessaires pour les espèces végétales.

Malgré la remise en place des terres végétales ou « top soil », notons aussi que les sols utilisés lors des essais de réhabilitation en 2007 et 2012 de la société Toliara sands, sont les résidus de sables issus du traitement de l'usine pilote. Ils sont dépourvus également de certains éléments constitutifs sols tel que le fer (Fe), titane (Ti). Il se peut que la présence ou absence de ces éléments dans le sol puissent avoir une influence sur développement des espèces lors des essais de réhabilitation.

### **III.1.2. Préparation des sites d'expérimentation**

#### ❖ Les travaux antérieurs

Les travaux antérieurs concernent les travaux d'extractions en masse d'ilménite en 2012. Ces travaux consistent à faire les travaux de décapage et stockage des « top soil », l'extraction des minerais, ainsi que la séparation des minerais au niveau de l'usine pilote.

- Matériels d'extraction

Lors de l'extraction en masse en 2012, le prélèvement et le transport des minerais ont été effectués par engins mécaniques (Photo 15).



**Photo 15 : Les matériels utilisés pendant l'extraction en masse 2012, source : Toliara sands**

- Essai d'extraction en masse (pit01 et pit02)

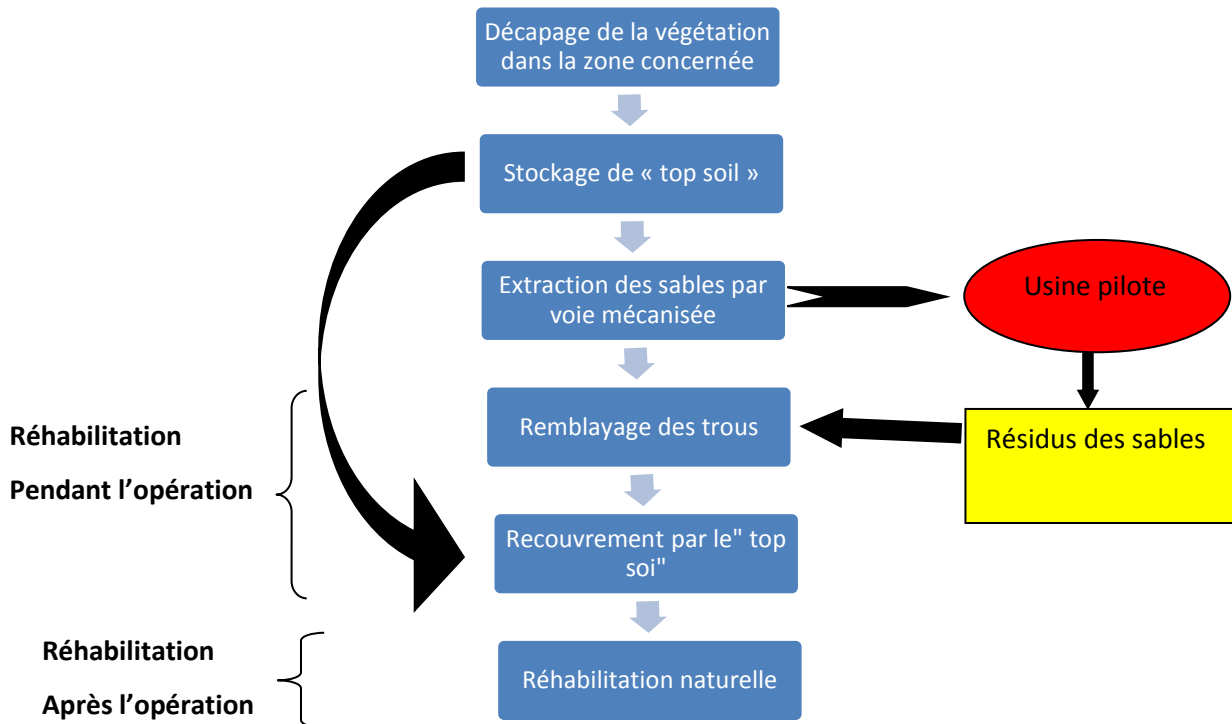


**Photo 16 : Essai d'extraction en masse en 2012, A : Pit 01 et B ; Pit 02, source : Toliara Sands.**

- ❖ La préparation proprement dite des sites d'expérimentation
  - Rebouchage du trou par les résidus (sables dépourvus de minerais utiles venant de la séparation au niveau de l'usine pilote)
  - Recouvrement de la carrière rebouchée, par le Top soil préalablement stocké.
  - Plantations éventuelles de jeunes plants, provenant des pépinières villageoises des villages environnants.

Deux(02) carrières ont été ouvertes avec une dimension de 100 m x 50m et 50 mx50m et une profondeur 18m et 12m respectivement pour pit01 et pit02.

Pendant la phase d'extraction toutes les opérations doivent strictement respecter le Cahier de Charge Environnementale (CCE). Le déroulement des travaux d'extraction et de réhabilitation est décrit dans la figure 17.



**Figure 17: Schéma de la séquence des travaux entrepris pendant l'extraction en masse, source : Ravelonjatovo, 2014.**

- Usine pilote

La photo suivante montre l'usine pilote implanté dans le site de Ranobe en 2012.



**Photo 17 : L'usine pilote implanté en 2012.**



- Pépinière de l'Association des femmes à Tsiafanoka



**Photo 18 : Les pépinières de Tsiafanoka , installé par la société Toliara Sands en 2006.**

## **III.2. RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

### **III.2.1. Travaux de réhabilitation**

Comme il a été cité précédemment, après les travaux de remblayage, les sites sont recouverts par le « top soil ». Celui-ci a en général une épaisseur de 15 à 20 cm. La réhabilitation des deux carrières d'extraction s'effectue de deux manières différentes :

#### **III.2.1.1. Cas de PIT 01**

Après le remblayage du trou, l'essai de réhabilitation naturelle commence par une couverture par le Top soil, puis par un repiquage des graminées de la surface de remblayage. Ce système de repiquage est entrepris dans le but de stabiliser les terrains contre l'érosion.

Ensuite, on laisse germer naturellement les graines des espèces, sans aucun entretien ni arrosage.

#### **III.2.1.1. Cas de PIT 02**

Après le remblayage, on recouvre la surface par le top soil, même cas de la carrière pit01. La différence est que, pour cette fois-ci, on passe directement à la plantation de jeunes plants préalablement préparés par les pépinières villageoises. Environ, une plantation de 1214 jeunes plants a été réalisée. Dans ce cas d'expérimentation, il n'y avait également ni arrosage, ni traitement spécifique.





**Photo 19 : Etat du site d'extraction en 2012 (A) Pit 01 et (B) Pit 02**

### **III.2.2. Suivi-évaluation de la réhabilitation naturelle des carrières d'extraction en masse (Pit 01 et pit 02)**

Notre étude se concentre sur le suivi et l'analyse du système de réhabilitation naturelle dans les deux sites d'extraction de Toliara sands en 2012. Elle nous indique les résultats suivants :

#### **III .2.2.1. Cas PIT 01**

Le tableau 11 montre une étude comparative des résultats obtenus avant, pendant, après l'opération d'extraction.

**Tableau 11 : Etude comparative de la reprise végétative de pit 01**

PHOTO	OBSERVATIONS
 <p style="text-align: right;">Source : Toliara sands</p>	<p><b>Etat initial : Etat de la carrière avant extraction en 2012</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone constituée par la présence des couvertures végétales, essentiellement formés par des fourrés arbustifs.</li> <li>- Sols stables.</li> </ul>
 <p style="text-align: right;">Source : Toliara Sands</p>	<p><b>Etat de la carrière en 2012 pendant les travaux d'extraction :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone éclaircie.</li> <li>- Enlèvement des couvertures végétales.</li> <li>- Creusement de la fosse d'extraction.</li> </ul>
	<p><b>Etat de la carrière après remblayage du trou et début de l'essai de réhabilitation naturelle en 2014 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trous rebouchés.</li> <li>- Zone recouverte par le Top soil.</li> <li>- Germinations des quelques espèces floristiques.</li> <li>- Zones encore plus ou moins dénudées.</li> </ul>

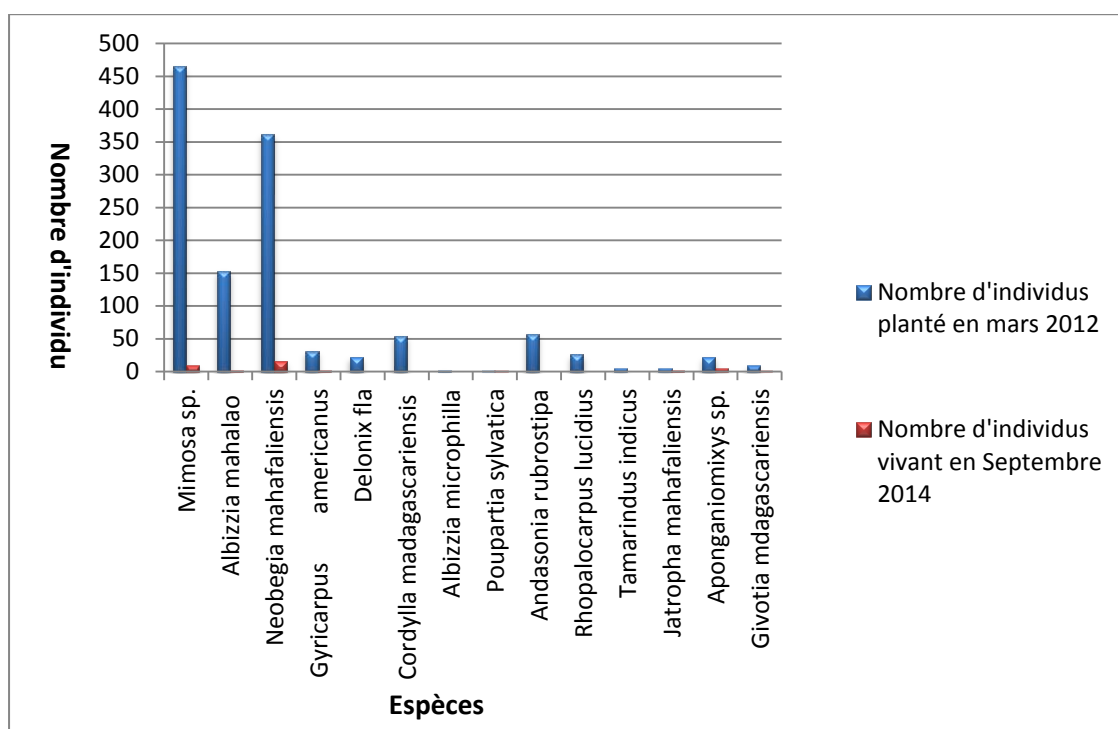
Ces observations confirment que la revégétalisation du site d'extraction pit 01 est relativement lente. Seules quelques espèces poussent dans le milieu. Le repiquage de graminées n'est pas très efficace car les jeunes pousses disparaissent facilement qui ne supportent pas la forte chaleur due à la condition climatique du milieu. L'expérience montre que la réapparition est possible en saison de pluie.

### III.2.2.2. Cas PIT 02

L'évaluation de la réhabilitation du site d'extraction pit 02 peut être établie à partir du tableau ci-dessous. En effet, le tableau 12 représente une étude comparative de la liste des espèces, avec les nombres d'individus respectifs plantés (Mars 2014) et inventoriés (Septembre 2014) donne le taux de réussite correspondant à chaque espèce.

**Tableau 12: Listes des espèces vivantes (2014) dans le site d'extraction Pit 02**

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nombre d'individu planté en mars 2014	Nombre d'individu vivant en Septembre 2014	Taux de réussite
Tainaondry	<i>Mimosa sp.</i>	465	9	1,94
Fany	<i>Albizzia mahalao</i>	153	2	1,31
Handy	<i>Neobegia mahafaliensis</i>	362	16	4,42
Kapaipoty	<i>Gyricarpus americanus</i>	31	2	6,45
Fengoky	<i>Delonix fla</i>	22	0	0
Karabo	<i>Cordylla madagascariensis</i>	54	0	0
Halimboro	<i>Albizzia microphilla</i>	2	0	0
Sakoa	<i>Poupartia sylvatica</i>	1	1	100
Baobab	<i>Andasonia rubrostipa</i>	57	0	0
Talafoty	<i>Rhopalocarpus lucidius</i>	26	0	0
Kily	<i>Tamarindus indicus</i>	5	0	0
Satrasatra	<i>Jatropha mahafaliensis</i>	5	2	40
Anakaraky	<i>Aponganio mixyssp.</i>	22	5	22,73
Farafatse	<i>Givotia madagascariensis</i>	9	1	11,11111111
	<b>TOTAL</b>	<b>1214</b>	<b>38</b>	<b>3,13014827</b>



**Figure 18 : Nombres d'individu par espèces dans la parcelle Pit 02, source : Ravelonjatovo, 2014.**

Le tableau 12 et la figure 18 montre que le nombre des individus vivants en Septembre 2014 a diminué notamment par rapport aux nombres des individus plantés en Mars 2014. Cette diminution est relativement très nette pour un temps très court pour plusieurs espèces.

Ce qui nous permet de cibler les espèces qui sont incapables de se développer dans le cas d'une réhabilitation naturelle, sans arrosage ni traitement spécifique. Parmi ces espèces, On peut citer : *Delonix fla* (Fengoky), *Cordylla madagascariensis*, (Karabo), *Andasonia rubrostipa* (Baobab) ainsi que le *Rhopalocarpus lucidius* (Talapoty).

Par contre, il y en a bon nombre de régénération pour les autres espèces comme l'*Aponganio mixyssp.* (Anakaraky), *Givotia madagascariensis* (Farafatse), *Poupartia sylvatica* (Sakoa), *Jatropha mahafaliensis* (Satrasatra).

Notons aussi qu'on a germination des quelques espèces pionnières dans ce site : *Sida cordifolia* (Tranoamonto), *Fernandoa madagascariensis* (Somotsoy), *Dalbergia sp.* (Manary), *Loeseneriella aurceolus* (Vahimpindy).

Par ailleurs, le taux de réussite de la réhabilitation naturelle de Pit 02 est relativement très faible, presque toutes les espèces (tableau 12). Par contre le *Papourtia sylvatica* (Sakoa), avec un taux de réussite 100%, démontre son adaptation facile pour ce type de réhabilitation avec les conditions climatiques qui y règnent.



**Photo 20 : Etat du site pit 02 en 2014, montrant quelques espèces spontanées, noyées dans un ensemble de formations herbacées, asséchées et brûlées par le soleil.**

### **Conclusion partielle**

La réhabilitation des deux sites d'extraction (pit 01 et pit 02) commence par le remblayage des trous d'extraction et avec le recouvrement des terres végétales ou « top soil ». Ensuite, le mode de réhabilitation naturelle a été appliqué dans les deux parcelles, selon les résultats de l'expérimentation on peut dire que :

➤ *Pour la carrière Pit 01*

Compte tenu du temps de suivi 2012-2014 relativement court, la réhabilitation par régénération naturelle spontanée des espèces du site d'extraction Pit01 semble être très peu effective. Ce résultat peut être confirmé par un très faible recouvrement végétal (Tableau 11).

➤ *Pour la carrière Pit 02*

Le taux de réussite de la réhabilitation enregistré dans la carrière pit02 est relativement très faible. En effet, *Papourtia sylvatica* (Sakoa) figure parmi les rares espèces (Tableau 12) qui ont pu pousser dans le milieu. En général, l'essai de réhabilitation naturelle avec plantation comme celle du pit02, sans arrosage et sans entretien semble un échec. Mais les résultats ainsi obtenus pour notre expérimentation a au moins le mérite d'apporter des leçons pour la réhabilitation au cours de la future exploitation du gisement.

**CHAPITRE III**  
**REHABILITATION EN PEPINIERES**  
**DES SITES D'EXTRACTION 2007**

Les travaux d'extraction en masse effectués en 2007 concernent 07 sites dont 05 à l'intérieur du campement de la société Toliara Sands et 02 à l'extérieur. Ces sites d'extractions de masse sont prévus pour alimenter l'essai d'usinage pilote en vue de la séparation des minéraux lourds ou « Heavy Mineral Concentrate » (HMC).

La société Toliara Sands avait prévu d'y effectuer un essai de réhabilitation en pépinière, contrairement à une réhabilitation naturelle pour les lignes de forage et les carrières d'extraction en masse effectuées en 2012.

## **I. METHODOLOGIE**

### **I.1. Objectifs**

Le présent projet de recherche a pour objet d'une étude comparative portant sur une évaluation de l'efficacité de la méthode réhabilitation en pépinière. L'objectif est de pouvoir maximiser l'efficacité de la méthode et d'en tirer le maximum de leçon pour la réhabilitation des futurs sites d'exploitation du gisement de Ranobe.

### **I.2. Méthode**

La méthode utilisée pour arriver à ces fins peut être décrite de la manière suivante en 04 étapes :

- Une bonne description du milieu récepteur avant les travaux d'extraction (Etat initial).
- Une bonne description des travaux de réhabilitation.
- Des séries d'inventaires biologiques réalisés en collaboration d'un botaniste appelé ANDRIAMANANJARA dans le cadre d'un suivi concernant l'évolution de la réhabilitation.
- Evaluation de l'efficacité de la méthode de réhabilitation en pépinière.

### **I.3. Matériels utilisés**

Les matériels utilisés sont globalement :

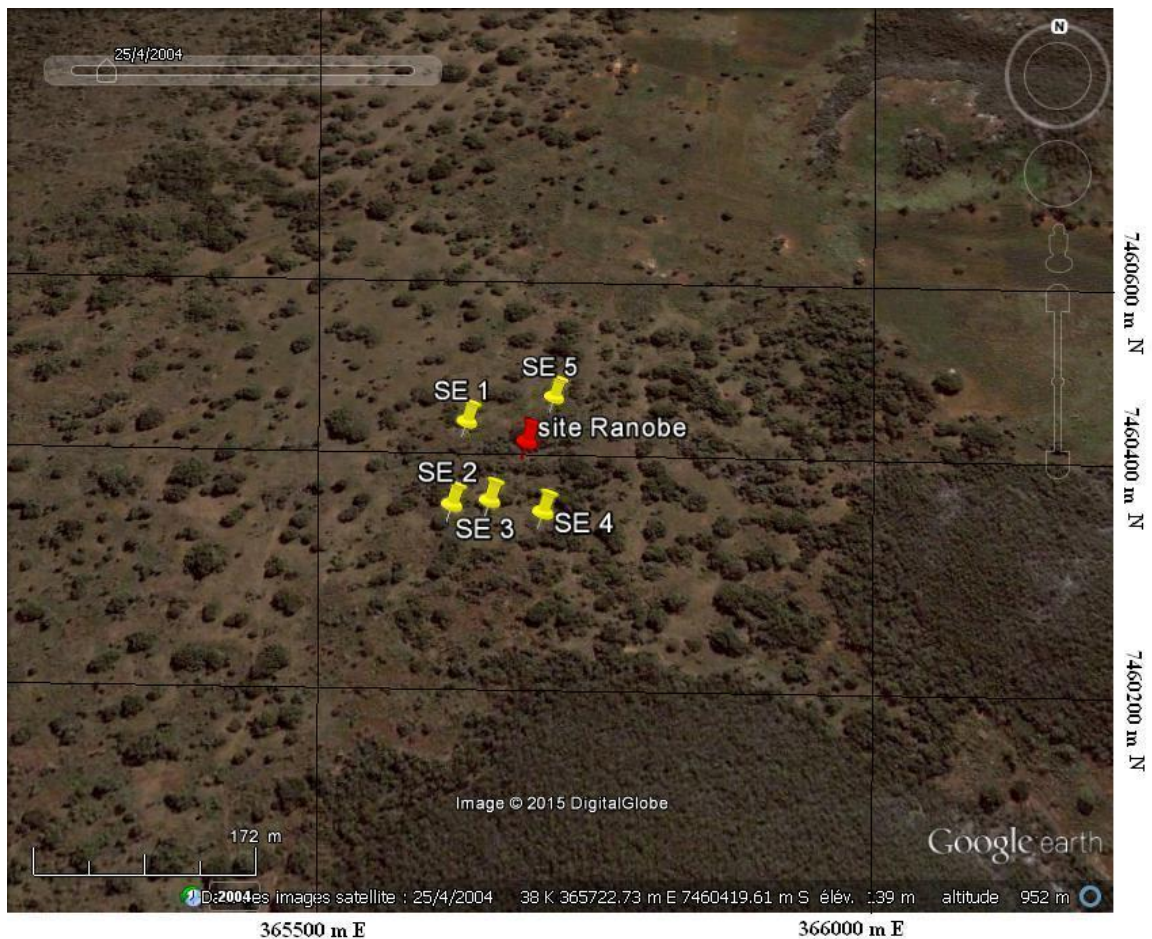
- Un GPS pour la localisation des sites de réhabilitation.
- Un appareil photo pour mémoriser l'évolution.
- Un mètre ruban pour la mesure de la croissance des plantes (Hauteur et DHP).



## II. DESCRIPTION DU MILIEU RECEPTEUR (ETAT INITIAL)

La description du milieu récepteur consiste à connaître toutes les informations concernant les différentes caractéristiques des formations végétales existantes dans les sept parcelles avant le début des activités d'extraction.

Dans ce cas, sept (07) parcelles ont été exploitées pour le programme d'échantillonnage 2007. Parmi eux, les cinq parcelles de plantations (PP) : PP1, PP2, PP3, PP4, PP5 se trouvent à l'intérieur du campement. Les deux autres parcelles RDS et TDS se situent à l'extérieur de l'usine pilote (campement). Elles ont été choisies dans des zones éclaircies, dépourvue de végétation, de grands arbres et des plantes d'intérêts spécifiques (figure 19).



**Figure 19 : Image google earth du milieu récepteur avant travaux, SE : sites d'extraction correspondent aux sites de réhabilitation.**

Le tableau 13 nous présente la description de ces 07 sites d'extraction en masse pour l'usine pilote en 2007. Ces sites ont servi de parcelles de suivi pour l'essai de réhabilitation en pépinière.

**Tableau 13 : Description et localisation des sites d'extraction servant de parcelles de suivi**

Site	Parcelles De plantation (PP)	Coordonnées géographiques		Surface	Caractéristiques
		X	Y		
A l'intérieur du site campement	PP1	365618m E	7460430m N	15m x 15m	CLAIRIERE HERBEUSE
	PP2	365613m E	7460335m N	21mx 21m	
	PP3	365652m E	7460345m N	15mx 9m	
	PP4	365703m E	7460333m N	18m x 15m	
	PP5	365726m E	7460487m N	27m x 24m	
A l'extérieur du site de campement	RDS	364442m E	7460430 mN	18m x 6m	
	TDS	363023m E	7467724m N	21m x 15m	

Pour cette expérimentation, la nature et les propriétés physico-chimiques des sols sont presque identiques au cas précédent (cf paragraphe III.1.1.2).

### III. DESCRIPTION DE LA PREPARATION DES SITES D'EXPERIMENTATION

Les sites d'expérimentation sont représentés par les 07 sites d'extraction en masse en 2007. Ce chapitre, nous montre tous les renseignements à propos des activités entreprises au cours de ces extraction en masse 2007.

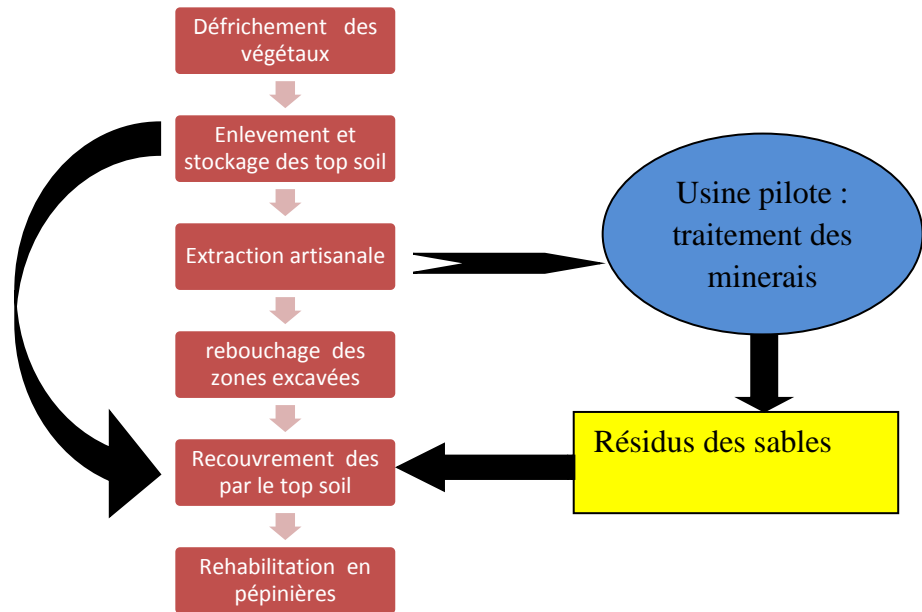
L'extraction a été effectuée à ciel ouvert et le creusement de façon manuelle avec des matériels traditionnels comme: les bûches, les pelles.

Durant le programme d'extraction, toutes opérations doivent être réalisées conformément au Cahier de Charge environnementale (CCE). Les différentes étapes de travaux correspondants sont les suivantes :

- Décapage à main de la couverture végétale.
- Décapage et Stockage de la terre végétale ou top soil afin de conserver la couche superficielle et la fertilité du sol.
- Extraction artisanale par un système de gradins.
- Remblayage des carrières à partir des résidus stériles provenant de l'usine pilote.

- Réhabilitation : Préparation du « top soil », mise en terre des jeunes plants provenant des pépinières villageoises, suivi, évaluation.

La figure ci-dessous illustre ces différentes étapes :



**Figure 20 : Processus des travaux d'extraction en masse et la réhabilitation de ces sites, source : Ravelonjatovo, 2014.**

Tel qui est décrit dans la mémoire Valiarimanana (2007) les échantillons prélevés vont être traités dans un procédé d'usine pilote pour la production des concentrés de minéraux lourds ou HMC (Heavy Mineral Concentrate). Les processus sont les suivantes :

Les sables provenant de la carrière vont être tamisés et mélangés avec de l'eau dans un mixeur. Ensuite, une pompe va introduire le mélange dans les spirales. Ces derniers favorisent la séparation des minéraux lourds et légers. La séparation est basée sur la densité, la granulométrie, et la susceptibilité magnétique des minéraux. A la fin du processus on obtient deux produits bien distincts :

- Produits de concentrés minéraux lourds ou HMC, dont une certaine quantité a été envoyée en Afrique du sud pour un test de fusion. Les restes des produits ont été bien stockés dans un hangar qui se trouve dans le campement.
- Les sables légers résiduels qui seront utilisés pour le remblayage des trous d'extraction.

#### **IV. LES TRAVAUX DE REHABILITATION**

Suite aux recouvrements des sites d'extraction avec le « top soil », un essai de réhabilitation est entrepris dans les sept (07) sites d'extraction à partir d'une plantation des jeunes plants provenant des pépinières villageoises de Tsiafanoka et de Ranobe.

##### **IV.1. Mise en place des pépinières**

En 2005, deux (02) pépinières sont installées dans les villages Tsiafanoka et Ranobe à partir des collections des graines dans la forêt de Ranobe. Ce avait pour objectif d'étudier le mode de germination des graines forestières destinées à la restauration de la forêt et d'assurer l'approvisionnement des jeunes plants utilisés pour l'essai de réhabilitation des sites d'extraction en masse pour l'usine pilote 2007. Les plants ont été préalablement préparés en pépinières par des associations villageoises des Fokontany environnant (Tsiafanoka, Ranobe). De nouvelles pépinières sont actuellement mises en place dans les mêmes localités.



**Photo 21 : Pépinière actuelle de Tsiafanoka.**

#### IV.2. Choix des espèces plantées :

Le choix des espèces plantées tient compte des considérations économiques et écologiques, dont : l'endémicité des espèces, les conditions climatiques et la structure du sol, les espèces préoccupantes (liste de l'UICN), les espèces pionnières caractérisées par des plantes autochtones, les besoins de la population locale et/ou l'utilisation future de la zone.

**Tableau 14 : liste des espèces utilisées dans la réhabilitation des sites d'extraction 2007, (Source : Andriamananjara, 2014).**

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Utilisation	Classification par espèces
<i>Eucalyptus robusta</i>	Kininy	Bois de construction et service	Espèces exotiques et à croissance rapide
<i>Azedaractha indica</i>	Nimo	Bois de chauffe	
<i>Accacia sp</i>	Kasia	Fourragère et bois de chauffe	
<i>Cesalpinia sp.</i>	Flamboyant nain	Fleure	
<i>Punica granatum</i>	Grenadine	Fruits	Espèces exotiques et fruitières
<i>Annona sp.</i>	Cœur de bœuf		
<i>Cocofera sp.</i>	Cocotier		
<i>Mangifera indica</i>	Manguier		
<i>Citrus sp.</i>	Orangier		
<i>Moringa olifera</i>	Boredymonongo	Comestible	
<i>Adansonia za</i>	Za	Fruit	Espèces forestières
<i>Adansonia rubrostipa</i>	Fony	Fruit	
<i>Dalbergia sp.</i>	Magnary	Bois de construction	
<i>Cedrelopsis grevei</i>	Katrafay		
<i>Neobeguea mahafaliensis</i>	Handy		
<i>Tetrapterocarpon geayi</i>	Vaovy		
<i>Gyrocarpus americanus</i>	Kapaipoty		
<i>Securinega capuronii</i>	Hazomena		
<i>Zahna suavevolens</i>	Hazomafio	Plante médicinale	
<i>Crataeva excels</i>	Kalaogna		
<i>Pachypodium geayi</i>	Vontake	Plante ornementale	

<i>Givotia madagascariensis</i>	Farafatse	Service (pirogue)	
<i>Albizia</i>	Fandroihosy	Bois de service	Espèces pionnières
<i>Dombeya valo</i>	Valo		
<i>Bauhinia madagascariensis</i>	Bagnaky		
<i>Delonix floribunda</i>	Fengoky		
<i>Grewia grevei</i>	Katepoky		
<i>Albizia tuleariensis</i>	Tainakanga	Charbon de bois et construction	
<i>Tamarindus indica</i>	Kily		
<i>Commiphora sp</i>	Boy foty.		
<i>Croton sp</i>	Andriambolafotsy	Plante médicinale	
<i>Fernandoa madagascariensis</i>	Somotsoy		
<i>Colvillea racemosa</i>	Sarongaza	Haie vive	
<i>Hildegardia erythrosiphon</i>	Vatoa		
<i>Diospyros</i>	Lavahatsy		
	Tsakorova		
<i>Jatropha mahafaliensis</i>	Satrasatra	Biocarburant	
<i>Gardenia sp.</i>	Voafotaky	Bois de chauffe	
<i>Combretum sp</i>	Andranahake	Alimentaire	
<i>Flacourtia ramontchi</i>	Lamoty		
<i>Albizzia mahalao</i>	Fany	Rituel	
<i>Rhopalocarpus lucidus</i>	Talafoty		
<i>Poupartia sylvatica</i>	Sakoa		
<i>Euphorbia laro</i>	Famata	Poison	



### IV.3. La plantation dans les sept parcelles de suivi (PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, RDS, TDS)

Les espèces sélectionnées (tableau 14) ont été réparties et transplantées dans les sept parcelles plantations, tel que le montre les photos ci-dessous :



**Photo 22 : Plantation des jeunes plants dans une parcelle de suivi; (A) déplacement des plants, (B) les travaux de repiquage.**

### IV.4. Entretien des 07 parcelles de suivi (PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, RDS, TDS)

Après le reboisement, les sept parcelles ont été recouvertes par des algues marines qui jouent rôle de fixateur biologique contre l'érosion éolienne et d'écran contre l'évaporation-transpiration.



**Photo 23 : Préparation du site de réhabilitation ; les algues marines à utiliser se trouvent sur les périphéries de la parcelle de réhabilitation. Source Toliara Sands.**

Les 05 parcelles (PP1, PP2, PP3, PP4, PP5) de réhabilitation bénéficieront d'un arrosage durant six mois après le reboisement.

## V. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

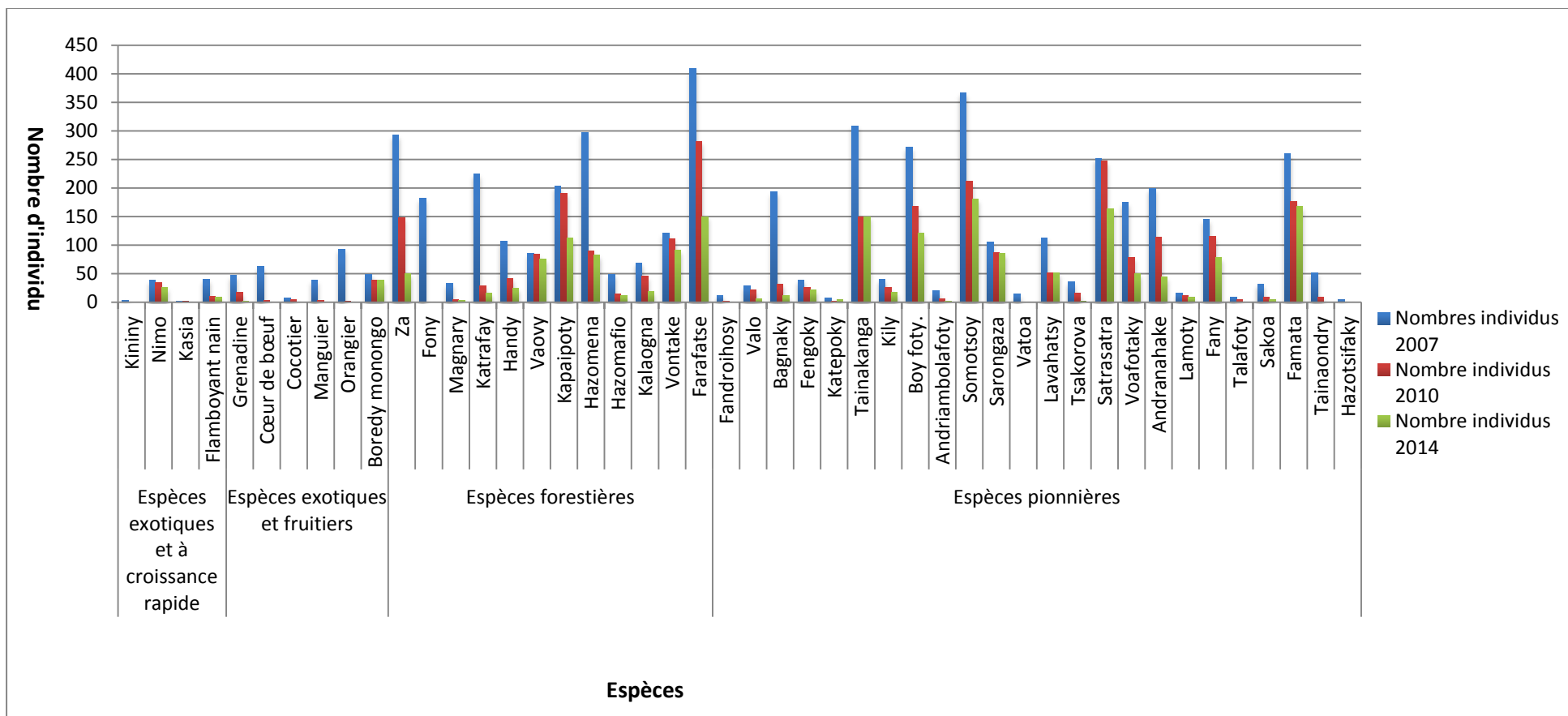
### V.1. Evaluation de l'efficacité de la réhabilitation en pépinière des espèces selon leur nature et le nombre d'individus vivants en 2007, 2010 et 2014.

Pour le cas de l'évaluation des réhabilitations en pépinières en 2007, nous avons établi le tableau suivant à partir des trois séries de suivi effectué depuis 2007, 2010, 2014.

**Tableau 15 : Classifications des espèces selon leur nature et le nombre d'individus vivants en 2007, 2010, 2014.**

Classification par espèces	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nombres d'individus 2007	Nombre d'individus 2010	Nombre d'individus 2014
<b>Espèces exotiques et à croissance rapide</b>	Kinina	<i>Eucalyptus robusta</i>	3	0	<b>0</b>
	Nimo	<i>Azedaractha indica</i>	38	34	<b>25</b>
	Kasia	<i>Accacia sp</i>	2	1	<b>0</b>
	Flamboyant nain	<i>Cesalpinia sp.</i>	40	10	<b>8</b>
<b>Espèces exotiques fruitières et</b>	Grenadine	<i>Punica sp.</i>	47	17	<b>2</b>
	Cœur de bœuf	<i>Annona squamosal</i>	63	3	<b>0</b>
	Cocotier	<i>Cocofera sp.</i>	7	5	<b>0</b>
	Manguier	<i>Mangifera indica</i>	39	3	<b>0</b>
	Orangier	<i>Citrus sp.</i>	93	1	<b>0</b>
	Boredy monongo	<i>Moringa olifera</i>	49	38	<b>38</b>
<b>Espèces forestières</b>	Za	<i>Adansonia za</i>	293	148	<b>50</b>
	Fony	<i>Adansonia rubrostipa</i>	182	0	<b>0</b>
	Magnary	<i>Dalbergia sp.</i>	33	5	<b>3</b>
	Katrafay	<i>Cedrelopsis grevei</i>	225	28	<b>16</b>
	Handy	<i>Neobeguea mahafaliensis</i>	107	42	<b>24</b>
	Vaovy	<i>Tetrapterocarpon gayi</i>	86	84	<b>75</b>
	Kapaipoty	<i>Gyrocarpus americanus</i>	203	191	<b>113</b>
	Hazomena	<i>Securinea capuronii</i>	297	89	<b>82</b>
	Hazomafio	<i>Zahna suavevolens</i>	49	14	<b>11</b>
	Kalaogna	<i>Crataeva excels</i>	69	45	<b>19</b>
	Vontake	<i>Pachypodium gayi</i>	121	111	<b>91</b>
	Farafatse	<i>Givotia madagascariensis</i>	409	281	<b>150</b>

<b>Espèces pionnières</b>	Fandroihosy	<i>Albizia</i>	12	2	<b>0</b>
	Valo	<i>Dombeya valo</i>	29	21	<b>6</b>
	Bagnaky	<i>Bauhinia madagascariensis</i>	193	32	<b>11</b>
	Fengoky	<i>Delonix floribunda</i>	39	26	<b>21</b>
	Katepoky	<i>Grewia grevei</i>	7	2	<b>4</b>
	Tainakanga	<i>Albizia tuleariensis</i>	309	150	<b>150</b>
	Kily	<i>Tamarindus indica</i>	40	25	<b>17</b>
	Boy foty.	<i>Commiphora sp</i>	272	168	<b>121</b>
	Andriambolaf otsy	<i>Croton sp</i>	20	6	<b>2</b>
	Somotsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	366	212	<b>181</b>
	Sarongaza	<i>Colvillea racemosa</i>	105	87	<b>85</b>
	Vatoa	<i>Hildegardia erythrosiphon</i>	14	0	<b>0</b>
	Lavahatsy	<i>Diospyros sp.</i>	112	52	<b>51</b>
	Tsakorova		35	16	<b>1</b>
	Satrasatra	<i>Jatropha mahafaliensis</i>	252	247	<b>164</b>
	Voafotaky	<i>Euclenia sakalavarum</i>	175	78	<b>50</b>
	Andranahake	<i>Combretum sp</i>	199	114	<b>44</b>
	Lamoty	<i>Flacourtia ramontchi</i>	16	11	<b>8</b>
	Fany	<i>Albizia mahalao</i>	145	115	<b>78</b>
	Talafoty	<i>Rhopalocarpus lucidus</i>	9	4	<b>0</b>
Sakoa	<i>Poupartia sylvatica</i>	32	8	<b>4</b>	
Famata	<i>Euphorbia laro</i>	260	176	<b>168</b>	
Tainaondry	<i>Accacia spl</i>	52	9	<b>0</b>	
Hazotsifaky	<i>Hildegardia sp</i>	4	0	<b>0</b>	
	<b>TOTAL</b>	<b>5152</b>	<b>2711</b>	<b>1873</b>	



**Figure 21 : Evolution du nombre d'individu par espèces vivantes dans les parcelles de réhabilitation depuis 2007, 2010, 2014, source : Ravelonjatovo, 2014.**

La figure 21 nous montre les résultats des essais de réhabilitation en pépinières obtenus depuis 2007-2010 et 2014 dans les 07 parcelles de plantation. Elle permet de cibler les espèces le plus adaptées à la réhabilitation en pépinière dans les sites d'extraction. Ce sont :

- **Pour les espèces exotiques et à croissance rapide** : *Azedaractha indica* (Nimo) et *Cesalpinia sp.* (Flamboyant nain), l'*Eucalyptus sp.* (Kinina) lequel était retiré du site à cause de sa croissance très rapide qui pourrait générer des effets négatifs pour les autres plantes, à cause de son caractère envahissant..
- **Pour les espèces exotiques et fruitières** : les résultats sont vraiment négatifs pour la plupart des espèces sauf pour le *Moringa olifera* (Boredy monongo) qui est la seule à pouvoir se développer dans les différents sites d'extraction. Le problème est que beaucoup d'entre eux n'arrivent pas à supporter les conditions climatiques et édaphiques du milieu (Température plus ou moins élevée ; faible pluviosité, la nature du sol).
- **Pour les espèces forestières** : les espèces plus capables de résister en première rang sont caractérisées par : *Tetrapterocarpon geayi* (Vaovy), *Pachypodium geayi* (Vontake), *Gyrocarpus americanus* (Kapaipoty), *Givotia madagascariensis* (Farafatse); en deuxième rang on a *Securinega* (Hazomena), *Crataeva excels* (Kalaogna), *Zahna suavevolens* (Hazomafio), *Neobeguea mahafaliensis* (Handy), *Andasonia za* (Za).
- **Pour les espèces pionnières** : *Fernandoa madagascariensis* (Somotsoy), *Euphorbia laro* (Famata) sont les deux individus qui se développent le mieux avec le système de réhabilitation en pépinière. A cela s'ajoutent d'autres espèces qui sont les suivantes : *Colvillea racemosa* (Sarongaza), *Gardenia sp.* (Voafotaky), *Jatropha mahafaliensis* (Satrasatra), *Albizia mahalao* (Fany), *Grewia grevei* (Katepoky), *Delonix floribunda* (Fengoky), *Albizia tuleariensis* (Tainankanga), *Commiphora sp* (Boy foty). Ces espèces montrent une rapide croissance et une grande capacité de survie après leur plantation.

On remarque également la présence des espèces spontanées qui poussent dans certaines parcelles de plantations.

Bref, en définitive, les espèces pionnières et forestières semblent les mieux adaptées au système de réhabilitation en pépinière, contrairement aux espèces exotiques et fruitières qui n'ont pas pu résister dans le milieu.

**V.2. Evaluation de l'efficacité de la réhabilitation en pépinière selon l'utilisation et le taux de réussite des espèces en 2007-2010 et 2014 :**

Nous allons voir l'efficacité du système de réhabilitation en pépinière à partir du taux de réussite de chaque espèce obtenu dans les sept sites de réhabilitation.

**Tableau 16 : Classification des espèces par utilisations avec leurs taux de réussite**

Utilisation	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nombre d'individus en 2007	Nombre d'individus en 2014	Taux de réussite (%)
Bois de chauffe	Voafotaky	<i>Gardenia sp.</i>	175	50	<b>28,57</b>
	Nimo	<i>Azedaractha indica</i>	38	25	<b>65,79</b>
	Tainaondry	<i>Acacia spl</i>	52	0	<b>0</b>
	Kasia	<i>Accaciasp</i>	2	0	<b>0</b>
	Hazotsifaky	<i>Hildegardia sp</i>	4	0	<b>0</b>
Fleur	Flamboyant nain	<i>Cesalpinia sp.</i>	40	8	<b>20</b>
Fruits	Grenadine	<i>Punica sp.</i>	47	2	<b>4,25</b>
	Cœur de bœuf	<i>Annona squamosal</i>	63	0	<b>0</b>
	Cocotier	<i>Cocofera sp.</i>	7	0	<b>0</b>
	Manguier	<i>Mangifera indica</i>	39	0	<b>0</b>
	Orangier	<i>Citrus sp.</i>	93	0	<b>0</b>
	Za	<i>Adansonia za</i>	293	50	<b>17,06</b>
	Fony	<i>Adansonia rubrostipa</i>	182	0	<b>0</b>
Comestible	Boredymonongo	<i>Moringa olifera</i>	49	38	<b>77,55</b>
Bois de construction	Magnary	<i>Dalbergia sp.</i>	33	3	<b>9,09</b>
	Katrafay	<i>Cedrelopsis grevei</i>	225	16	<b>7,11</b>
	Handy	<i>Neobeguea mahafaliensis</i>	107	24	<b>22,43</b>
	Vaovy	<i>Tetrapterocarpon geayi</i>	86	75	<b>87,21</b>
	Kapaipoty	<i>Gyrocarpus americanus</i>	203	113	<b>55,66</b>
	Hazomena	<i>Securinega capuronii</i>	297	82	<b>27,61</b>



Plante ornementale	Vontake	<i>Pachypodium geayi</i>	121	91	<b>75,21</b>
Bois de service	Farafatse	<i>Givotia madagascariensis</i>	409	150	<b>36,67</b>
	Fandroihosy	<i>Albizia</i>	12	0	<b>0</b>
	Valo	<i>Dombeya valo</i>	29	6	<b>20,69</b>
	Bagnaky	<i>Bauhinia madagascariensis</i>	193	11	<b>5,70</b>
	Fengoky	<i>Delonix floribunda</i>	39	21	<b>53,84</b>
	Katepoky	<i>Grewia grevei</i>	7	4	<b>57,14</b>
Charbon de bois	Tainakanga	<i>Albizia tuleariensis</i>	309	150	<b>48,54</b>
	Kily	<i>Tamarindus indica</i>	40	17	<b>42,5</b>
	Boy foty.	<i>Commiphora sp</i>	272	121	<b>44,48</b>
Plante médicinale	Andriambolafotsy	<i>Croton sp</i>	20	2	<b>10</b>
	Somotsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	366	181	<b>49,453</b>
	Kalaogna	<i>Crataeva excels</i>	69	19	<b>27,53</b>
	Hazomafio	<i>Zahna suavevolens</i>	49	11	<b>22,45</b>
Haie vive	Sarongaza	<i>Colvillea racemosa</i>	105	85	<b>80,95</b>
	Vatoa	<i>Hildegardia erythrosiphon</i>	14	0	<b>0</b>
	Lavahatsy	<i>Diospyros sp.</i>	112	51	<b>45,53</b>
	Tsakorova		35	1	<b>2,86</b>
Biocarburant	Satrasatra	<i>Jatropha mahafaliensis</i>	252	164	<b>65,08</b>
Alimentaire	Andranahake	<i>Combretum sp</i>	199	44	<b>22,11</b>
	Lamoty	<i>Flacourtia ramontchi</i>	16	8	<b>50</b>
Rituel	Fany	<i>Albizzia mahalao</i>	145	78	<b>53,79</b>
	Talafoty	<i>Rhopalocarpus lucidus</i>	9	0	<b>0</b>
	Sakoa	<i>Poupartia sylvatica</i>	32	4	<b>12,5</b>
Poison	Famata	<i>Euphorbia laro</i>	260	168	<b>64,61</b>
TOTAL			<b>5152</b>	<b>1873</b>	<b>36,35</b>

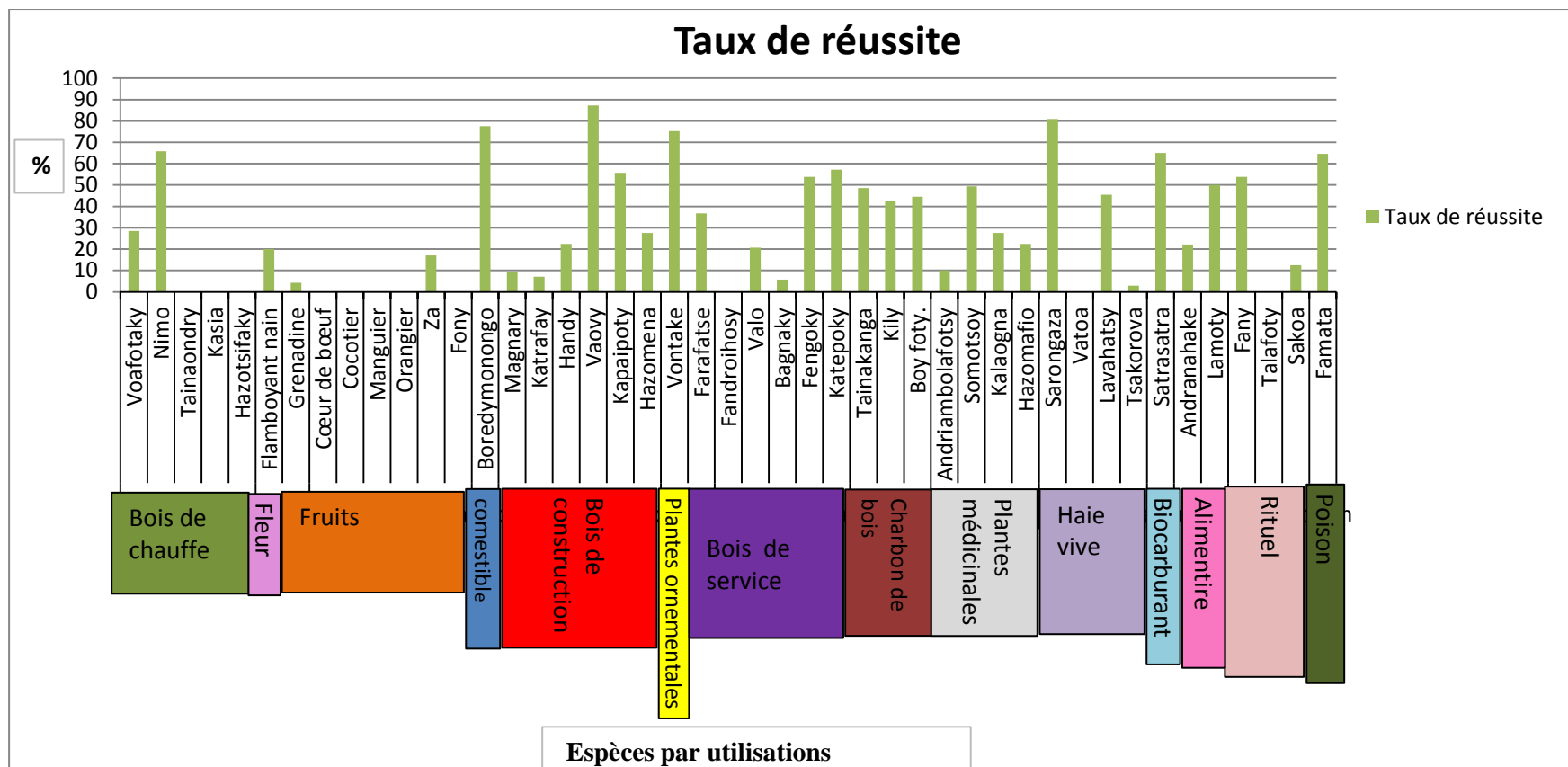


Figure 22 : Diagramme du taux de réussite en 2014 des espèces selon leurs utilisations, *source : Ravelonjatovo, 2014.*

L'utilisation des espèces par la population figure parmi les principaux facteurs de la mise en œuvre de réhabilitation. Pour mieux répondre aux besoins de la population locale, la figure 22 présente l'évolution de chaque espèce respectivement suivant leur taux de réussite, lors de l'essai de réhabilitation en pépinières sur les sept sites de réhabilitation 2007. Elle nous permet de distinguer les espèces selon leurs utilisations. En plus, afin d'établir le choix des espèces potentiellement utilisables au futur programme de réhabilitation (cf tableau 17). Les résultats de l'expérimentation y afférente sont les suivants :

- **Les bois de chauffe :** l'*Azedaractha indica* (Nimo) avec 65,79 % *Gardenia sp.* (Voafotaky) 28,57 % de taux de réussite. Elles ont l'avantage de se rétablir normalement dans les parcelles de plantation.
- **Les fleurs :** *Cesalpinia sp.* (Flamboyant nain) elle est caractérisée par un pourcentage allant de 20%.
- **Les fruits :** Conformément à ce qu'on a vu précédemment dans le cas des espèces fruitières, les résultats sont très négatifs, excepté pour l'*Andasonia za* (Za) qui présente un taux de réussite de l'ordre de 17,06 %.
- **Les plantes comestibles :** *Moringa olifera* (Boredy Monongo) montrant un fort taux de croissance de l'ordre de 77,55 %.Vue cette valeur, la plantation des bois comestibles sont très efficace.
- **Les bois de construction :** *Tetrapterocarpon geayi* (Vaovy) elle Forme un pic dans la figure 22 avec un taux de 87,21 % qui est plus élevé par rapport aux autres plantes découvertes lors du suivi 2014, on a aussi le *Gyrocarpus americanus* (Kapaipoty) 55,66%, *Securinega capuronii* (Hazomena) 27,61% *Neobeguea mahafaliensis* (Handy) 22,43 %.
- **Les plantes ornementales :** *Pachypodium geayi* (Vontake), la seule plante dans ce groupe qui nous a offert 75,21 % lors de cette expérience.
- **Les bois de service :** *Delonix floribunda* (Fengoky) 53,85 %, *Grewia grevei* (Katepoky) 57,14 % *Givotia madagascariensis* (Farafatse) 36,67 %, *Dombeya valo* (Valo) 20,61 %. Quatre (04) parmi les six (06) espèces plantées indiquent un rendement appréciable pour les bois de service qui sont particulièrement très indispensables dans la vie de la population.

- **Le charbon de bois:** *Albizia tularienis* (Tainankanga), *Commiphora sp* (Boy foty), *Tamarindus indica* (Kily). Toutes les trois (03) espèces classifiées dans ce mode d'utilisation ont bien pu développer dans les parcelles de plantation dont ensemble elles présentent un taux de 45,17 %.
- **Les plantes médicinales :** *Fernandoa madagascariensis* (Somotsoy) 49,45%, *Crataeva excels* (Kalaogna) 27,54 %, *Zahna suavevolens* (Hazomafio) 22,45 %.
- **La haie vive :** *Colvillea racemosa* (Sarongaza) 80,95 %, *Diospyros sp.* (Lavahantsy) 43,54 %.
- **Le biocarburant :** *Jatropha mahafaliensis* (Satrasatra) 65,07 %. On pourrait envisager à développer la plantation de cette espèce qui aura un impact positif sur le plan économique pour la production des biocarburants.
- **La source alimentaire :** *Flacourtia ramontchi* (Lamoty) 50% *Combretum sp* (Andranahake) 22,11 %.
- **Le rituel :** *Albizzia mahalao* (Fany) 53,80 %, c'est la seule espèce qui a atteint le maximum de nombre d'individus vivants dans ce classement en 2014.
- **Le poison :** *Euphorbia laro* (Famata) 64,61%, cette variété, avec une sadaptation facile, montre une bonne allure croissance dans le milieu.

La diminution du taux de réussite peut être dans certains cas due aux parasites (tels que les « Neno ») qui nuisent les jeunes plants.

Compte tenu de ces résultats, les espèces cibles et intéressantes pour la réhabilitation en pépinière sont rassemblées dans le tableau 17.

**Tableau 17 : Liste des espèces potentiellement utilisables pour la revégétalisation**

Nature des espèces	utilisations	Espèces		taux de réussite (%)
		Nom scientifique	Nom vernaculaire	
Espèces exotiques à croissance rapide	Bois de chauffe	<i>Azedaractha indica</i>	Nimo	65,79
	Fleurs	<i>Cesalpinia sp.</i>	Flamboyant nain	20
Espèces exotiques et fruitières	Plante comestible	<i>Moringa olifera</i>	Boredy monongo	77,55
Espèces forestières	Fruit	<i>Adansonia za</i>	Za	17,06
	Bois de construction	<i>Neobeguea mahafaliensis</i>	Handy	
		<i>Tetrapterocarpon geayi</i>	Vaovy	87,21
		<i>Gyrocarpus americanus</i>	Kapaipoty	55,66
		<i>Securinega capuronii</i>	Hazomena	27,61
	Plante médicinale	<i>Zahna suavevolens</i>	Hazomafio	22,45
		<i>Crataeva excels</i>	Kalaogna	27,54
	Plante ornementale	<i>Pachypodium geayi</i>	Vontake	75,21
Bois de service (pirogue)	<i>Givotia madagascariensis</i>	Farafatse	36,67	
Espèces pionnières	Bois de service	<i>Dombeya valo</i>	Valo	20,69
		<i>Delonix floribunda</i>	Fengoky	53,84
		<i>Grewia grevei</i>	Katepoky	57,14
	Charbon de bois	<i>Albizia tuleariensis</i>	Tainakanga	48,54
		<i>Tamarindus indica</i>	Kily	42,5
		<i>Commiphora sp</i>	Boy foty	44,485
	Plante médicinale	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	Somotsoy	49,45
	Haie vive	<i>Colvillea racemosa</i>	Sarongaza	80,95
		<i>Diospyros sp.</i>	Lavahantsy	45,53
	Biocarburant	<i>Jatropha mahafaliensis</i>	Satrasatra	65,08
	Bois de chauffe	<i>Gardenia sp.</i>	Voafotaky	28,57
	Alimentaire	<i>Combretum sp.</i>	Andranahake	22,11
		<i>Flacourtia ramontchi</i>	Lamoty	50
Rituel	<i>Albizia mahalao</i>	Fany	53,79	
Poison	<i>Euphorbialaro</i>	Famata	64,61	

## **Conclusion partielle**

Nos sites d'expérimentation sont composés des sept parcelles de réhabilitation correspondant aux sept sites d'extraction de minerai en 2007. La préparation de ces sites de réhabilitation a fait l'objet des activités telles que : des travaux de remblayage des carrières, un recouvrement de la surface remblayée par les « top soil », préalablement stocké au cours du décapage, une mise en terre des jeunes plants provenant des pépinières villageoises, et enfin un arrosage journalier durant six mois.

Les résultats de l'expérimentation nous indique que :

- **Selon la nature des espèces** : Ce sont les espèces pionnières et forestières qui arrivent à développer normalement dans la zone, tandis que la plupart des espèces exotiques et fruitières n'ont pas pu résister dans le milieu.
  
- **Selon leurs utilisations** : l'étude comparative basée sur le taux de réussite du reboisement dans ces sites d'extraction montre que :
  - Les bois de chauffe, bois de construction, bois de service, plantes médicinales, plantes ornementales, charbon de bois, la haie vive, plantes comestibles et alimentaires, présente un véritable succès après la plantation.
  - Par contre, les arbres fruitiers rencontrent des sérieux problèmes au niveau de leur adaptation et auront du mal à se développer normalement.



Source : Toliara sands

**JANVIER 2007**



Source : CES, 2013

**OCTOBRE 2007**



**SEPTEMBRE 2014**

**Photo 24 : Evolution de la réhabilitation dans la parcelle de plantation PP 2**



## CONCLUSION GENERALE

En tenant compte de la valeur de la biodiversité au sein de la forêt de Ranobe et l'importance de l'utilisation des produits forestiers par la population, la réhabilitation des sites d'extraction pendant et après la phase exploitation du gisement de Ranobe restent incontournable.

Deux formes de réhabilitation ont été réalisées par la société Toliara Sands : la réhabilitation naturelle pour les lignes de forage et les sites d'extraction 2012 ; et la réhabilitation en pépinières pour les sites d'extraction en masse 2007. Les résultats de notre évaluation et analyse de ces essais de réhabilitation pourraient en servir une expérience pour la réhabilitation future de l'exploitation du gisement. Selon les expérimentations, les résultats obtenus sont les suivants :

➤ **Pour l'essai de réhabilitation naturelle des lignes de forage**

• *Au niveau des espèces :*

La révégétalisation naturelle rencontre souvent des difficultés pour les espèces forestières, soit à cause des conditions climatiques, soit suite à la perturbation du milieu. Par contre les espèces pionnières sont remarquablement très développées surtout dans les zones dénudées.

• *Au niveau des types de formations végétales :*

Les formations secondaires semblent se développer plus facilement comparées aux formations primaires. En effet, les formations secondaires sont constituées en majorité par d'espèces autochtones qui arrivent à se développer plus aisément dans le milieu.

• *Au niveau de l'utilisation par la population:*

La régénération varie d'une espèce à l'autre selon son utilisation (rapide pour les bois de chauffe et les plantes médicinales; mais lente pour les plantes comestibles et les bois de construction).

La réhabilitation naturelle sur les lignes de forages nous a donné des renseignements concernant la croissance de chaque formation et espèce végétale dans le milieu. Les résultats sont peu satisfaisants pour les espèces forestières. Il s'ensuit qu'il est recommandé de poursuivre les études dans le cadre de la mise en place d'une réhabilitation « offset » à titre d'une mesure compensatoire.

➤ **Pour l'essai de réhabilitation naturelle des deux sites d'extraction pit 01 et pit02**

Les résultats obtenus semblent négatifs, aussi bien pour la régénération naturelle directe (Cas de pit01) et avec des plantations (Cas de pit02). Ces échecs résultent d'une expérimentation à contre saison, de l'absence d'entretien et arrosage et la période de suivi relativement court (01 année).

Quelques espèces ont quand même montré des résultats très optimistes (Cas de *Papourtia sylvatica* (Sakoa) avec un taux de régénération à 100%). Malgré tout, cette expérimentation nous apporte une explication concernant l'inefficacité de ce système de réhabilitation.

➤ **Pour l'essai de réhabilitation en pépinières dans les sites d'extraction 2007**

L'expérimentation concernant la réhabilitation en pépinière ont été effectuée dans les sept parcelles des sites d'extraction en masse destinés pour l'approvisionnement en minerai de l'usine pilote 2007.

Le choix des espèces plantées tient compte des considérations économiques et écologiques, dont : l'endémicité et/ou la nature des espèces, les besoins ou utilisations par la population locale. Les espèces retenues pour l'expérimentation sont : les espèces exotiques à croissance rapide, les espèces exotiques fruitières, les espèces forestières et pionnières. On obtient les résultats suivants :

- *Au niveau des espèces :*

Le taux de réussite est positif pour les espèces forestières et les espèces pionnières. Tandis que ce taux est relativement faible pour les espèces exotiques fruitières. Cependant pour les espèces à croissance rapide, l'*Azedaratcha indica* (Nimo) et l'eucalyptus (Kinina) se distinguent du lot. L'eucalyptus en particulier a été retiré du site de réhabilitation, vue son développement tellement rapide qu'après trois mois de plantation il commence à envahir le site, gêne au développement des autres espèces.

- *Au niveau de l'utilisation par la population*

Cette expérimentation a permis également de différencier les espèces selon l'importance de leur utilisation par la population : comme les bois de chauffe, les bois de service, les bois de construction, les bois d'ornementation, les plantes pour la fabrication des biocarburants, les plantes médicinales et les arbres fruitiers.

Les résultats montrent un véritable succès pour les bois de chauffe, les bois de construction, les bois de service, ainsi que les plantes médicinales et ornementales, contrairement aux arbres fruitiers qui rencontrent des sérieux problèmes. Ceci pourrait être expliqué par leurs adaptations aux conditions climatiques et édaphiques du milieu.

Malgré l'importance des efforts déployés au cours de la réalisation de ces expérimentations, la bonne marche de l'opération a été perturbée par les conditions du milieu (climat aride et chaud, pluviométrie faible, présence de parasites tels que les 'Neno'...). Ainsi, des recommandations ou des mesures doivent être prises en considération comme le bon choix des espèces, le mode de plantation, les systèmes d'entretien et de suivi des plantations.

Les résultats obtenus par ces deux types de réhabilitations ont rencontrés quelques problèmes au niveau de la reprise végétative, tels est le cas des feux de brousse et de la qualité des matériaux de remblayage.

En effet, les effets négatifs des feux de brousses ont diminué ou détruit la reprise végétative. Ceci nécessitent une forte sensibilisation au niveau de la population, une bonne organisation entre les communautés locales, les organismes de protection dont le World Wildlife Fund ou WWF, Madagascar national parc ou MNP) et les ONG de conservation, dans la lutte contre les feux de brousse et la gestion des aires protégées.

Par ailleurs, les résidus source de remblayage des carrières d'extraction et de la future exploitation font l'objet d'une diminution des minéraux lourds ou HMC (Heavy Mineral Concentrate) composé principalement de Fer (Fe) et Titane (Ti) et plus rarement le zircon, grenat. L'absence ou la présence des éléments dans les sols pourrait avoir une influence sur la réhabilitation surtout au niveau du développement de certaines plantes.

Il s'ensuit qu'une étude pédologique et agronomique plus détaillées de la zone à réhabiliter est recommandée, au titre de travaux en perspective.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

ANDRIAMANANJARA F.S., 2007. Lignes de forage et usine pilote. Rapport environnemental Toliara sands 2007, pp 8-21.

BESAIRIE H. et PAVLOVSKY R. ,1951. Etude géologique des feuilles Manera-Manombo, Travaux Bureau Géologique n° 17, pp 3-18.

COASTAL & ENVIRONMENTAL SERVICES CES 2012 .Toliara Sands Project – Ranobe. Draft Scoping Report, Grahamstown, South Africa.

COASTAL & ENVIRONNEMENTAL SERVICES CES, 2013. Etude d'impact environnemental site minier. Etude d'impact environnemental et social Projet minier de Ranobe, Région sud-ouest, Madagascar, vol. 2, 275p.

COASTAL& ENVIRONNEMENTAL SERVICES CES, 2013.Evaluation de la végétation et flore. Etude d'impact environnemental et social Projet minier de Ranobe, région sud-ouest, Madagascar, vol.7, 93p.

COASTAL & ENVIRONNEMENTAL SERVICES CES, 2013.Ranobe mine project southwest region Madagascar.Draft environmental and social impact assesment, pp 458-459.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS ICMM, 2006.Guide de bonnes pratiques: exploitation minière et biodiversité. Londres, Royaume-Uni ,154p [En ligne]. Disponible sur <<http://www.icmm.com/document/925>> (Consulté le 05.01.14).

Gouvernement of Western Autsralia, Environemental Protection Authority,2011.Guidelines for preparing mine closure plans. [En ligne].Disponible sur <[http://www.dmp.wa.gov.au/documents/Mine\\_Closure\(2\).pdf](http://www.dmp.wa.gov.au/documents/Mine_Closure(2).pdf)> (Consulté le 23-12-14).

LEROUX C., 2002. La réhabilitation des mines et carrières à ciel ouvert, in bois et forêt des tropiques, n° 272 [En ligne]. Disponible sur <<http://bft.cirad.fr/Cd/BFT>> (Consulté le 05-01-14).

MAHAFETY C., 2003. Inventaire biologique campagne de forage systématique Ranobe. pp 2-8.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES EAUX ET FORETS. *Décret mecie*. Décret n° 99-954 du 15 décembre 1999 modifié par le décret n° 2004-167 du 03 février 2004 relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement (MECIE). Journal Officiel n° 2648 du 10 juillet 2000 et n° 2904 du 24 mai 2004, 20 p.

MINISTERE DES MINES. DECRET N°2006-910 du 19 août 2006 portant application du Code minier, 197 p.

MORAT P., 1973. Les savanes du Sud de Madagascar, mémoire ORSTOM, Paris, pp 11-41.

PROGRAMME DE GOUVERNANCE DES RESSOURCES MINERALES PGRM, 2012. Carte géologique de la république de Madagascar à 1/1000.000.

OFFICE NATIONAL ENVIRONNEMENT ONE, 2006. Cahier de Charges Environnementales de la société Toliara sands, programme d'échantillonnage en masse et usine pilote à Ranobe, communes Ankilimalinike et Tsianisiha, région Sud-ouest, province de Tuléar, 10 p.

OFFICE NATIONAL ENVIRONNEMENT ONE, 2012. Cahier de Charges Environnementales de la société Toliara sands, programme d'échantillonnage en masse et usine pilote à Ranobe, communes Ankilimalinike et Tsianisiha, région Sud-ouest, province de Tuléar, ajustement n° 01, 10 p.

OFFICE NATIONAL ENVIRONNEMENT ONE, 2012. Cahier de Charges Environnementales de la société Toliara sands, programme d'échantillonnage en masse et usine pilote à Ranobe, communes Ankilimalinike et Tsianisiha, région Sud-ouest, province de Tuléar, ajustement n° 02, 13 p.

RAHERISON M.S. Analyse structurale de la végétation et des phytomasses de cinq unités de formations de la région des Mikea (Sud-ouest de Madagascar).Thèse doct de 3<sup>ème</sup> cycle, facultés des sciences Antananarivo, Madagascar.

RAKOTONDRAINIBE H., 2013. Etude hydrogéologique pour une demande d'autorisation de prélèvement et déversement d'eaux pour l'exploitation de la nappe calcaire éocène Manombo-région Sud-ouest, pp 9-29.

RAKOTOMALAZA P.J., 2010. Rapport de suivi environnemental Toliara Sands 2010, semestre II, pp 4-9.

RANDRIAMALALA R.P., 2005. Campagne de forage Ranobe. Rapport environnemental Toliara Sands 2005, 15 p.

RANDRIAMALALA R.P., 2007. Prospection d'ilménite zone Ranobe. Rapport environnemental Toliara Sands 2006, 13 p.

RANDRIAMALALA R.P. et ANDRIAMANANJARA F.S., 2011. Rapport de suivi environnemental Toliara Sands 2011, semestre I, pp 6-8.

RANDRIAMALALA R.P. et ANDRIAMANANJARA F.S., 2012. Rapport environnemental Toliara sands 2011, semestre II, pp 5-9.

RANDRIAMALALA R.P. et ANDRIAMANANJARA F.S., 2013. Prospection d'ilménite Ranobe. Rapport environnemental Toliara Sands 2012, pp 29-40.

RANDRIAMALALA R.P. et ANDRIAMANANJARA F.S., 2014. Suivi de réhabilitation des lignes de forage. Rapport environnemental Toliara Sands 2013, pp 9-15.

RAZANAKA S., 2004. La forêt de Mikea : Les enjeux contradictoires dans le processus de mise en place de son statut d'Aire Protégée. Comptes rendus des journées de l'ATI Aires protégées de l'IRD, 18 p.

RIO TINTO ,2008. Rio Tinto et la biodiversité [En ligne]. Disponible sur <[http : //www.riotinto.com/documents/reports](http://www.riotinto.com/documents/reports)> (Consulté le 05-01-14).

SALOMON J.N. Fourrés et forêts sèches du Sud-ouest Malgache, 39p.

SALOMON J.N., 1987. Le Sud-ouest de Madagascar. Etude de Géographie physique Bordeaux, Presse Universitaires de Bordeaux, Université d'Aix-Marseille, Tome I, 420 p.

VALIARIMANANA J.P., 2007. Ilménite du Sud-ouest de Madagascar cas du gisement de Ranobe. Mémoire DEA, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.77 p.

WOODS P.J., 2007.Vegetation Survey – six month report March 2007.



# **ANNEXES**

**Tableau 01: Liste des espèces selon leurs utilisations cas des lignes de forage**

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Type de végétation		utilisation
<i>Blepharis calcitrata</i> <i>Benoist</i>	Tsitsitsy	Acanthaceae	FS*		
<i>Papourtia sylvatica</i>	Sakoambaditse	Anacardiaceae	FS	F*	Médicinal
<i>Pachypodium geayi</i>	Votaky	Apocynaceae	FP*	F	Ornementation
<i>Tabernaemontana capuronii</i>	Hibaky	Apocynaceae	FS		
<i>Pervillaea decaryi</i>	Vahifoty	Apocynaceae	FS		Médicinal
<i>Aristolochiaa cuminata</i>	Tontoga	Aristolochiaceae	FS		Médicinal
<i>Sida cordifolia</i>	Mandravasaratse	Asteraceae	S*		Médicinal
<i>Fernandoa madagascariensis</i>	Somotsoy	Bignoniaceae	FS		Médicinal
<i>Commiphora aprevalii</i>	Boy	Burseraceae	FS	F	Construction
<i>Commiphora abbrevicalix</i>	Tainjazamena	Burseraceae	FS	F	Construction
<i>Loeseneriella aurceolus</i>	Vahimpindy	Celastraceae	FS		Médicinal
<i>Combretum grandidieri</i>	Tamenaky	Combretaceae	S		
<i>Combretum sp.</i>	Kapikala	Combretaceae	S		Commestible
<i>Discorea sp.</i>	Ba	Discoriaceae	FS		Commestible
<i>Phyllanthus casticum</i>	Sagnira	Euphorbiaceae	FS	F	
<i>Givotia madagascariensis</i>	Farafatsy	Euphorbiaceae	FP	F	Construction
<i>Etenda sp.</i>	Tainakanga	Fabaceae	FS		Chauffe
<i>Albizia mahalao</i>	Fany	Fabaceae	FS	F	Construction
<i>Dalbergia sp.</i>	Magnary	Fabaceae	FP		Construction
<i>Chadsia grevei</i>	Remoty	Fabaceae	FS		Construction
<i>Flacourtia lamoutchii</i>	Lamoty	Flacourtiaceae	FS		Comestible
<i>Grewia tulariensis</i>	Malimatse	Malvaceae	FS	S	
<i>Grewiacyclea</i>	Taikafotse	Malvaceae	FS	S	Construction
<i>Grewia</i>	Latabarika	Malvaceae	FS	S	Construction
<i>Rothmaniasp.</i>	Volivaza	Rubiaceae	FP	F	Chauffe
<i>Tarenna sp.</i>	Matsanky	Rubiaceae	FP		
<i>Gardenia sp.</i>	Voafotaky	Rubiaceae	FS		Chauffe
<i>Zanthoxylum decaryi</i>	Monongo	Rutaceae	FS	F	Construction

<i>Cedrelopsis grevei</i>	Katrafay	Rutaceae	FP	F	Bois de Construction
<i>Clerodendrongreveanum</i>	Marohaty	Verbenaceae	FS		
<i>Secamonopis microphylla</i>	Vahimainty	Apocynaceae	FS		
	Lelantsadraky		FP		
	Netsy	Fabaceae	FS		
<i>Paederia axilliflora</i>	Lengo	Pedaliaceae	FS		Médicinal
	Karombiky(vaHy)				
	Tsetseko				
	Fanenga				
<i>Leptadenia madagascariensis</i>	Taritarika	Apocynaceae	FS		
<i>Tamarindus indica</i>	Kily				Bois de chauffe, comestible
<i>Neobegua mahafaliensis</i>	Handy	Meliaceae	FP		Bois de chauffe, construction
<i>Gyrocarpus americanus</i>	Kapaipoty				Bois de construction
<i>Albizia microphylla</i>	Halimboro				Bois de construction
<i>Poupartia caffra</i>	Sakoa				Comestible

\* FP : Formation primaires, FS : Formations secondaires, S :Savanes, F :fourrés

**Tableau 02: Liste des espèces inventoriées dans les parcelles de suivi des lignes de forage en 2014**

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Parcelle d'étude	Parcelle Témoin	Total général
Ba	<i>Discorea sp.</i>	1		1
Boy	<i>Commiphora aprevalii</i>	1		1
Fanenga	<i>Cedrelopsis grevei</i>	1		1
Fany	<i>Albizia mahalao</i>	60	48	108
Farafatse	<i>Givotia madagascariensis</i>	92		92
Hibaky	(vide)	89		89
Kapikala	<i>Combretum sp.</i>	2		2
Karombiky(vahy)	(vide)	1	1	2
Katrafay	(vide)	1		1
Lamoty	<i>Flacourtia lamoutchii</i>		14	14
Latabarika	<i>Grewia</i>		1	1
Lelantsadraky	(vide)	2		2
Lengo	<i>Paederia axillifora</i>	1		1
Magnary	<i>Dalbergia sp.</i>	3	32	35
Malimatse	<i>Grewia tulariensis</i>		2	2
Marohaty	<i>Clerodendrongreveanum</i>	3	35	38
Matsanky	<i>Tarenna sp.</i>	1	1	2
Monongo	(vide)		1	1
Netsy	(vide)	1		1
Remoty	<i>Chadsia grevei</i>	3	4	7
Sagnira	<i>Phyllantus casticum</i>	3	22	25
Sakoambaditse	<i>Papourtia sylvatica</i>		24	24
Somotsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	1		1
Taikafotse	<i>Grewiacyclea</i>		17	17
Tainakanga	<i>Etenda sp.</i>	11	19	30
Tainankanga	<i>Etenda sp.</i>	1		1
Tainjazamena	<i>Commiphora abrevicalix</i>		14	14
Tamenaky	<i>Combretum grandidieri</i>	1	1	2
Taritarika	(vide)		1	1
Tontoga	<i>Aristolochiaa cuminata</i>	1	1	2
Tsetseko	(vide)	1		1
Tsitsitsy	(vide)	1	1	2
Vahimainty	<i>Secamonopis microphylla</i>		1	1
Vahimpindy	<i>Loeseneriella aurceolus</i>	1		1
Vaifoty	(vide)		1	1
Voafotaky	<i>Euclina sp.</i>		2	2
Volivaza	<i>Rothmania sp</i>	1		1
	<i>Rothmania sp.</i>	5	1	6
Votaky	<i>Pachypodium geayi</i>	1		1
<b>Total général</b>		<b>290</b>	<b>244</b>	<b>534</b>

**Tableau 03 : Inventaire des espèces végétales avant les travaux d'extraction Pit 01 et Pit 02 (Source : ANDRIAMANANJARA F.S.)**

Famille	Espèces végétales		Pit 01	Pit 02
	Nom scientifique	Nom vernaculaire		
Acanthaceae	<i>Blepharis sp.</i>	Fatikakoho		1
Anacardiaceae	<i>Poupartia sylvatica</i>	Sakoa		1
apocynaceae	<i>Cynanchum</i>	Vahimasy		1
	<i>Tabernarmontana coffeoides Bojer</i>			1
Aristolochiaceae	<i>Aristolochiaa cuminata</i>	Tontoga	1	1
Asteraceae	<i>Sida cordifolia</i>	Tranoamonto		1
Bignoniaceae	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	Somotsoy	1	
Burcearaceae	<i>Commiphora pervelli</i>	Boy	1	
Celastraceae	<i>Loeseneriella rubiginosa</i>	Vahimpindy		1
Combretaceae	<i>Combretum sp.</i>	Tamenaky	1	1
	<i>Combretum sp.</i>	Kapikala		1
Didieraceae	<i>Didiera madagascariensis</i>	Sono	1	1
Discoraceae	<i>Discorea alatipes</i>	Babo		1
Fabaceae	<i>Accaciavigueri</i>	Kirava		1
	<i>Chadsia grevei</i>	Remoty	1	1
	<i>Dalbergia sp.</i>	Magnary	1	1
	<i>Dalbergia trichocarpa</i>	Magnarytolo		1
	<i>Dicraeopetalum mahafaliensis M Peltier</i>	Tainakanga		1
	<i>Etanda sp.</i>	Fany	1	
Loganiaceae	<i>Strychnos madagascariensis</i>	Ampeny	1	1
Malvaceae	<i>Grewia cycleea</i>	Sely		1
Olacaceae	<i>Olox sp.</i>	Tanjaky		1
Phyllanthaceae	<i>Phyllantus maderaspatiensis L.</i>	Sanira		1
Poaceae	<i>Hetropogon contortus</i>	Ahidambo		1
Rubiaceae	<i>Rhotmania sp.</i>	Volivaza		1
	TOTAL		09	22

**Tableau 04: Nombre d'individu par espèces plantées dans les sept parcelles de plantation (PP1,PP2,PP3,PP4,PP5,PP6,RDS,TDS) en 2007 (Source :Toliara sands)**

Code	Genre et espèce	Non vernaculaire	Nombre d'individus en 2007
1	<i>Gyrocarpus americanus</i>	Kapaipoty	203
2	<i>Jatropha mahafaliensis</i>	Satrasatra	252
3	<i>Hildegardin sp</i>	Hazotsifaky	0
4	<i>Combretum sp</i>	Andranahake	199
5	<i>Tetrapterocarpon geayi</i>	Vaovy	86
6	<i>Zahna suavevolens</i>	Hazomafio	49
7	<i>Securinega capuronii</i>	Hazomena	297
8	<i>Crataeva excelsa</i>	Kalaogna	69
9	<i>Pachypodium geayi</i>	Vontake	121
10	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	Somotsoy	366
11	<i>Etanda chrysostachya</i>	Fany	145
12	<i>Cedrelopsis grevei</i>	Katrafay	225
13	<i>Givotia madagascariensis</i>	Farafatsy	409
14	<i>Bauhinia madagascariensis</i>	Bagnaky	193
15	<i>Acacia sp.</i>	Kasia	2
16	<i>Eucalyptus sp.</i>	Kininy	3
17	<i>Adansonia rubrostipa</i>	Fony	182
18	<i>Colvillea racemosa</i>	Sarongaza	105
19	<i>Azidaractha indica</i>	Nime	38
20	<i>Flacourtia ramontchi</i>	Lamoty	16
21	<i>Albizia tuleariensis</i>	Tainakanga	309
22	<i>Poupartia sylvatica</i>	Sakoambanditse	32
23	<i>Rhopalocarpus lucidus</i>	Talafoty	9
24	<i>Croton sp.</i>	Andriambolafotsy	20
25	<i>Punica sp</i>	Grenadine	47
26	<i>Moringa oleifera</i>	Brède monongo	49
27	<i>Cocos nucifera</i>	Voanio	7

28	<i>Mangifera indica</i>	manga	39
29	<i>Ceasalpinia sp.</i>	Flamboyant nain	40
30	<i>Annona squamosa</i>	Cœur de bœuf	63
31	<i>Tamarindus indicus</i>	Kily	40
32	<i>Delonix floribunda</i>	Fengoky, Malamasafoy	39
33	<i>Dombeya valo</i>	Valo	29
34	<i>Albizia</i>	Fandrosoy	12
35	<i>Hildegardia erythrosiphon</i>	Vatoa	14
36		Tsakorova	35
37	<i>Grewia grevei</i>	Katepoky	7
38		Orangier	93
39	<i>Euphorbia laro</i>	Famata	260
40	<i>Euclenia sakalavarum</i>	Voafotaky	175
41	<i>Acacia sp1</i>	Tainaondry	52
42	<i>Neobeguea mahafaliensis</i>	Handy	107
43	<i>Dalbergia sp.</i>	Manary	33
44	<i>Commiphora sp.</i>	Boy foty	272
45		lavahatsy	112
46	<i>Adansonia za</i>	Za	293
			5148



**Tableau 05 : Nombre des individus par espèces inventoriés dans les sept parcelles de plantation(PP) en 2014 (site d'extraction 2007)**

Code	Nom vernaculaire	Genre et espèces	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	RDS	TDS	Nombre
1	Kapaipoty	<i>Gyrocarpus americanus</i>	6	40	10	22	21	2	12	113
2	Satrasatra	<i>Jatropha mahafaliensis</i>	8	51	18	6	44	26	11	164
4	Andranahake	<i>Combretum sp</i>	8	13	2	5	5	4	7	44
5	Vaovy	<i>Tetrapterocarpon geayi</i>	2	14	5	13	15		26	75
6	Hazomafio	<i>Zahna suavevolens</i>	1	6					4	11
7	Hazomena	<i>Securinega capuronii</i>		21	5	18	18	3	17	82
8	Kalaogna	<i>Crataeva excels</i>	2	2		2	1		12	19
9	Vontake	<i>Pachypodium geayi</i>	18	4	14	15	27	3	10	91
10	Somotsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	11	24	13	44	35	28	26	181
11	Fany	<i>Albizia mahalao</i>	22	33	7	4	6	1	5	78
12	Katrafay	<i>Cedrelopsis grevei</i>		5	2	3		4	2	16
13	Farafatsy	<i>Givotia madagascariensis</i>	13	30	14	23	56	8	6	150
14	Bagnaky	<i>Bauhinia madagascariensis</i>			1	1	8		1	11
15	Kasia	<i>Acacia sp.</i>								
16	Kininy	<i>Eucalyptus sp.</i>								0
17	Fony	<i>Adansonia rubrostipa</i>								
18	Sarongaza	<i>Colvillea racemosa</i>	15	16	12	17	14	6	5	85
19	Nime	<i>Azidaractha indica</i>		5	5	3	4	8		25
20	Lamoty	<i>Flacourtia ramontchi</i>	2			1	1	1	3	8
21	Tainakanga	<i>Albizia tuleariensis</i>	8	27	18	39	37	14	7	150
22	Sakoambanditse	<i>Poupartia sylvatica</i>				2	1		1	4
23	Talafoty	<i>Rhopalocarpus lucidus</i>								0
24	Andriambolafotsy	<i>Croton sp.</i>		1					1	2
25	Grenadine	<i>Punica sp</i>					2			2
26	Brède monongo	<i>Moringa oleifera</i>			9	12	6	11		38

27	Voanio	<i>Cocos nucifera</i>								0
28	manga	<i>Mangifera indica</i>								0
29	Flamboyant nain	<i>Ceasalpinia sp.</i>			5	3				8
30	Cœur de bœuf	<i>Annona squamosal</i>								0
31	Kily	<i>Tamarindus indicus</i>	6			1	9	1		17
32	Fengoky	<i>Delonix floribunda</i>		6	2	4	8		1	21
33	Valo	<i>Dombeya valo</i>					6			6
34	Fandroihosy	<i>Albizia</i>								0
35	Vatoa	<i>Hildegardia erythrosiphon</i>						0		0
36	Tsakorova			1						1
37	Katepoky	<i>Grewia grevei</i>	4							4
38	Oranaier									0
39	Famata	<i>Euphorbia laro</i>	23	33	10	20	68	12	2	168
40	Voafotaky	<i>Euclenia sakalavarum</i>	5		1		8	11	25	50
41	Kasia	<i>Acacia sp1</i>								0
42	Handy	<i>Neobeguea mahafaliensis</i>		8		2	14			24
43	Manary	<i>Dalbergia sp.</i>		1		1		1		3
44	Boy foty	<i>Commiphora sp.</i>	14	38	14	23	30	2		121
45	Lavahatsy	<i>Diospyros sp.</i>	16	29	5				1	51
46	Za	<i>Adansonia za</i>	9	16	5	3	5	8	4	50
		<b>TOTAL</b>	<b>193</b>	<b>424</b>	<b>177</b>	<b>287</b>	<b>449</b>	<b>154</b>	<b>189</b>	<b>1873</b>
		<b>Taux de réussite chaque parcelle</b>	<b>46,4</b>	<b>56,7</b>	<b>69,6</b>	<b>57,1</b>	<b>88,8</b>	<b>75,8</b>	<b>51,7</b>	<b>63,3</b>