

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS

\*\*\*\*\*

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome  
Option Eaux et Forêts

CARACTERISATION DU CLIMAT DANS LA RESERVE  
SPECIALE DE BEZA MAHAFALY ET SON INFLUENCE  
SUR LA COMMUNAUTE AVIAIRE

**Présenté par** José Christian RAHENDRIMANANA

Promotion AVANA (2007-2012)

**Soutenu le** 11 Octobre 2012

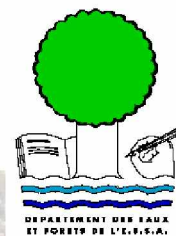
**Devant le jury composé de :**

**Président** : Monsieur Bruno RAMAMONJISOA, Professeur

**Rapporteur** : Monsieur Joelisoa RATSIRARSON, Professeur

**Examineurs** : Monsieur Aristide ANDRIANARIMISA, Professeur

Monsieur Jeannin RANAIVONASY



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS

\*\*\*\*\*

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome

Option Eaux et Forêts



## CARACTERISATION DU CLIMAT DANS LA RESERVE SPECIALE DE BEZA MAHAFALY ET SON INFLUENCE SUR LA COMMUNAUTE AVIAIRE

**Présenté par** José Christian RAHENDRIMANANA

Promotion AVANA (2007-2012)

**Soutenu le** 11 Octobre 2012

**Devant le jury composé de :**

**Président** : Monsieur Bruno RAMAMONJISOA, Professeur  
**Rapporteur** : Monsieur Joelisoa RATSIRARSON, Professeur  
**Examineurs** : Monsieur Aristide ANDRIANARIMISA, Professeur  
Monsieur Jeannin RANAIVONASY

## **Photo de la page de garde**

En haut et à gauche : Forêt xérophytique en saison humide

En haut et au milieu : *Coua gigas*

En haut et à droite : Forêt xérophytique en saison sèche

En bas et à gauche : *Falculea palliata*

En bas et au milieu : *Xenopirostris Xenopirostris*

En bas et à droite : *Ploceus sakalava*



Ankino amin' i JEHOVAH ny asanao  
dia ho lavorary izay kasainao. Oha.16:3



## Remerciements

En préambule à ce mémoire, qu'il nous soit permis de rendre gloire à DIEU pour son don ! Il nous a offert la santé, la force, l'intelligence et les moyens nécessaires à tout moment. « Mais ce que je suis, je le suis par la grâce de Dieu, et la grâce dont il m'a comblé n'a pas été stérile » (I Cor. 15 : 10).

Ensuite, nous adressons nos vifs remerciements à :

- F Professeur Bruno Salomon RAMAMONJISOA, Enseignant-Chercheur et Chef de Département des Eaux et Forêts à l'École Supérieure des Sciences Agronomiques, qui a tant veillé au bon déroulement de notre cursus et qui nous a fait l'honneur de présider le jury ;
- F Professeur Joelisoa RATSIRARSON, Enseignant- Chercheur et Chef de la Division de Formation et de Recherche Écologie et Biodiversité de l'ESSA/Forêts, qui a consacré beaucoup de temps pour m'avoir guidé dans tous les étapes de cette étude, je lui témoigne mes remerciements ;
- F Professeur Aristide ANDRIANARIMISA, Enseignant-Chercheur au Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo qui, malgré ses multiples obligations a bien voulu siéger parmi les membres du jury ;
- F Monsieur Jeannin RANAIVONASY, Coordinateur du Projet au sein de la Division Écologie et Biodiversité de l'ESSA/Forêts qui, a bien voulu nous écouter, nous conseiller et accepter d'évaluer ce travail ;

Que soient également remerciés :

- F La Fondation Liz Claiborne/Art Ortenberg pour ses appuis financiers ;
- F Tous les professeurs et tous les personnels de l'ESSA particulièrement à ceux du Département des Eaux et Forêts pour leur aide et leur formation très précieuse ;
- F Tous les personnels de l'UFR Écologie et Biodiversité de l'ESSA/forêts en particulier Notahiana RASAMIMANANA, Mia RAZAFIMAHEFA et Rija RANDRIAMIALISON ;
- F Monsieur Andry RANDRIANANDRASANA, Chef de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly pour votre conseil ;
- F Monsieur Miandrisoa RAZAFINDRAIBE, Chef de Volet Recherche de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly qui nous a éclairés tout au long de notre travail ;
- F Monsieur EFITIRIA, Monsieur Edouard RAMAHATRATRA et tous les personnels de la Réserve Spéciale qui nous ont beaucoup aidés dans l'accomplissement de nos travaux sur terrain ;
- F Tous les étudiants de la promotion AVANA surtout AVANA – Eaux et forêts pour la convivialité et la fraternité dont ils ont fait preuve
- F Ma famille et mes ami(e)s, de nous avoir soutenu et encouragé pour que ce travail aboutisse.
- F Tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont aidés et encouragés à la réalisation de ce travail.

Veillez trouver ici l'expression de notre profonde gratitude !

## Résumé

Les données climatiques de Betioky Atsimo et de Bezà Mahafaly ont été traitées avec le test de corrélation de Kendall et de rupture de la série pour caractériser le climat de la région pendant la période de 1928 à 1995 et 1999 à janvier 2012. En effet, les précipitations sont caractérisées par une alternance d'excédent et déficit pluviométrique. La série pluviométrique présente cinq segments, dont les périodes sèches de 1928 à 1951, de 1988 à 1993 et 1999 à 2012 qui sont intercalées par des périodes humides. La sécheresse dans la région est liée au passage du phénomène d'El Niño et compensée par l'excès d'humidité apporté par les cyclones. La fréquence de ce dernier ne change pas mais leur intensité est devenue de plus en plus forte. La température a changé vers un refroidissement et une faible variation journalière depuis 2003 avec une diminution de la moyenne et de maxima et une augmentation de minima. Une étude de relation entre le climat et la communauté aviaire a été menée pour comprendre l'impact de la variabilité pluviométrique et le refroidissement de la température sur l'avifaune. Un suivi des oiseaux a été effectué mensuellement en appliquant la méthode de comptage par ligne le long des transects permanents de longueur égale à 1000 m qui se répartissent dans les sept biomes représentant la région. La relation entre la communauté aviaire et le climat a été analysée à l'aide d'un test de corrélation. En effet, le climat affecte directement le comportement des oiseaux et indirectement par la disponibilité des ressources vitales. Les espèces migratrices sont abondantes dans la région en saison humide. Mais, aucun changement de la date d'arrivée, de départ ou la durée de séjour des espèces n'a été observé. Ensuite, la richesse spécifique est influencée par le climat. L'espèce est plus diversifiée quand les pluies sont fréquentes et la température minimale augmente, conditions favorable à la feuillaison et à la fructification. Spécifiquement, seulement trois sur quinze espèces indicatrices étudiées ont un indice d'abondance significativement corrélé avec les paramètres climatiques. Cependant, les réponses des espèces aux variations du climat sont différentes. Une augmentation de l'abondance de *Nesillas typica* et de *Thamnornis chloropetoides* est associée respectivement à une augmentation de la température et à l'abondance des pluies. Une diminution de la population de *Foudia madagascariensis* est liée à une augmentation de la température. La variation anormale des paramètres climatiques modifie l'habitat et raréfie les ressources alimentaires des oiseaux. En conséquence, elle déclenche la migration des espèces ainsi que la diminution de chance de réussite de la reproduction et la survie des adultes. Cette variabilité de la pluviométrie et le refroidissement de la température complétés par les activités humaines vont exposer la communauté aviaire plus vulnérable à l'extinction. A cet effet, un plan de conservation des oiseaux et d'adaptation sera proposé.

**Mots clés :** variabilité climatique, changement climatique, migration des oiseaux, richesse spécifique, abondance spécifique, Madagascar.

## Abstract

The climatic data of Betioky Atsimo and Bezà Mahafaly have been analyzed with correlation test and rupture tests to show the climatic variability covering the periods 1928-1995 and 1999-2012. The rainfall variability is characterized by an alternation of excess and deficit rainfall. The rainfall series presents five segments, the dry periods of 1928 to 1951, 1988 to 1993, 1999 to 2012 and the humid periods of 1951 to 1988, 1993 to 1995. The drought in the region is bound to the passage of the El Niño phenomenon and the humidity is due to the cyclones. The cyclone frequency was unchanged but their intensity became more and more strong. The temperature changed since 2003, the average and maxima temperatures were cooling and the minima was increasing. The relation bird community and the climate have been analyzed with a correlation test. The birds have been monitored monthly by using the line account method along permanent transects of 1000 m each distributed in the seven biomes belonging to the region. This climate affects the bird's behavior directly and indirectly by the availability of the vital resources. Among the eight migratory species in the region, the abundance of *Eurystomus glaucurus*, *Falco concolor* and *Nesillas typica* is influenced by the increase of the precipitations and the number of rain days. However, the date of arrival or leaving of the species observed did not change. The species are more diversify when the rains are frequent and the minimal temperature increases, so when the climate conditions are good for the foliation and fruition. Specifically, only three out of fifteen indicator species studied have a number meaningfully correlated with the climatic parameters. However, there are different answers of the species to the variations of the climate. An augment in number of the *Nesillas typica* and *Thamnornis chloropetoides* is associated respectively to an increase of the temperature and an increase of the number of the days of rains. A reduction of *Fou-dia madagascariensis* population is bound to an increase of the temperature. The variation abnormal of the climatic parameters modifies the habitat and rarefies the food resources of the birds. Consequently, it triggers the migration of the species as well as the reduction of luck of reproduction success and the survival of the adults. This rainfall variability and temperature cooling added to the human activities are exposing community birds to an extinct vulnerability. To this effect, a plan of conservation and adaptation to the climatic variability of the birds will be proposed.

**Key words:** climatic variability, climatic change, migration bird, species richness, abundance, Madagascar

## Famintinana

Ireo mari-pamantarana ny toetrandro nalaina tao Betioky Atsimo sy tao Bezà Mahafaly dia no-fakafakaina mba hamaritana ny toetr'andro nadritra ny 1928-1995 sy 1999-2012. Vokany, io fotoana io dia voamariky ny fifandimbasan'ny fotoana be orana sy fotoana tsy ampy orana izany mahatonga ny fizotran'ny rotsak'orana ho tsy miova toetra. Io fotoana nanaovana fikarohana io dia azo tapatapa-hina ho vanim-potoana dimy araka ny rotsak'orana: vanim-potoana maina 1928-1951, 1988-1993 sy 1999-2012 izay elanelanin'ny vanim-potoana mando. Ny hain-tany moa dia vokatry ny fandalovan'i fenomena El Niño izay fenoin'ny rotsak'orana entin'ny rivo-doza. Ny hatetik'io farany io dia tsy miova fa ny heriny no mihamafy. Ny faritra Bezà Mahafaly dia lasa mihamangatsiaka hatrany nanomboka tamin'ny 2003 ary mihakely ny elanelan'ny mari-pana isan'andro. Izany dia vokatry ny fidinan'ny mari-pana ambony indrindra sy fiakaran'ny mari-pana ambany indrindra. Io toetr'andro io dia nampifandraisina amin'ny habetsahan'ny vorona misy ao amin'ny Ala tahiry. Ny isany sy ny karazan'ny vorona dia azo avy tamin'ny fanisana isam-bolana nanomboka tamin'ny aogositra 2006 ka hatramin'ny janoary 2012, izay mampiasa fomba fanisana manaraka tsipika mirefy 1000 m ary miparitaka maneran'ny karazan-toerana fito maneho ny faritra. Ny fitombon'isan'ireo kazam-borona telo amin'ny valo mpifidramonina ao Bezà Mahafaly dia misy fifandraisany amin'ny habetsahan'ny orana. Ireto avy izy telo ireo: *Eurystomus glaucaurus* (Tsirarako) sy *Falco concolor* (tomamavo) ary *Nesillas typica*. Na dia izany aza, tsy misy fiovana ny fotoana fahatongavana sy fiaingan'ireo vorona ireo. Manarak'izany, ny hamaron'ny karazam-borona dia misy ifandraisany amin'ny toetr'andro. Izany hoe, maro be ny karazam-borona hita rehefa voatsinjara tsara ny rotsak'orana mandritran'ny taona sy rehefa miakatra ny mari-pana ambany indrindra. Raha eo amin'ny karazana indray, ny hamaron'ireo karazam-borona telo amin'ny ireo dimy ambin'ny folo mpilaza teotrin'ny toeram-ponenana izay nanaovana fikarohana ireo dia misy fifandraisana amin'ny toetr'andro avokoa fa ny fiantrakany no samy hafa. Izany hoe, ny fiakaran'ny mari-pana dia mampitombo ny isan'i *Nesillas typica* nefa mampihena ny isan'i *Foudia madagascariensis* (fody). Ny hamaron'i *Thamnornis chloropetoides* dia mifandray amin'ny hatetiky ny fiotsahan'ny ranon'orana. Marihina fa ny fiovan'ny toetr'andro araka izay tsy izy koa dia manova ny toeram-ponenana sy mahakely ny sakafo hoan'ny vorona. Vokany, lasa mifindra monina izy ireo, mandamòka ny fiterahany ary maty ny efa lehibe. Manampy trotraka io olan'ny toetr'andro io koa ny olombelona izay mihaza sy manimba ny ala fonenan'ireo vorona ka mahatonga azy ho marefo amin'ny tandindon-doza mianjady aminy. Manoloan'izany, misy drafi-piarovana ny vorona sy ny drafi-piatrehana ny fiovaovan'ny toetr'andro azo aroso mba ahafahana miaro ny zava-boary eto Madagasikara.

**Teny fototra:** fiovaovan'ny ranon'orana, fiovan'ny mari-pana, fotoam-pifidramonin'ireo vorona, karazam-borona, hamaroan'isam-borona, Madagasikara.

## Table des matières

|                                                                                   |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| Remerciements .....                                                               | i    |
| Résumé.....                                                                       | ii   |
| Abstract .....                                                                    | iii  |
| Famintinana .....                                                                 | iv   |
| Table des matières .....                                                          | v    |
| Liste des annexes .....                                                           | viii |
| Listes des cartes .....                                                           | viii |
| Liste des figures.....                                                            | ix   |
| Liste des formules.....                                                           | ix   |
| Liste des photos .....                                                            | ix   |
| Liste des tableaux .....                                                          | x    |
| Liste des acronymes.....                                                          | xi   |
| Glossaire.....                                                                    | xii  |
| Introduction.....                                                                 | 1    |
| I. Matériels et méthodes.....                                                     | 3    |
| I.1. Problématique, hypothèses et objectifs de l'étude.....                       | 3    |
| I.1.1. Problématique.....                                                         | 3    |
| I.1.2. Hypothèses et objectifs .....                                              | 4    |
| I.2. Milieu d'étude .....                                                         | 5    |
| I.2.1. Localisation et délimitation de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly ..... | 5    |
| I.2.2. Historique de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly.....                    | 7    |
| I.2.3. Milieu physique .....                                                      | 7    |
| I.2.3.1. Géologie et pédologie .....                                              | 7    |
| I.2.3.2. Topographie et hydrologie .....                                          | 8    |
| I.2.3.3. Climat.....                                                              | 8    |
| I.2.4. Milieu biologique.....                                                     | 9    |
| I.2.4.1. Écosystèmes .....                                                        | 9    |
| I.2.4.2. Flore.....                                                               | 11   |
| I.2.4.3. Faune.....                                                               | 11   |
| I.2.5. Milieu humain.....                                                         | 12   |
| I.2.5.1. Démographie .....                                                        | 12   |
| I.2.5.2. Activités socio-économiques.....                                         | 13   |
| I.2.6. Pressions sur la RS Bezà Mahafaly.....                                     | 13   |
| I.2.6.1. Pressions passées .....                                                  | 13   |
| I.2.6.2. Pressions actuelles .....                                                | 13   |



|           |                                                                             |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| I.2.6.3.  | Menace sur l'avifaune .....                                                 | 14 |
| I.3.      | Méthodes d'études .....                                                     | 15 |
| I.3.1.    | Généralités sur la méthode d'étude .....                                    | 15 |
| I.3.2.    | Méthode de collecte des données.....                                        | 15 |
| I.3.2.1.  | Suivi climatique .....                                                      | 15 |
| I.3.2.2.  | Suivi ornithologique.....                                                   | 16 |
| I.3.2.3.  | Enquête auprès des villageois.....                                          | 16 |
| I.3.3.    | Analyse et traitement des données .....                                     | 18 |
| I.3.3.1.  | Généralités.....                                                            | 18 |
| I.3.3.2.  | Analyse des données climatiques.....                                        | 18 |
| I.3.3.3.  | Analyse des données ornithologiques .....                                   | 21 |
| I.3.3.4.  | Relation entre le climat et la communauté aviaire .....                     | 23 |
| I.3.4.    | Récapitulation de démarche méthodologique.....                              | 23 |
| II.       | Résultats et interprétations.....                                           | 26 |
| II.1.     | Caractéristiques du climat de Bezà Mahafaly .....                           | 26 |
| II.1.1.   | Généralité sur le climat de Bezà Mahafaly.....                              | 26 |
| II.1.2.   | Précipitations .....                                                        | 26 |
| II.1.2.1. | Variabilité pluviométrique annuelle.....                                    | 26 |
| II.1.2.2. | Découpage de la série pluviométrique par Indice pluviométrique pondéré..... | 28 |
| II.1.2.3. | Segmentation la série pluviométrique par test de rupture.....               | 28 |
| II.1.2.4. | Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluies .....                | 29 |
| II.1.2.5. | Tendance pluviométrique et du nombre de jours des pluies.....               | 30 |
| II.1.3.   | Températures .....                                                          | 30 |
| II.1.3.1. | Rupture de la série de la température .....                                 | 30 |
| II.1.3.2. | Tendance de la température .....                                            | 31 |
| II.1.4.   | Cyclones tropicaux.....                                                     | 32 |
| II.2.     | Caractéristiques de l'avifaune dans la RS Bezà Mahafaly.....                | 32 |
| II.2.1.   | Migration des oiseaux .....                                                 | 32 |
| II.2.1.1. | Généralités sur la migration des espèces à Bezà Mahafaly .....              | 32 |
| II.2.1.2. | Période d'arrivée .....                                                     | 33 |
| II.2.1.3. | Période de départ.....                                                      | 34 |
| II.2.1.4. | Durée de séjours.....                                                       | 34 |
| II.2.1.5. | Saison de visite des oiseaux migrateurs à Bezà Mahafaly.....                | 35 |
| II.2.1.6. | Tendance de la période de migration des oiseaux.....                        | 36 |
| II.2.2.   | Richesse spécifique .....                                                   | 36 |
| II.2.2.1. | Variation spatiale de la richesse spécifique .....                          | 36 |
| II.2.2.2. | Variation interannuelle de la diversité spécifique .....                    | 38 |

|            |                                                                                                  |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II.2.2.3.  | Saison de diversification de l'avifaune dans la RS Bezà Mahafaly .....                           | 38 |
| II.2.2.4.  | Tendance de la richesse spécifique .....                                                         | 39 |
| II.2.3.    | Abondances .....                                                                                 | 40 |
| II.2.3.1.  | Indice d'abondance des oiseaux dans les sites .....                                              | 40 |
| II.2.3.2.  | Abondance spécifique .....                                                                       | 40 |
| II.2.3.3.  | Tendance de l'abondance des oiseaux.....                                                         | 41 |
| II.3.      | Influence du climat sur l'avifaune .....                                                         | 42 |
| II.3.1.    | Climat et migration .....                                                                        | 42 |
| II.3.2.    | Climat et richesse spécifique .....                                                              | 42 |
| II.3.3.    | Climat et abondance.....                                                                         | 43 |
| II.3.4.    | Perception de la population locale sur l'évolution du climat et son influence sur l'oiseau<br>44 |    |
| III.       | Discussions et recommandations .....                                                             | 45 |
| III.1.     | Discussions.....                                                                                 | 45 |
| III.1.1.   | Limites méthodologiques .....                                                                    | 45 |
| III.1.1.1. | Données climatiques .....                                                                        | 45 |
| III.1.1.2. | Données ornithologiques .....                                                                    | 45 |
| III.1.1.3. | Descente sur terrain.....                                                                        | 45 |
| III.1.1.4. | Traitement des données .....                                                                     | 46 |
| III.1.2.   | Caractéristiques du climat .....                                                                 | 46 |
| III.1.2.1. | Variabilité de la pluviométrie .....                                                             | 46 |
| III.1.2.2. | Changement de la température.....                                                                | 47 |
| III.1.2.3. | Cyclone tropicale .....                                                                          | 48 |
| III.1.3.   | Influence du climat sur la migration des oiseaux.....                                            | 49 |
| III.1.4.   | Influence du climat sur la richesse spécifique .....                                             | 49 |
| III.1.5.   | Influence du climat sur l'abondance .....                                                        | 50 |
| III.1.6.   | Relation entre climat- ressources vitales et la communauté aviaire.....                          | 52 |
| III.2.     | Recommandations.....                                                                             | 53 |
| III.2.1.   | Stratégie politique : amélioration de la gestion des ressources naturelles.....                  | 53 |
| III.2.2.   | Stratégie environnementale : maintien de l'habitat.....                                          | 54 |
| III.2.2.1. | Restaurer les milieux forestiers dégradés .....                                                  | 54 |
| III.2.2.2. | Favoriser la rétention d'eau .....                                                               | 54 |
| III.2.2.3. | Contrôler l'envahissement des espèces .....                                                      | 55 |
| III.2.3.   | Stratégie socio-économique : amélioration de la condition de vie de la population<br>locale. 55  |    |
| III.2.3.1. | Adapter le système de culture à la condition climatique .....                                    | 55 |
| III.2.3.2. | Renforcer l'élevage avicole .....                                                                | 56 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| III.2.3.3. Promouvoir l'écotourisme (exploitation non extractive)..... | 56 |
| III.2.4. Recherches.....                                               | 57 |
| Conclusion.....                                                        | 61 |
| Bibliographie.....                                                     | 63 |
| Annexes.....                                                           | I  |

## Liste des annexes

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Annexe 1: Illustration des sept biomes représentant la région de Bezà Mahafaly.....                                                                                                       | I   |
| Annexe 2: Illustration des pressions sur la forêt.....                                                                                                                                    | II  |
| Annexe 3: Illustrations des menaces sur l'avifaune .....                                                                                                                                  | III |
| Annexe 4: Nombre d'habitants dans les villages riverains en 2011 .....                                                                                                                    | III |
| Annexe 5: Résultat statistique des tests de tendance pluviométrique .....                                                                                                                 | III |
| Annexe 6: Résultat statistique des tests de tendance des températures de 1999 à 2011 .....                                                                                                | IV  |
| Annexe 7: Tendance de la période de migrations des espèces de 2006 à janvier 2012 .....                                                                                                   | IV  |
| Annexe 8: Tendance de l'indice d'abondance des espèces de 2006 à 2011 par test de Kendall .....                                                                                           | IV  |
| Annexe 9: Résultat des tests de corrélation de Spearman entre les paramètres climatiques et les périodes de migrations .....                                                              | V   |
| Annexe 10: Résultat des tests de corrélation de Pearson entre les paramètres climatiques et indice d'abondance des espèces forestières ou indicatrices de l'état de santé du milieu ..... | VI  |
| Annexe 11: Aire de distribution et comportement de certaines espèces d'oiseaux à Bezà Mahafaly .....                                                                                      | VI  |
| Annexe 12: Liste des oiseaux de Bezà Mahafaly et ses distributions .....                                                                                                                  | IX  |
| Annexe 13: Coordonnées géographiques des points des transects (Projection Laborde) .....                                                                                                  | XIV |
| Annexe 14: Convention de partenariat portant sur la Gestion du volet Recherche dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly .....                                                            | XV  |
| Annexe 15: Questionnaire d'enquête.....                                                                                                                                                   | XX  |

## Listes des cartes

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Carte 1: Localisation de la RS Bezà Mahafaly .....                                                                                                    | 6  |
| Carte 2: Localisation des transects permanents pour le suivi des oiseaux à Bezà Mahafaly de 2006 à 2012 et les villages enquêtés en janvier 2012..... | 17 |

## Liste des figures

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1: Climadiagramme de Bezà Mahafaly de 1999 à 2012.....                                                                                | 8  |
| Figure 2: Pyramide des âges de la population riveraine de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly en 2011. ....                                 | 12 |
| Figure 3: Indice pluviométrique de Nicholson de Betioky de 1928-1995 et de Bezà Mahafaly de 1999-2011 .....                                  | 27 |
| Figure 4: Répartition des années par gamme d'indice pluviométrique de Nicholson à Betioky de 1928-1995 et à Bezà Mahafaly de 1999-2011 ..... | 27 |
| Figure 5: Indice pluviométrique pondéré de Betioky de 1928-1995 et de Bezà Mahafaly de 1999-2011 .....                                       | 28 |
| Figure 6: Fluctuation interannuelle du nombre de jours de pluies à Betioky de 1928 à 1995 et à Bezà Mahafaly de 1999 à 2011.....             | 29 |
| Figure 7: Variation des moyennes annuelles températures à Bezà Mahafaly de 1999 à 2011.....                                                  | 31 |
| Figure 8: Évolution du nombre des cyclones ayant passé dans la Région Atsimo Andrefana de 1959 à 2012 .....                                  | 32 |
| Figure 9: Variation interannuelle de la période d'arrivée des espèces d'oiseaux migrateurs à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012 .....  | 33 |
| Figure 10: Variation interannuelle de la période de départ des espèces d'oiseaux migrateurs à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012 ..... | 34 |
| Figure 11: Saison d'abondance des espèces migratrices à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012 .....                                       | 35 |
| Figure 12: Variation saisonnière du nombre d'espèces présentes entre août 2006 à janvier 2012.....                                           | 39 |
| Figure 13: Perception villageoise sur l'évolution du climat.....                                                                             | 44 |

## Liste des formules

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Formule 1: Coefficient de variation (CV).....                                                             | 18 |
| Formule 2: Indice pluviométrique .....                                                                    | 18 |
| Formule 3: Total pluviométrique pondérée de l'année $t$ .....                                             | 19 |
| Formule 4: Total pondéré des deux premières et deux dernières années de la série pluviométrique $n$ ..... | 20 |
| Formule 5: Coefficient de ressemblance ou coefficient de similarité de Jaccard.....                       | 22 |
| Formule 6: Abondance relative .....                                                                       | 22 |

## Liste des photos

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Photo 1: Lemuriens, <i>Propithecus verreauxi</i> .....      | 11 |
| Photo 2: Lemuriens, <i>Lemur catta</i> .....                | 11 |
| Photo 3: Reptiles, <i>Boa dumerili</i> .....                | 11 |
| Photo 4: Reptiles, <i>Asterochelys radiata</i> .....        | 12 |
| Photo 5: Oiseaux, <i>Caprimulgus madagascariensis</i> ..... | 12 |

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| Photo 6: Oiseaux, <i>Coua gigas</i> ..... | 12 |
|-------------------------------------------|----|

## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1: Les espèces à usage traditionnel.....                                                                                                 | 14 |
| Tableau 2: Différentes classes des gammes des valeurs du SPI et leur signification.....                                                          | 19 |
| Tableau 3: Les espèces d'oiseaux migrateurs dans la région Bezà Mahafaly.....                                                                    | 21 |
| Tableau 4: Classement de l'abondance relative <i>AR</i> .....                                                                                    | 22 |
| Tableau 5: Les espèces indicatrices de l'état du milieu .....                                                                                    | 23 |
| Tableau 6: Cadre opératoire .....                                                                                                                | 24 |
| Tableau 7: Caractéristiques générales des paramètres climatiques.....                                                                            | 26 |
| Tableau 8: Résultat des tests de détection de rupture sur la série pluviométrique de Betioky de 1928-1995 et de Bezà Mahafaly de 1999-2011 ..... | 29 |
| Tableau 9: Moyenne interannuelle des températures dans la RS Bezà Mahafaly en 1999 à 2011 .....                                                  | 30 |
| Tableau 10: Résultat du test de tendance des températures à Bezà Mahafaly en 1999-2011.....                                                      | 31 |
| Tableau 11: Période d'observation des espèces migratrices à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012 .....                                       | 33 |
| Tableau 12: Variation interannuelle de la durée de séjour des espèces d'oiseaux migrateurs à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012 .....      | 35 |
| Tableau 13: Signification de la tendance des périodes de migration des espèces à Bezà Mahafaly de 2006 à 2012 .....                              | 36 |
| Tableau 14: Degré de ressemblance entre les sept biomes représentatifs de la zone de Bezà Mahafaly .....                                         | 37 |
| Tableau 15: Variation temporelle de la richesse spécifique dans chaque site .....                                                                | 38 |
| Tableau 16: Signification de la tendance de la richesse spécifique mensuelle dans chaque site .....                                              | 39 |
| Tableau 17: Indice d'abondance des oiseaux dans les biomes .....                                                                                 | 40 |
| Tableau 18: Abondance relative d'espèces indicatrice de l'état de santé de la forêt.....                                                         | 41 |
| Tableau 19: Liste des espèces présentant un indice d'abondance moyen annuel à tendance significative .....                                       | 42 |
| Tableau 20: Relation entre le nombre d'espèces présentes et les paramètres climatiques.....                                                      | 43 |
| Tableau 21: Les cyclones ayant intéressé la région Atsimo Andrefana de 2005 à 2012.....                                                          | 48 |
| Tableau 22: Plan d'action .....                                                                                                                  | 58 |

## Liste des acronymes

**AND** : Andraikera

**ANL** : Analafaly

**AP** : Aire Protégée

**AR** : Abondance relative

**CFR** : Centre de Formation et de Recherche

**COBA** : Communauté de Base

**CR** : Commune Rural

**CSBII** : Centre de Santé de Base niveau II

**CTI** : Cyclone Tropical Intense

**CV** : Coefficient de Variation

**ENSO** : El Niño Southern Oscillation

**ESSA/Forêts** : École Supérieure des Sciences Agronomiques- Département des Eaux et Forêts

**FTM** : Foiben-Taosaritanin'i Madagasikara

**FTT** : Forte Tempête Tropicale

**GIEC (IPCC)** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (Intergovernmental Panel on Climate Change)

**GPS** : Global Positioning System

**HP1** : Hors de la première parcelle

**HP2** : Hors de la deuxième parcelle

**IEC** : Information Éducation Communication

**IHZ** : Ihazoara

**IOV** : Indicateur Objectivement Vérifiable

**Ip** : Indice pluviométrique

**MEF** : Ministère de l'Environnement et des Forêts

**MinAgri** : Ministère de l'Agriculture

**MNP** : Madagascar National Parks

**P1** : Première parcelle

**P2** : Deuxième parcelle

**PN** : Parc National

**RS** : Réserve Spéciale

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SPSS** : Statistical Package for Social Sciences

**TTM** : Tempête Tropicale Modéré

**WWF** : World Wide Fund for nature

**ZICOMA** : Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux à Madagascar.

## Glossaire

- **Adaptation** : état d'une espèce qui la rend plus favorable à la reproduction ou à l'existence sous les conditions de son environnement
- **Aridification** : diminution de la teneur en humidité du sol provoquant une sécheresse extrême
- **Avifaune** : ensemble des espèces d'oiseaux dans un lieu donné
- **Biodiversité** : qui se réfère à la variété ou à la variabilité entre les organismes vivants et les complexes écologiques dans lesquels se trouvent ces organismes
- **Bio-indicateur ou indicateur biologique** : qui qualifie un organisme ou ensemble d'organismes qui permet de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées.
- **Chaîne trophique** : une suite d'êtres vivants dans laquelle chacun mange celui qui le précède
- **Changement climatique** : Variation de l'état du climat, que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des forçages externes ou à des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres
- **Communauté** : interaction d'organismes partageant un environnement commun
- **Dégradation** : détérioration du couvert végétal dans une forêt déterminée. Les causes peuvent être d'origine naturelle, comme les cyclones, ou d'origine humaine comme la déforestation, les feux de brousse ou la surexploitation des champs agricoles.
- **Diversité** : terme utilisé pour désigner le nombre de taxa donnés.
- **Intégrité d'un écosystème** : c'est l'état ou la condition d'un écosystème qui montre des caractéristiques de biodiversité de la référence, telles que la composition spécifique et la structure communautaire, et qui est entièrement capable de maintenir le fonctionnement normal de l'écosystème.
- **Migrateur de courte-distance** : un oiseau qui migre sur de courte distance, habituellement quelques centaines de kilomètres sur le même continent.
- **Migration longue distance** : Migration sur de longues distances généralement de plus de 3000 km entre les étapes ou entre la zone de non-nidification et la zone de nidification ; c'est souvent des migrations entre continents.
- **Migration** : Déplacement saisonnier à dates peu variables d'une aire de nidification vers une aire d'hivernage avec retour dans l'autre sens. La migration permet aux oiseaux de bénéficier de conditions idéales de reproduction dans un endroit et de bonnes conditions d'hivernage dans un autre.

- **Phénologie** : Étude des phénomènes naturels périodiques (les stades de développement ou la migration) des plantes ou des animaux et de leur rapport avec le climat et les changements saisonniers.
- **Phénomène d'El Niño** : El Niño est la phase chaude de l'El Niño Southern Oscillation (ENSO) qui est une oscillation couplée océan-atmosphère et est le mode dominant de la variabilité tropicale de l'échelle interannuelle à décennale. L'événement El Niño se caractérise par un réchauffement du Pacifique tropical Est (le long de la langue d'eau froide équatoriale), une modification de la circulation océanique en association avec une diminution des alizés et une altération de l'ensemble de la circulation atmosphérique tropicale. Le phénomène se produit à des échelles de temps de 2 à 7 ans environ. L'inverse d'un phénomène El Niño est dénommé La Niña.
- **Résilience** : Capacité d'un système social ou écologique d'absorber des perturbations tout en conservant sa structure de base et ses modes de fonctionnement, la capacité de s'organiser et la capacité de s'adapter au stress et aux changements.
- **Restauration forestière** : un processus planifié qui a pour but de regagner l'intégrité écologique et d'améliorer les conditions de vie des humains vivants dans ces milieux déboisés ou dégradés.
- **Sécheresse** : Ce terme désigne le phénomène naturel qui se produit lorsque les précipitations ont été sensiblement inférieures aux niveaux normalement enregistrés et qui entraîne de graves déséquilibres hydrologiques préjudiciables aux systèmes de production des ressources en terres.
- **Sédentaire** : qui a un mode de vie caractérisé par des déplacements de faible distance
- **Variabilité climatique** : Variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts types, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà de la variabilité propre à des phénomènes climatiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe)
- **Vulnérabilité** : Degré auquel un système est susceptible, ou se révèle incapable, de faire face aux effets néfastes des changements climatiques, notamment à la variabilité du climat et aux conditions climatiques extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de la magnitude et du taux de variation climatique auxquels un système se trouve exposé ; sa sensibilité, et sa capacité d'adaptation.



# *Introduction*



*Coua gigas*

## Introduction

L'histoire de la planète se caractérise par des fréquents changements climatiques (UNESCO, 2007). Entre 1901 et 2000, la moyenne mondiale des températures a augmenté de 0,6 °C et de 0,7 °C pour la période de 1906 à 2005 (IPCC, 2001 ; GIEC, 2007). L'augmentation de la température depuis 1976 est probablement la plus importante qu'on n'a jamais enregistré au cours de dernière millénaire (Walther *et al.*, 2002). La distribution régionale des augmentations de la température n'est pas cependant uniforme. Pour le Sud de Madagascar, le changement climatique a commencé en 1950 (Tadross *et al.*, 2008). Il est caractérisé par une élévation de la température moyenne de l'ordre de 0,2 °C en 2000 (Tadross *et al.*, 2008 ; Rabefitia *et al.*, 2008). Il se manifeste par le retard du début de saison des pluies et la présence de périodes sèches estivales (Randriamanga, 2011).

Le changement climatique pourrait avoir des incidences sur la biologie des animaux (Walther *et al.*, 2002 ; Foster *et al.*, 2010 ; Altwegg et Anderson, 2009). Des études ont montré que l'avifaune est la plus sensible à cet dérangement du climat à cause de sa grande mobilité et en effet, elle réagit très rapidement aux modifications environnementales (Blondel, 1975 ; Both *et al.*, 2006 ; BirdLife international, 2010). Alors, les précipitations pendant la saison de reproduction constituent un facteur déterminant la taille de la population d'oiseaux dans les zones arides (Lloyd, 1999 ; Sæther *et al.*, 2004). L'avancement de la date d'arrivée des espèces d'oiseaux migrants au centre des États-Unis est lié aux augmentations des températures globales et régionales (Bradley *et al.*, 1999 ; Cotton, 2003 ; Sparks *et al.*, 2005). Par ailleurs, les impacts du changement climatique ont été déjà ressentis à Madagascar surtout sur les récifs coralliens et les zones arides (Hannah *et al.*, 2008, WWF, 2010). La problématique de cette étude consiste alors à comprendre l'effet du climat sur la biodiversité malgache notamment l'avifaune. Il est à noter que Madagascar a une caractéristique particulière en matière d'avifaune. Son peuplement ornithologique composé de 280 espèces reflète sa pauvreté en espèces par rapport aux autres pays tropicaux (Raheerilalao et Goodman, 2011). Néanmoins, le niveau d'endémisme est élevé (51 % d'endémisme) et la majorité sont liées au milieu forestier comme 90 % des espèces nicheuses endémiques sont des espèces forestières (Goodman et Hawkins, 2008). Cette caractéristique résulte de la variation climatique dans le temps, par la succession des périodes de glaciation et des périodes d'aridification, et dans l'espace, causée par la vaste superficie de l'île en offrant des niches écologiques très hétérogènes (Raheerilalao et Goodman, 2011).

En conséquence, autres les causes humaines de l'érosion et/ou la transformation de la biodiversité (Bertrand *et al.*, 2009), le récent changement climatique pourrait affecter les oiseaux de Madagascar comme dans la plupart des régions du monde. La confirmation de ce postulat nécessite d'abord la caractérisation du climat pour savoir qu'il a vraiment changé ou il reste variable. Il est ensuite normal de vérifier la vulnérabilité des oiseaux au changement ou à la variabilité climatique pour permettre d'avancer une stratégie d'adaptation à cette défaillance climatique. A cet effet, la présente étude est

menée dans la Réserve Spéciale (RS) de Bezà Mahafaly, une zone représentative de la biodiversité de la région Sud-ouest de l'île et soumise sous un climat semi-aride (Langrand, 1996 ; MinAgri, 2001 ; Hotovoe, 2006). Elle se focalise sur l'analyse de la relation entre l'évolution temporelle du climat et la phénologie de migration des huit espèces présentes saisonnièrement dans la région (Ratsirarson *et al.*, 2001) ainsi que la structure de la communauté aviaire. Cette dernière est composée par 102 espèces appartenant à 43 familles dont 27 espèces endémiques de Madagascar parmi lesquelles cinq espèces ne se rencontrent que dans la forêt épineuse (Langrand, 1996 ; Ratsirarson *et al.*, 2001). Les données utilisées ont pu être procurées grâce aux suivis météorologiques et ornithologiques entrepris au sein de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly depuis plusieurs années. Les résultats de ces suivis s'avèrent importants pour comprendre les interactions écologiques afin de renforcer les activités en matière de conservation de la biodiversité. Et dans ce cadre que la présente étude intitulée « **Caractérisation du climat dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et son influence sur la communauté aviaire** » est entreprise pour atteindre l'objectif de ces suivis. Elle a pour finalité de caractériser les impacts climatiques sur le dynamisme de l'avifaune de la Réserve, dans le but d'offrir des stratégies de conservation de la biodiversité de Madagascar.

Ce travail se présente comme suit : - la méthodologie incluant le milieu et les méthodes d'étude - les résultats et les interprétations- les discussions et les recommandations pratiques sur la conservation face au problème climatique.

*Matériels*

&

*Méthodes*



*Foudia madagascariensis*

## I. Matériels et méthodes

### I.1. Problématique, hypothèses et objectifs de l'étude

#### I.1.1. Problématique

La biodiversité exceptionnelle malgache, exposée à la forte demande de la population croissante, est actuellement confrontée au problème climatique. Ses impacts se font déjà ressentir au niveau des écosystèmes les plus vulnérables comme les récifs coralliens et les zones arides ainsi que la vie quotidienne des communautés rurales (WWF, 2010).

Selon les constatations du WWF en 2010, un réchauffement du climat a été remarqué dans le plateau Mahafaly où se situe la RS de Bezà Mahafaly. Celui-ci se manifeste surtout par l'augmentation de la température minimale journalière, l'irrégularité des précipitations et la fréquentation de la sécheresse (WWF, 2010). De part ce bouleversement des éléments climatiques se pose la question : le problème climatique dans la région Bezà Mahafaly s'agit-il d'une variabilité climatique ou d'un changement climatique ?

A Bezà Mahafaly, des études des impacts de la variabilité climatique sur l'élevage (Randriamiharisoa, 2009), sur l'agriculture (Rakotomalala, 2008) et sur la phénologie des plantes (Rasamimanana, 2011) ont été entreprises. Ces études révèlent que l'évolution du système agricole est partiellement liée au climat, le déficit pluviométrique et /ou le refroidissement de la température diminuent le nombre d'arbres avec feuilles et la température et/ou l'humidité sont nécessaires pour déclencher la fructification. Cependant, les impacts du climat sur l'avifaune restent mal connus malgré l'importance et la représentativité du peuplement avien dans la région. Cela amène à poser les questions suivantes : les oiseaux dans la zone de Bezà Mahafaly s'adaptent-ils à la variabilité/changement climatique ? La composition de la population aviaire a-t-elle modifié durant des années ? La chronologie de migration des oiseaux migrateurs dans la région a-t-elle changé ? La période d'abondance des oiseaux dans la Réserve est-elle différente d'une année à l'autre ? De ces questions découlent la problématique suivante : « **La variabilité ou le changement climatique dans la RS de Bezà Mahafaly affecte-t-elle la structure spatiale et temporelle de la communauté aviaire ?** »

La réponse de cette question fait appel à l'étude de relation entre les variables climatiques (les précipitations, la température et le nombre des cyclones tropicaux) et la structure de la communauté aviaire en particulier la chronologie du mouvement des espèces d'oiseaux migrateurs, la richesse spécifique, l'indice d'abondance de chaque espèce et son ensemble. Ainsi, les hypothèses sont émises.

### I.1.2. Hypothèses et objectifs

**Hypothèse 1 :** Le climat de la région de Bezà Mahafaly reste variable. Donc, le problème climatique dans la région de Bezà Mahafaly n'est pas vraiment un changement mais c'est une variabilité temporelle du climat. Pour vérifier cette hypothèse, les indicateurs suivants ont été pris en compte : précipitations ; température minimale, moyenne et maximale ; et nombre des cyclones ayant touchés la région Atsimo Andrefana.

**Hypothèse 2 :** La variabilité/changement climatique entraîne le changement de la date de migration des oiseaux migrateurs. La vérification de cette hypothèse nécessite une étude de relation entre les paramètres climatiques (la précipitation et la température) et les périodes de migration des oiseaux (période d'arrivée, période de départ et durée de résidence de l'espèce dans la Réserve).

**Hypothèse 3 :** La variation/changement climatique modifie la structure de la population aviaire dans la RS de Bezà Mahafaly. Autrement dit, la variabilité ou le changement climatique change la richesse spécifique ainsi que l'abondance des espèces d'oiseaux. Ces paramètres sont vérifiés à partir des indicateurs climatiques, le nombre d'espèces présentes, indice d'abondance des oiseaux dans un site, et l'indice d'abondance de chaque espèce. L'indice d'abondance des oiseaux dans un site est défini comme le nombre total des oiseaux recensés dans le transect du site. Et, l'indice d'abondance d'une espèce est le nombre d'individus recensés de cette espèce dans le transect du site.

L'objectif global de cette étude est de mieux comprendre les impacts du climat sur la communauté aviaire dans la RS de Bezà Mahafaly afin de proposer des mesures de conservation.

## I.2. Milieu d'étude

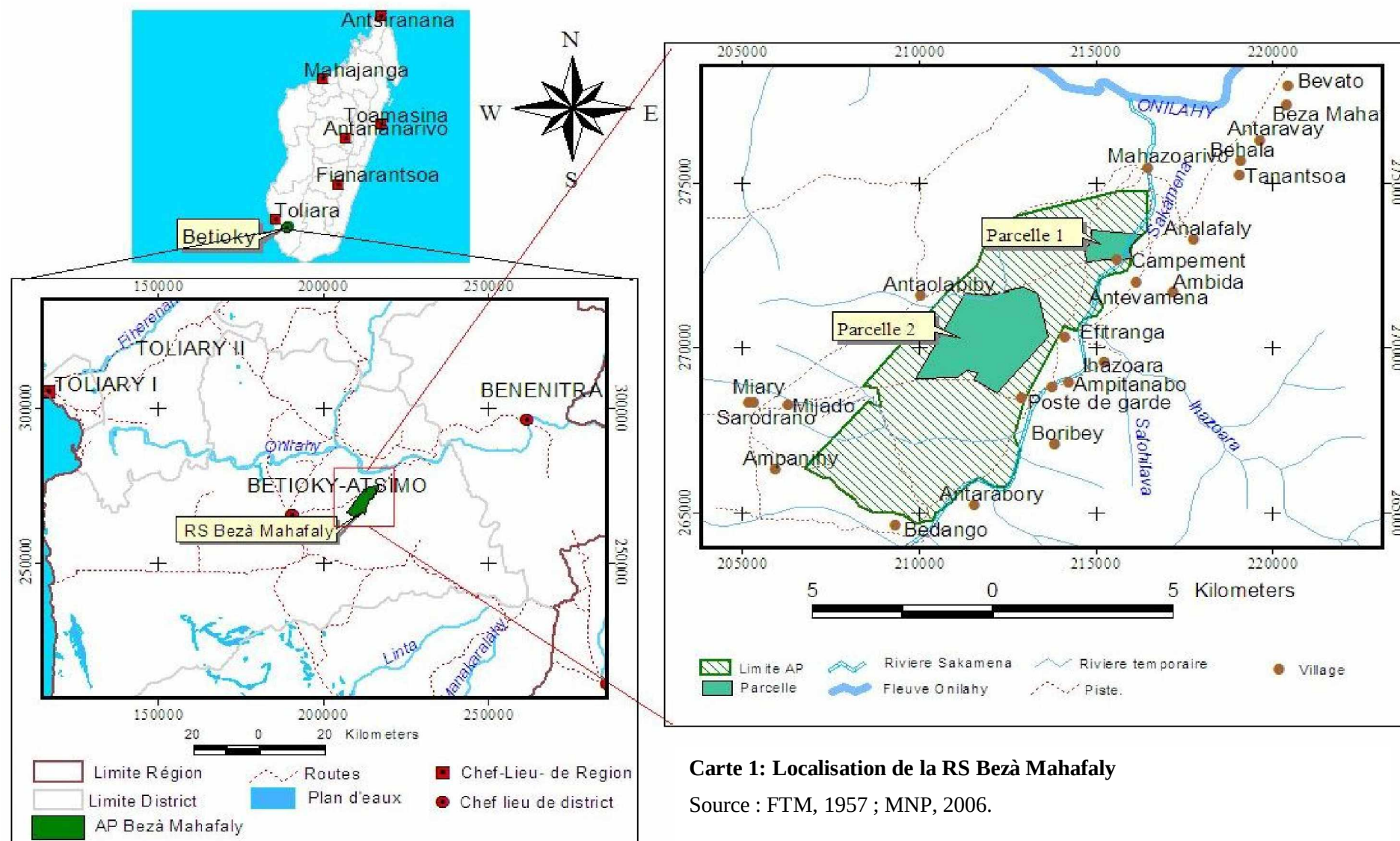
### I.2.1. Localisation et délimitation de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly se trouve dans le Fokontany de Mahazoarivo, Commune Rurale d'Ankazombalala (ex-Beavoha), District de Betioky Atsimo et Région d'Atsimo Andrefana de Madagascar. Elle se localise entre 23°38'60'' et 23°41'20'' de latitude Sud et 44°32'20'' et 44° 34'20'' de longitude Est soit à 35 km au nord-est de Betioky Atsimo (Carte 1).

Suite à la vision Durban en 2003 qui vise à étendre la surface des Aires Protégées (AP) de Madagascar de 6 millions d'hectares, la superficie de la RS de Bezà Mahafaly est ramenée de 600 à 4600 ha selon l'arrêté de protection temporaire N° 2010/25005 portant sur la protection globale des AP potentielles (ESSA/Forêt-MNP, 2011). La Réserve est composée de trois types de forêts : une forêt galerie, une forêt xérophytique et une forêt intermédiaire. Chacun de ces types de forêts est représenté dans le noyau dur. Ce dernier est constitué par les deux anciennes parcelles (première parcelle et deuxième parcelle) de la Réserve et une partie de la forêt intermédiaire (Lantovololona, 2010).

La première parcelle, avec une superficie de 80 ha, est une forêt galerie qui se situe sur la rive de l'affluent de la rivière Sakamena. Elle se constitue par des placettes plus ou moins carrées de 100 m x 100 m séparées par des layons. Elle est entourée par des rangées de fil barbelé pour empêcher la divagation des bétails (Ratsirarson *et al.*, 2001). La deuxième parcelle, de superficie de 520 ha, est une forêt xérophytique localisée au Sud Ouest de la première parcelle. Elle se matérialise par des plantations d'*Opuntia* sp. et d'*Alluaudia procera*, pour former de haie vive, et elle est balisée sur les périphéries par des bornes en pierres. Le couloir forestier qui est la forêt intermédiaire entre la forêt de galerie et la forêt xérophytique a pour rôle de connexion entre les deux parcelles. Autres les forêts inclus dans la réserve, il existe des milieux naturels environnants de l'AP essentiellement voués aux usages traditionnels.







### **I.2.2. Historique de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly**

La RS de Bezà Mahafaly était un terrain domanial géré par l'État. En 1975, le Département des Eaux et Forêts de l'École Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA/Forêts) cherchait un type d'habitat naturel dans le domaine du Sud de Madagascar pour servir de terrain d'application des étudiants et chercheurs en matière de protection de la nature et de conservation de la biodiversité. En juillet 1978, le Conseil Populaire du Firaiana de Beavoha (actuellement Ankazombalala) a approuvé la gestion des deux parcelles de la forêt de Bezà Mahafaly à l'ESSA/Forêts en collaboration avec la communauté locale, Yale University et Washington University. Entre 1978 et 1985, avec le financement du World Wide Fund for Nature (WWF), la Réserve a été délimitée, des infrastructures de base ont été installées, des agents locaux ont été recrutés et formés et des études sur terrain ou « Field School » ont été développées pour les étudiants de l'ESSA/Forêts. Le 4 juin 1986, la forêt a été instituée en Réserve Spéciale selon le décret n°86-168. A partir de l'année 1989, WWF a pris la relève pour la gestion de la Réserve. Depuis 1994, la Fondation Liz Claiborne/Art Ortenberg a appuyé financièrement le programme de partenariat entre ESSA/Forêts, Yale University et les villageois aux alentours de la Réserve pour renforcer les efforts de partenariat avec la participation locale. A partir de novembre 1995, l'ESSA/Forêts est devenue officiellement le principal opérateur du Projet Bezà Mahafaly, avec l'appui technique, financier et matériel du WWF à travers un programme de rachat de dettes pour la conservation de la nature. En 2005, la gestion de la Réserve a été transférée au Madagascar National Parks (MNP). L'ESSA est devenue comme principale partenaire en matière de formation et recherche. Elle est chargée à la gestion, au développement de la Réserve, et à la recherche en suivant un plan du travail annuel élaboré par les deux parties (MNP et ESSA/Forêts). Un protocole de collaboration a été signé en 2012 entre les deux parties, d'une durée de cinq ans, pour mandater l'ESSA/Forêts à gérer la formation et la recherche dans la RS de Bezà Mahafaly (Annexe 14).

La RS de Bezà Mahafaly a été installée dans l'objectif de maintenir l'écosystème et la biodiversité de Bezà Mahafaly en intégrant la conservation et le développement avec la collaboration et la participation effective de la population locale ; d'utiliser l'AP comme un centre de formation et de recherche pour une conservation de la biodiversité à long terme.

### **I.2.3. Milieu physique**

#### ***I.2.3.1. Géologie et pédologie***

La RS Bezà Mahafaly se situe au sein de la région dont le socle est ancien gréseux sous un système Sakamena et Isalo (Hoerner, 1986 ; Youssouf, 2010). Elle est marquée par des affleurements schisto-gréseux des séries moyennes et inférieures au système de Sakamena dans lesquels dominent les sédiments clastiques (Salomon, 1979 ; Ratsirarson, 2003). Deux types de sol sont rencontrés dans cette région (Salomon, 1979 ; Ratsirarson, 2003 ; Youssouf, 2010) :

- les sols alluvionnaires ou sol peu évolué d'apport ou « *baiboho* » qui se rencontrent au bord de la rivière Sakamena. Ce type de sol est riche en limon mais la teneur en sable augmente au fur à mesure que l'on s'éloigne du lit de la rivière ;
- les sols ferrugineux tropicaux sur des matériaux d'origines gréseuses ou sol rocailloux à sable roux qui se rencontrent surtout dans la deuxième parcelle de la Réserve.

### I.2.3.2. Topographie et hydrologie

La région de Bezà Mahafaly a une altitude variée de 130 à 170 m, avec des pentes faibles qui ne dépassent pas de 3%, orientées vers le sud (Ratsirarson, 2003). Elle est traversée, à l'est de la première parcelle de la Réserve, par une rivière temporairement inondée appelée Sakamena. Cette rivière prend un régime souterrain pendant la saison sèche (Youssef, 2010). Une variation brusque et journalière du débit d'eau conduisant à des crues violentes et soudaines peut être observée pendant la saison pluvieuse. La rivière Sakamena possède des nombreux affluents dont Andranotakatsy, Ihazoara, Salohilava, Amboropotsy et Andreharata (Randriamiharisoa, 2009). Elle se déverse à 10 km au nord de la Réserve Spéciale dans le fleuve Onilahy.

### I.2.3.3. Climat

Le climat de la région est de type tropical semi-aride (Ratsirarson *et al.*, 2001). La région reçoit annuellement en moyenne 502 mm de quantité de pluie et la température moyenne se situe autour de 26 °C. La courbe de variation des précipitations et de la température dans la Figure 1 met en évidence la présence de deux saisons bien distinctes à Bezà Mahafaly. D'une part, la saison humide qui est courte dure 4 mois de l'année (décembre à mars). Le mois le plus humide est le janvier avec une précipitation mensuelle moyenne de 144 mm. Et d'autre part, la saison sèche dure 8 mois de l'année (avril à novembre). La précipitation connaît un minimum en mois de septembre avec une valeur moyenne de 4,7 mm. La région du Sud-ouest est soumise à l'effet du vent du sud « *Tsiokatimo* » suivant une direction Sud/nord en hiver et Sud-est/ Ouest en été (Ratsirarson *et al.*, 2001).

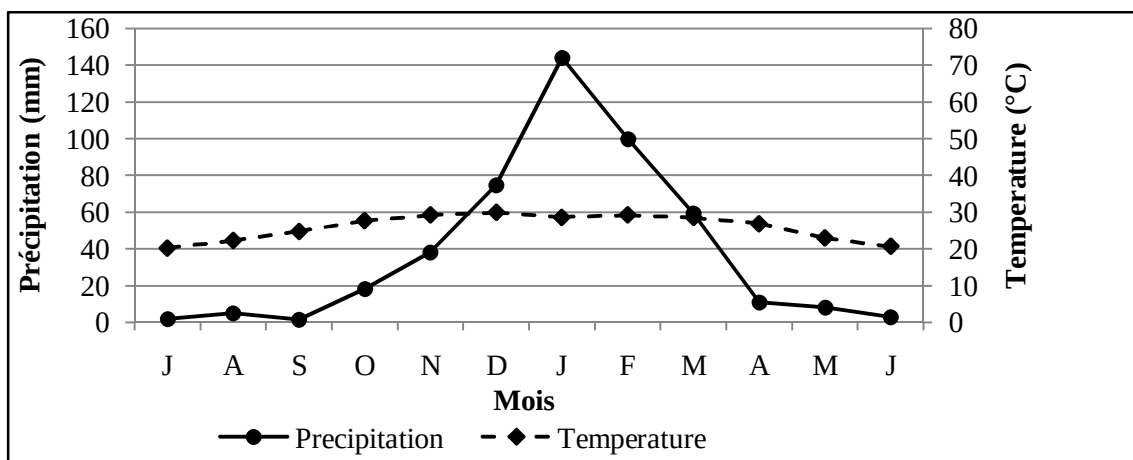


Figure 1: Climadiagramme de Bezà Mahafaly de 1999 à 2012

(Source : CFR-Bezà Mahafaly)

## I.2.4. Milieu biologique

### I.2.4.1. Écosystèmes

La région de Bezà Mahafaly est composée des écosystèmes variés à caractéristique particulière situés à l'intérieur ou non de l'AP. La description simplifiée de ces différents biomes suivants a été faite à partir de la documentation complétée par l'observation générale du milieu.

#### Ø Première parcelle (P1) : Forêt galerie moins dégradée

Ce biome, localisé à l'intérieur du noyau dur de la Réserve, se caractérise par la forêt galerie moins dégradée constituée d'arbres de grande taille avec une couverture fermée en période de pluie et semi-ouverte en saison sèche. En général, ce type de végétation est divisé en trois strates, dominé par *Tamarindus indica*, *Acacia polyphylla*, et *Quisivianthe papionae* de hauteur maximale de 25 m. La canopée se trouve à 20 m et les sous bois ne sont pas très abondants (Annexe 1-A). Cette parcelle était l'une des deux parcelles non contiguës de la Réserve et est actuellement parmi les noyaux durs de l'Aire Protégée (Lantovololona, 2010).

#### Ø Hors de la première parcelle (HP1) : Forêt de transition à tendance galerie dégradée

Ce site est inclus dans l'AP et caractérisé par une végétation à tendance galerie marquée par la présence des clairières qui signifie la dégradation du milieu. Les espèces abondantes sont *Euphorbia tirucallii*, *Gyrocarpus americanus*, *Salvadora angustifolia*, et *Terminalia* sp. La hauteur des arbres peut atteindre 15 m et la canopée se trouve à 5 - 8 m. La couverture végétale diminue de l'est à l'ouest. La litière est relativement pauvre (Annexe 1-B).

#### Ø Analafaly (ANL) : Écosystème exposé à la forte pression anthropique

L'écosystème se trouve près de village d'Analafaly, hors de la protection, et par conséquent, il est exposé à une forte pression anthropique. Il est traversé par une rivière non permanente d'Andreharata (Annexe 1-D). Il est formé par deux types de végétation dont la première sur le bas fond, au bord de la rivière constitue la forêt galerie à dominance de *Tamarindus indica* et *Quisivianthe papionae* (Annexe 1-C). Et la deuxième, à l'amont qui pousse sur un sol ferrugineux rocailleux, formée par la végétation à dominance de *Commiphora aprevalii* et *Gyrocarpus americanus* ; la couverture est assez ouverte. Ce biome est marqué par la présence des champs de culture surtout sur le bord de la rivière.

#### Ø Ihazoara (IHZ) : Formation sur canyon

C'est un biome caractérisé par une forêt rupicole qui est une formation sur une roche calcaire. Il est marqué par la présence d'un canyon formé par la rivière non permanente Ihazoara (Annexe 1-F). Sur le lit de cette rivière se trouve des trous qui retiennent l'eau pendant une longue saison sèche. C'est la raison pour laquelle ces trous jouent un rôle important en tant qu'abreuvoir des animaux domestiques ou sauvages. La végétation est formée par 3 strates (Annexe 1-E). *Commiphora aprevalii* et *Gyrocarpus americanus* dominent la strate la plus haute. *Albizzia* sp., *Phyllanthus decoryanus* et *Grewia grevei* sont très abondants dans la strate intermédiaire. Et les herbacées dominent la strate inférieure.

rieure. Cette formation se trouve sur un sol ferrugineux. Aucune forme de protection formelle n'est adoptée pour cet habitat. Mais, il y a une forme de gouvernance aménagée par les villageois en tant que lieu de pâturage. Ils limitent l'accès dans la forêt afin de sécuriser leurs troupeaux.

#### Ø Deuxième parcelle (P2) : Forêt xérophytique

Ce biome est caractérisé par une forêt de type xérophytique moins dégradée qui est formée par trois strates : une strate supérieure de faible densité, composée surtout d'*Alluaudia procera* ; une strate moyenne, constituée par *Euphorbia* spp. et une strate basse composée de végétation buissonnante (Annexe 1-G). Le sol est de type ferrugineux-rocailleux. Ce biome est actuellement considéré parmi le noyau dur de l'Aire Protégée et était l'un des parcelles non contiguës de la Réserve.

#### Ø Hors de la deuxième parcelle (HP2) : Forêt de transition à tendance xérophytique dégradée.

Cet écosystème, bénéficiant récemment de la protection, est caractérisé par une forêt de transition proche de forêt xérophytique (Annexe 1-H). La couverture est assez ouverte avec des nombreuses clairières. La formation végétale est formée par trois strates. Une strate supérieure est dominée par *Acacia bellula*, *Terminalia* sp., et *Tamarindus indica* ; les gros arbres sont rares. Une strate intermédiaire constitue par *Grewia franciscana*. Et une strate inférieure est composée des régénérations de *Grewia franciscana*, *Albizzia* sp., *Acacia minutifolia*, et *Euphorbia tirucalli*.

#### Ø Andraikera (AND) : lac temporairement inondé

Ce biome a une caractéristique particulière constituée d'un lac non permanent de superficie de 40 ha (700 m de diamètre environ) et de profondeur maximale de 1,5 m, tari pendant la saison sèche (de juin à Décembre). (Annexe 1-I). Les plantes aquatiques recouvrent 80 % de la surface du lac (Annexe 1-J). Cette caractéristique pourrait présenter de contrainte sur le développement des oiseaux aquatiques car elle rend difficile le fouillage des nourritures et le déplacement en surface des espèces. Cet écosystème se trouve à l'extérieur de la Réserve et est utilisé comme champs de culture de riz, oignon, haricot et maïs pendant la saison sèche. Une mesure de gestion des ressources aquatiques est adoptée par la population riveraine. Cette mesure concerne la réglementation de la période de pêche. Elle est une forme de convention locale (*Dina*) en interdisant le prélèvement des poissons avant la date prévue fixée par la communauté villageoise. Dans le cas d'infraction, la sanction consiste à payer une chèvre ou un mouton ou une somme équivalente à la communauté villageoise. L'objectif de la communauté consiste à exploiter les ressources rationnelles et équitables.

#### I.2.4.2. Flore

En 2008, 237 espèces appartenant à 71 familles ont été inventoriées à Bezà Mahafaly (Yousouf, 2010). Elles sont réparties dans les trois types de formation forestière. Entre autre, *Quivisianthe papionae*, *Acacia bellula* et *Tamarindus indicus* dominant dans la forêt galerie (Ratsirarson *et al.*, 2001). Tandis que les espèces qui ont une forme d'adaptation aux sécheresses comme les espèces à feuilles caduques (*Commiphora* spp.), épineuses (*Alluaudia procera*, *Acacia* spp.), microphylls (*Cedrelopsis grevei*), crassuléscentes (*Kalanchoe* sp., *Xerocysios* sp.) et à tubercules (*Dioscorea* sp.) constituent la forêt xérophytique en donnant sa caractéristique d'un bush épineux (Ratsirarson *et al.*, 2001). Certaines de ces espèces sont aussi dominantes dans la forêt intermédiaire. Il s'agit de *Tamarindus indica*, *Acacia bellula*, *Alluaudia procera*, *Gyrocarpus americanus* et *Terminalia seregii* (Lantovololona, 2010).

#### I.2.4.3. Faune

La forêt de Bezà Mahafaly présente une diversité faunique importante et très spécifique. Elle abrite 22 espèces des mammifères dont quatre espèces de Lémuriens (Photo 1 et Photo 2), 36 espèces de reptiles (Photo 3 et Photo 4), trois espèces d'amphibiens et 105 espèces d'insectes (Ratsirarson *et al.*, 2001). L'avifaune compte 102 espèces (63 % des vertébrées) appartenant à 43 familles dont 27 espèces sont endémiques de Madagascar (Photo 5) soit un degré d'endémisme de 26 % (ESSA/Forêts et MNP, 2011). La diversité est plus élevée chez les familles des Ardeidae, Sylviidae, Vangidae, Accipiteridae, Cuculidae et Rallidae qui comprennent respectivement neuf, huit, six, cinq, cinq et cinq espèces (Ratsirarson *et al.*, 2001). La plupart de ces oiseaux sont des espèces forestières, insectivores et granivores (Ratsirarson *et al.*, 2001 ; Andrianarivony, 2005). La Réserve est habitée par les huit espèces inféodées au biome de l'Ouest. Il s'agit de *Coua gigas* (Photo 6), *Coua cursor*, *Coua ruficeps*, *Xenopirostris xenopirostris*, *Falco pectoralis*, *Thamnornis chloropetoides*, *Newtonia archboldi* et *Ploceus sakalava* (Langrand, 1996 ; Ratsirarson *et al.*, 2001).



**Photo 1: Lemuriens, *Propithecus verreauxi***

(Source : Auteur, 2012)



**Photo 2: Lemuriens, *Lemur catta***

(Source : Auteur, 2012)



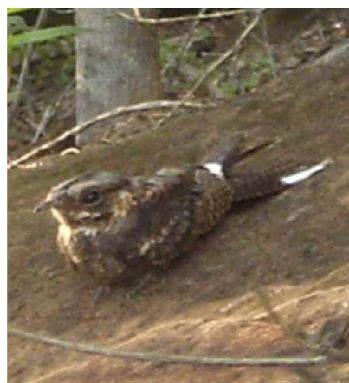
**Photo 3: Reptiles, *Boa dume-rili***

(Source : Auteur, 2012)



**Photo 4: Reptiles, *Asterochelys radiata***

(Source : Auteur, 2012)



**Photo 5: Oiseaux, *Caprimulgus madagascariensis***

(Source : Auteur, 2012)



**Photo 6: Oiseaux, *Coua gigas***

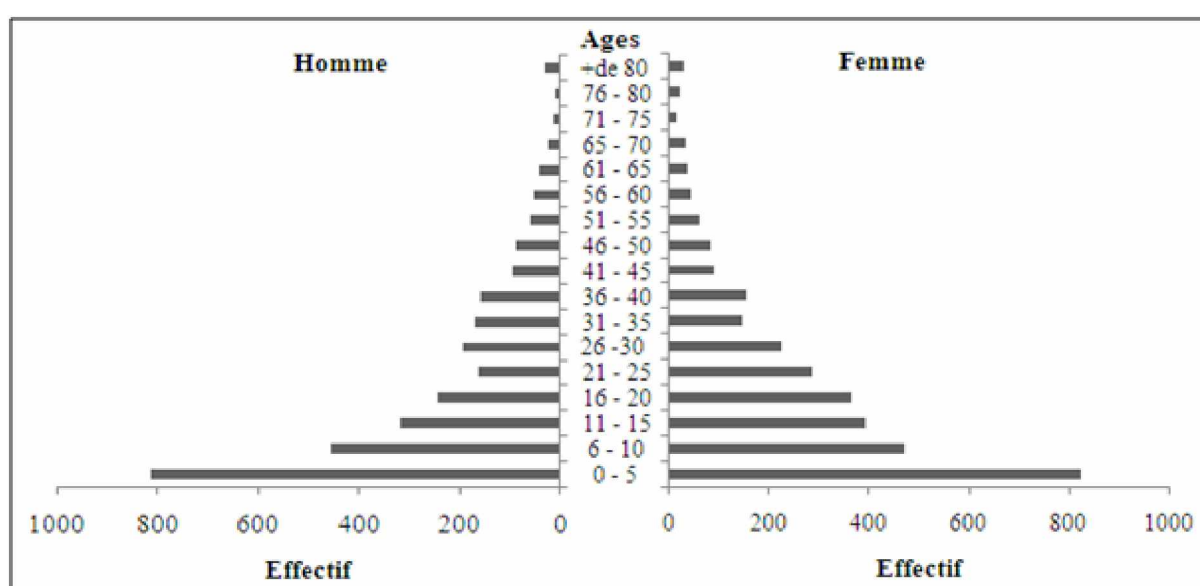
(Source : Langrand, 1990)

## I.2.5. Milieu humain

### I.2.5.1. Démographie

Les Mahafaly forment l'unité de base du peuplement. Ils comprennent plusieurs clans, y compris les Tefandry, Temohita, Karimbola, Tetsilany, Temaromainty, Temarofotsy, Teranomasy et Talamay. Les Antanosy, Tanala, Betsileo et Merina persistent dans la région, mais ces groupes ethniques sont minoritaires (Ratsirarson *et al.*, 2001).

En 2009, la population dans les 5 Fokontany les plus proches de la Réserve comptait 5561 habitants (Rasamimanana, 2011). En 2011, selon l'enquête démographique effectuée par le CFR-Bezà Mahafaly, le nombre de la population est estimé à 6158 habitants (Annexe 4). Un taux d'accroissement démographique de l'ordre de 5,23 % par an a été alors perçu. Le résultat de cette enquête montre aussi que la population est majoritairement jeune avec 76, 96 % représentés par des jeunes moins de 30 ans (Figure 2) et elle est dominée par les femmes avec un pourcentage de 53,17%.



**Figure 2: Pyramide des âges de la population riveraine de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly en 2011.**

Source : CFR-Bezà Mahafaly, 2011

Dans la région, le taux d'analphabétisation est très élevé, avec 85 % d'illettrés. Parmi les scolarisés, 91 % d'eux s'arrêtent au niveau primaire, 6 % au niveau secondaire et 3 % au lycée. Aucun d'entre eux n'arrive à suivre des études supérieures (Youssof, 2010).

#### ***1.2.5.2. Activités socio-économiques***

L'élevage (bovin, ovin, caprin et avicole) et l'agriculture (maïs, patate douce, manioc, riz) constituent les principales activités de la population dans la région. Toutefois, la sécheresse forme un problème pour la production agricole et réduit les champs de pâturage (Ratsirarson, 2003 ; Rakotomalala, 2008). Elle est additionnée par l'insécurité notamment le vol des bœufs qui diminue fortement la production animale dans la région (Ratsirarson *et al.*, 2001 ; Youssof, 2010). Les paysans ont d'autres activités génératrices de revenus telles que l'exploitation de sel gemme, l'exploitation forestière et l'artisanat pour multiplier les ressources financières du ménage (Ratsirarson et Ravaosolo, 1998 ; Ravaosolo, 1996 ; Lantovololona, 2010 ; Ratsirarson, 2003).

### **1.2.6. Pressions sur la RS Bezà Mahafaly**

#### ***1.2.6.1. Pressions passées***

Dans la région de Bezà Mahafaly, plus précisément à Antaolabiby (44°60'04" E, 24°05'24" S), des traces des espèces subfossiles telles qu'*Aepyornis*, hippopotame nain, crocodile géant, et lémurien géant, ont été trouvées (Raison et Verin, 1975). L'âge géologique des restes de coquilles d'*Aepyornis* trouvés dans la région Tandroy dans un site archéologique, du côté due Maroaloke (25°12'S, 46°12'E) est estimé à  $2285 \pm 40$  BP et  $1415 \pm 40$  BP par des datations au radiocarbone (Burney *et al.*, 2004). Cette dernière période coïncidait avec la colonisation des Européens ce qui signifie encore l'existence de ces animaux sur l'île après l'arrivée de l'homme à Madagascar (Raheirilalao et Wilmé, 2008). Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer la disparition d'*Aepyornis*. La cause possible de cette extinction serait l'homme protohistorique à la fois directement par la chasse, ramassage des œufs, etc. et (ou) indirectement par la modification des habitats (Raison et Verin, 1975). En effet, l'anéantissement des espaces forestières rendait l'existence impossible des espèces arboricoles mais aussi modifiait la pluviosité et déréglait le système hydrologique des milieux déboisés et le climat devenu plus sec. La cause serait aussi le changement du climat notamment la sécheresse (Raison et Verin, 1975). Ainsi une aridité dans la région a entraîné une impossibilité pour les animaux de s'adapter aux nouvelles conditions.

#### ***1.2.6.2. Pressions actuelles***

Le défrichement pour le besoin de terrain de culture, les coupes illicite et sélective (Annexe 2-A), les collectes des produits secondaires (Annexe 2-B), la divagation des bétails ainsi que l'envahissement de plante autochtone *Cynanchum mahafalense* constituent les pressions importantes sur la forêt de la RS de Bezà Mahafaly (Rivoarivelo, 2008 ; Bonaventure, 2010 ; ESSA/Forêt- MNP, 2011). Ils entraînent la dégradation du milieu et pourraient finir par la perte d'habitat des espèces fauniques. Certaines des espèces animales sont aussi directement victime de la chasse, de braconnage et

de l'envahissement des espèces introduites comme *Rattus rattus* et *Acridotheres tristis* (Ratsirarson *et al.*, 2001 ; Youssouf, 2010 ; ESSA/Forêt- MNP, 2011). *Acridotheres tristis* se trouve actuellement partout à Madagascar surtout sur la périphérie et à l'intérieur des zones habitées et avec un accroissement rapide de sa population (Raherilalao et Goodman, 2011). Elle a été introduite à Madagascar pour contrôler l'invasion des acridiens. Elle est souvent aperçue dans et autour de la RS de Bezà Mahafaly. Et l'invasion croissante de cette espèce peut constituer une catastrophe écologique et une menace potentielle pour la population d'oiseaux de la Réserve (Ratsirarson *et al.*, 2001).

### **I.2.6.3. Menace sur l'avifaune**

D'après l'enquête effectuée auprès de la population riveraine, la principale menace pesant sur l'avifaune est la destruction de l'habitat causée par les différentes actions anthropiques en particulier le défrichement. Elle est aggravée par la chasse et le braconnage. Toutes ces menaces sont amplifiées par la croissance démographique élevée (Ratsirarson *et al.*, 2001, ESSA/Forêt- MNP, 2011, Auteurs, 2012). Généralement, les oiseaux non tabous servent pour l'alimentation humaine. Ce sont les espèces de grande taille comme *Numida meleagris*, *Coturnix coturnix*, *Coua gigas* et les oiseaux aquatiques, sont les plus cibles de la chasse. Autre que l'usage alimentaire, ils sont aussi utilisés dans le traitement médicinal (Tableau 1). Les bouviers sont les principaux chasseurs de ces oiseaux. Certaines personnes chassent aussi occasionnellement quand ils n'ont pas assez de travail dans le « baiboho ». Les gens utilisent les matériels de chasse comme la sarbacane (Annexe 3-B), le piège (gomme de *Folitsia* sp. pour les espèces grégaires), le poison (le latex d'*Adenia sphaerocarpa*) et le fusil pour les espèces de grande taille. Un groupe de gardien de bœufs peut attraper 4 à 20 oiseaux par jour selon les espèces (Observation personnelle). *Coturnix coturnix* est l'espèce la plus cible de cette chasse à cause de leur comportement qui marche sur terre et facile à attraper. Nonobstant, les rapaces nocturnes tels qu'*Asio madagascariensis*, *Ninox superciliaris*, *Otus rutilus* et *Tyto alba* sont tabous en raison de la considération comme espèces d'oiseaux porte malheur et de leurs mœurs nocturnes que les gens associent à une certaine sorcellerie. Ces espèces ne subissent pratiquement aucune menace de la part de la population locale (Ratsirarson *et al.*, 2001). Les paysans ne mangent pas aussi de *Milvus aegyptius* et *Corvus albus* mais ces espèces peuvent être abattues à cause de leur prédation sur les animaux domestiques et des dégâts sur l'agriculture (Annexe 3-A). En outre, les gens ne consomment pas les espèces comme *Upupa marginata*, *Dicrurus forficatus* et *Oena capensis* en raison de leurs histoires ancestrales.

**Tableau 1: Les espèces à usage traditionnel**

| Espèces                    | Organe utilisée | Usage traditionnel                         |
|----------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| <i>Centropus toulou</i>    | Viande et jus   | Traitement de la toux                      |
| <i>Coturnix coturnix</i>   | Viande          | Amélioration d'appétit des enfants malades |
| <i>Leptosomus discolor</i> | Langue          | Philtre d'amour ( <i>ody ampela</i> )      |
| <i>Milvus aegyptius</i>    | Pattes          |                                            |
| <i>Cuculus rochii</i>      | Pattes          |                                            |

Source : Ratsirarson *et al.*, 2001 ; Auteur, 2012



### **I.3. Méthodes d'études**

#### **I.3.1. Généralités sur la méthode d'étude**

Une méthodologie classique a été adoptée jusqu'à l'arrivée de cet ouvrage. Elle commence par la phase préparatoire pour bien cerner le problème, ensuite la descente sur terrain pour collecter les données, puis la phase d'analyse des données pour synthétiser les informations et la rédaction de l'ouvrage. La documentation a été effectuée tout au long de l'étude.

La descente sur terrain s'effectuait pendant la saison de pluie car les oiseaux sont plus actifs et abondants pendant cette saison (Andrianarivony, 2005). Elle se déroulait du 9 janvier au 5 février 2012. Le séjour a été consacré au comptage des oiseaux, au suivi climatique, à l'entretien avec les villageois et à la documentation au sein de la RS de Bezà Mahafaly afin de connaître non seulement la structure de l'avifaune et l'état du climat mais surtout de maîtriser les techniques d'inventaire, l'étude climatique et l'étude sociale adaptée au milieu d'intervention.

#### **I.3.2. Méthode de collecte des données**

##### ***I.3.2.1. Suivi climatique***

Les données climatiques utilisées dans cette étude ont été obtenues grâce au suivi climatique réalisé dans la station de Betioky Atsimo et station de Bezà Mahafaly. Elles proviennent donc des deux sources. D'un côté, la base des données du service Météorologique d'Ampankandrianomby relevée auprès station météorologique de Betioky Atsimo concerne la moyenne mensuelle des précipitations de 1928 à 1995 et le nombre des cyclones<sup>1</sup> ayant touchés la Région Atsimo Andrefana de 1959 à 2012. D'un autre côté, la base des données du Centre de Formation et de Recherche (CFR) à Bezà Mahafaly se rapporte à la hauteur pluviométrique mensuelle, le nombre mensuel de jours des pluies ainsi que la température minimale et maximale allant de 1999 à 2011 enregistrés par le biais de la station de Bezà Mahafaly. Ces paramètres climatiques ont été aussi collectés sur terrain en janvier 2012. Pratiquement, la collecte se fait par le biais d'un pluviomètre composé par un récipient cylindrique surmonté par un entonnoir, tous les deux en plastique pour collecter les données pluviométriques ; un thermomètre à minima et maxima pour les températures. Les paramètres climatiques ont été relevés tous les matins à 7 h.

Une rupture d'observation a été produite entre 1996 à 1998 durant laquelle la station météorologique du Betioky Atsimo n'était plus fonctionnelle et la station de Bezà Mahafaly n'existait pas encore.

---

<sup>1</sup> Les données de 2006 à 2012 renseignent les caractéristiques du cyclone ayant touché la région (nom, rafale du vent, date de passage, trajectoire) alors que seul le nombre annuel des cyclones a été disponible pour la période de 1959 à 2005.

### ***1.3.2.2. Suivi ornithologique***

Les données issues du suivi périodique des oiseaux s'étendant sur la période d'août 2006 à décembre 2011 ont été recueillies auprès du CRF à Bezà Mahafaly. Seules les données en janvier 2012 ont été collectées lors de la descente sur terrain. Elles concernent le nombre mensuel des individus recensés de chaque espèce dans chacun des sept transects permanents, matérialisés par le CFR-Bezà Mahafaly. Ces transects ont une longueur de 1000 m et se répartissent sur les différents types de biomes représentatifs de la région (Carte 2) : forêt galerie (P1), forêt xérophytique (P2), forêt de transition à tendance galerie (HP1), forêt de transition à tendance xérophytique (HP2), forêt à proximité du village (ANL), formation sur canyon (IHZ) et lac temporairement inondé (AND).

Techniquement, la méthode de comptage par transect a été adoptée par le CRF- Bezà Mahafaly pour inventorier la faune avienne. Elle consiste à marcher sur une piste de longueur fixée à 1000 m avec une vitesse constante de 0,5 km/h. On note tous les oiseaux vus ou entendus le long des transects permanents. Le suivi des oiseaux est réalisé mensuellement et effectué tôt le matin de 5 h à 9 h durant lequel les activités des oiseaux sont maximales afin de faciliter la détection de l'animal et de diminuer l'erreur de comptage.

Le comptage par transect a été complété par l'observation générale qui consiste à observer l'habitat et à noter les oiseaux vus ou entendus en marchant dans chaque biotope sans suivre les pistes dans les transects ni de point d'écoute afin d'obtenir la liste des espèces présentes (ZICOMA, 1997). L'observation générale a été faite hors de la période du comptage pendant laquelle certaines informations complémentaires pourraient être notées telles que le comportement des espèces, leurs alimentations, leurs habitats et leurs nids.

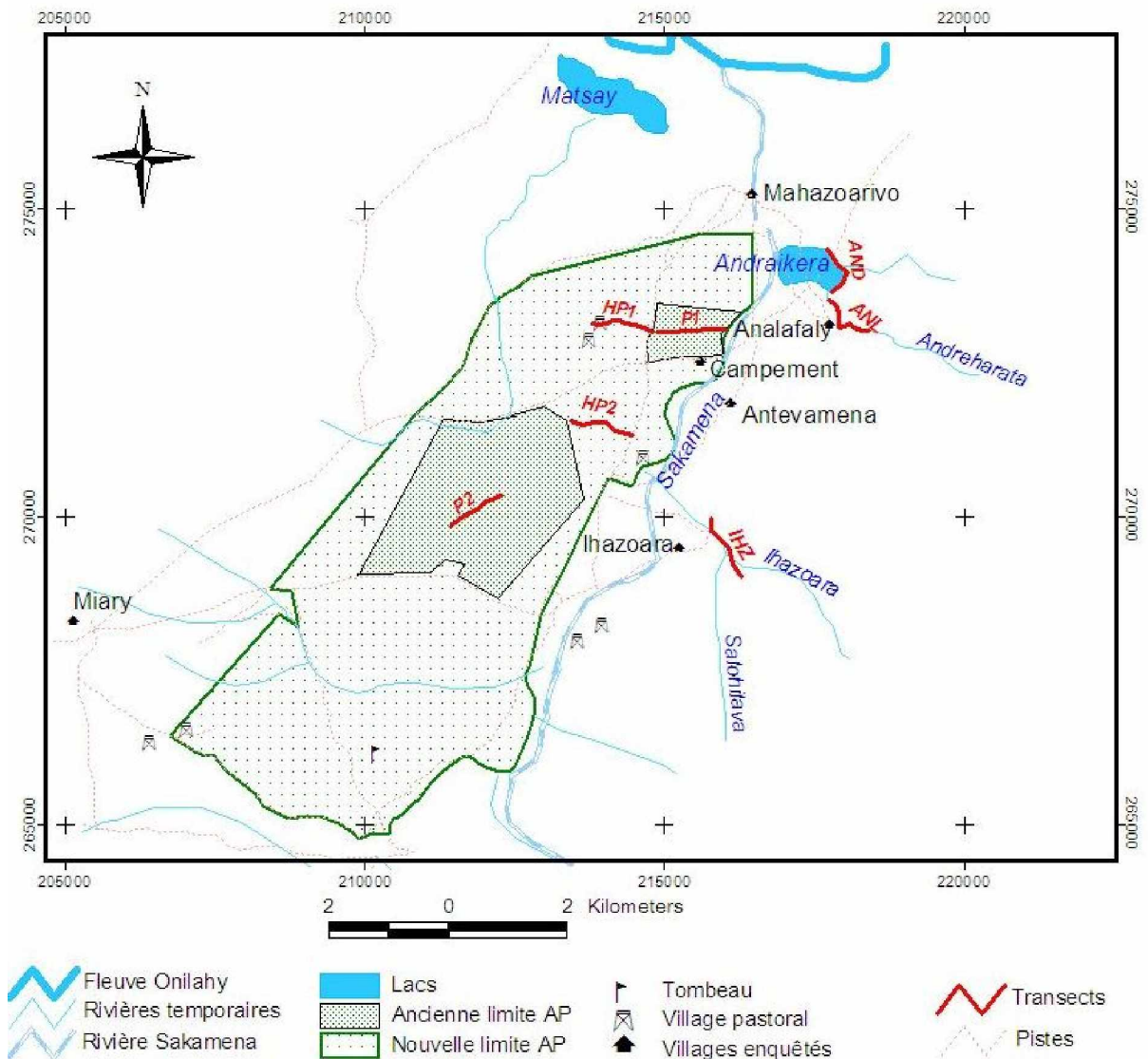
Les matériels utilisés sur terrain sont constitués des éléments essentiels pour l'identification et l'observation des oiseaux :

- un GPS pour enregistrer les coordonnées géographiques de quelques points, pour naviguer vers les transects permanents et pour voir la vitesse de déplacement lors du comptage ;
- une paire de jumelles pour pouvoir identifier les espèces vues ;
- des carnets de relevés (bloc note) pour enregistrer toutes les données lors des observations et des travaux résultant du comptage ;
- des livres de référence (guide des oiseaux de Madagascar) pour identifier et/ou vérifier les espèces vues et entendues.
- un appareil photo pour vérifier les espèces par des images.

### ***1.3.2.3. Enquête auprès des villageois***

L'entretien a été utilisé également comme complément et vérification des informations. Il a touché sur le thème climat et l'oiseau afin d'avoir l'appréciation des gens locaux sur le mode d'adaptation des oiseaux face à la variabilité/changement du climat et sur les différentes pressions pe-

sant sur la communauté aviaire. Pour cela, des questionnaires ont été élaborés (Annexe 15). Les villages visités sont ceux plus proches de la Réserve (Carte 2), plus précisément le village d'Analafaly (44°67'76'' E et 24°03'99'' S), Antevamena (44°66'12''E et 24°04'95'' S) et Mahazoarivo (44°66'48'' E et 24°02'45'' S). Les enquêtés sont des âgés (es) et des jeunes hommes car les âgés (es) ont habité la région depuis longtemps et connaissent ainsi les évolutions du climat et de l'écosystème forêts. En outre, les jeunes hommes occupent la fonction de gardiennage des bœufs et constituent alors les principaux chasseurs des oiseaux de la forêt. Les personnes enquêtées sont au nombre de 30 personnes.



**Carte 2: Localisation des transects permanents pour le suivi des oiseaux à Bezà Mahafaly de 2006 à 2012 et les villages enquêtés en janvier 2012.**

Source : Laboratoire SIG ESSA-Forêts, 2012

**Transects :** ANL : Analafaly ; AND : Andraikera ; IHZ : Ihazoara ; P1 : Première parcelle ; P2 : Deuxième parcelle ; HP1 : Hors de la première parcelle et HP2 : Hors de la deuxième parcelle

### I.3.3. Analyse et traitement des données

#### I.3.3.1. Généralités

Les données d'inventaire de l'avifaune et de suivi climatique ont été arrangées, analysées et puis traitées dans le but de répondre aux hypothèses formulées. D'une manière générale, l'analyse des données recourt en premier lieu à l'analyse de sa variabilité des paramètres climatiques et ornithologiques ensuite de ses tendances temporelles et enfin la relation entre eux. La variabilité de ces paramètres a été interprétée à partir du coefficient de variation ou CV (Formule 1).

$$CV (\%) = \frac{\sigma \times 100}{m}$$

#### Formule 1: Coefficient de variation (CV)

Avec,  $\sigma$  : Écart-type et  $m$  : moyenne de l'échantillon.

Si CV est inférieur à 30 %, les données considérées sont homogènes. Inversement, si CV est supérieur à 30 %, on dit que les données sont hétérogènes c'est-à-dire elles présentent une variabilité (Mouchiroud, 2002).

Les tests de corrélation et l'estimation de la droite de régression ont été effectués par le biais de « SPSS Statistics 17.0 et XLSTAT 2008.6.03 en vue de ressortir une tendance d'une variable et une relation entre deux variables.

#### I.3.3.2. Analyse des données climatiques

Les données climatiques s'étendant sur une période de 66 ans pour le cas de Betioky Atsimo (précipitations) et 12 ans pour Bezà Mahafaly (précipitations et températures) ont été traitées. L'année considérée correspond à l'année climatique allant du mois de juillet de l'année  $n$  au mois de juin de l'année  $n+1$ .

##### a. Traitement des données pluviométriques

Le traitement des données pluviométriques s'est basé sur le calcul d'indice pluviométrique et l'analyse de la tendance et de rupture.

##### Ø Indice pluviométrique :

Pour calculer l'indice pluviométrique ( $I_p$ ), deux méthodes ont été utilisées : la méthode d'indice de Nicholson et le filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2 (Soro *et al.*, 2011).

##### F Indices de Nicholson

L'Indice de Nicholson permet d'avoir un bilan réel annuel des précipitations (Soro *et al.*, 2011). Il est calculé à partir de la formule de Nicholson (Formule 2) (Nicholson *et al.*, 1988).

$$I_p = \frac{X_i - X_m}{\sigma}$$

#### Formule 2: Indice pluviométrique

Avec,  $I_p$  : Indice pluviométrique ;  $X_i$  (mm) : hauteur de pluie totale pour une station pendant une année  $i$  ;  $X_m$  (mm) : moyenne de la série pluviométrique ;  $\sigma$  : écart-type de la série pluviométrique.

Une année est dite normale si  $I_p$  est sensiblement nul. Dans l'autre cas, un  $I_p$  positif correspond en un excédent pluviométrique et la valeur négative signifie un déficit pluviométrique de l'année considérée (Soro *et al.*, 2011). Les indices pluviométriques  $I_p$  se sont ensuite classés selon les gammes des valeurs de « l'indice standardisé des précipitations ( $SPI^2$ ) » pour permettent d'apprécier l'ampleur de la sécheresse (ou de l'humidité) pour chacune des années de la série pluviométrique dans le zone tropicale (Wu *et al.*, 2005) (Tableau 2). Le phénomène dominant sur l'ensemble de la série pluviométrique est représenté par la classe pour laquelle on enregistre plus des années.

**Tableau 2: Différentes classes des gammes des valeurs du SPI et leur signification**

| Classe du SPI   | Interprétation     |
|-----------------|--------------------|
| $I_p > 2$       | Humidité extrême   |
| $1 < I_p < 2$   | Humidité forte     |
| $0 < I_p < 1$   | Humidité modérée   |
| $-1 < I_p < 0$  | Sécheresse modérée |
| $-2 < I_p < -1$ | Sécheresse forte   |
| $I_p < -2$      | Sécheresse extrême |

Source : Wu *et al.*, 2005

#### F Méthode filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2

La méthode « filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2 » appelée aussi « moyenne mobile pondérée » consiste à calculer les totaux pluviométriques pondérés. Elle élimine les variations annuelles de la pluviométrie afin de mieux observer les fluctuations interannuelles des précipitations (Soro *et al.*, 2011). Le calcul des totaux pluviométriques pondérés a été effectué au moyen de la formule 3 (Fulvie *et al.*, 2009).

$$X(t) = 0,06 X_{t-2} + 0,25 X_{t-1} + 0,38 X_t + 0,25 X_{t+1} + 0,06 X_{t+2}$$

Pour  $3 \leq t \leq n-2$

#### Formule 3: Total pluviométrique pondérée de l'année $t$

Avec :  $X_t$  est le total pluviométrique pondéré de l'année  $t$  ;  $X_{t-2}$  et  $X_{t-1}$  sont les totaux pluviométriques observés des deux années consécutives qui précèdent immédiatement l'année  $t$  ;  $X_{t+1}$  et  $X_{t+2}$  sont les totaux pluviométriques observés de deux années successives qui suivent immédiatement

<sup>2</sup> SPI : L'indice standardisé des précipitations, ou en anglais Standardized Precipitation Index

(SPI) équivaut à l'indice pluviométrique  $I_p$

l'année  $t$  et  $n$  est la longueur de la série pluviométrique ( $n = 66$  pour Betioky Atsimo et  $n = 12$  pour Bezà Mahafaly).

Par ailleurs, les totaux pondérés des deux premières ( $X(1)$ ,  $X(2)$ ) et les deux dernières ( $X(n-1)$ ,  $X(n)$ ) années de la série ont été calculés par les équations dans la Formule 4 (Fulvie *et al.*, 2009) :

$$X(1) = 0,54 X_1 + 0,46 X_2$$

$$X(2) = 0,25 X_1 + 0,50 X_2 + 0,25 X_3$$

$$X(n-1) = 0,25 X_{n-2} + 0,50 X_{n-1} + 0,25 X_n$$

$$X(n) = 0,54 X_n + 0,46 X_{n-1}$$

**Formule 4: Total pondéré des deux premières et deux dernières années de la série pluviométrique  $n$**

Ensuite, les hauteurs pluviométriques annuelles pondérées ainsi obtenues à partir de la méthode filtre passe-bas de Hanning ont été utilisées pour calculer l'indice pluviométrique pondéré en utilisant la Formule 2 afin de mieux distinguer les périodes de déficit et d'excédent pluviométriques. L'interprétation est la même que pour l'indice de Nicholson.

### Ø Méthodes statistiques de détection des ruptures

Une "rupture" peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné le plus souvent inconnu (Lubès-Niel *et al.*, 1994). Une telle rupture marque une modification du régime pluviométrique. L'intérêt de cette méthode est détecter la présence ou non de changement climatique. Les analyses statistiques de détection de rupture ont été menées avec le logiciel KhronoStat, développé par l'IRD et déjà employé pour de nombreuses études (Fulvie *et al.*, 2009 ; Kouassi *et al.*, 2010 ; Soro *et al.*, 2011).

Il existe plusieurs méthodes de détection des ruptures d'une série chronologique. Mais on a utilisé le test de Pettitt dérivant de la formulation du test de Mann-Whitney à cause de sa puissance et sa robustesse et segmentation d'Hubert à cause de sa faculté de détecter plusieurs ruptures dans une série (Lubès-Niel *et al.*, 1998 ; Fulvie *et al.*, 2009 ; Soro *et al.*, 2011). Ces tests avancent une hypothèse nulle stipulant l'absence du point de rupture au niveau de la série. Dans le cas contraire, le test estime la date de rupture qui divise la série en deux segments de moyenne significativement différente. Le test de Pettitt a été utilisé pour vérifier la stationnarité de la série pluviométrique et le test d'Hubert pour la segmentation de la série. Dans cette étude, le niveau de signification est au seuil de confiance de 95 % pour le Test de Pettitt et par défaut à 99 % pour la segmentation d'Hubert.

### Ø Tendance pluviométrique

Le test de corrélation non paramétrique de Mann Kendall a été utilisé pour montrer la tendance temporelle à la hausse ou à la baisse de la pluviométrie (Antunes et Oliveira Pires, 2001 ; OTHU, 2011). Ce test avance l'hypothèse nulle : « pas de tendance significative ». Dans le cas où l'hypothèse alternative stipulant « la tendance est significativement positive ou négative » est acceptée, on a recou-

ru à l'estimation de pente  $a$  de la droite de tendance ou courbe de régression selon le modèle de moindre carrée utilisé par Rabefitia et Andriamampianina (1999) et Foster *et al.*(2010). Le sens de tendance est connu à partir du coefficient de corrélation  $r$ . Une valeur négative de  $r$  signifie une tendance de diminution des précipitations donc tendance vers la sécheresse. Par contre, la valeur positive de  $r$  signifie la tendance de l'augmentation des précipitations dans la région.

### b. Traitement des données sur la température

Le traitement des données sur la température consiste à découper la série par le biais des tests de ruptures ci-dessus, d'analyser sa tendance en utilisant le test de corrélation de Mann Kendall et d'estimer la pente  $a$  de la droite de tendance. Un coefficient de corrélation  $r$  significativement positif signifie une tendance de réchauffement du climat dans la région. Par contre, un refroidissement du climat si  $r$  est significativement négatif.

#### I.3.3.3. Analyse des données ornithologiques

L'analyse des données ornithologiques s'est basée sur l'estimation de la date d'arrivée et de départ des espèces migratrices, de la richesse spécifique, sur le calcul de l'abondance spécifique pour ressortir la dominance des espèces et sur la tendance évolutive de ces paramètres dans le temps.

### a. Date de migration des espèces

L'estimation de la date de migration s'est basée sur la présence ou l'absence des huit espèces migratrices dans la RS de Bezà Mahafaly (Tableau 3). Les dates d'arrivée et de départ de migration correspondent respectivement aux mois pendant lesquels un ou plusieurs individus de l'espèce sont de nouveau présents et absents localement. Donc, la durée de résidence de l'espèce dans la Réserve (durée de séjour) correspond à la période comprise entre la date d'arrivée et la date de départ des espèces migratrices. Ainsi, après avoir codé les mois de migration en les notant de 1 à 12 selon le rang des mois pendant année climatique (juillet à juin), les tendances de la date d'arrivée, départ et de la durée de séjour ont été analysées avec test de corrélation de Kendall.

**Tableau 3: Les espèces d'oiseaux migrants dans la région Bezà Mahafaly**

| Type de migration | Région         | Espèces                     | Saison de visite à Bezà Mahafaly |
|-------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Internationale    | Paléarctique   | <i>Falco eleonora</i>       | Hiver boréal : déc. à mars       |
|                   |                | <i>Falco concolor</i>       |                                  |
|                   | Afro-tropicale | <i>Ardeola idae</i>         | Sept.-oct. à mars-avril          |
|                   |                | <i>Eurystomus glaucurus</i> |                                  |
| Interne           | Haut plateau   | <i>Apus barbatus</i>        | Hiver austral : mai à sept.      |
|                   |                | <i>Merops superciliosus</i> |                                  |
|                   |                | <i>Phedina borbonica</i>    |                                  |
|                   |                | <i>Nesilla typica</i>       |                                  |

Source : Langrand, 1990 ; Ratsirarson *et al.*, 2001

### b. Richesse spécifique

La richesse spécifique indique le nombre total des espèces présentes dans le site pendant une période déterminée (mensuelle ou annuelle). Elle a été utilisée pour caractériser la variabilité spatiale et temporelle de la diversité spécifique de l'avifaune. Temporellement, les nombres des espèces présentes dans les biomes ou dans la zone de Bezà Mahafaly ont été traités avec le test de corrélation de Kendall et l'estimation de la pente de droite de régression pour ressortir sa tendance. Spatialement, le coefficient de ressemblance ou de communauté de Jaccard a été calculé (Formule 5), pour caractériser le degré de ressemblance entre les biomes (Magurran, 1988).

$$P = \frac{C}{(A + B - C)}$$

#### Formule 5: Coefficient de ressemblance ou coefficient de similarité de Jaccard

Avec :  $P$  : Coefficient de similarité de Jaccard ;  $A$  : nombre d'espèces dans le site 1 ;  $B$  : nombre d'espèces dans le site 2 et  $C$  : nombre d'espèces communes aux deux sites.

### c. Indice d'abondance

L'indice d'abondance désigne le nombre total des oiseaux présents recensés dans le transect. Cet indice pourrait être pour une espèce ou pour la population avienne de la région. Il est utilisé pour connaître l'évolution temporelle de l'effectif des espèces ou de taille de la communauté aviaire en appliquant le test de corrélation de Kendall. Il est aussi nécessaire pour calculer l'abondance relative ( $AR$ ) des espèces (Formule 6).

$$AR = \frac{N_i}{N} \times 100$$

#### Formule 6: Abondance relative

Avec :  $AR$  : Abondance relative de l'espèce  $i$  ;  $N_i$  : effectif des individus de l'espèce  $i$  ; et  $N$  : effectif total des individus recensés.

Ensuite, les valeurs de l'abondance relative des espèces ainsi obtenues se sont classées par catégorie ou classe d'abondance de l'espèce dans la communauté (Tableau 4). Pour cela, seulement les espèces forestières à répartition restreinte et les espèces indicatrices de l'état de santé du milieu ont été considérées (Tableau 5). On remarque que le classement selon l'abondance spécifique n'informe que l'importance de l'espèce au sein de la communauté mais leur indication sur l'évolution temporelle du milieu est vérifiée à l'aide de la tendance de l'indice d'abondance de ces espèces.

**Tableau 4: Classement de l'abondance relative  $AR$**

| Catégorie de l'espèce | Valeur de l'abondance relative $AR$ |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Espèces dominantes    | $AR > 5\%$                          |
| Espèces influentes    | $5\% > AR > 2\%$                    |
| Espèces résidentes    | $AR < 2\%$                          |

Source : Andrianarivony, 2005.



**Tableau 5: Les espèces indicatrices de l'état du milieu**

| <b>Espèces forestières à une aire de répartition restreinte</b> | <b>Espèces indicatrices du bon état du milieu<sup>3</sup></b> | <b>Espèces indicatrices de la dégradation</b> |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Accipiter madagascariensis</i> ,                             | <i>Coua cursor</i>                                            | <i>Foudia madagascariensis</i>                |
| <i>Coua cursor</i> ,                                            | <i>Coua gigas</i>                                             | <i>Nesillas typica</i>                        |
| <i>Coua ruficeps</i> ,                                          | <i>Cyanolanius madagascarinus</i>                             | <i>Acridotheres tristis</i> <sup>4</sup>      |
| <i>Falculea palliata</i>                                        | <i>Newtonia archboldi</i>                                     |                                               |
| <i>Newtonia archboldi</i>                                       | <i>Newtonia brunneicauda</i>                                  |                                               |
| <i>Ploceus sakalava</i>                                         | <i>Thamnornis chloropetoides</i>                              |                                               |
| <i>Thamnornis chloropetoides</i>                                | <i>Vanga curvirostris</i>                                     |                                               |
| <i>Xenopirostris xenopirostris</i>                              | <i>Xenopirostris xenopirostris</i>                            |                                               |

Source : Patterson *et al.*(1995) ; Ratsirarson *et al.* (2001) ; Raherilalao et Goodman (2011).

#### **I.3.3.4. Relation entre le climat et la communauté aviaire**

L'analyse de relation entre la chronologie de migrations des espèces d'oiseaux et les paramètres climatiques a été effectuée par le test de corrélation de Spearman ( $n < 30$ ). Les paramètres climatiques considérés sont les précipitations/températures locales pendant le mois d'arrivée, départ et la moyenne durant la période de visite de l'espèce à Bezà Mahafaly (Foster *et al.*, 2010). A l'exemple, *Eurystomus glaucurus* arrive en septembre-octobre et part en mars-avril. La température locale d'arrivée est donc la moyenne mensuelle des températures de septembre à octobre. La température locale de départ est la moyenne des températures en mars et avril. Et, la température pendant la visite est la moyenne des températures de septembre à avril. Cette méthode a été aussi appliquée pour les précipitations et nombre de jours des pluies. La relation du nombre d'espèces présentes, de l'indice d'abondances des oiseaux/espèces avec les précipitations/température a été analysée avec le test de corrélation de Pearson ( $n > 30$ ). Pour cela, ce sont les données mensuelles qui ont été considérées.

Le test de corrélation Pearson ou Spearman avance une hypothèse nulle  $H_0$  ( $p > 0,05$ ) stipulant l'inexistence d'une corrélation significative entre les deux variables. Dans le cas où la corrélation est significative, l'interprétation du coefficient de corrélation a été nécessaire pour connaître la nature et la force de cette relation. Si le coefficient est compris entre 0 à 1, la relation entre les deux variables est positive c'est-à-dire l'augmentation du paramètre ornithologique est associée à l'accroissement du paramètre climatique. Inversement, s'il a une valeur de 0 à -1, la corrélation est négative c'est-à-dire une augmentation de l'une des variables correspond à la diminution de l'autre.

#### **I.3.4. Récapitulation de démarche méthodologique**

Les méthodes utilisées pour vérifier les hypothèses se résument dans le cadre opératoire (Tableau 6).

<sup>3</sup> Ce sont des espèces d'oiseaux qui habitent dans les forêts intactes ou relativement intactes et ne tolèrent pas les milieux perturbés ou dégradés (Raherilalao et Goodman, 2011).

<sup>4</sup> Espèce exotique envahissante présente une menace écologique

Tableau 6: Cadre opératoire

| Problématique                                                                                                                                                    | Hypothèse                                                         | Variables                | Indicateurs                    | Méthodologie                                                                                                                                                                                                        | Activités                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Résultats attendus                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| La variabilité ou le changement climatique dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly affecte-t-il la structure spatiale et temporelle de la communauté aviaire ? | Le climat de la Réserve de Bezà Mahafaly reste variable           | Climat                   | Précipitations                 | - Caractériser la variation temporelle du climat à l'aide de l'indice pluviométrique et le coefficient de variation des paramètres climatiques.<br>- Définir la tendance climatique en utilisant le test de Kendall | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivi climatique au sein des stations météorologiques</li> <li>- Enquêtes auprès des villageois</li> <li>- Calcul du CV, indices pluviométriques</li> <li>- Découpage de la série par test de rupture</li> <li>- Analyse de la tendance par test de Kendall</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variation temporelle de la température et de pluviométrie.</li> <li>• Signification de tendance de la pluviométrie et la température</li> <li>• Perception des villageois sur l'évolution du climat</li> </ul> |
|                                                                                                                                                                  |                                                                   |                          | Nombre de jours des pluies     |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                  | La température maximale, moyenne et minimale annuelle             | Climat                   | Température                    | - Déterminer la variation et la tendance de la période d'arrivée et de départ ainsi que la durée de                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivi ornithologique par l'inventaire mensuel de l'avifaune</li> <li>- Détermination des périodes de migration par la présence/absence</li> </ul>                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La variation interannuelle de la période de migration des oiseaux</li> <li>• Impact de la</li> </ul>                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                  |                                                                   |                          | Nombre des cyclones            |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                  | La température/ changement de la date de la migration des oiseaux | Climat                   | Précipitations et températures | - Déterminer la variation et la tendance de la période d'arrivée et de départ ainsi que la durée de                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivi ornithologique par l'inventaire mensuel de l'avifaune</li> <li>- Détermination des périodes de migration par la présence/absence</li> </ul>                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La variation interannuelle de la période de migration des oiseaux</li> <li>• Impact de la</li> </ul>                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                  |                                                                   |                          | Période d'arrivée              |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                  |                                                                   | Chronologie de migration | Période de départ              |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                         |

|  |                                                                                                                                                       |                           |                                                      |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|  | seaux migrants                                                                                                                                        | tion                      |                                                      | Durée de séjour                                                                                                                                                                  | séjour de chaque es-<br>pèce migratrice dans<br>la Réserve.<br><br>- Ressortir la<br>relation entre le<br>climat et la<br>chronologie de<br>migration des es-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | des espèces<br><br>- Analyse de la variation par CV et<br>de la tendance par test de Kendall<br><br>- Étude de relation entre climat et<br>période de migration par test de<br>corrélation de Spearman.                                           | riation du climat sur<br>la période de migra-<br>tion des oiseaux. |
|  | La variation ou le<br>changement<br>climatique modifie la<br>structure de la<br>population aviaire<br>dans la Réserve<br>Spéciale de Bezà<br>Mahafaly | Paramètres<br>climatiques | Précipitations et<br>températures men-<br>suelles    | - Analyser la simi-<br>larité entre les sept<br>transects<br><br>- Étudier<br>l'évolution tempo-<br>relle de la richesse<br>spécifique, de<br>l'abondance par test<br>de Kendall | - Suivi ornithologique<br><br>- Enquête auprès des villageois<br><br>- Détermination du nombre des es-<br>pèces présentes dans chaque site<br>et leurs indices d'abondances<br><br>- Calcule du coefficient de Jaccard,<br>CV, AR<br><br>- Analyse de la tendance tempo-<br>relle du nombre d'espèces présentes<br>et l'indice d'abondance des chaque<br>espèces par test de Kendall<br><br>- Analyse de relation entre climat<br>et richesse spécifique et l'indice<br>d'abondance des espèces indica-<br>trices du milieu par test de Pearson. | Ø L'importance des<br>espèces dans la<br>communauté aviaire.<br>Ø Le changement<br>de la richesse spéci-<br>fique, l'indice<br>d'abondance de la<br>population ainsi que<br>l'indice d'abondance<br>de l'espèce avifaune<br>en fonction du climat |                                                                    |
|  |                                                                                                                                                       | Richesse<br>spécifique    | Nombre d'espèces<br>présentes                        |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |
|  |                                                                                                                                                       | Abondance<br>spécifique   | Indice<br>d'abondance de la<br>population<br>avienne |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |
|  |                                                                                                                                                       |                           | Indice<br>d'abondance des<br>espèces                 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |
|  |                                                                                                                                                       |                           | Abondance<br>relative de chaque<br>espèce            |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |

*Résultats*  
&

*Interprétations*



*Falcula palliata*

## II. Résultats et interprétations

### II.1. Caractéristiques du climat de Bezà Mahafaly

#### II.1.1. Généralité sur le climat de Bezà Mahafaly

L'analyse des précipitations à Betioky Atsimo entre 1928 et 1995 montre que la pluviométrie moyenne interannuelle est égale à 642,2 mm répartie dans 53 jours. La totale annuelle des précipitations est comprises entre un minimum de 173,4 mm en 1937-1938 et un maximum de 1229,5 mm en 1953-1954. Pour la station de Bezà Mahafaly de janvier 1999 à janvier 2012, la pluviométrie est faible avec une moyenne annuelle de 502,6 mm, répartie en moyenne en 42 jours. Elle est comprise entre l'intervalle de 115,7 mm à 977,2 mm. La RS Bezà Mahafaly recevrait alors une quantité de pluies moins importante par rapport au centre de district de Betioky Atsimo. De plus, les coefficients de variation de la pluviométrie sont supérieurs à 30 % (Tableau 7). Les précipitations dans la région présentent alors une variabilité interannuelle et spatiale. Elles sont aussi irrégulières car 83 % des pluies totales annuelles tombent pendant 4 mois.

L'étude de l'évolution de la température n'a été menée que dans la station météorologique de Bezà Mahafaly. Le résultat d'étude ne concerne alors qu'une durée de 12 ans. Cependant, la région a un climat chaud avec une température moyenne annuelle élevée et une forte amplitude thermique de l'ordre de 18,9 °C. La variation interannuelle de la température est faible. D'ailleurs, la région est assujettie des cyclones tropicaux avec une fréquence d'un à trois cyclones par an.

**Tableau 7: Caractéristiques générales des paramètres climatiques**

| Variable                  | Période             | <i>n</i> | Moyenne           | CV(%) |
|---------------------------|---------------------|----------|-------------------|-------|
| Pluviométrie              | 1928 à 1995         | 67       | 642,2 ± 214,60 mm | 33,41 |
|                           | 1999 à 2011         | 12       | 532,6 ± 227,09 mm | 42,63 |
| Nombre de jours de pluies | 1928 à 1995         | 67       | 53 ± 14 jours     | 26,41 |
|                           | 1999 à 2011         | 12       | 41 ± 16 jours     | 39,02 |
| Température minimale      | 1999 à janvier 2012 | 12       | 35,54 ± 1,40 °C   | 3,94  |
| Température moyenne       |                     | 12       | 26,1 ± 0,41 °C    | 1,57  |
| Température maximale      |                     | 12       | 16,7 ± 0,95 °C    | 5,70  |
| Cyclone                   | 1959 à 2012         | 53       | 1 à 3 cyclones    | -     |

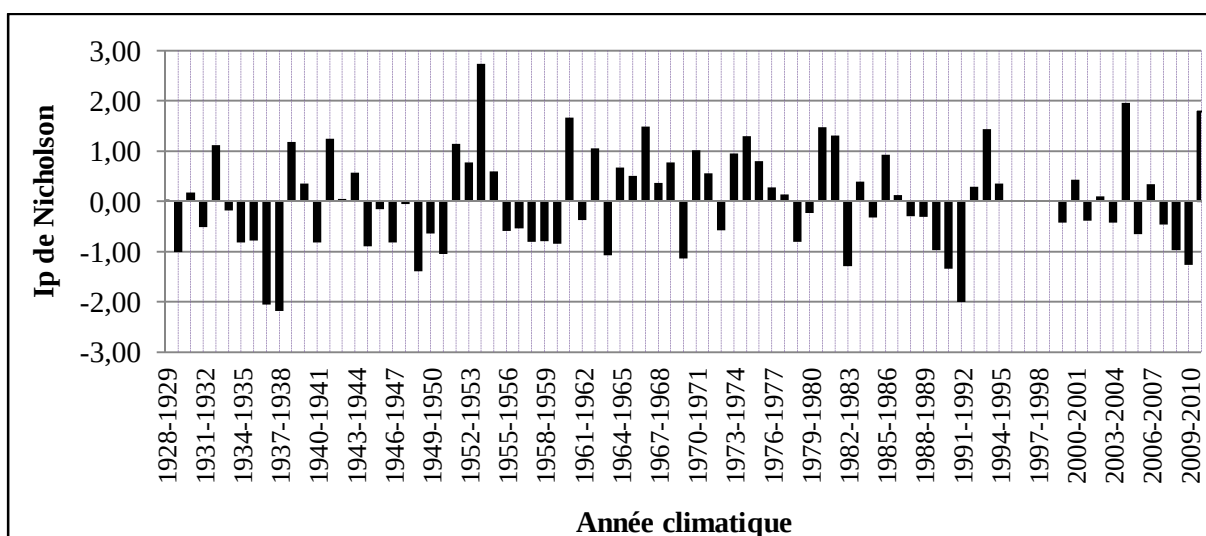
CV : Coefficient de variation et *n* : nombre des années d'observation

#### II.1.2. Précipitations

##### II.1.2.1. Variabilité pluviométrique annuelle

L'indice pluviométrique de Nicholson entre 1928 et 2011 présente une grande fluctuation autour de zéro (Figure 3). Ce qui signifie la variabilité interannuelle des précipitations dans la région, plus précisément, une alternance des années humides et des années sèches. De 1928 à 1995, le régime pluviométrique change en moyenne tous les trois à quatre ans. Toutefois, une longue période sèche a

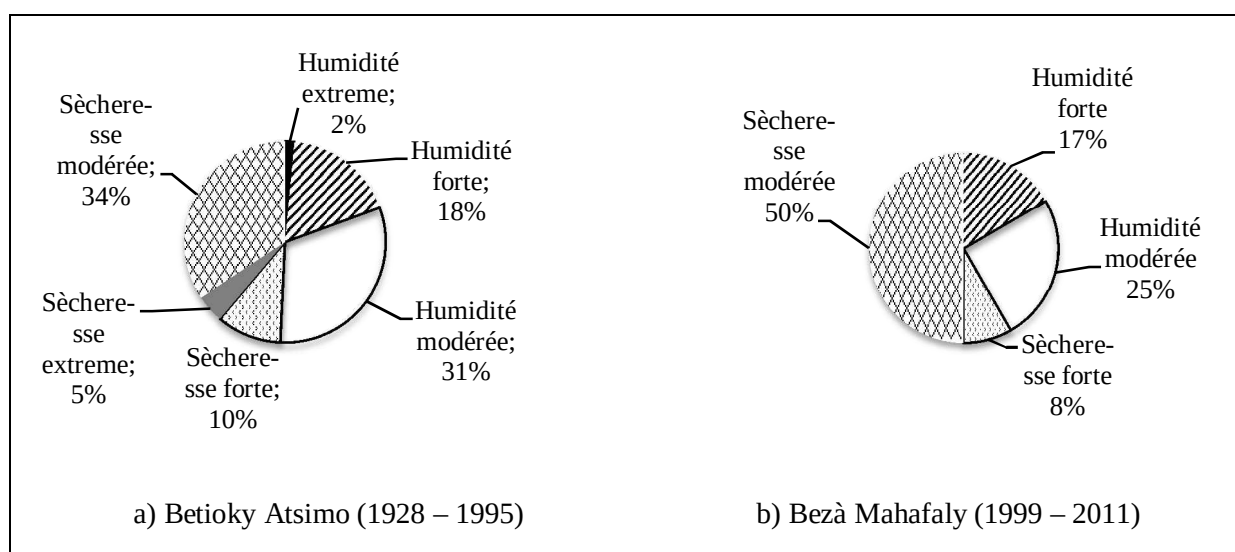
été observée en 1944 à 1951. Tandis qu'entre 1999 et 2011, la fréquence du changement est annuelle sauf pour la période de 2007 à 2009 qui est une période sèche.



**Figure 3: Indice pluviométrique de Nicholson de Betioky de 1928-1995 et de Bezà Mahafaly de 1999-2011**

(Source : Service Météorologique d'Ampanandrianomby, 2011 ; CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

Sur la base de gamme d'indice pluviométrique de Nicholson, la période d'étude est dominée par des années modérément sèches. Entre 1928 et 1995, 49 % des années d'observations sont caractérisées par un déficit pluviométrique ; les années extrêmement humide et extrêmement sèche extrême représentent respectivement 2 % et 5 % (Figure 4-a). Par contre, aucun cas extrême n'a été observé entre 1999 à 2011 mais 58 % des années se trouvent sous un régime de sécheresse (Figure 4-b). La zone de Bezà Mahafaly ne présente pas alors une sécheresse aigue même elle est plus aride qu'à Betioky.

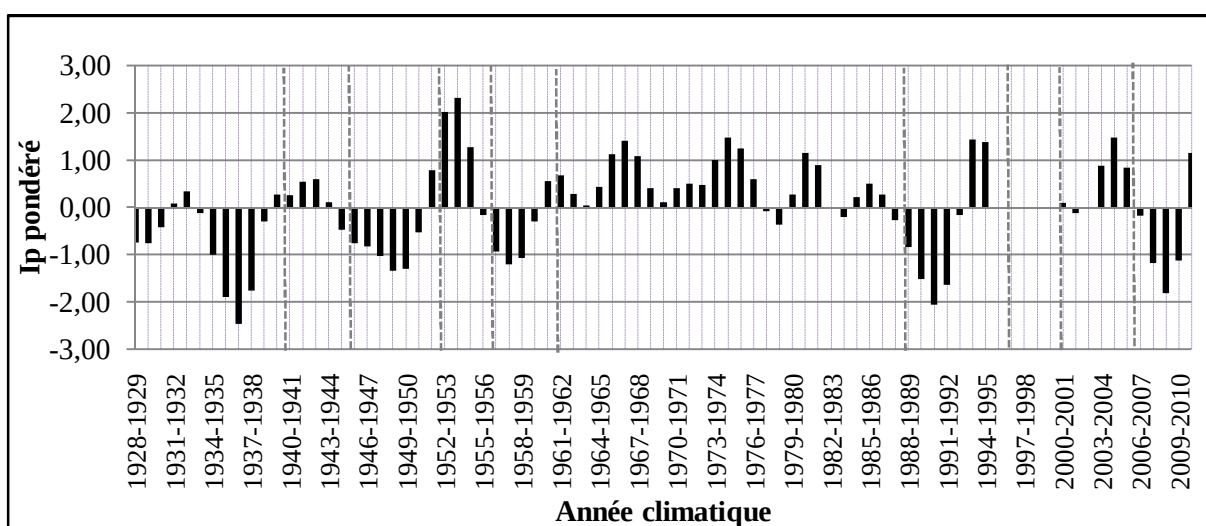


**Figure 4: Répartition des années par gamme d'indice pluviométrique de Nicholson à Betioky de 1928-1995 et à Bezà Mahafaly de 1999-2011**

(Source : Service Météorologique d'Ampanandrianomby, 2011 ; CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

### II.1.2.2. Découpage de la série pluviométrique par Indice pluviométrique pondéré

La représentation graphique de l'indice pluviométrique pondéré calculé issu de la moyenne mobile pondérée présente une oscillation autour de zéro (Figure 5). Cela permet de découper la série des précipitations en sous séries selon le bilan pluviométrique du segment. En effet, sept ruptures possibles subdivisent la série en huit segments suivants : une période sèche s'étendant de 1928 à 1939, suivie d'une période légèrement humide allant de 1939 à 1944, puis une période déficitaire de 1944 à 1951, succédée par une période à régime excédentaire de 1951 à 1955 et une période déficitaire de 1955 à 1960. Après cela vient suivre une longue période généralement humide entre 1960 et 1987 et une période sèche de 1987 à 1992, et enfin, une période d'excédent hydrique allant de 1992 à 1995. Pour la période de 1999 à 2011, elle est marquée aussi par l'alternance d'année pluvieuse et d'année sèche. Elle présente une variabilité, une période moyenne de 1999 à 2003 suivie d'une période excédentaire de 2003 à 2006, d'une période déficitaire de 2006 à 2010 et d'un grand changement vers un régime excédentaire pour l'année climatique 2010-2011.



**Figure 5: Indice pluviométrique pondéré de Betioky de 1928-1995 et de Bezà Mahafaly de 1999-2011**

(Source : Service Météorologique d'Ampanzianomby, 2011 ; CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

### II.1.2.3. Segmentation la série pluviométrique par test de rupture

Afin de confirmer le découpage obtenu à partir des indices pluviométriques, les séries des précipitations sont soumises au test de détection de rupture. De 1928 à 1995, les tests ont acceptés l'hypothèse alternative stipulant la présence de rupture au sein de la série pluviométrique. Le test de Pettitt détecte une rupture en 1950-1951 tandis que le test d'Hubert indique deux autres ruptures en plus qui ont lieu en 1987-1988 et en 1992-1993 (Tableau 8). Le test d'Hubert permet alors de déceler la série pluviométrique en quatre segments distincts dont : 1) période déficitaire entre 1928 et 1951, avec 12,01 % de sécheresse ; 2) période excédentaire de 1951 à 1988 avec un excédent d'humidité de l'ordre de 9,43% ; 3) période déficitaire entre 1988 et 1993 avec 25,27 % de sécheresse et 4) période excédentaire entre 1993 et 1995, avec 28,82 % d'excès d'humidité.

Entre 1999 et 2011, tous les tests ont acceptés l'hypothèse nulle stipulant l'absence de rupture au sein de la série. Donc, la pluviométrie est stationnaire. Cette période est caractérisée par un déficit hydrique de 17,07 % par rapport à la moyenne de la série pluviométrique de 1928 à 1995. Ce déficit pourrait être une variation spatiale ou temporelle.

Bref, la pluviométrie dans la région présente une variabilité interannuelle. Est elle reste variable ou tend vers une diminution ou une augmentation ?

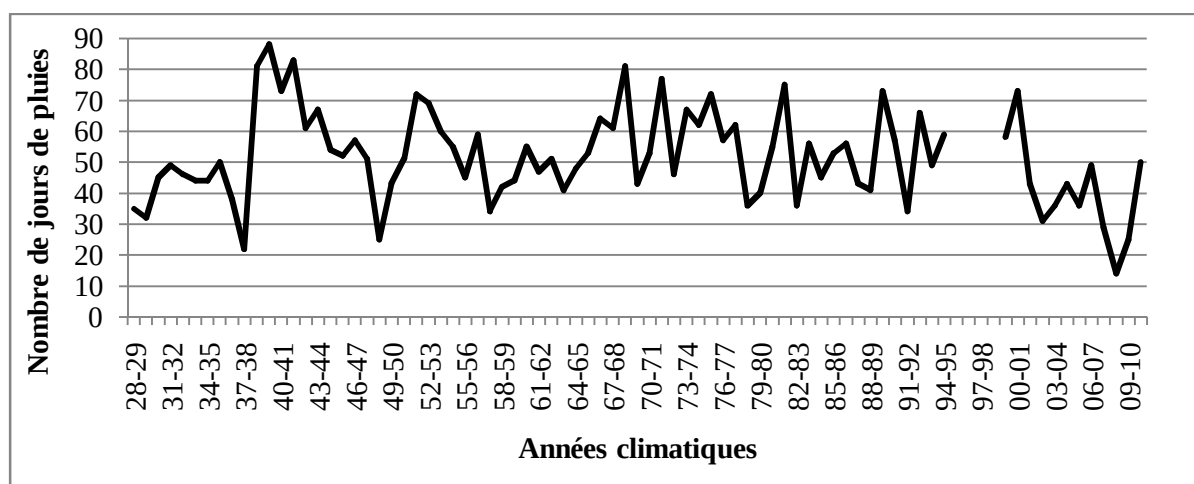
**Tableau 8: Résultat des tests de détection de rupture sur la série pluviométrique de Betioky de 1928-1995 et de Bezà Mahafaly de 1999-2011**

| Type de tests  | 1928 à 1995                          |           |                                     | 1999 à 2011                          |           |                                     |
|----------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
|                | Hypothèse nulle (absence de rupture) | Segments  | Précipitation moyenne annuelle (mm) | Hypothèse nulle (absence de rupture) | Segments  | Précipitation moyenne annuelle (mm) |
| <b>Pettitt</b> | Rejetée                              | 1928-1951 | 565,7±106,20                        | Acceptée                             | 1999-2011 | 532,6±227,09                        |
|                |                                      | 1951-1995 | 683,1±125,18                        |                                      |           |                                     |
| <b>Hubert</b>  | Rejetée                              | 1928-1951 | 565,7±106,20                        | Acceptée                             | 1999-2011 | 532,6±227,09                        |
|                |                                      | 1951-1988 | 702,8 ± 101,78                      |                                      |           |                                     |
|                |                                      | 1988-1993 | 479,9 ± 98,13                       |                                      |           |                                     |
|                |                                      | 1993-1995 | 827,4 ± 4,24                        |                                      |           |                                     |

Source : Service Météorologique d'Ampandrianomby, 2011 ; CFR-Bezà Mahafaly, 2012

#### II.1.2.4. Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluies

La fréquence de pluies dans la région est variable d'une année à l'autre. Les pluies en 1939-1940 sont la plus fréquente, elles se répartissent dans 88 jours. Par contre, l'année 2008-2009 qui est l'année la plus sèche à Bezà Mahafaly est caractérisée par une rareté des pluies, elle présente seulement 14 jours de pluies (Figure 6). En moyenne, seulement 15 % des jours de l'année (52 jours) sont pluvieux avec 75 % entre eux (39 jours) correspondent à la saison humide.



**Figure 6: Fluctuation interannuelle du nombre de jours de pluies à Betioky de 1928 à 1995 et à Bezà Mahafaly de 1999 à 2011.**

(Source : Service Météorologique d'Ampandrianomby, 2011 ; CFR-Bezà Mahafaly, 2012).



### II.1.2.5. Tendance pluviométrique et du nombre de jours des pluies

Par l'application du test de Mann Kendall, il n'existe pas de tendance pour les précipitations annuelles et saisonnières <sup>5</sup> allant de 1928 à 2011 ( $p > 0,05$ , cf. Annexe 5). En effet, ni augmentation ni diminution de la hauteur totale des pluies annuelles et des pluies par saison n'a été observée dans la région. Pour le nombre de jour des pluies annuelles et par saison, seul la fréquence des pluies en saison humide à Bezà Mahafaly présente une tendance de diminution significative ( $\tau = -0,443$ ,  $n = 12$ ,  $p = 0,045$  et  $a = -1,9$  jours/an). Donc, une tendance à l'augmentation de l'intensité de pluie en saison humide pourrait être conclue entre 1999-2011 vu que les précipitations restaient stationnaires durant cette période. La pluviométrie dans cette région reste alors variable même il y a une intensification de pluie en saison humide.

### II.1.3. Températures

#### II.1.3.1. Rupture de la série de la température

L'application du test de rupture sur la série de la température montre que la température moyenne interannuelle et la température maximale présentent un point de rupture en 2003-2004. Tandis qu'un changement de régime vers l'augmentation de la température minimale a été observé en 2002-2003. Donc, la série de la température peut être découpée en deux segments de moyennes significativement différentes (Tableau 9). Avant 2003, le climat est caractérisé par une température élevée avec un grand écart de la température journalière (Figure 7). Par contre, le climat se refroidit et l'amplitude thermique diminue après 2003.

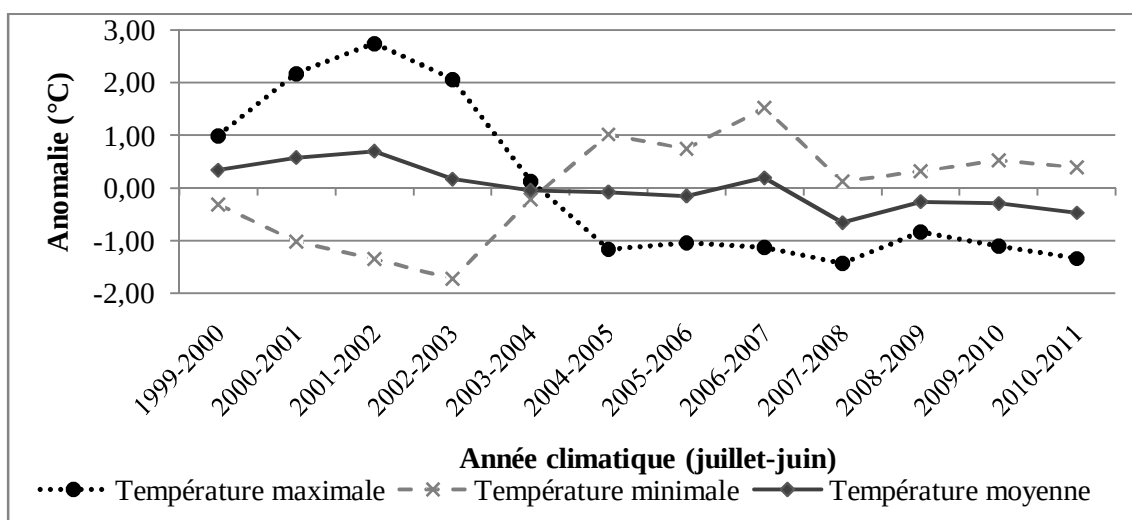
**Tableau 9: Moyenne interannuelle des températures dans la RS Bezà Mahafaly en 1999 à 2011**

| Variables            | Période de 1999-2003           | Période de 2003-2011           |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Température maximale | $37,4 \pm 0,75$ °C ( $n = 5$ ) | $34,4 \pm 0,50$ °C ( $n = 7$ ) |
| Température minimale | $15,6 \pm 0,64$ °C ( $n = 5$ ) | $17,2 \pm 0,49$ °C ( $n = 7$ ) |
| Température moyenne  | $26,4 \pm 0,24$ °C ( $n = 5$ ) | $25,7 \pm 0,27$ °C ( $n = 7$ ) |
| Amplitude thermique  | $22,2 \pm 1,26$ °C ( $n = 5$ ) | $17,3 \pm 0,88$ °C ( $n = 7$ ) |

Source : CFR-Bezà Mahafaly, 2012

*n*: nombre d'années d'observations

<sup>5</sup> Saison des pluies : décembre à mars, saison sèche : avril à novembre



**Figure 7: Variation des moyennes annuelles températures à Bezà Mahafaly de 1999 à 2011**

(Source : CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

Anomalie de la température : différence des températures (minimale, moyenne et maximale) par rapport à leur moyenne interannuelle.

### II.1.3.2. Tendence de la température

L'analyse de tendance montre que la diminution de température moyenne annuelle sur la période de 1999 à 2011 est hautement significative suivant une pente  $a = -0,09$  °C/an (Tableau 10). La température maximale annuelle connaît un décroissement significatif avec une pente  $a = -0,33$ °C/an. Par contre, la température minimale annuelle accroît significativement suivant une pente  $a = 0,15$ °C/an. Ces résultats pourraient conclure que la température dans la région de Bezà Mahafaly change. Ce changement est caractérisé par un refroidissement en général et une diminution de l'amplitude thermique.

Saisonnement, la diminution de la température moyenne n'est pas significative pour les deux saisons (Annexe 6). Par contre, la température minimale a une la tendance d'augmentation significative pour les deux saisons. La tendance de la diminution de la température maximale n'est pas significative pour la saison humide mais elle l'est pour la saison sèche. Le changement de la température concerne alors surtout la saison sèche.

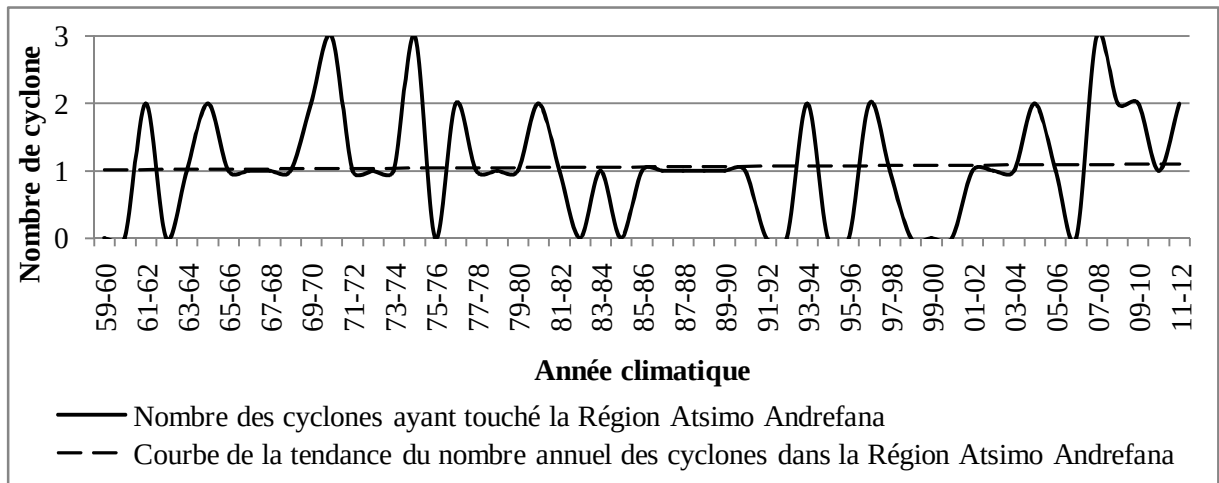
**Tableau 10: Résultat du test de tendance des températures à Bezà Mahafaly en 1999-2011**

| Variables                     | Test de Mann Kendall |     |       | Signification de la droite de tendance |       |
|-------------------------------|----------------------|-----|-------|----------------------------------------|-------|
|                               | $\tau$               | $n$ | $p$   | $a$                                    | $p$   |
| Température moyenne annuelle  | -0,70                | 12  | 0,001 | -0,09                                  | 0,000 |
| Température maximale annuelle | -0,58                | 12  | 0,009 | -0,33                                  | 0,001 |
| Température minimale annuelle | 0,49                 | 12  | 0,022 | 0,15                                   | 0,023 |
| Amplitude thermique           | -0,44                | 12  | 0,042 | -0,52                                  | 0,004 |

$\tau$  : coefficient de corrélation,  $n$  : nombre d'années d'observations,  $p$  : p. value et  $a$  : pente de la droite de tendance.

### II.1.4. Cyclones tropicaux

De 1959 à 2012, 56 cyclones ont touché la Région Atsimo Andrefana de Madagascar avec une fréquence d'un à trois cyclones par an (Figure 8). Le nombre des perturbations cycloniques ayant intéressé la région ne présente pas une tendance significative ( $\tau = 0,02$  ;  $n = 53$  ;  $p = 0,830$ ). D'où, la fréquence du passage du cyclone dans la région ne change pas.



**Figure 8: Évolution du nombre des cyclones ayant passé dans la Région Atsimo Andrefana de 1959 à 2012**

(Source : Service Météorologique d'Ampandrianomby, 2012)

## II.2. Caractéristiques de l'avifaune dans la RS Bezà Mahafaly

### II.2.1. Migration des oiseaux

#### II.2.1.1. Généralités sur la migration des espèces à Bezà Mahafaly

La zone de Bezà Mahafaly constitue un habitat de huit espèces d'oiseaux migrants (Tableau 11). *Falco eleonora* niche sur l'île de Mer rouge et dans les déserts du Nord-est de l'Afrique (López-López *et al.*, 2009). *Falco concolor* reproduit sur l'île Méditerranée (Goodman et Hawkins, 2008). Ces deux espèces passent la saison internuptiale à Madagascar pendant l'hiver boréal (Langrand, 1990). Pour les espèces migratrices internes, *Phedina barbonica* n'a jamais été recensée dans la région pendant les six ans d'étude. Par contre, *Merops superciliosus* est toujours présente localement pendant toute l'année, c'est la raison pour laquelle elle est classée comme espèce quasiment résidente dans la région. En générale, les espèces migratrices internes effectuent une migration altitudinale en déplaçant de haut plateau vers les zones côtières en hiver austral (Langrand, 1990).

**Tableau 11: Période d'observation des espèces migratrices à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012**

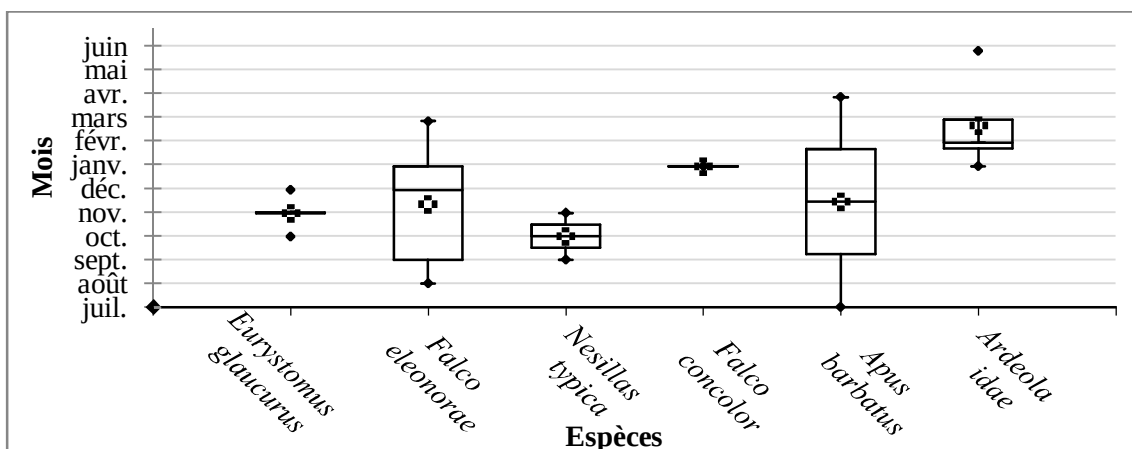
| Espèces                     | Période d'observation à Bezà Mahafaly                     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <i>Falco eleonora</i>       | Annuelle (sauf en 2008 et en 2011) en saison variable     |
| <i>Falco concolor</i>       | Janvier 2011                                              |
| <i>Ardeola idae</i>         | Février-mars 2010-2011, juin-juillet 2011 et janvier 2012 |
| <i>Eurystomus glaucurus</i> | Annuelle en novembre à mai                                |
| <i>Apus barbatus</i>        | Octobre 2006, janvier, avril et juillet 2010              |
| <i>Nesillas typica</i>      | Novembre 2006 à janvier 2007                              |
| <i>Phedina barbonica</i>    | -                                                         |
| <i>Merops superciliosus</i> | Annuelle et pendant toute l'année                         |

Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012

#### II.2.1.2. Période d'arrivée

Dans la région de Bezà Mahafaly, la période moyenne d'arrivée des oiseaux migrateurs est le mois de novembre  $\pm$  2 mois. *Apus barbatus* présente une grande variabilité, sa période d'arrivée varie de juillet à avril, mais, elle arrive en moyenne en novembre  $\pm$  4 mois. L'arrivée moyenne la plus précoce est celle de *Nesillas typica* qui a eu lieu en octobre  $\pm$  1 mois tandis que l'arrivée la plus tardive se rencontre chez *Ardeola idae*. Cette dernière rejoint la région en moyenne en février  $\pm$  2 mois.

Dans les « box plots », la croix en gras indique la moyenne du paramètre étudié (mois d'arrivée de l'espèce) et les lignes inférieure, médiane et supérieure de la boîte montrent respectivement le quartile de 25 %, 50% et 75 % (pourcentage des observations qui ont une valeur inférieure à la valeur correspondant à ce quartile). Les « box plot » sont très élargis pour *Falco eleonora* et *Apus barbatus* (Figure 9). La période d'arrivée de ces deux espèces est variable d'une année à l'autre. L'arrivée des oiseaux dans la région présente alors une grande variabilité interspécifique et interannuelle.

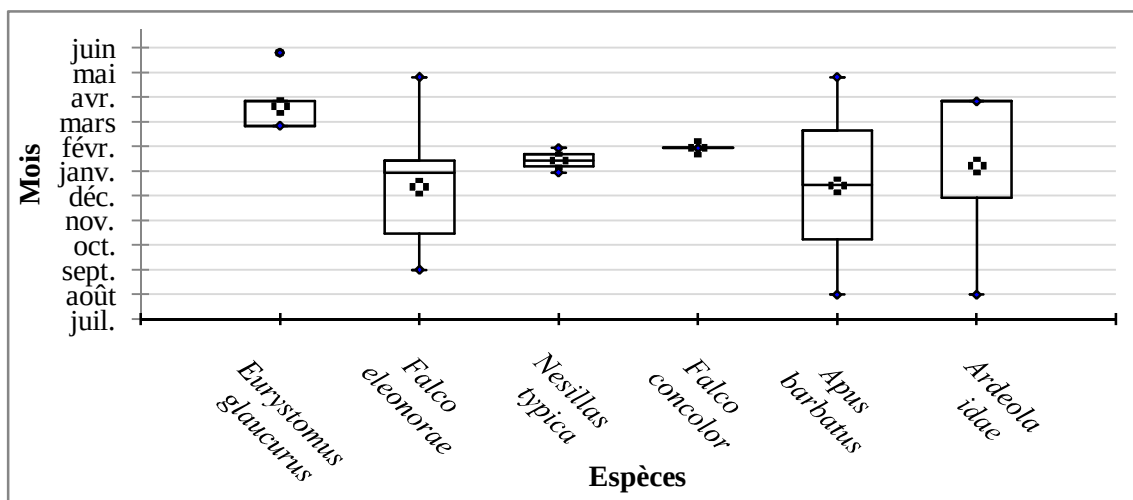


**Figure 9: Variation interannuelle de la période d'arrivée des espèces d'oiseaux migrateurs à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012**

(Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

### II.2.1.3. Période de départ

La période moyenne de départ des oiseaux migrateurs dans la région de Bezà Mahafaly a lieu en janvier  $\pm$  2 mois. Le départ moyen le plus précoce se rencontre chez *Falco eleonora* et *Apus barbatus* en partant respectivement en décembre  $\pm$  3 mois et en décembre  $\pm$  4 mois. *Eurystomus glaucurus* constitue la dernière espèce qui quitte la région. Elle va en Afrique tropicale, en moyenne, pendant la période de février à mai voire même jusqu'en juin. Ainsi, la différenciation de la dimension des box plots dans la Figure 10 montre une variabilité interspécifique de la période de départ des espèces migratrices dans la région de Bezà Mahafaly. Une grande variabilité interannuelle se rencontre chez *Falco eleonora*, *Apus barbatus*, et *Ardeola idae*. Alors, la période de départ des espèces migratrices dans la région de Bezà Mahafaly présente aussi une variabilité interspécifique et interannuelle.



**Figure 10: Variation interannuelle de la période de départ des espèces d'oiseaux migrateurs à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012**

(Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

### II.2.1.4. Durée de séjours

La durée moyenne annuelle pendant laquelle les espèces catonnent dans la zone de Bezà Mahafaly est de 2 mois. La plus courte durée de séjour correspond à celle de *Falco concolor* et *Apus barbatus* qui ne visitent la région que pendant seulement un mois. Certaines espèces ne passent jamais dans cette zone pendant une ou plusieurs année(s). Il s'agit de *Nesillas typica*, *Falco concolor*, *Apus barbatus* et *Ardeola idae*. A part de l'absence locale de l'espèce pendant l'année, *Falco eleonora* et *Nesillas typica* présentent une variation interannuelle de la durée de séjour (Tableau 12).

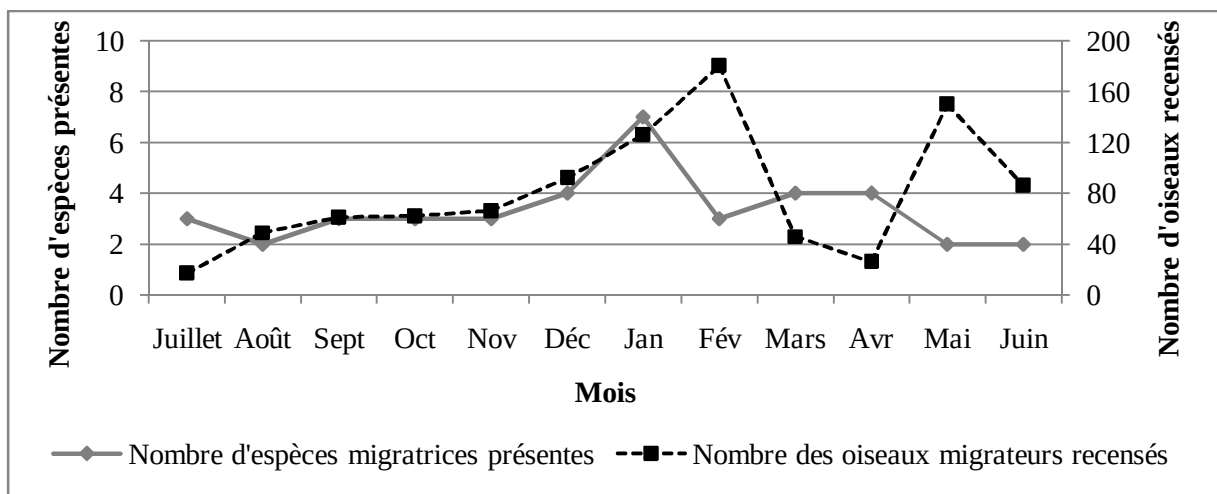
**Tableau 12: Variation interannuelle de la durée de séjour des espèces d'oiseaux migrants à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012**

| <i>Espèces</i>              | <i>Durée moyenne de séjours</i> | <i>Nombre d'année<sup>6</sup></i> | <i>CV (%)</i> |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| <i>Eurystomus glaucurus</i> | 5 ± 1,3                         | 5                                 | 27,16         |
| <i>Falco eleonora</i>       | 2 ± 1,2                         | 5                                 | 72,66         |
| <i>Merops superciliosus</i> | 12±0,0                          | 5                                 | 0             |
| <i>Nesillas typica</i>      | 3 ± 1                           | 2                                 | 33,33         |
| <i>Falco concolor</i>       | 1 ± 0,0                         | 1                                 | 0             |
| <i>Apus barbatus</i>        | 1 ± 0,0                         | 4                                 | 0             |
| <i>Ardeola idae</i>         | 2 ± 0,0                         | 3                                 | 0             |
| <i>Phedina barbonica</i>    | 0                               | 0                                 | 0             |

(Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

#### II.2.1.5. Saison de visite des oiseaux migrants à Bezà Mahafaly

Le nombre d'espèces migratrices présentes ainsi que le nombre d'oiseaux migrants recensés à Bezà Mahafaly accroissent au mois de décembre. La courbe du nombre des espèces migratrices présentes montre un pic en janvier. Tandis que le sommet se trouve en février celle du nombre d'individus. (Figure 11). Bref, la visite des oiseaux migrants dans la région de Bezà Mahafaly correspond à la saison humide pendant laquelle les fruits et les insectes sont abondantes localement.



**Figure 11: Saison d'abondance des espèces migratrices à Bezà Mahafaly d'août 2006 à janvier 2012**

(Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

<sup>6</sup> Nombre d'année de présence de l'espèce à Bezà Mahafaly pendant les six années de suivi

### II.2.1.6. Tendance de la période de migration des oiseaux

L'application du test de corrélation de Kendall sur le mois d'arrivée et de départ des espèces migratrices montre qu'il n'y a pas une tendance significative de la période d'arrivée et celle de départ des espèces à Bezà Mahafaly (Tableau 13). Cependant, la tendance de la durée de séjour de *Falco eleonora* est significativement négative. La durée de résidence de cette espèce à Bezà Mahafaly devient alors de plus en plus courte.

**Tableau 13: Signification de la tendance des périodes de migration des espèces à Bezà Mahafaly de 2006 à 2012**

| Espèces                     | Période d'arrivée |       |     | Période de départ |       |     | Durée de séjour |       |     |
|-----------------------------|-------------------|-------|-----|-------------------|-------|-----|-----------------|-------|-----|
|                             | $\tau$            | $p$   | $n$ | $\tau$            | $p$   | $n$ | $\tau$          | $p$   | $n$ |
| <i>Eurystomus glaucurus</i> | 0,26              | 0,499 | 6   | -0,36             | 0,405 | 5   | -0,84           | 0,052 | 5   |
| <i>Falco eleonora</i>       | 0,2               | 0,624 | 5   | -0,467            | 0,188 | 5   | -0,77           | 0,042 | 5   |
| <i>Nesillas typica</i>      | -1                | 1     | 2   | -1                | 1     | 2   | 1               | 1     | 2   |
| <i>Falco concolor</i>       | *                 | *     | 1   | *                 | *     | 1   | *               | *     | 1   |
| <i>Apus barbatus</i>        | 0                 | 1     | 3   | 0                 | 1     | 3   | *               | *     | 3   |
| <i>Ardeola idae</i>         | -0,18             | 0,718 | 4   | 0,82              | 0,221 | 3   | -0,82           | 0,221 | 3   |

$\tau$  : coefficient de corrélation de Kendall ;  $p$  : p. value et  $n$  = nombre d'années d'observations

## II.2.2. Richesse spécifique

### II.2.2.1. Variation spatiale de la richesse spécifique

Durant six années d'observation, 77 espèces d'oiseaux au total se sont rencontrées dans la zone de Bezà Mahafaly avec un nombre moyen interannuel de 67 espèces. Les peuplements aviens dans formation sur canyon et dans la forêt galerie sont les plus diversifiés car 46 et 43 espèces en moyenne interannuelle sont recensées respectivement à Ihazoara et dans la première parcelle. Cela pourrait être dû à l'hétérogénéité de l'écosystème notamment la présence du milieu forestier et de l'eau en surface ou souterraine qui humidifie en permanence le milieu. Cette condition offre aux espèces d'oiseaux un large choix d'habitat et assure la disponibilité des ressources vitales pendant tout l'année. Par contre, la zone temporairement inondée d'Andraikera est la plus pauvre en espèce car en général, uniquement les oiseaux d'eau peuplent ce milieu. Au point de vue diversité inter-site, le nombre moyen interannuel de huit espèces communes aux sept biomes (12 % de la richesse spécifique de la région) reflète une similarité faible du peuplement avien à l'échelle écosystémique et démontre une grande hétérogénéité de l'avifaune à Bezà Mahafaly. La zone temporairement inondée d'Andraikera semble plus différentes aux autres biomes surtout dans les forêts éloignées du plan d'eau (Tableau 14). Elle abrite des oiseaux d'eau incapable de survivre dans une forêt sèche. Néanmoins, il existe une forte similarité entre les peuplements aviens à l'intérieur de la Réserve Spéciale.

**Tableau 14: Degré de ressemblance entre les sept biomes représentatifs de la zone de Bezà Mahafaly**

| Site                         | ANL<br>(N <sub>1</sub> = 40)     | AND<br>(N <sub>1</sub> = 28)     | IHZ<br>(N <sub>1</sub> = 46)     | P1<br>(N <sub>1</sub> = 43)      | HP1<br>(N <sub>1</sub> = 40)     | P2<br>(N <sub>1</sub> = 42)      | HP2<br>(N <sub>1</sub> =41) |
|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| ANL<br>(N <sub>2</sub> = 40) | *****                            |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                             |
| AND<br>(N <sub>2</sub> = 28) | N <sub>1-2</sub> =11<br>P = 0,19 | *****                            |                                  |                                  |                                  |                                  |                             |
| IHZ<br>(N <sub>2</sub> = 46) | N <sub>1-2</sub> =38<br>P = 0,79 | N <sub>1-2</sub> =14<br>P = 0,23 | *****                            |                                  |                                  |                                  |                             |
| P1<br>(N <sub>2</sub> = 43)  | N <sub>1-2</sub> =36<br>P = 0,77 | N <sub>1-2</sub> =11<br>P = 0,18 | N <sub>1-2</sub> =38<br>P = 0,75 | *****                            |                                  |                                  |                             |
| HP1<br>(N <sub>2</sub> = 40) | N <sub>1-2</sub> =36<br>P = 0,82 | N <sub>1-2</sub> =10<br>P = 0,17 | N <sub>1-2</sub> =38<br>P = 0,79 | N <sub>1-2</sub> =38<br>P = 0,84 | *****                            |                                  |                             |
| P2<br>(N <sub>2</sub> = 42)  | N <sub>1-2</sub> =36<br>P = 0,78 | N <sub>1-2</sub> =10<br>P = 0,17 | N <sub>1-2</sub> =37<br>P = 0,73 | N <sub>1-2</sub> =39<br>P = 0,85 | N <sub>1-2</sub> =37<br>P = 0,82 | *****                            |                             |
| HP2<br>(N <sub>2</sub> =41)  | N <sub>1-2</sub> =37<br>P = 0,84 | N <sub>1-2</sub> =10<br>P = 0,17 | N <sub>1-2</sub> =39<br>P = 0,81 | N <sub>1-2</sub> =38<br>P = 0,83 | N <sub>1-2</sub> =37<br>P = 0,84 | N <sub>1-2</sub> =38<br>P = 0,84 | *****                       |

Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012

ANL : Analafaly ; AND : Andraikera ; IHZ : Ihazoara ; P1 : Première parcelle ; HP1 ; Hors de la première parcelle ; P2 : Deuxième parcelle et HP2 : Hors de la deuxième parcelle ; N<sub>1</sub> : Nombre d'espèces dans le site 1 (en colonne) ; N<sub>2</sub> : Nombre d'espèces dans le site 2 (en ligne) ; N<sub>1-2</sub> : Nombre d'espèces communes aux deux sites ; P :  $P = N_{1-2} / (N_1 + N_2 - N_{1-2})$  : coefficient de similarité de Jaccard.

En combinant les données obtenues à partir de suivi ornithologique à Bezà Mahafaly et les recherches bibliographique de l'avifaune dans la parcelle 2 d'Andohahela (Hawkins et Goodman, 1999) et à Bemananteza dans le Parc National (PN) Tsimanampetsotsa (Goodman *et al.*, 2002), un total de 90 espèces d'oiseaux sont observées dans ces trois stations. La RS Bezà Mahafaly abrite des richesses spécifiques la plus élevée (70 espèces) suivi de la parcelle 2 d'Andohahela (62 espèces) et la plus pauvres est Bemananteza dans le PN Tsimanampetsotsa (46 espèces). Les espèces communes à ces trois stations représentent 35 % (32 espèces) de la richesse spécifique de l'ensemble. L'avifaune de la RS Bezà Mahafaly est moyennement similaire avec celle de la parcelle 2 d'Andohahela (N<sub>1</sub> = 70, N<sub>2</sub> = 62, N<sub>1-2</sub> = 46 et P = 0,53). Elle est assez différente au peuplement avien dans la forêt de Bemananteza (N<sub>1</sub> = 70, N<sub>2</sub> = 46, N<sub>1-2</sub> = 35 et P = 0,43). On compte 20 espèces particulières de la RS Bezà Mahafaly. Il s'agit d'*Accipiter madagascariensis*, *Actitis hypoleucos*, *Apus barbatus*, *Artamella viridis*, *Asio madagascariensis*, *Bubulcus ibis*, *Butorides striatus*, *Casmerodius albus*, *Charadrius hiaticula*, *Coturnix coturnix*, *Egretta dimorpha*, *Gallinago macrodactyla*, *Himantopus himantopus*, *Ixobrychus minutus*, *Milvus aegyptius*, *Nycticorax nycticorax*, *Phalacrocorax africanus*, *Porphyryula alleni*, *Sarkidiornis melanotos* et *Scopus umbretta* (Annexe 12). Ces espèces sont rencontrées à Bezà Mahafaly lors de l'inventaire périodique. Trois explications pourraient être avancées pour expliquer l'absence de ces espèces dans la parcelle 2 d'Andohahela et à Bemananteza, soit l'espèce n'a jamais existé dans cet endroit, soit elle était présente mais a disparu suite à l'extinction locale ou enfin l'espèce est présente mais a échappé à l'observation lors de l'inventaire.



### II.2.2.2. Variation interannuelle de la diversité spécifique

Sur 66 inventaires ornithologiques effectués mensuellement dans la zone de Bezà Mahafaly, 45 espèces d'environ (moyenne mensuelle) pourraient être présentées simultanément dans la région. La variation mensuelle et interannuelle de la richesse spécifique est faible dans tous les biomes surtout dans la forêt xérophytique, à l'exception de la zone temporairement inondée d'Andraikera (Tableau 15). Cela pourrait expliquer par l'adaptation des espèces peuplant la forêt xérophytique aux conditions climatiques difficiles. En revanche, les oiseaux d'eau nicheurs à Andraikera sont sensibles à l'assèchement de ce milieu.

**Tableau 15: Variation temporelle de la richesse spécifique dans chaque site**

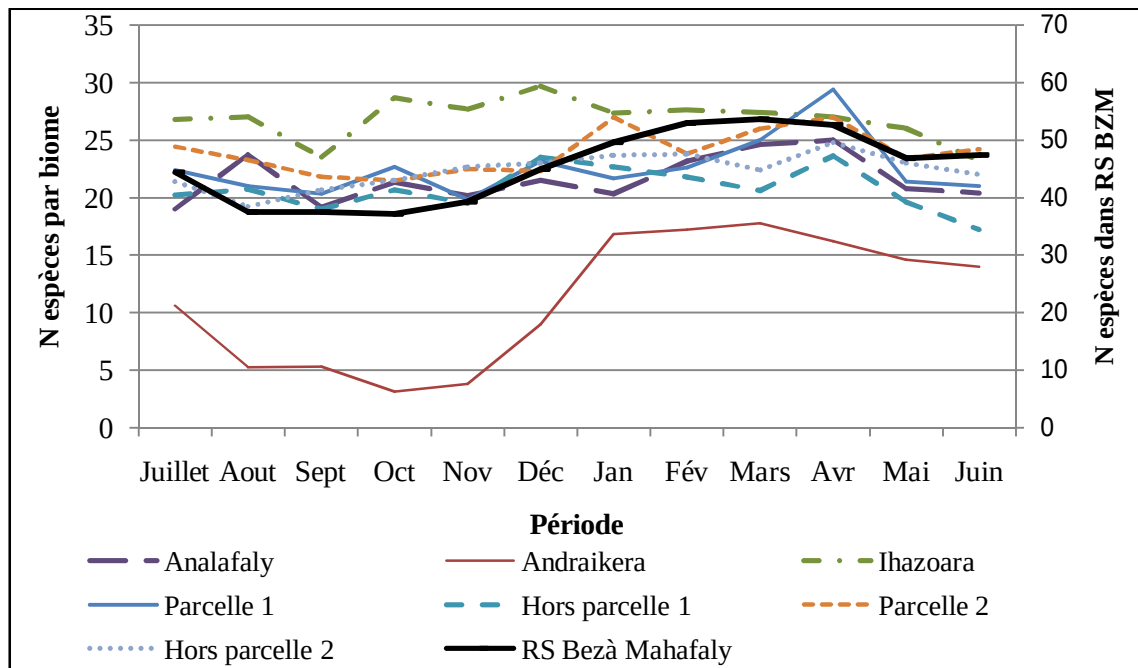
| Transects        | Nombre d'espèces annuelles |        | Nombre d'espèces mensuelles |        |
|------------------|----------------------------|--------|-----------------------------|--------|
|                  | Moyenne ( $n_1 = 6$ )      | CV (%) | Moyenne ( $n_2 = 66$ )      | CV (%) |
| Analafaly        | 40 ± 7                     | 17,50  | 21 ± 5                      | 22,48  |
| Andraikera       | 28 ± 8                     | 28,57  | 11 ± 6                      | 59,77  |
| Ihazoara         | 46 ± 4                     | 8,70   | 27 ± 5                      | 19,63  |
| Parcelle 1       | 43 ± 5                     | 11,63  | 22 ± 5                      | 20,79  |
| Hors parcelle 1  | 40 ± 6                     | 15,00  | 21 ± 4                      | 21,47  |
| Parcelle 2       | 42 ± 3                     | 7,14   | 24 ± 5                      | 20,20  |
| Hors parcelle 2  | 41 ± 6                     | 14,63  | 22 ± 4                      | 18,48  |
| RS Bezà Mahafaly | 67 ± 5                     | 7,46   | 45 ± 8                      | 17,08  |

$n_1$  : nombre d'années d'observations ;  $n_2$  : nombre de mois d'observations

Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012

### II.2.2.3. Saison de diversification de l'avifaune dans la RS Bezà Mahafaly

La courbe représentant le nombre moyen mensuel d'espèces présentes dans la région est quasiment parallèle à celle d'Andraikera et elle montre une variation annuelle (Figure 12). Elle accroît en novembre pour atteindre une valeur maximale de 54 espèces en mars et ensuite elle diminue jusqu'à une valeur minimale de 37 espèces en octobre. L'existence de l'eau à Andraikera de décembre à juillet entraîne alors la diversification des espèces dans la région en saison humide. Cette dernière est marquée par une disponibilité des ressources vitales des oiseaux d'eau ou terrestre. Les autres courbes restent plus ou moins stables tout au long de l'année. Cela pourrait expliquer par la faible variation de la nature de ces milieux à cause de la fonction régulation assurée par l'écosystème forestier permettrait aux espèces de s'y adapter.



**Figure 12: Variation saisonnière du nombre d'espèces présentes entre août 2006 à janvier 2012**

(Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012)

#### II.2.2.4. Tendence de la richesse spécifique

Les nombres des espèces présentes dans la première parcelle, deuxième parcelle, Andraikera ainsi que dans la Réserve et ses alentours ne présentent pas une tendance significative (Tableau 16). Les autres sites ont une tendance d'augmentation significative de la richesse spécifique. Cela permet de conclure que la richesse spécifique de l'avifaune dans le biome très particulier (forêt galerie, forêt xérophytique et lac) reste variable d'une année à l'autre. Tandis que l'avifaune dans les zones dégradées devient de plus en plus diversifiée car ces biomes hébergent des espèces forestière tolérant la perturbation et des espèces de zones ouvertes.

**Tableau 16: Signification de la tendance de la richesse spécifique mensuelle dans chaque site**

| Sites            | Test de corrélation de Kendall |     |       | Signification de la droite de tendance |       |
|------------------|--------------------------------|-----|-------|----------------------------------------|-------|
|                  | $\tau$                         | $n$ | $p$   | $a$                                    | $p$   |
| Analafaly        | 0,32                           | 66  | 0,000 | 0,12                                   | 0,000 |
| Andraikera       | -0,03                          | 66  | 0,700 | -                                      | -     |
| Ihazoara         | 0,24                           | 66  | 0,004 | 0,09                                   | 0,013 |
| Parcelle 1       | 0,03                           | 66  | 0,708 | -                                      | -     |
| Hors parcelle 1  | 0,21                           | 66  | 0,014 | 0,06                                   | 0,046 |
| Parcelle 2       | 0,11                           | 66  | 0,206 | -                                      | -     |
| Hors parcelle 2  | 0,35                           | 66  | 0,000 | 0,10                                   | 0,000 |
| RS Bezà Mahafaly | 0,15                           | 66  | 0,080 | -                                      | -     |

$\tau$  : coefficient de corrélation de Kendall ;  $n$  : nombre des mois d'observation ;  $p$  : p. value et  $a$  : pente de la droite de tendance.

### II.2.3. Abondances

#### II.2.3.1. Indice d'abondance des oiseaux dans les sites

Le nombre total moyen mensuel des oiseaux recensés dans les sept transects d'août 2006 à janvier 2012 est environ de 754 individus. La forêt xérophytique est la plus riche en oiseaux. Elle abrite 18, 50 % de la population avienne de la zone tandis que la forêt intermédiaire à tendance galerie est la plus pauvre avec une part de 11, 84 % par rapport au total. Cela pourrait expliquer par la caractéristique ouverte de la végétation dans la forêt xérophytique même à Andraikera qui permet d'augmenter le taux de détection des oiseaux. La taille de la population avienne dans la région ainsi que dans les transects est moins variée sauf dans le lac d'Andraikera (Tableau 17).

**Tableau 17: Indice d'abondance des oiseaux dans les biomes**

| Transects                      | Anal.  | And.    | Iha.    | P1     | HP1     | P2       | HP2      | Total    |
|--------------------------------|--------|---------|---------|--------|---------|----------|----------|----------|
| <b>Effectif moyen</b>          | 94 ±11 | 105 ±53 | 118 ±19 | 98 ±16 | 89 ± 14 | 140 ± 31 | 104 ± 18 | 754 ±126 |
| <b><i>n</i></b>                | 66     | 66      | 66      | 66     | 66      | 66       | 66       | 66       |
| <b>Pourcentage<sup>7</sup></b> | 12,48  | 13,90   | 15,71   | 13,06  | 11,84   | 18,50    | 13,79    | 100      |
| <b>CV (%)</b>                  | 11,81  | 50,52   | 15,66   | 16,06  | 15,68   | 22,35    | 17,63    | 16,69    |

Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012

Avec, Anal. : Analafaly ; And. : Andraikera ; Iha. : Ihazoara ; P1 : Première parcelle ; HP1 : Hors de la première parcelle ; P2 : Deuxième parcelle ; HP2 : Hors de la deuxième parcelle ; *n* : nombre de mois d'observations et CV : Coefficient de variation.

#### II.2.3.2. Abondance spécifique

Concernant l'abondance spécifique, la majorité des espèces à une aire de répartition restreint et espèces indicatrices de l'état de la forêt présentes à Bezà Mahafaly sont des espèces résidentes (AR < 2 %). *Coua gigas* appartient à cette catégorie. Toutefois, l'abondance relative moyenne de l'espèce forestière *Falcula palliata* est comprise dans la catégorie des espèces dominantes (AR > 5 %). Les deux espèces indicatrices de la dégradation (*Foudia madagascariensis* et *Nesillas typica*) et l'espèce envahissante (*Acridotheres tristis*) sont des espèces influentes (2 % < AR < 5%). Les quatre espèces à abondance relative nulle sont des espèces rares à Bezà Mahafaly. Elles sont absentes pendant la période d'étude. Ainsi, les espèces à CV supérieur à 30 % présentent une variabilité interannuelle en termes d'abondance (Tableau 18).

<sup>7</sup> : Pourcentage par rapport à l'effectif total (754 individus)

**Tableau 18: Abondance relative d'espèces indicatrice de l'état de santé de la forêt**

| Espèces                            | Effectif moyen ( $n = 66$ ) | CV (%) | AR (%) | Catégorie |
|------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|-----------|
| <i>Falcullea palliata</i>          | 51 ± 24                     | 47,1   | 5,17   | Dominante |
| <i>Nesillas typica</i>             | 1 ± 1                       | 100,0  | 4,71   | Influente |
| <i>Newtonia archboldi</i>          | 38 ± 22                     | 57,9   | 3,81   | Influente |
| <i>Foudia madagascariensis</i>     | 43 ± 21                     | 48,8   | 2,65   | Influente |
| <i>Acridotheres tristis</i>        | 19 ± 8                      | 42,1   | 2,81   | Influente |
| <i>Coua ruficeps</i>               | 10 ± 6                      | 60,0   | 1,30   | Résidente |
| <i>Ploceus sakalava</i>            | 29 ± 28                     | 96,6   | 0,97   | Résidente |
| <i>Vanga curvirostris</i>          | 1 ± 2                       | 200,0  | 0,77   | Résidente |
| <i>Accipiter madagascariensis</i>  | 4 ± 2                       | 50,0   | 0,62   | Résidente |
| <i>Coua gigas</i>                  | 3 ± 1                       | 33,3   | 0,21   | Résidente |
| <i>Newtonia archboldi</i>          | 38 ± 22                     | 57,9   | 0,16   | Résidente |
| <i>Thamnornis chloropetoides</i>   | 0                           | 0      | 0      | Rare      |
| <i>Coua cursor</i>                 | 0                           | 0      | 0      | Rare      |
| <i>Xenopirostris xenopirostris</i> | 0                           | 0      | 0      | Rare      |
| <i>Cyanolanius madagascarinus</i>  | 0                           | 0      | 0      | Rare      |

Source : Données de suivi ornithologique du CFR-Bezà Mahafaly, 2012

#### II.2.3.3. Tendence de l'abondance des oiseaux

La tendance de diminution de l'indice d'abondance des oiseaux dans la région de Bezà Mahafaly durant la période d'août 2006 à janvier 2012 est hautement significative ( $\tau = -0,568$ ,  $n = 66$  ;  $p < 0,0001$  et  $a = -13$ ). Il y a donc une diminution de la taille de la population au niveau de la communauté aviaire dans la RS de Bezà Mahafaly c'est-à-dire un décroissement du nombre des oiseaux présents par mois dans le site.

De plus, au niveau spécifique, 16 espèces présentent une tendance linéaire significative en indice d'abondance moyen annuel durant la période d'étude (Tableau 19 ; Annexe 8). Parmi eux, dix espèces sont en diminution en nombre d'individus. Par contre, trois espèces connaissent une augmentation en abondance. Trois des espèces à une aire de répartition restreinte (*Accipiter madagascariensis*, *Falcullea palliata* et *Newtonia archboldi*) et une espèce indicatrice du milieu dégradé (*Foudia madagascariensis*) présentent une tendance significativement négative c'est-à-dire une diminution en nombre d'individus. Donc, ni dégradation, ni amélioration de l'état de santé de la forêt n'a été conclue car les espèces indicatrices du milieu sont en diminution.

**Tableau 19: Liste des espèces présentant un indice d'abondance moyen annuel à tendance significative**

| <b>Espèces en diminution</b>        | <b><math>\tau</math></b> | <b><i>n</i></b> | <b><i>p</i></b> |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| <i>Accipiter madagascariensis</i> * | -1,00                    | 5               | 0,017           |
| <i>Centropus toulou</i>             | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Copsychus albospectularis</i>    | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Coracina cinerea</i>             | -1,00                    | 5               | 0,017           |
| <i>Corvus albus</i>                 | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Dicrurus forficatus</i>          | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Egretta dimorpha</i>             | -0,95                    | 5               | 0,020           |
| <i>Falcullea palliata</i> *         | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Foudia madagascariensis</i> **   | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Nectarinia souimanga</i>         | -1,00                    | 6               | 0,003           |
| <i>Neomixis tenella</i>             | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Newtonia archboldi</i> *         | -0,87                    | 6               | 0,017           |
| <i>Porphyrylla alleni</i>           | -1,00                    | 5               | 0,017           |
| <b>Espèces en augmentation</b>      | <b><i>r</i></b>          | <b><i>n</i></b> | <b><i>p</i></b> |
| <i>Anas erythrorhyncha</i>          | 0,84                     | 5               | 0,040           |
| <i>Anastomus lamelligerus</i>       | 0,84                     | 5               | 0,040           |
| <i>Ardea cinerea</i>                | 0,84                     | 5               | 0,040           |

\* : espèces à une aire de répartition restreinte ; \*\* : espèces indicatrices du milieu dégradé ;  $\tau$  : coefficient de corrélation de Kendall ; *n* = nombre d'année d'observation et *p* = p. value.

## II.3. Influence du climat sur l'avifaune

### II.3.1. Climat et migration

L'analyse de corrélation des paramètres climatiques avec la période d'arrivée, la période de départ et la durée de séjours des espèces migratrices par le biais de test de corrélation de Spearman ne présente pas une relation significative ( $p > 0,05$ ) (Annexe 9 pour résultats statistiques). D'où, le climat n'affecte pas encore la chronologie de migration des oiseaux dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Les paramètres climatiques considérés sont les précipitations/températures locales pendant le mois d'arrivé, le mois de départ et la moyenne durant la période de visite de l'espèce à Bezà Mahafaly.

### II.3.2. Climat et richesse spécifique

L'analyse de la corrélation de Pearson entre le nombre moyen mensuel d'espèces présentes allant d'août 2006 à janvier 2012 et la pluie moyenne mensuelle pendant cette période montre qu'il n'y a pas de relation significative entre ces deux paramètres (Tableau 20). En revanche, une relation significativement positive a été détectée entre le nombre d'espèces et le nombre moyen de jour de pluie. Toutefois, la corrélation ne représente que 23 %, donc faible. La richesse spécifique n'est pas alors influencée par la quantité de pluie mais elle est en relation avec la répartition de pluie. La présence de l'eau dans les galeries des rivières (Ihazoara et Andreharata), dans le lac d'Andraikera pendant une longue période de l'année et le régime souterrain de la rivière Sakamena en approvisionnant la plante en eau pendant période sèche permettent aux espèces aquatiques ou non de s'adapter au déficit pluviométrique. Malgré cela, les espèces terrestres ont besoin d'eau pour boire. Par conséquent,

l'irrégularité de pluie déshydrate les oiseaux et finit par un déplacement d'espèces vers d'autres sites afin de satisfaire ses besoins.

D'ailleurs, aucune corrélation significative n'a été trouvée entre la richesse spécifique et la température moyenne ainsi que la richesse spécifique et température maximale. Par contre, une corrélation significativement positive mais faible a été détectée entre la diversité spécifique et la température minimale. C'est-à-dire une augmentation du nombre des espèces présentes dans la région correspond à un accroissement de la température minimale. Certaines espèces ne supporteraient pas le climat frais, alors, elles abandonnent la région ou elles hibernent pendant la saison fraîche.

**Tableau 20: Relation entre le nombre d'espèces présentes et les paramètres climatiques**

| Paramètres climatiques   | <i>r</i> | <i>n</i> | <i>p</i> |
|--------------------------|----------|----------|----------|
| Précipitations           | 0,19     | 64       | 0,138    |
| Nombre de jour de pluies | 0,23     | 64       | 0,031    |
| Température moyenne      | 0,09     | 64       | 0,481    |
| Température maximale     | -0,43    | 64       | 0,304    |
| Température minimale     | 0,28     | 64       | 0,026    |

### II.3.3. Climat et abondance

Lest de corrélation de Pearson montre qu'aucune relation significative n'est existée entre les paramètres climatiques (précipitations et température moyenne) et l'indice d'abondance des oiseaux dans la RS de Bezà Mahafaly et ses alentours (Précipitations :  $r = -0,07$  ;  $n = 64$  et  $p = 0,595$ / nombre du jour de pluie :  $r = -0,05$  ;  $n = 64$  et  $p = 0,685$ / Température :  $r = -0,16$  ;  $n = 64$  et  $p = 0,219$ ). Le climat n'affecte pas alors la taille de la population aviaire dans la Réserve.

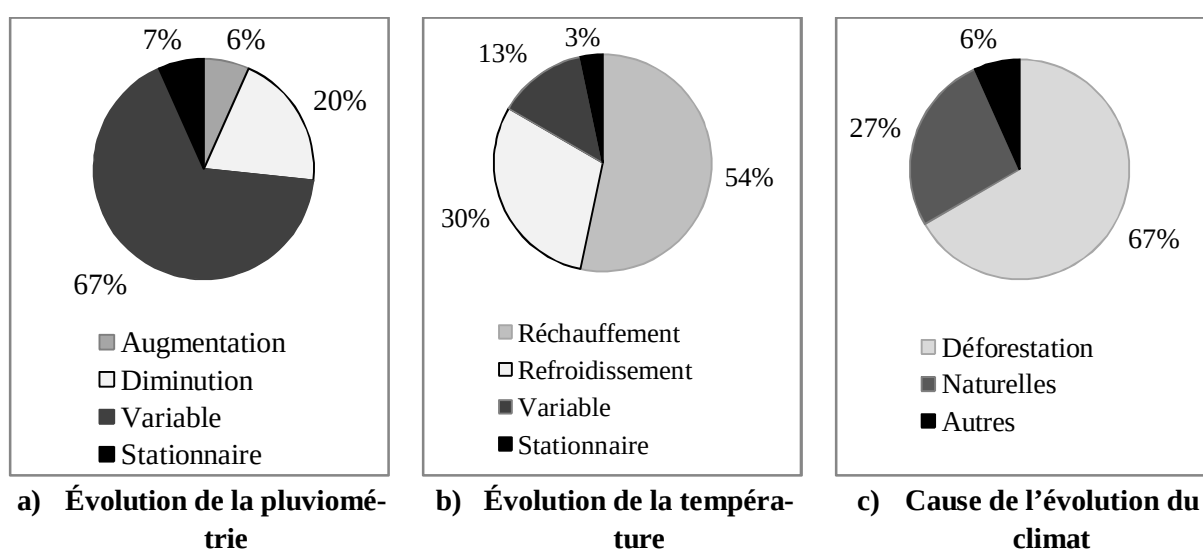
Spécifiquement, l'indice d'abondance de trois sur 15 espèces indicatrices de l'état du milieu présente une corrélation significative mais faible avec la température et ou les précipitations (cf. Annexe 10 pour les résultats statistiques). L'indice d'abondance des deux espèces indicatrices du milieu dégradé a une relation avec la température mais leurs réponses sont différentes. En effet, l'augmentation de la température accroît la population de *Nesillas typica* (Indice d'abondance-  $T_{moy}$  :  $r = 0,27$  ;  $n = 64$  et  $p = 0,033$ ). Inversement, une augmentation de la température diminue la population de *Foudia madagascariensis* (Indice d'abondance-  $T_{moy}$  :  $r = -0,33$  ;  $n = 64$  et  $p = 0,007$ ). Ainsi, *Thamnornis chloropetoides*, espèce forestière indicatrice du bon état de la forêt, préfère la pluie fréquente pour vivre (Indice d'abondance-nombre de jours des pluies :  $r = 0,29$  ;  $n = 64$  et  $p = 0,021$ ). Un climat chaud à des pluies fréquentes est favorable à la production des plantes (feuillaison et fructification) et au développement des insectes. Par ailleurs, le climat n'affecte ni l'abondance d'*Acridothores tristis* ni celle de *Coua gigas*.

### II.3.4. Perception de la population locale sur l'évolution du climat et son influence sur l'oiseau

Sur les 30 personnes enquêtées, la majorité ont constaté que les précipitations sont variables. Elles se caractérisent par l'irrégularité des pluies pendant l'année, l'alternance des années humides et sèches (intervalle 2 à 3 ans) avec une domination des années sèches (Figure 13-a). Plus de la moitié des paysans ont affirmé que la température dans la région a une tendance à se réchauffer (Figure 13-b). Ce changement a été noté depuis 1980. Deux tiers des enquêtés ont dit que ce changement est dû à la déforestation notamment le défrichement (*tetikala*) pour le besoin de terrain de culture (Figure 13-c). Et les autres ont considéré que la défaillance climatique est un phénomène naturel.

Selon les villageois, le climat influe sur la communauté aviaire par l'affectation des ressources vitales. La sécheresse entraîne la diminution de la potentialité productive de la forêt en fleurs, fruits, insectes, etc. Face à ce problème, des espèces d'oiseaux d'eau se déplacent vers le fleuve d'Onilahy et des espèces spécialistes forestières se déplacent vers une formation composée par des espèces à feuilles persistantes pour profiter des ombrages. Certains enquêtés remarquent que le passage de *Galinula chloropus* dans la région signifie l'abondance des pluies après deux ou trois jours. De même, l'entente de cri de *Cuculus rochii* marque la saison de pluies.

D'après quelque villageois, certaines espèces d'oiseaux ont une population en diminution. Il s'agit de *Pterocles personatus*, *Polyboroides radiatus*, *Treron australis*, *Leptosomus discolor* et *Coracopsis* sp. *Lophotibis cristata* n'est plus observé dans la région. Par contre, *Acridotheres tristis* est devenue de plus en plus abondante en particulier à côté des villages. La raison de ces évolutions reste mal comprise par les paysans.



**Figure 13: Perception villageoise sur l'évolution du climat**

Source : Enquête menée sur 30 personnes habitants dans les trois villages périphériques de la RS Bezà Mahafaly en 2012.

*Discussions*  
&

*Récommandations*



*Xenopirostris xenopirostris*



### III. Discussions et recommandations

#### III.1. Discussions

##### III.1.1. Limites méthodologiques

###### III.1.1.1. Données climatiques

Les données climatiques utilisées ont servi à la caractérisation du climat dans le temps. La longueur de la série des données sur les précipitations a constitué une information relativement fiable pour estimer le bilan pluviométrique ainsi que son évolution dans le temps car elle est largement supérieure à 30 ans qui est la norme météorologique (Kouassi *et al.*, 2010). Néanmoins, la différence du climat au niveau des stations a empêché de considérer les données comme une série chronologique continue. En effet, le découpage de la série, en deux sous séries, selon l'origine des données a été effectué : période de 1928 à 1995 et de 1999 à 2011.

La courte durée de suivi climatique à Bezà Mahafaly n'a permis que de caractériser la température dans cette région pendant douze années d'étude. Sa projection dans le futur n'est pas plausible. Ainsi, des ruptures d'observations ont été produites lors de suivi. En effet, les valeurs manquantes ont été estimées par la médiane. Cette valeur de la médiane ne correspondrait pas forcément à la valeur réelle.

###### III.1.1.2. Données ornithologiques

Au cours de six années de suivi ornithologique, les inventaires ont été faits par une même personne en utilisant une seule méthode de comptage et sur les transects permanents. Les techniques de collecte des données sont alors plus ou moins identiques au cours des inventaires, ce qui augmenterait la cohérence des données. De plus, le comptage par transect est assez complet pour avoir les bases des données quantitatives (Bibby *et al.*, 1993). Il a été complété par l'observation générale qui augmente la fiabilité des données surtout le nombre d'espèces présentes.

Toutefois, des interruptions pendant deux observations non consécutives ont été produites lors de la période d'étude. Ces valeurs manquantes ont été comblées par la médiane de deux observations antérieures et postérieures. Ainsi, une durée d'étude de six ans n'est pas suffisante pour confirmer l'évolution temporelle de la richesse spécifique, de l'indice d'abondance des espèces ainsi que le mouvement des espèces migratrices.

###### III.1.1.3. Descente sur terrain

La difficulté rencontrée lors du travail sur terrain réside sur l'inventaire de l'avifaune. Il y a l'augmentation du niveau de l'eau de rivière faisant un obstacle à l'inventaire de l'avifaune dans les transects se trouvant de l'autre côté de la rivière Sakamena, il fallait attendre sa diminution, quelquefois après trois jours.

En outre, les cris des animaux très mélangés ont rendu difficile la détermination des espèces d'oiseaux à voix faibles et leurs effectifs. Toutefois, cette difficulté a pu être remédiée en réduisant la vitesse de marche, même en restant sur un point pendant plusieurs minutes pour identifier un à un les oiseaux qui ont émis de cri.

#### **III.1.1.4. Traitement des données**

Même si le test de corrélation de Kendall est un test non paramétrique, jugé comme faible, sa robustesse a été validée par plusieurs essais de comparaison (Yue *et al.*, 2004 ; OTHU, 2011). Donc, l'analyse de la tendance linéaire (à la hausse ou à la baisse) sur une série chronologique est fiable.

L'insuffisance de connaissance sur la période de migration des espèces à Bezà Mahafaly rend difficile voir même pourrait fausser le choix de la température/précipitation locale d'arrivée, de départ et de résidence des espèces. Ce problème est plus accentué pour les espèces migratrices internes.

### **III.1.2. Caractéristiques du climat**

#### **III.1.2.1. Variabilité de la pluviométrie**

Dans l'ensemble, le climat de Madagascar est conditionné par quatre facteurs : sa position géographique, son relief, l'influence maritime et le régime des vents (Rabefitia *et al.*, 2008). La variation temporelle et spatiale de ces facteurs cause les conditions climatiques très variées que l'on rencontre sur l'île.

La saison humide dans la région de Bezà Mahafaly selon l'étude menée par Rasamimanana (2011) et celle de la présente étude dure respectivement cinq mois et quatre mois. En outre, la première a indiqué que la série pluviométrique de 1999 à 2010 présente une rupture en 2007 avec un excès d'humidité avant ce période tandis que la deuxième n'a le détecté pas. Cela pourrait dû à un excès pluviométrique en 2010-2011 qui augmente la moyenne interannuelle des précipitations de 2007 à 2011 et entraine une différence non significative de la moyenne de deux segments (1999-2007 et 2007-2011). Ces différences des résultats confirment la variabilité temporelle du climat dans la région. Le phénomène d'El Niño alterné avec les cyclones tropicaux pourrait constituer un des facteurs de variabilité interannuelle de la pluviométrie à Bezà Mahafaly. D'une part, bien qu'une forte pluie se coïncide avec El Niño à Madagascar (Jury, 2003), certaines régions de l'île ont subi d'une sécheresse pendant ou après son passage comme dans les pays sud africains (Thomson *et al.*, 2003 ; Ingram et Dawson, 2004). La partie Sud de Madagascar rejoint cette région. De ce fait, El Niño semble aggraver la sécheresse dans le Sud de l'île pendant et après le pic de son passage (Dewitte, 2001). Par exemple, le fort phénomène d'El Niño en 1982-1983 et en 1994-1995 était accompagné par la sécheresse dans la partie Sud de l'île respectivement en janvier à août 1983 et en 1995 (WMO, 1998). Selon les résultats de présente étude, l'année 1982-1983 correspond à une sécheresse forte de 43 % tandis que l'année 1994-1995 coïncide avec une humidité modérée à cause de forte pluie en 1994 qui a compensée le déficit de 17 % en 1995. Ceci confirme donc que le phénomène El Niño entraine le déficit pluviométrique à Bezà Mahafaly.

D'autre part, le passage des cyclones tropicaux constitue la source des précipitations dans les régions semi-arides y compris la région Sud ouest de Madagascar (Raholijao, 2009). Les trois passages des cyclones pendant une année en 1970-1971 et en 1974-1975 ont apporté un excès d'humidité respectivement égale à 34 % et 43 %. De même, l'excès d'humidité de 50 % en 1980-1981 et en 1993-1994 est la conséquence de deux passages cycloniques pendant l'année. Or, l'activité cyclonique est relativement faible sur Madagascar en période El Niño (Raholijao, 2009). Donc, l'alternance de phénomène d'El Niño et des perturbations cycloniques entraînerait la variabilité des précipitations dans la région de Bezà Mahafaly. C'est-à-dire le déficit pluviométrique causé par le passage de phénomène d'El Niño pourrait être complétée par l'excès d'humidité apporté par les cyclones. Cela traduit une tendance stationnaire de la série pluviométrique. Cette dernière est conforme à l'observation de Rabefitia et Andriamampianina en 1999 dont la tendance de la série pluviométrique à Tuléar restait stationnaire durant 1961 à 1990 à cause de la variation des précipitations à plus courte durée.

### **III.1.2.2. Changement de la température**

La tendance de la température dans la région de Bezà Mahafaly de 1999 à janvier 2012 montre une diminution de 0,09 °C/an de la température moyenne journalière et 0,33°C/an celle de la maximale. La température minimale augmente de 0,15 °C/an. Tout cela induit à un fort décroissement de l'amplitude thermique de 0,52 °C/an. Ces résultats sont conformes à l'étude faite par Rasamimanana (2011) mais l'estimation du seuil de variation annuelle ne fait pas parti de l'objet de son étude. Bezà Mahafaly a subit alors des changements du climat vers un refroidissement en général et vers une diminution de l'écart des températures minimales et maximales journalières. Ces changements pourraient être caractérisés par un refroidissement du jour et un réchauffement de la nuit car la température la plus basse s'observe fréquemment à 3 h et la température plus haute est enregistrée à 13 h (Rabefitia, 2009). L'observation de Tadross *et al.* (2008) a confirmé cette augmentation de la température minimale. Elle stipule qu'il y a eu une augmentation des températures minimales journalières dans toute l'île pendant la période de 1961 à 2005. D'après ces auteurs, cet accroissement est estimé à 0,03 °C/an pour Tuléar. Donc, la tendance de la température minimale est analogue avec celle de la présente étude. Toutefois, le seuil d'augmentation est largement différent à cause de la différence de la période d'étude, de la longueur de série et de la station d'observation. La tendance de diminution des températures (maximale et moyenne) à Bezà Mahafaly sont inverse à celle de Tuléar. Cette dernière a connu une augmentation de 0,04 °C/an de la température maximale journalière (Tadross *et al.*, 2008). Pour la température moyenne journalière, la Direction Générale de Météorologie en 2008 a conclu qu'une tendance d'augmentation de la température moyenne de l'air a été observée sur l'ensemble du territoire malgache entre 1961 et 2005 (Rabefitia *et al.*, 2008). Conséquemment, les changements de la température journalière seraient un changement du climat durant cette courte période d'étude seulement ou spécifique à Bezà Mahafaly.

Le résultat statistique de suivi climatique annonçant la tendance de refroidissement du climat de Bezà Mahafaly est contraire au résultat de l'enquête auprès des villageois. Ceci pourrait expliquer par la différence de l'année de référence. Pour cela, entant que suivi périodique, il consiste à analyser

l'évolution interannuelle du climat de 1999 à 2011. Tandis que la perception villageoise se base sur la comparaison du climat pendant l'année 80 avec le climat actuel. Donc, il est possible que l'année 80 soit plus froide qu'actuelle. D'ailleurs, il est difficile pour un être humain de constater et de mémoriser une variation de température de l'ordre de 0,09°C/an. D'autre part, cette différence peut être causée par l'erreur d'échantillonnage notamment l'insuffisance du nombre d'échantillon (la taille de l'échantillon n'est que 30 personnes).

En somme, le climat de Betioky Atsimo y compris la RS de Bezà Mahafaly présente une variabilité temporelle des précipitations qui est caractérisée par l'alternance des périodes humides et des périodes sèches. De plus, le climat de Bezà Mahafaly tend à se refroidir avec une diminution de la variation journalière. En effet, l'hypothèse stipulant que « le climat de la région de Bezà Mahafaly reste variable » a été acceptée en particulier pour les précipitations mais elle a été rejetée pour la température.

### III.1.2.3. Cyclone tropicale

Le nombre des cyclones qui touchent le pays annuellement (toutes intensités confondues) n'a pas changé mais leur intensité a nettement augmenté depuis 1990 (Rabefitia *et al.*, 2008). En effet, cette observation reste valable pour le cas de la Région Atsimo Andrefana pendant la période de 1959 à 2012 car cinq parmi les onze perturbations cycloniques ayant touché cette région de 2005 à 2012 sont des cyclones tropicaux intenses ou CTI (Tableau 21).

Les cyclones pénètrent très souvent sur la côte Est de Madagascar suivant une direction vers ouest. Selon la simulation des trajectoires des cyclones dans le bassin Sud-ouest de l'Océan Indien pendant 50 ans, les cyclones touchant Madagascar ont une tendance de se déplacer légèrement leurs trajectoires vers le nord (Rabefitia *et al.*, 2008). Or, en pénétrant à l'intérieur des terres, ils perdent de leur virulence mais continuent à déverser des pluies assez fortes pendant plusieurs jours, provoquant souvent les crues des rivières et des inondations (BNGRC, 2011). Donc, les cyclones sont perçus comme des sources de pluies dans la Région Atsimo Andrefana vue sa sécheresse, et l'impact du vent les apporté saurait moins considérer comme un dégât catastrophique. Exemple, en 2004-2005, quatre jours de passage de deux cyclones (Ernest et Felapi) ont apporté 25% des pluies du total annuel.

**Tableau 21: Les cyclones ayant intéressé la région Atsimo Andrefana de 2005 à 2012**

| Années climatiques | Nom des cyclones |                |          |
|--------------------|------------------|----------------|----------|
|                    | TTM              | FTT            | CTI      |
| 2005-2006          | -                | -              | Boloetse |
| 2007-2008          | Elnus            | Fame           | Jokwe    |
| 2008-2009          | -                | Izilda         | Fanele   |
| 2009-2010          | -                | Hubert et Joel | -        |
| 2010-2011          | -                | -              | Bingiza  |
| 2011-2012          | Chanda           | -              | Giovanna |

Source : Service Météorologique d'Ampandrianomby, 2012

TTM : Tempête Tropicale Modérée ; FTT : Forte Tempête Tropicale et CTI : Cyclone Tropicale Intense

### III.1.3. Influence du climat sur la migration des oiseaux

La présente étude montre qu'il y a une variabilité temporelle et spécifique de la période de migration des espèces non nicheuses à Bezà Mahafaly. Pourtant, elle met en lumière que les oiseaux migrateurs s'épanouissent dans la région durant la saison humide (décembre à mars) pendant laquelle le climat est chaud et humide et par conséquent les ressources vitales (nectar, fruits) sont abondantes. La condition de sécheresse dans la région aride pourrait constituer la principale motivation des oiseaux à se déplacer vers d'autres régions afin d'y trouver des conditions plus favorables à leur développement (Boere et Dodman, 2009). Elle pourrait provoquer le raccourcissement de la durée de séjour des espèces voire même l'annulation de la visite de l'espèce dans la région.

Cependant, la date d'arrivée et de départ des espèces restent variables. Seul *Falco eleonora*, migratrice de longue distance, tend à raccourcir la durée de séjours à Bezà Mahafaly. Cela serait dû à la faible adaptation de cette espèce aux changements de l'environnement à cause de sa capacité limitée à résoudre des problèmes (Filippi-Codaccioni, 2009). Par conséquent, cette espèce est plus affectée par une telle asynchronie de phénologie. Dans l'autre cas, le réchauffement de l'hiver dans l'hémisphère Nord (IPCC, 2001) permettrait aux espèces migratrices, dus aux froids comme *Falco eleonora*, d'y rester plus long temps (Archaux, 2003).

Le climat n'affecte ni la variabilité de la date d'arrivée et de départ, ni le raccourcissement de la durée de séjours de *Falco eleonora* à Bezà Mahafaly. Donc, la deuxième hypothèse concernant « la variation ou changement du climat entraîne le changement de la date de la migration des oiseaux migrateur » a été infirmée. Ce qui signifie que la variabilité de la pluviométrie et le changement de la température à Bezà Mahafaly n'ont pas d'impact direct sur la chronologie de migration des espèces.

Conséquemment, les facteurs climatiques à Bezà Mahafaly uniquement ne permettent pas d'expliquer la variation du mouvement de migration des espèces. La chronologie de migration des oiseaux dépend aussi des conditions climatiques dans le site de nidification et le site de non nidification en affectant directement sur le comportement des oiseaux ainsi que la disponibilité des ressources vitales. L'étude de mouvement de migration ne se limite pas alors uniquement aux conditions climatiques dans un site mais il faut considérer aussi les autres paramètres écologiques des différentes zones visitées par l'espèce lors de son voyage.

### III.1.4. Influence du climat sur la richesse spécifique

Le nombre des espèces présentes diminue lorsque les pluies sont mal réparties ou la température minimale diminue. Ce résultat est comparable avec l'observation fait par Andrianarivony en 2005. Ce dernier a trouvé que la richesse spécifique est moins élevée à Bezà Mahafaly en mois sec et frais<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Mois sec et frais : en août durant lequel la moyenne interannuelle de la température minimale est de 7,9 °C

par rapport en mois chaud et humide<sup>9</sup>. Cette variation résulte de l'effet direct du climat sur le comportement des espèces ou indirect par la modification de l'habitat, la disponibilité des ressources vitales (Butler et Taylor, 2005). En outre, les précipitations sont déterminantes dans le déclenchement des déplacements des espèces d'oiseaux en Afrique, et les pluies erratiques se traduisent par un comportement nomade ou semi-nomade des espèces d'oiseaux (Boere et Dodman, 2009). Autrement dit, la sécheresse dans les régions semi aride entraîne la perte d'habitat des espèces d'oiseaux surtout aquatiques, la raréfaction de la nourriture et suivi par l'abandon du milieu des espèces résidentes pendant la saison sèche. Cela pourrait observer pour les oiseaux d'eaux peuplant dans les zones temporairement inondées d'Andraikera et au bord de la rivière Sakamena. La population locale observe que ces espèces s'émigrent vers la fleuve Onilahy ou vers le lac Matsay, situé à 8 km au nord de la Réserve, pour satisfaire ses besoins. En effet, la diminution du nombre d'espèces pendant l'hiver pourrait être liée avec l'absence des espèces migratrices ainsi que des espèces qui dépendent étroitement avec les ressources aquatiques dans cette région. Et la tendance d'augmentation de la température minimale dans la RS Bezà Mahafaly pourrait attirer des nombreuses espèces pour rejoindre la région.

Donc, l'hypothèse avançant « la variation ou le changement du climat modifie la structure de la communauté aviaire dans la RS de Bezà Mahafaly » a été acceptée pour la richesse spécifique. Ce qui signifie que l'augmentation de la température minimale pourrait avoir des effets positifs sur la composition spécifique de l'avifaune dans la région surtout dans les biomes dégradés à une tendance d'augmentation de la richesse spécifique des oiseaux. Et la variabilité de la pluviométrie entraîne la variation de la richesse spécifique dans les autres biomes.

### III.1.5. Influence du climat sur l'abondance

L'abondance de la population des oiseaux dans la Réserve présente une variabilité spatiale et elle tend temporellement vers une diminution. Cette tendance pourrait être vérifiée par l'importance du nombre des espèces en diminution par rapport au nombre des espèces en augmentation (treize contre trois espèces). Le succès de reproduction et le taux de survie des adultes sont les deux variables contrôlant les variations temporelles du nombre d'individus (Crick, 2004). En effet, des études ont été menées sur la relation entre les précipitations et la taille de la population aviaire dans différentes régions du monde (Faaborg *et al.*, 1984 ; Altwegg et Anderson, 2009 ; Butler et Taylor, 2005). Pour cela, une corrélation significativement positive entre les précipitations et le succès de reproduction des oiseaux dans la forêt sèche de Porto Rico (Faaborg *et al.*, 1984). De même, la taille de la population d'*Anthropoides paradiseus*, espèce endémique dans la zone aride de l'Afrique du Sud, accroît avec l'augmentation des précipitations (Altwegg et Anderson, 2009). De plus, une température plus basse

---

<sup>9</sup> Mois chaud et humide : en janvier durant lequel la moyenne interannuelle de la température minimale est de 19,4 °C

diminue la densité des espèces résidentes en Europe surtout les espèces de petite taille (Forsman et Mönkkönen, 2003). Mais, une augmentation anormale de la température entraîne un décroissement du nombre d'individus des oiseaux en France (Jiguet *et al.*, 2006). En somme, une haute variation de la température augmente la dépense énergétique des oiseaux et elle affecte ensuite la survie de l'animal et la production d'œufs qui aboutissent à l'échec de reproduction (Pendlebury *et al.*, 2004). Ce n'est pas le cas de la présente étude, la diminution de l'abondance des oiseaux dans la RS de Bezà Mahafaly n'est pas en relation avec les paramètres climatiques. Cela peut être expliqué par les deux causes suivantes. La diminution de la population d'une espèce pour une condition donnée est compensée par une augmentation de la population des autres espèces car la réponse des espèces aux variations du climat n'est pas la même. Par exemple, l'augmentation de la température entraîne la diminution de l'abondance de *Foudia madagascariensis*, mais elle augmente la population de *Nesillas typica*. Donc, la troisième hypothèse avançant « la variation ou le changement du climat modifie la structure de la communauté aviaire dans la RS de Bezà Mahafaly » a été acceptée pour la densité de la population de trois espèces indicatrices du milieu à savoir *Nesillas typica*, *Thamnornis chloropetoides* et *Foudia madagascariensis*. Mais elle a été rejetée pour la densité de l'ensemble de la population des oiseaux dans la Réserve. Elle est donc partiellement confirmée. Ce qui signifie que la diminution de la population des oiseaux dans la région serait en relation avec d'autres facteurs, tels actions anthropiques en particulier la chasse et la destruction de l'habitat.

Par ailleurs, l'abondance d'*Acridotheres tristis* qui est une espèce influente dans la région ne connaît ni augmentation ni diminution et elle n'est pas en relation avec le climat même si cette espèce exotique est considérée comme envahissante à Madagascar. Donc, l'envahissement de cette espèce ne présente pas une catastrophe sur l'avifaune dans la forêt de Bezà Mahafaly car ce passereau se trouve en abondance dans les bois clairsemés, les champs et autour des habitations (Langrand, 1990). L'étude d'évolution de la population d'*Acridotheres tristis* ne doit pas alors mener à l'intérieur de forêt mais dans les villages.

La présente montre aussi que la densité de la population de *Coua gigas* reste variable avec une légère diminution non significative ( $\tau = -0,60$  ;  $n = 5$  et  $p = 0,233$ ). Cette espèce peut s'adapter dans plusieurs habitats, du niveau de la mer jusqu'à environ 1 250 mètres d'altitude, elle apprécie les forêts d'arbres à feuilles caduques, les zones de buissons, les forêts-galeries, etc. (Raherilalao et Goodman, 2011). Elle persiste dans des petits fragments de forêts qui n'ont parfois que quelques hectares de superficie. Elle tolère donc la dégradation de l'habitat (Raherilalao et Goodman, 2011). Mais, la cause du léger déclin de cette espèce est la chasse et le braconnage et le prédateur naturel notamment *Boa dumerili*. C'est pour cette raison que *Coua gigas* est classé par Birdlife comme de « préoccupation mineure » (Gill et Donsker, 2011). L'abondance de *Coua gigas* à Bezà Mahafaly n'est pas associée aux paramètres climatiques. Le climat n'affecte pas alors directement la taille de la population de cette espèce car son régime alimentaire se base principalement d'insectes et d'arthropodes terrestres (Langrand, 1990) qui sont indirectement influencée par le climat.

### III.1.6. Relation entre climat- ressources vitales et la communauté aviaire

Le climat affecte indirectement la distribution et l'abondance des oiseaux par l'intermédiaire de la disponibilité des ressources vitales (Butler et Taylor, 2005). Car le succès de la reproduction et la survie des oiseaux sont conditionnés aussi par la disponibilité en quantité et en qualité de la nourriture (Crick, 2004). En effet, la densité des espèces quelconques soit son guilda a une corrélation positive avec les précipitations mais le moment de réponse aux conditions climatiques se retarde plus le niveau trophique augmente (Faaborg *et al.*, 1984). Pour ces auteurs, puisque les nectarivores et les frugivores (consommateurs des fruits et graines) sont des consommateurs primaires, leurs abondances sont influencées par la floraison et la fructification résultant des précipitations de l'année précédente. Pour le cas des insectivores, leurs abondances dépendent des précipitations pendant les six premiers mois de la deuxième année précédente, car le climat affecte d'abord directement ou indirectement les insectes, puis ces derniers passent son propre cycle de vie et enfin consommés par les oiseaux (Faaborg *et al.*, 1984).

Dans le cas de Bezà Mahafaly, puisque la plupart des oiseaux sont insectivores et granivores (Ratsirarson *et al.*, 2001) et la phénologie des plantes dépend du climat (Rasamimanana, 2011), c'est l'effet du climat sur les ressources vitales (habitat et nourritures) qui pourrait expliquer la variation temporelle de la richesse spécifique et de la densité des espèces. Pour cela, l'apparition des feuilles est liée significativement avec l'augmentation des précipitations ou celle de la température et les fruits sont abondants quand la température augmente mais toujours après une bonne pluie (Rasamimanana, 2011). Les feuilles et les fruits sont alors abondants en saison humide qui correspond à la saison d'abondance des oiseaux dans la Réserve car ces ressources sont très importantes au développement des oiseaux. La biomasse foliaire sert à l'abri des oiseaux contre l'insolation intensive et les fruits constituent l'alimentation des oiseaux. Donc, la variation dans le temps du climat influe la phénologie des plantes et effectivement la disponibilité des ressources vitales des oiseaux. En effet, le déficit pluviométrique ou l'excès de froid entraînent la dégradation du milieu (assèchement des zones inondées et ouverture de la canopée de la forêt) et la raréfaction de la nourriture et finir par le déplacement des espèces/individus vers une autre région ou la mort de l'individu. L'avifaune de la région de Bezà Mahafaly est alors vulnérable à la variabilité pluviométrique et au changement de la température. En effet, la considération de l'impact climatique sur l'abondance des ressources vitales entrant dans la chaîne trophique des oiseaux s'avère important pour vérifier la troisième hypothèse.



### III.2. Recommandations

Le problème climatique dans la région de Bezà Mahafaly se traduit par un retour fréquent de la sécheresse qui pourrait étendre à la désertification. Ce phénomène est naturel mais il peut être exacerbé par les activités humaines en dégradant l'écosystème naturel. Ses effets sur la communauté aviaire sont indirectement plus importants par l'intermédiaire de la modification de la phénologie de la végétation contrôlant la disponibilité des ressources vitales. En effet, des mesures d'adaptation et d'atténuation doivent être proposées pour assurer la conservation des oiseaux dans la région face à la variabilité pluviométrique et le changement de la température. Ces mesures sont établies selon les aspects politiques, écologiques, socio-économiques et recherches (Tableau 22).

#### III.2.1. Stratégie politique : amélioration de la gestion des ressources naturelles

Pour améliorer la gestion des ressources naturelles, les principales recommandations sont axées à la responsabilisation de la population locale sur la gestion des forêts riveraines habitat des oiseaux. Certains transects permanents se trouvent en dehors de l'AP. Il s'agit d'Analafaly, Andraikera et Ihazoara. Ces habitats ont une importance en matière de la richesse spécifique dans la région. En effet, la responsabilité de la communauté locale utilisatrice de cette ressource en tant que gestionnaire s'avère nécessaire pour minimiser la dégradation de ce milieu.

Ensuite, il est important de légaliser des entités informelles comme associations de la population riveraine gérantes de la zone temporairement inondées d'Andraikera et de la forêt d'Ihazoara. Ces entités sont soumises sous un règlement non écrit sous forme de convention orale (*dina*). De plus, elles s'intéressent uniquement à la gestion des ressources aquatiques ou à la limitation d'accès des étrangers aux ressources. L'activité consiste alors à inciter l'association de gérer toutes les ressources existantes dans ce milieu (faune, flore et habitat), à légaliser leur statut, enregistrer en écriture la convention locale de l'association.

Il est aussi recommandé de mettre en place de règlement de chasse en tenant compte une participation de la population locale. Ce règlement concerne la détermination de la période de chasse (période en dehors de la saison de reproduction des oiseaux qui est de novembre à janvier), la limitation de la quantité à prélever, les espèces collectées (interdiction de chasse des espèces rares, telle *Coua gigas*,...), les matériels utilisés (interdiction d'utiliser les poisons).

Bref, l'amélioration consiste au transfert de gestion des forêts riveraines (Analafaly et Ihazoara) et du lac temporairement inondé d'Andraikera sous forme du contrat de GELOSE (Gestion Locale Sécurisée). Celui-ci vise à diminuer les pressions anthropiques exercées par des personnes membres ou extérieures de la communauté sur les ressources naturelles en respectant le cahier de charge signé par la communauté de base, la commune Ankazombalala et l'État représenté par le service forestière. Le « *dina* » doit inclure le règlement sur le mode d'utilisation de terre, la modalité d'exploitation de forêt (nature et quantité exploitée, quota, espèces exploitables, etc.), le règlement de chasse, ...

### III.2.2. Stratégie environnementale : maintien de l'habitat

Étant donné que la variabilité climatique est accentuée par la dégradation de l'écosystème forestier (Raholijao, 2009) d'une part ; et l'écologie des espèces contrôle la réussite et la survie des oiseaux d'autre part, il est très important de maintenir l'intégrité de l'habitat des oiseaux.

#### III.2.2.1. Restaurer les milieux forestiers dégradés

La disparition de la forêt est l'un des causes du changement climatique mondial car la forêt assure la fonction de régulation du climat. Donc, le boisement est le moyen d'adaptation et d'atténuation au changement climatique le plus important. En effet, des travaux de restaurations ont été entrepris dans l'AP mais ils nécessitent d'un renforcement. L'activité consiste alors à la restauration forestière des milieux dégradés. Elle contribuera au maintien de l'intégrité de l'écosystème forestier, sa résilience et sa stabilité. En matière d'avifaune, l'installation de la forêt sur des zones dégradées contribue à la connectivité des sites isolés en formant un couloir forestier pour assurer la migration des espèces.

En tenant compte de coût de restauration, deux types de techniques sont proposés : la restauration passive visant à favoriser la régénération naturelle par des entretiens, d'utilisation des espèces catalyseurs, d'espèces pionnières (Conservation International, 2011). Cette technique est recommandée pour les sites suffisamment dégradés (Analafaly, Ihazoara, forêt intermédiaire) dont le coût de restauration est élevé et que des restaurations antérieures ont échoués. Les espèces autochtones, légumineuses à tempérament héliophile sont le plus conseillée pour former l'espèce catalyseur. En outre, pour les habitats peu dégradés (première parcelle et deuxième parcelle), la restauration est active par l'enrichissement. Les espèces choisies seront les espèces demandées par la population locale et assurant l'alimentation des oiseaux, à savoir *Gyrocarpus americanus*, *Pachypodium rutenbergianum*, *Azima tetracantha* et *Salvadora angustifolia* (Andrianarivony, 2005).

#### III.2.2.2. Favoriser la rétention d'eau

La présence de l'eau dans les galeries de la rivière d'Andreharata et d'Ihazoara et du lac d'Andraikera tient un rôle important dans la vie des animaux domestiques et sauvages entant que lieu d'abreuvoir des animaux et dans la vie quotidienne de la population humaine pour l'agriculture, le lavage pendant la saison sèche. Face à la variabilité climatique notamment la sécheresse, il est intéressant d'assurer cette fonction privilège du plan d'eau en favorisant la rétention d'eau pendant une longue période. L'activité consiste alors à l'aménagement du bassin versant pour éviter l'érosion en amont qui pourrait ensabler les galeries en aval. Donc, autre la végétalisation par la reforestation ci-dessus, il est aussi important d'installer des canaux sur le versant en suivant les courbe de niveau pour favoriser l'infiltration d'eau en minimisant la vitesse d'écoulement d'eau qui favorise l'érosion. La construction de ces canaux nécessite une forte participation de la communauté locale.

### **III.2.2.3. Contrôler l'envahissement des espèces**

La végétation dans un plan d'eau ou à son bordure prend une place importante sur la vie des oiseaux car elle assure le rôle nourricière et habitat. Mais, dans le cas du lac d'Andraikera, elle est devenue très dense et envahit par une espèce exotique (Jacynth d'eau) qui pourrait entraîner la rupture de l'intégrité de l'écosystème, habitat des espèces d'oiseaux aquatiques. Il est alors important d'aménager le lac d'Andraikera en enlevant la végétation dense qui gêne la vie des oiseaux. Donc, l'activité consiste à l'arrachage sélectif des espèces des plantes en favorisant les espèces qui assurent le rôle bénéfique tant qu'abri et nourricière des oiseaux (exemple : *Cyperus*) et en éliminant les espèces envahissante très dense dans le lac (Jacynth d'eau). Et les matériaux enlevés peuvent être valorisés en tant que fourrage pour les bétails ou compost, etc. ou mettre sur une place pour former un îlot au milieu du lac servant comme un lieu de reproduction et de ponte des oiseaux.

### **III.2.3. Stratégie socio-économique : amélioration de la condition de vie de la population locale.**

L'homme est au centre des activités de conservation et également de destruction de la biodiversité. Exploiter les produits forestiers apparaît comme un droit légitime de la population riveraine. Mais, l'accroissement de la demande de cette dernière dû à la croissance démographique élevée entraînera l'épuisement des ressources naturelles. Pour cela, des alternatives s'avèrent nécessaires pour assurer l'intégrité de l'écosystème en favorisant le développement de la population locale. Les propositions consistent alors au renforcement du développement Agricole et à la promotion de l'écotourisme.

#### **III.2.3.1. Adapter le système de culture à la condition climatique**

La qualité de la saison des pluies est déterminante dans le Sud de Madagascar. Ce qui rend cette région très vulnérable à l'évolution du climat. L'aggravation des sécheresses pourrait réduire notablement la production agricole. Face à l'irrégularité de pluies et à la sécheresse, il est nécessaire de promouvoir la culture des espèces et des variétés adaptées à la condition climatique dans la région. Les espèces cultivées doivent être des espèces qui demandent moins d'eau pour se développer, à cycle courte et appréciées par la population locale. Il est donc recommander de cultiver le sorgho, oignon, pratiquer des cultures maraichères, etc. Le calendrier cultural doit être adapté à la variation du climat en plantant au début de saison de pluies (décembre) afin que la culture puisse bénéficier l'eau de pluies pendant ses stades de développement.

Il est aussi suggéré d'améliorer la gestion de terre arable et des pâturages par intensification de la production agricole afin d'améliorer leur rendement et de freiner l'extension de terrain de culture, principale cause de la dégradation de la forêt. La technique consiste à l'utilisation des moyens disponibles localement comme les fumiers issus de l'élevage, la pratique de culture sous couverture végétale et d'agroforesterie. L'arrosage goutte à goutte est souhaitée pour la culture maraichère pour bien gérer la ressources en eaux en augmentant la production agricole.

La mise en œuvre de ces programmes nécessite une forte appuie technique de l'ESSA par formation technique (sur le choix des variétés cultivées, la date de plantation, technique de culture associées, dosage et épandage d'engrais organiques, technique de stockage des produits, etc.) et appuie matériels de bailleurs de fonds (arrosoir, semence, etc.).

### **III.2.3.2. Renforcer l'élevage avicole**

Les Mahafaly sont reconnus par leur vocation pastorale. Cependant, l'élevage permet principalement aux paysans d'avoir un statut social dans la société, sert comme un moyen de travail et de transport et une épargne. Autrement dit, les bœufs ne sont jamais vendus qu'en cas d'urgence. En effet, l'élevage bovin ne contribue pas à l'augmentation de revenu monétaire du ménage. Malgré cela, l'élevage bovin nécessite une amélioration vu que les bœufs ont une importance culturelle et sociale dans la société locale. En outre, il est intéressant de renforcer l'élevage des petits ruminants car les ovins et les caprins s'adaptent bien à la condition de sécheresse et les paysans les considèrent comme une source de revenue pour approvisionner les besoins quotidiennes du ménage. L'amélioration consiste alors à l'installation du bassin d'abreuvoir (en fosse ou en béton) pour récupérer l'eau de pluies, au stockage des fourrages abondantes en saison humide par paillage ou ensilage pour approvisionner la période de disette. Tout cela nécessite une formation des paysans dispensée par l'ESSA et l'appuie financier des bailleurs de fonds dans le but d'augmenter le revenu ménager, d'assurer la sécurité alimentaire sans endommager la culture locale. L'atteinte de ces objectifs requiert un renforcement de la sécurité locale en collaborant avec les agents de sécurité local (*Andrimasom-pokonolona*) et les gendarmeries nationales.

De plus, il est très important aussi de renforcer l'élevage avicole pour minimiser les pressions sur l'avifaune notamment la chasse dans le fin de besoin alimentaire. Cette activité contribue effectivement à la sécurité alimentaire et à la multiplication des activités sources de revenue. Sa mise en œuvre comprend alors à la promotion et à la formation paysanne sur l'élevage des espèces adaptées à la sécheresse (poulet, dinde, etc.).

### **III.2.3.3. Promouvoir l'écotourisme**

L'écotourisme qui est une forme d'exploitation non extractive des ressources naturelles est considéré comme solution d'adaptation et d'atténuation au changement ou à la variabilité climatique, d'une part. Et la RS Bezà Mahafaly a une potentialité élevée en matière d'écotourisme, d'autre part, malgré son enclavement. La promotion de l'écotourisme par la publicité de ce site en utilisant des différents supports (audiovisuels, panneaux publicitaires, brochures, internet, participation aux foires, ...) s'avère nécessaire pour attirer beaucoup plus des clients. Il est aussi important de diversifier les produits. Pour cela, autres les lémuriens facile à rencontrés et les deux types de formations forestières (forêt galerie et forêt xérophytique) qui rendent célèbre la Reserve de Bezà Mahafaly, l'observation des oiseaux fait aussi partie d'un potentiel non encore exploité dans la Réserve. Il est donc, recommander de créer des pistes ornithologiques dans la première parcelle, deuxième parcelle et Ihazoara car ces

sites sont riches spécifiquement et abondés en oiseaux. De plus, ces biomes sont constitués d'une formation végétale spécifique de la région et des paysages luxueux (canyon). Les espèces avifaunes cibles sont les espèces endémiques de Madagascar (Annexe 11). Le revenu obtenu par cette activité sert à financer les activités de conservation dans la Réserve et au développement socioéconomique de la communauté locale.

#### III.2.4. Recherches

Puisque la longueur de la série des données sur l'avifaune est un peu courte, il est recommandé de continuer cette étude sur une période plus de 10 ans pour bien distinguer l'évolution au sein de la communauté aviaire. De plus, étant donné que la corrélation entre la variabilité climatique et les paramètres ornithologiques de même période ne permet de comprendre que la relation directe entre le climat et l'oiseau, une étude ultérieure plus approfondie sur la relation indirecte entre le climat et la communauté aviaire est souhaitée pour compléter les résultats de la présente étude. Cette recherche concerne la relation entre la disponibilité en qualité qu'en quantité de la nourriture et l'abondance des oiseaux dans la Réserve. La disponibilité en nourriture se base sur la phénologie des plantes et/ou l'abondance des insectes. Il est mieux d'orienter l'étude sur les espèces en diminution ou en augmentation significative de la population (Tableau 19) mais leurs abondances ne sont pas en relation avec le climat (Annexe 9). Il est aussi important d'enrichir les informations sur les deux espèces, *Coua gigas* et *Acridotheres tristis*, qui sont considérés respectivement comme des indicateurs de l'état de la forêt et des menaces représentées par l'avifaune exotique. En outre, une étude en considérant la variation des paramètres climatiques par rapport à leur moyenne ou DFN (Departures From Normal) est intéressante pour comprendre les conditions optimales au développement des oiseaux et ses réponses aux conditions extrêmes (Faaborg *et al.*, 1984).

Tableau 22: Plan d'action

| Résultats attendus                                                   |                                                                                  | Activités                                                                                                          | Responsables                                                                                                                                       | IOV                                                                                                                                                               | Échéance     |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Stratégie politique : Améliorer la gestion des ressources naturelles |                                                                                  |                                                                                                                    |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                   |              |
| Les oiseaux sont protégés de toutes menaces                          | Toute les zones d'occupation sont titrées et bornées                             | Sécuriser le foncier : mettre en place le guichet foncier                                                          | Service du domaine                                                                                                                                 | - Nombre des titres fonciers octroyés<br>- Carte du terroir                                                                                                       | CT           |
|                                                                      | Les paysans sont convaincus sur la raison qu'on doit de protéger l'environnement | Intensifier l'IEC sur les fonctions régulatrices climatiques de la forêt                                           | Institut de recherche : ESSA/Forêts                                                                                                                | Taux de participation des communautés locales aux séances de sensibilisation, d'éducation et d'information                                                        | CT et MT     |
|                                                                      | Les villageoises sont capables à gérer les ressources naturelles                 | Renforcer la capacité des villageois à gérer les ressources naturelles                                             | - MNP<br>- ESSA/ Forêts.                                                                                                                           | Taux de participation des communautés locales aux séances de formation                                                                                            | CT et MT     |
|                                                                      | Les forêts périphériques de l'AP sont gérées par la communauté locale            | Transférer la gestion des forêts riveraines (Ihazoara et Analafaly) et du lac d'Andraikera à la communauté locale. | - Ministre de l'Environnement et des Forêts (MEF)<br>- Organisme d'appui entant que médiateur environnemental<br>- Commune Ankazombalala<br>- COBA | - Surface des forêts transférées<br>- Nombre de la population locale adhérente à COBA<br>- Outils de gestion : cahiers de charge, « dina », le PAGS et le contrat | CT, MT et LT |
|                                                                      | Les associations gérante à la protection l'oiseau à Andraikera et Ihazoara       | Inciter l'association pour la gestion de toutes les ressources dans ce milieu                                      | - MNP<br>- ESSA/ Forêts.                                                                                                                           | - Taux d'acceptation par les membres de l'association du projet d'extension de DINA<br>- Nombre d'espèces et individus recensés par mois.                         | MT et LT     |
|                                                                      | Les pressions sur les forêts diminuent                                           | Suivi et Évaluation du transfert de gestion                                                                        | - MEF<br>- Bureau d'étude                                                                                                                          | - Degré de perturbation<br>- Nombre des pieds d'arbres par ha                                                                                                     | MT et LT     |
|                                                                      | Règlement de chasse est mis en place                                             | Évaluer les pressions sur l'avifaune dans la région                                                                | ESSA/ Forêts                                                                                                                                       | - Caractéristiques des menaces<br>- Degré de menace sur l'avifaune                                                                                                | CT           |
| Élaborer un règlement de chasse.                                     |                                                                                  | - MNP<br>- Communauté locale                                                                                       | Taux de participation de la population à l'élaboration du DINA                                                                                     | CT                                                                                                                                                                |              |
| Stratégie environnementale : Maintenir les habitats des oiseaux      |                                                                                  |                                                                                                                    |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                   |              |
| L'habitat est favo-                                                  | Les forêts dégradées sont restaurées                                             | Réaliser des études de faisabilité de la restauration forestière                                                   | - MNP<br>- ESSA/ Forêts                                                                                                                            | - Matériels disponibles (techniques, personnels, financiers)                                                                                                      | CT           |

|                                                                                    |                                                                            |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                            |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| rable au développement de l'avifaune                                               |                                                                            | (technique, financière et culturelle)                                                                                                                                                                             |                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"><li>- Coût de restauration</li><li>- Facteurs environnementaux :<ul style="list-style-type: none"><li>- pédologie, climat</li><li>- Essences utilisées pour la restauration</li></ul></li></ul>          |          |
|                                                                                    |                                                                            | Installer des pépinières destinées pour l'enrichissement                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>- MNP</li><li>- ESSA/ Forêts</li></ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Surface de la pépinière</li><li>- Espèces plantées</li><li>- Nombre de plantules</li></ul>                                                                                                         | CT       |
|                                                                                    |                                                                            | Collaborer avec la population locale pour la plantation et l'entretien                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>- CR Ankazombalala</li><li>- MNP</li><li>- ESSA/ Forêts</li></ul>       | <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre de pieds plantés ou quantité de graines semées.</li><li>- Surface plantée</li><li>- Taux de réussite de restauration</li><li>- Accroissement des arbres dans les zones restaurées</li></ul> | CT à LT  |
|                                                                                    | Il existe de l'eau en surface dans les plans d'eau pendant la saison sèche | Construire des canaux d'infiltrations sur le bassin versant, en mont des rivières d'Andreharata, Ihazoara, du lac Andraikera                                                                                      | -ESSA<br>Communauté locale                                                                                    | Longueur des canaux construits<br>Quantité d'eau disponible dans les plans d'eaux en saison sèche                                                                                                                                          | CT à LT  |
|                                                                                    | Les espèces envahissantes sont bien contrôlées                             | Enlever les espèces exotiques envahissantes dans le lac d'Andraikera                                                                                                                                              | Association gérante du lac                                                                                    | Surface aménagée                                                                                                                                                                                                                           | CT et LT |
|                                                                                    |                                                                            | Valoriser les matériaux enlevés                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Association gérante du lac</li><li>- ESSA (appui technique)</li></ul> | Quantité de fourrage ou compost obtenu                                                                                                                                                                                                     | CT et LT |
| Stratégie socio-économique : Améliorer la condition de vie de la population locale |                                                                            |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                            |          |
| Le revenu ménager augmente et les activités sources de revenue sont multipliées    | Le rendement Agricole augmente                                             | Rechercher des espèces à cultivées adaptées à la sécheresse                                                                                                                                                       | ESSA                                                                                                          | Besoins en eau de l'espèce, durée du cycle de culture, nombres des espèces adaptées                                                                                                                                                        | CT et MT |
|                                                                                    |                                                                            | Formation sur la technique de cultures des espèces choisies (date de plantation, épandage de fumier, stockage des produits), sur la technique d'élevage (avicole, bovin, petit ruminant et production fourragère) | ESSA                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre de séance de formation Agricole</li><li>- Taux de participation à la séance de formation</li></ul>                                                                                          | CT       |
|                                                                                    |                                                                            | Appuyer matériellement les paysans                                                                                                                                                                                | Bailleurs de fonds                                                                                            | Nombres des matériels octroyés (arrosoir, semences...)                                                                                                                                                                                     | CT       |

|  |                                                      |                                                                                            |                                                                                                       |                                                                                                                                             |          |
|--|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  |                                                      |                                                                                            |                                                                                                       | Nombre des bassins d'abreuvoir installés                                                                                                    |          |
|  | Le nombre de cas de vols est réduit                  | Renforcer la sécurité et le contrôle dans la région                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gendarmerie nationale</li> <li>- Sécurité locale</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Nombre de cas de vols</li> <li>-Nombre d'agents de sécurité</li> </ul>                              | CT et MT |
|  | Le revenu issu de l'activité écotouristique augmente | Faire la publicité du site                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- MNP</li> <li>- ESSA</li> <li>- Office du tourisme</li> </ul> | Nombre des panneaux publicitaires, brochures, site web, foire<br>Nombre des visiteurs du site<br>DEAP (Droit d'Entrée dans l'Aire Protégée) | CT à LT  |
|  |                                                      | Multiplier les produits touristiques (Lémuriens, oiseaux, flore, paysages, cultures, etc.) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- MNP</li> <li>- ESSA</li> </ul>                               | Nombre des circuits                                                                                                                         | CT à LT  |

IOV : Indicateurs Objectivement Vérifiables ; CT (Court Terme) < 5 ans ; MT (Moyen Terme) : 5 à 30 ans ; LT (Long Terme) > 30 ans



# Conclusion



*Ploceus sakalava*

## Conclusion

Au terme de cette étude, comme partout dans l'île, le climat de Betioky Atsimo y compris la RS de Bezà Mahafaly présente une variabilité temporelle des précipitations qui est caractérisée par l'alternance des périodes humides et des périodes sèches. Le déficit pluviométrique domine le plus prépondérant dans la région. Ce caractère de variabilité est dû à l'alternance de phénomène d'El Niño en apportant une sécheresse et des cyclones tropicales sources des précipitations. Pour la température, la longueur de série d'observation qui n'est que 12 ans n'a pas permis de conclure l'évolution de la température. Nonobstant, le climat de Bezà Mahafaly tend à se refroidir avec une diminution de la variation journalière qui le diffère aux autres régions.

Cette variabilité de la pluviométrie et/ou changement de la température pourrait affectée la communauté aviaire de manière directe sur le comportement des oiseaux et indirecte par l'intermédiaire de la disponibilité des ressources vitales. Les espèces migratrices rejoignent Bezà Mahafaly en saison humide pendant laquelle les conditions climatiques sont favorables à la production de biomasse végétale et au développement des insectes. Néanmoins, le climat n'affecte pas encore directement la chronologie de migration des espèces.

Autres les espèces migratrices connues, des espèces sont aussi rencontrées saisonnièrement à Bezà Mahafaly. Il s'agit d'espèces à forte dépendance aux ressources hydriques. Et la présence et l'absence locale de ces espèces visiteurs saisonniers entraînent la variation intra et interannuelle de la diversité spécifique dans la région. Les espèces sont plus diversifiées quand les pluies sont biens réparties et la température minimale n'est pas trop faible. La non-satisfaction de ses besoins entraîne un déplacement des espèces d'oiseaux vers d'autres régions. En termes d'abondance, la densité du peuplement avien dans la Réserve diminue temporellement. Cette diminution n'a aucune relation avec le climat mais elle pourrait être causée par les pressions anthropiques notamment la chasse et la destruction des habitats. Ou bien, elle pourrait être expliquée par la différence des réponses de chaque espèce à une condition climatique donnée. Pour cela, l'augmentation de la température augmente la population de *Nesillas typica* et elle diminue la population de *Foudia madagascariensis*.

D'une manière indirecte, la variabilité climatique affecte la phénologie des plantes notamment la production des feuilles et des fruits qui servent à l'abri et à l'alimentation des oiseaux. La disponibilité de ces ressources en quantité et en qualité conditionne à leur tour la migration des oiseaux ainsi que la diversité spécifique. Des pluies abondantes et une augmentation de la température favorisent la feuillaison et la fructification des plantes. Alors, le déficit pluviométrique dominant le climat de la région pourrait constituer une menace naturelle pesant sur les oiseaux. Elle est accompagnée par les actions anthropiques : la chasse et la destruction de l'habitat. En somme, l'avifaune de la RS de Bezà Mahafaly est vulnérable à la variabilité de la pluviométrie, au changement de la température et à la pression humaine. La présente étude constitue alors un outil de décision vu que les oiseaux sont vulné-

rables envers ces menaces. En conséquence, des stratégies de conservation des oiseaux ont été avancées. Elles consistent à améliorer la gestion et à maintenir l'intégrité de l'habitat afin de permettre aux espèces de s'adapter aux défaillances climatiques. Il est aussi important d'appuyer le développement socio-économique de la population riveraine pour minimiser leur pression aux ressources naturelles, principale cause de l'érosion de la biodiversité.

L'effet indirect du climat et l'effet des activités humaines sur la communauté aviaire ne sont que des hypothèses. Donc ils méritent d'être approfondies pour connaître est ce que les conditions climatiques ou les activités humaines expliquent-elles la plus prépondérante le changement dans le temps et dans l'espace de la communauté aviaire ?

# Références



*Coua cristata*

## Bibliographie

- F Altwegg, R. & Anderson, M. D. 2009. Rainfall in arid zones: possible effects of climate change on the population ecology of blue cranes. *Functional Ecology*, 2009. <<http://www.andersonafrica.co.za/publications/bluecranesandclimatechange.pdf>>
- F Andrianarivony, R. 2005. Contribution à l'étude des communautés aviaires dans le corridor entre les deux parcelles de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'étude. ESSA Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo.
- F Antunes, S & Oliveira Pires, H. 2001. Changement climatique saisonnier à Lisbonne. *Climat et environnement*, L'information climatique au service de la gestion de l'environnement, p293.
- F Archaux, F. 2003. Avifaune et changement climatique. *Vie et Milieu*, 53(1): 33-41. <<http://www.obs-banyuls.fr/Viemilieu/index.php/component/content/article/12-subscriber.pdf>>
- F Bertrand, A., Rabesahala, N. H. & Montagne, P. 2009. Gestion communautaire ou préservation des ressources renouvelables : Histoire inachevée d'une évolution majeure de la politique environnementale à Madagascar. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 9(3). <<http://vertigo.revues.org/9231>>
- F Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. 1993. Bird Census Techniques. The University Press, Cambridge.
- F Birdlife International. 2010. Atteindre les objectifs 2020 pour la biodiversité : Action et suivi fondé sur les oiseaux. <[www.birdlife.org/datazone/userfiles/file/sowb/pubs/TargetsReport\\_fr.pdf](http://www.birdlife.org/datazone/userfiles/file/sowb/pubs/TargetsReport_fr.pdf)>
- F Blondel, J. 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, analyse d'un diagnostic écologique. *La Terre et la Vie*, 29 : 289-533.
- F BNGRC (Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes). 2011. Plan de contingence national – Cyclones et inondations 2011-12. Ministère de l'Intérieur, Madagascar.
- F Boere, G. & Dodman, T. 2009. Compréhension des concepts de Voies de Migration pour la Conservation. Wings over Wetlands, The UNEP-GEF African-Eurasian Flyways Project. <<http://wow.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=ySr5QxfLH8I%3D&tabid=1688&mid=10471&language=en-US>>
- F Bonaventure, R.T.A.R. 2010. Écologie et comportement de Propithecus verreauxi dans les zones d'extension de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'étude, ESSA Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo.

- F Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M. & Visser, M. E. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441 : 81-83
- F Bradley, N.L., Leopold, A.C., Ross, J. & Huffaker, W. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 96:9701–9704
- F Burney, D.A., Burney, L.P., Godfrey, L.R., Jungers, W.L., Goodman, S.M., Wright, H.T. & Jull, A.J.T. 2004. A chronology for late Prehistoric Madagascar. *Journal of Human Evolution*, 47: 25-63.
- F Butler, R.W. & Taylor, W. 2005. A Review of Climate Change Impacts on Birds. USDA Forest Service Gen. Technic Report, PSW-GTR-191: 1107-1109.  
< [http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw\\_gtr191/psw\\_gtr191\\_1107-1109\\_butler.pdf](http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/psw_gtr191_1107-1109_butler.pdf) >.
- F Conservation International. 2011. Restauration Forestière à Madagascar : Document de capitalisation des expériences en vue de l'élaboration d'un Plan d'Action de Restauration.  
<<http://www.conservation.org/global/madagascar/ressources/Documents/MacArthur/Restauration-forestiere-Madagascar.pdf>>
- F Cotton, P. 2003. Avian migration phenology and global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 100:12219–12222.
- F Crick, H.Q.P. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis*, 146(Suppl.1): 48–56.  
<[http://ftp.ibiologia.unam.mx/directorio/r/d\\_renton/pdf/5.pdf](http://ftp.ibiologia.unam.mx/directorio/r/d_renton/pdf/5.pdf)>
- F Dewitte, O. 2001. Le point sur les phénomènes d'El Niño, de La Niña et de l'Oscillation Australe. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 40(2001/1): 15-32.  
<[www.climato.be/user/dewitte/BSGL-40-2001-15-32.pdf](http://www.climato.be/user/dewitte/BSGL-40-2001-15-32.pdf)>
- F ESSA/Forêts et MNP. 2011. Plan d'Aménagement et de Gestion de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. ESSA/Forêts-MNP. Antananarivo
- F Faaborg, J., Arendt, W.J., & Kaiser, M.S. 1984. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: A nine year study. *The Wilson Bulletin*. 96(4): 575-593.  
<<http://elibrary.unm.edu/sora/Wilson/v096n04/p0575-p0593.pdf>>
- F Filippi-Codaccioni, O. 2009. L'impact du changement climatique sur la migration des oiseaux en Aquitaine. Bilan de recherche postdoctorale, Version 1.0. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Association locale, Aquitaine. <[http://files.biolovision.net/www.faune-aquitaine.org/pdf/files/news/BilanOFC\\_matrixFA\\_small.pdf](http://files.biolovision.net/www.faune-aquitaine.org/pdf/files/news/BilanOFC_matrixFA_small.pdf)>

- F Forsman, J.T. & Mönkkönen, M. 2003. The role of climate in limiting European resident bird populations. *Journal of Biogeography*, 30 (1) : 55–70.
- F Foster, C.R., Amos, A.F., & Fuiman, L.A. 2010. Phenology of six migratory coastal birds in relation to climate change. *The Wilson Journal of Ornithology* 122(1):116–125
- F Fulvie, K., Bachir, S.M., & Issiaka, S. 2009. Impacts de la Variabilité Climatique Sur Les Ressources en Eau et Les Activités Humaines en Zone Tropicale Humide : Cas de la Région de Daoukro en Côte D'ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 26(2): 209-222.  
<[www.eurojournals.com/ejsr\\_26\\_2\\_05.pdf](http://www.eurojournals.com/ejsr_26_2_05.pdf)>
- F GIEC. 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse.
- F Gill, F & Donske, D. 2011. World Bird List <[www.worldbirdnames.org](http://www.worldbirdnames.org)>
- F Goodman, S. M. & Hawkins, A. F. A. 2008. Les oiseaux. In *Paysages Naturels et Biodiversité de Madagascar*, ed. S.M. Goodman, pp 383-434. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- F Goodman, S.M., Raherilalao, M.J., Rakotondravony, D., Rakotomalala, D., Raselimanana, A.P., Razakarivony, H.V. & Soarimalala, V. 2002. Inventaire des vertébrés du Parc National de Tsimanampetsotsa (Toliara). *Akon'ny Ala*, 28 : 1-36.
- F Goodman, S.M. & Razafindratsita, V.R. 2001. Inventaire biologique du PN Ranomafana et du couloir forestier qui la relie au PN Andringitra. *Recherche pour le développement, Série Sciences Biologiques* n°17. CIDST. Ministère de la Recherche Scientifique. Antananarivo. Madagascar.
- F Hannah, L., Dave, R., Porter, P.L., Andelman, S., Andrianarisata, M., Andriamaro, L., Cameron, A., Hijmans, R., Kremen, C., Mackinnon, J., Randrianasolo, H.H., Andriambololonera, S., Razafimpahanana, A., Randriamahazo, H., Randrianarisoa, J., Razafinjatovo, P., Raxworthy, C., Schatz, G.E., Tadross, M., & Wilme, L. 2008. Climate change adaptation for conservation in Madagascar. *Biology Letters*, 4: 590-594.
- F Hawkins, A.F.A. & Goodman, S.M. 1999. Bird variation with elevation and habitat in parcels 1 and 2 of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar. In A floral and faunal inventory of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar: with reference to elevational variation, ed. S.M. Goodman. *Fieldiana: Zoology*, new series, 94: 175-186.
- F Hoerner, J.M. 1986. Géographie régionale du Sud-ouest de Madagascar. Association des géographes de Madagascar Antananarivo. Imprimerie du FTM.

- F Hotovoe, B. 2006. Étude qualitative de la formation végétale entre la parcelle 1 et la parcelle 2 de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly en vue de son extension. Mémoire de diplôme d'études Approfondies. Biodiversité et Environnement. Option Biologie Végétale. Université de Toliara.
- F Ingram, J. C & Dawson, T. P. 2005. Climate change impacts and vegetation response on the island of Madagascar. *Philosophical transactions of The Royal Society A*. 363, 55–59.
- F IPCC. 2001. Climate Change 2001: third assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom
- F Jiguet, F., Julliard, R., Thomas, C.D., Dehorter, O., Newson, S.E. & Couvet, D. 2006. Thermal range predicts bird population resilience to extreme high temperatures. *Ecology Letter*, 9(12):1321. <<http://www2.mnhn.fr/cersp/spip.php?rubrique9>>
- F Jury, M. R. 2003. The climate of Madagascar. In *The natural history of Madagascar* (ed. S. M. Goodman & J. P. Benstead), pp. 75–87. The University of Chicago Press.
- F Kouassi, A.M., Kouamé, K.F., Koffi, Y.B., Dje, K.B., Paturel, J.E. & Oulare, S. 2010. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *European Journal of Geography*. <<http://cybergeog.revues.org/23388>>
- F Langrand, O. 1990. Guide to the birds of Madagascar. Yale University Press New Haven and London.
- F Langrand, O. 1996. Le rôle de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly dans le contexte de protection des oiseaux du Sud-ouest de Madagascar. *Akon'ny Ala* n°19 : pp 14-17.
- F Lantovololona, F. 2010. Inventaire floristique et caractérisation des usages des ressources végétales dans la zone d'extension de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'étude. ESSA/ Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo.
- F Lloyd, P. 1999. Rainfall as a breeding stimulus and clutch size determinant in South African arid-zone birds. *Ibis*, **141**, 637–643.
- F López-López, P., Limiñana, R. & Urios, V. 2009. Autumn migration of Eleonora's Falco *Falco eleonora* tracked by satellite telemetry. *Zoological Studies* 48(4): 485-491. <<http://zoolstud.sinica.edu.tw/Journals/48.4/485.pdf>>
- F Lubès-Niel, H., Masson, J.M., Paturel, J.E. & Servat, E. 1998. Variabilité climatique et statistiques. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Revue des sciences de l'eau*, 11(3) : 383-408. <<http://id.erudit.org/iderudit/705313ar>>



- F Lubès-Niel, H., Masson, J. M., Servat, E., Paturel, J. E., Kouamé, B., & Boyer, J. F. 1994. Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques- Étude bibliographique. *ORSTOM, Montpellier, Programme ICCARE, Rapport no.3*
- F Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton.
- F MinAgri (Ministère de l'Agriculture). 2001. Monographie de la région du sud-ouest. Unité de politique pour le développement rural (UPDR). ([www.madadoc.mg/v02463\\_MON.pdf](http://www.madadoc.mg/v02463_MON.pdf))
- F Mouchiroud, D. 2002. Mathématiques : Outils pour la Biologie. Université Lyon. <<http://ebrunelle.ep.profweb.qc.ca/MQ/Chapitre8.pdf>>
- F Nicholson S.E. 1988. Sub-Sahara rainfall in the years 1976-1980: evidence of continued drought. *Monthly weather rev*, n°3: 1964-2054. <<http://www.met.fsu.edu/people/nicholson/papers/ssa-rain84.pdf>>
- F OTHU (Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine). 2011. Méthodologies d'analyse de tendances sur de longues séries hydrométéorologiques. Fiche technique OTHU N°23.
- F Patterson, B.D., Goodman S.M. & Sedlock J.L. 1995. Environmental change in Madagascar. The Field Museum, Chicago.
- F Pendlebury, C.J., MacLeod, M.G. & Bryant, D. M. 2004. Variation in temperature increases the cost of living in birds. *The Journal of Experimental Biology*, 207(12): 2065-2070.
- F Rabefitia, Z. 2009. Cours Agrométéorologie. 3<sup>ème</sup> année ESSA/Forêts.
- F Rabefitia, Z., Randriamarolaza, L.Y.A., Rakotondrafara, M.L., Tadross, M. & Yip, Z.K. 2008. Le changement climatique à Madagascar. Direction Générale de la Météorologie et Climate Change Analysis Group University of Cape Town.
- F Raherilalao, M.J. & Goodman, S.M. 2011. Histoire naturelle des Familles et Sous-familles endémiques d'oiseaux de Madagascar. Association Vahatra. Antananarivo, Madagascar.
- F Raherilalao, M.J. & Wilmé, L. 2008. L'avifaune des forêts seches malgaches. In Les forêts secjes de Madagascar, eds. S.M. Goodman & L. Wilmé. *Malagasy Nature*, 1: 76-105.
- F Rahoijao, N. 2009. La sécheresse et le changement climatique à Madagascar. Atelier « *Lutte contre la dégradation des terres : valorisation des acquis et perspectives* » Direction générale de la Météorologie : 16-17 Décembre 2009, Antananarivo.  
<[http://semencesdusud.com/concertation/confrence\\_climat.ppt](http://semencesdusud.com/concertation/confrence_climat.ppt)>

- F Raison, J.P. & Verin, P. 1975. Le site de subfossiles de Taolambiby (Sud-ouest de Madagascar) doit-il être attribué à une intervention humaine ? *Annal de l'Université de Madagascar, série Lettres et Sciences Humaines*, 7 : 133-142. <[madarevues.recherches.gov.mg/revues/pdfxfiles/anal-lettres7\(7\).pdf](http://madarevues.recherches.gov.mg/revues/pdfxfiles/anal-lettres7(7).pdf)>
- F Rakotomalala, J. 2008. Étude des séries évolutives des systèmes agraires en relation avec les changements climatiques – cas de deux villages périphériques de la Réserve spéciale de Bezà Mahafaly/District : Betioky Atsimo/Région Sud-ouest. Mémoire de fin d'études. ESSA Agriculture. Université d'Antananarivo.
- F Randriamanga, R.S. 2011. Quelques techniques de la télédétection appliquées à Madagascar à l'étude des changements climatiques et leurs impacts sur l'environnement. *Madagascar-Revue de Géographie*, 48(2). <[madarevues.recherches.gov.mg/revues/pdfxfiles/rev-geo48\(2\).pdf](http://madarevues.recherches.gov.mg/revues/pdfxfiles/rev-geo48(2).pdf)>
- F Randriamiharisoa, N. A. 2009. L'élevage des ruminants dans le Sud-ouest malgache face aux variabilités climatiques – cas de deux villages périphériques de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études ESSA Agriculture. Université d'Antananarivo.
- F Rasamimanana, N. 2011. Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'étude. ESSA/ Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo.
- F Ratsirarson J. & Ravaosolo H. 1998. Exploitation de sel gemme aux alentours de la RS de Bezà Mahafaly. *Akon'ny Ala* n°2 : 11-18.
- F Ratsirarson, J. 2003. Réserve Spéciale de Beza Mahafaly. In *The natural History of Madagascar*, eds. S.M. Goodman & J.P. Benstead , pp 1520-1525. The University of Chicago press, Ltd, London.
- F Ratsirarson, J. 2011. Écologie Descriptive et Fonctionnelle : outils essentiels pour la conservation de la Biodiversité. Mémoire HDR. ESSA- Université d'Antananarivo.
- F Ratsirarson, J., Randrianarisoa, J., Edidy, E., Emady, J., Efitroarany, Ranaivonasy, J., Elyse, H., Razanajaonarivalona, E., & Alison, F.R. 2001. Bezà Mahafaly : Écologie et réalités socio-économiques. *Recherche pour le développement, Série Sciences Biologiques* n°18. CIDST. Ministère de la Recherche Scientifique. Antananarivo. Madagascar.
- F Ravaosolo, H.J. 1996. Impact de l'exploitation de sel gemme sur les forêts aux alentours de la RS de Bezà Mahafaly. Mémoire CAPEN. École Normale Supérieure. Université d'Antananarivo.

- F Rivoarivelo, N. 2008. Contribution à l'étude de prélèvements des produits végétaux ligneux et non ligneux les plus recherchés par la population locale de la deuxième parcelle de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'étude. ESSA/Eaux et Forêts-Université d'Antananarivo.
- F Sæther, B.E., Sutherland, W.J. & Engen, S. 2004. Climate influences on avian population dynamics. *Birds and Climate Change: Advances in Ecological Research*, 35:185–209
- F Salomon, J.N. 1979. Notice de la carte géomorphologique de Toliara. *Madagascar-Revue de Géographie*, 34 :172-186
- F Soro, T.D., Soro, N., Marie-Solange, Y., Lasm, T., Soro, G. Ernest, K. & Biémi, J. 2011. La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Physio-Géo*, 5 : 55-73. <<http://physio-geo.revues.org/1581>>
- F Sparks, T. H., Bairlein, F., Bojarinova, J. G., Hüppop, O., Lehikoinen, E. A., Rainios, K. Sokolov, L. V. & Walker, D. 2005. Examining the total arrival distribution of migratory birds. *Global Change Biology* 11:22–30.
- F Tadross, M., Randriamarolaza, L., Rabefitia, Z. et Zheng. 2008. Climate change in Madagascar, recent past and future. Washington, DC: World Bank. <<http://web.csag.uct.ac.za/~mtadross/Madagascar%20Climate%20Report.pdf>>
- F Thomson, M.C., Abayomi, K., Barnston, A. G., Levy, M. & Dilley, M. 2003 El Niño and drought in southern Africa. *Lancet*, 361, 437–438.
- F UNESCO. 2007. Changement climatique et patrimoine mondial. Rapport sur la prévision et la gestion des effets du changement climatique sur le patrimoine mondial et Stratégie pour aider les États parties à mettre en œuvre des réactions de gestion adaptées. Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO. France.
- F WMO (World Meteorological Organization).1998. Drought. In *The global climate system review, December 1993–May 1996*, ed. J.M. Nicholls, pp 34–39. World Climate Data and Monitoring Programme, WMO-No. 856, 95. Geneva.
- F WWF. 2010. Témoignages de Madagascar : Changement climatique et modes de vie rural. <[http://awsassets.panda.org/downloads/110125\\_temoignage\\_de\\_madagascarred.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/110125_temoignage_de_madagascarred.pdf)>
- F Walther, G-R, Post, E, Convey, P, Menzel, A, Parmesan, C, Beebee, T.J.C, Fromentin, J-M, Hoegh-Guldberg, O & Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389–395.

- F Wu, H., Hayes, M.J., Wilhite, D.A. & Svoboda, M.D. 2005. The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. *International Journal of Climatology*, 25: 505–520.
- F Youssouf, J. 2010. Impacts bioécologiques de la colonisation de *Rattus rattus* sur les micromammifères autochtones dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly Sud-ouest de Madagascar. Thèse de doctorat en Biodiversité et Environnement, option biologie animale. Université de Toliara.
- F Yue, S. & Wang, C.Y. 2004. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water Resources Management Journal*, 18: 201-218
- F ZICOMA (Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux à Madagascar). 1997. Manuel de formation pratique en ornithologique.



Œufs de *Foudia madagascariensis*

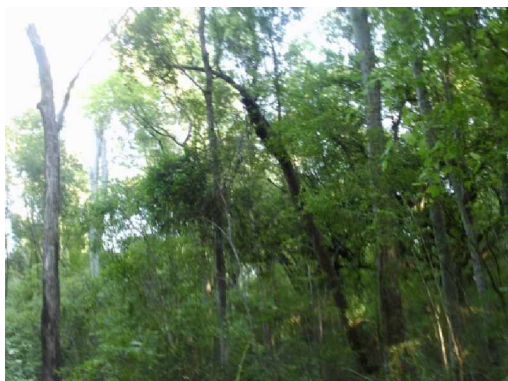
# Annexes



*Copsychus albospectularis*

## Annexes

### Annexe 1: Illustration des sept biomes représentant la région de Bezà Mahafaly



**A. Forêt galerie**

(Source : Auteur, 2012)



**B. Forêt de transition proche de forêt de galerie dégradée** (Source : Auteur, 2012)



**C. Végétation à Analafaly**

(Source : Auteur, 2012)



**D. Rivière Andreharata**

(Source : Auteur, 2012)



**E. Végétation à Ihazoara**

(Source : Auteur, 2012)



**F. Paysage à Ihazoara**

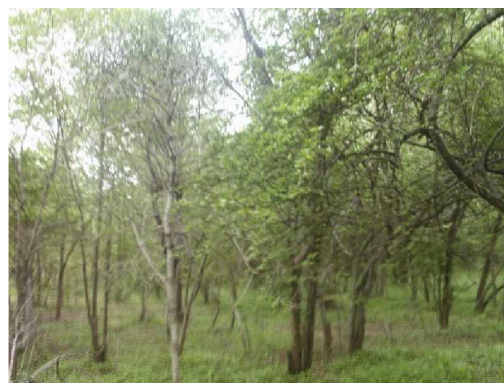
(Source : Auteur, 2012)





**G. Forêt xérophytique**

(Source : Auteur, 2012)



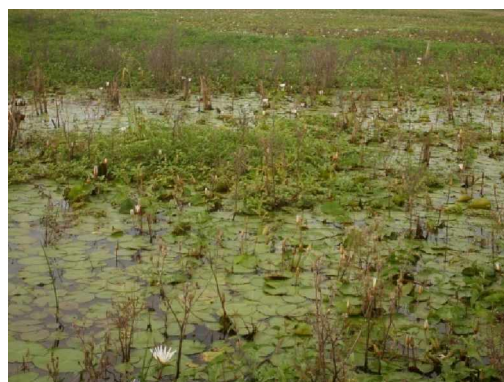
**H. Forêt de transition proche de forêt xérophytique**

(Source : Auteur, 2012)



**I. Lac d'Andraikera pendant la saison des pluies**

(Source : Auteur, 2012)



**J. Envahissement des plantes flottante sur la surface du lac**

(Source : Auteur, 2012)

## Annexe 2: Illustration des pressions sur la forêt



**A. Coupe illicite *Alluaudia procera* dans la deuxième parcelle**

(Source : Auteur, 2012)



**B. Annélage de l'arbre**

(Source : Auteur, 2012)

**Annexe 3: Illustrations des menaces sur l'avifaune**

**A. *Corvus albus* abattus et utilisés comme épouvantail**  
(Source : Auteur, 2012)



**B. Outil de Chasse (sarbacane)**  
dans la main de ce bouvier (Source : Auteur, 2012)

**Annexe 4: Nombre d'habitants dans les villages riverains en 2011**

| <b>Fokontany</b> | <b>Nombre d'habitants</b> |
|------------------|---------------------------|
| Ambinda          | 703                       |
| Analafaly        | 1795                      |
| Mahazoarivo      | 1838                      |
| Miary            | 1004                      |
| Antarabory       | 818                       |
| <b>TOTAL</b>     | <b>6158</b>               |

**Annexe 5: Résultat statistique des tests de tendance pluviométrique**

| <b>1928 -1995</b> | Totale pluviométrique annuelle           | 0,07  | 67 | 0,357 |
|-------------------|------------------------------------------|-------|----|-------|
|                   | Nombre de jour de pluie annuelle         | 0,07  | 67 | 0,398 |
|                   | Totale de pluie en saison humide         | 0,05  | 67 | 0,566 |
|                   | Nombre de jour de pluie en saison humide | -0,01 | 67 | 0,904 |
|                   | Totale de pluie en saison sèche          | 0,14  | 67 | 0,089 |
|                   | Nombre de jour de pluie en saison sèche  | 0,14  | 67 | 0,095 |
| <b>1999 -2011</b> | Totale pluviométrique annuelle           | -0,21 | 12 | 0,381 |
|                   | Nombre de jour de pluie                  | -0,37 | 12 | 0,095 |
|                   | Totale de pluie en saison humide         | -0,03 | 12 | 1,000 |
|                   | Nombre de jour de pluie en saison humide | -0,44 | 12 | 0,045 |
|                   | Totale de pluie en saison sèche          | -0,05 | 12 | 0,858 |
|                   | Nombre de jour de pluie en saison sèche  | -0,26 | 12 | 0,240 |

$\tau$  : coefficient de corrélation de Kendall,  $n$  : nombre d'années d'observation,  $p$  : p. value



**Annexe 6: Résultat statistique des tests de tendance des températures de 1999 à 2011**

|                            |                      | $\tau$ | $n$ | $p$   | $a$   | $p$   |
|----------------------------|----------------------|--------|-----|-------|-------|-------|
| <b>Annuelle</b>            | Température moyenne  | -0,70  | 12  | 0,001 | -0,09 | 0,000 |
|                            | Température maximale | -0,58  | 12  | 0,009 | -0,33 | 0,001 |
|                            | Température minimale | 0,49   | 12  | 0,022 | 0,15  | 0,023 |
|                            | Amplitude thermique  | -0,44  | 12  | 0,042 | -0,52 | 0,004 |
| <b>Saison hu-<br/>mide</b> | Température moyenne  | -0,10  | 12  | 0,675 | *     | *     |
|                            | Température maximale | -0,31  | 12  | 0,16  | *     | *     |
|                            | Température minimale | 0,44   | 12  | 0,042 | 0,13  | 0,017 |
| <b>Saison sèche</b>        | Température moyenne  | -0,33  | 12  | 0,129 | *     | *     |
|                            | Température maximale | -0,59  | 12  | 0,004 | -0,34 | 0,003 |
|                            | Température minimale | 0,49   | 12  | 0,022 | 0,19  | 0,028 |

$\tau$  : coefficient de corrélation de Kendall,  $n$  : nombre d'années d'observation,  $p$  : p. value,  $a$  : pente de la tendance.

**Annexe 7: Tendance de la période de migrations des espèces de 2006 à janvier 2012**

| Espèces                     | Période d'arrivée |       |     | Période de départ |       |     | Durée de séjour |       |     |
|-----------------------------|-------------------|-------|-----|-------------------|-------|-----|-----------------|-------|-----|
|                             | $\tau$            | $p$   | $n$ | $\tau$            | $p$   | $n$ | $\tau$          | $p$   | $n$ |
| <i>Eurystomus glaucurus</i> | 0,26              | 0,499 | 6   | -0,36             | 0,405 | 5   | -0,84           | 0,052 | 5   |
| <i>Falco eleonora</i>       | 0,2               | 0,624 | 5   | -0,47             | 0,188 | 5   | -0,77           | 0,042 | 5   |
| <i>Nesillas typica</i>      | -1                | 1     | 2   | -1                | 1     | 2   | 1               | 1     | 2   |
| <i>Falco concolor</i>       | *                 | *     | 1   | *                 | *     | 1   | *               | *     | 1   |
| <i>Apus barbatus</i>        | 0                 | 1     | 4   | 0                 | 1     | 4   | *               | *     | 4   |
| <i>Ardeola idae</i>         | -0,18             | 0,718 | 4   | 0,82              | 0,221 | 3   | -0,82           | 0,221 | 3   |

$\tau$  : coefficient de corrélation de Kendall,  $n$  : nombre d'années d'observation,  $p$  : p. value

**Annexe 8: Tendance de l'indice d'abondance des espèces de 2006 à 2011 par test de Kendall**

| Espèces                             | $\tau$       | $n$ | $p$          | Espèces                            | $\tau$       | $n$ | $p$          |
|-------------------------------------|--------------|-----|--------------|------------------------------------|--------------|-----|--------------|
| <i>Accipiter madagascariensis</i>   | <b>-1,00</b> | 5   | <b>0,017</b> | <i>Gallinago macrodactyla</i>      | -0,40        | 5   | 0,483        |
| <i>Acridotheres tristis</i>         | -0,60        | 6   | 0,136        | <i>Himantopus himantopus</i>       | -0,60        | 5   | 0,233        |
| <i>Acrocephalus newtoni</i>         | -0,80        | 5   | 0,083        | <i>Hypsipetes madagascariensis</i> | -0,73        | 6   | 0,056        |
| <i>Actitis hypoleucos</i>           | 0,32         | 5   | 0,439        | <i>Ixobrychus minutus</i>          | -0,40        | 5   | 0,483        |
| <i>Agapornis cana</i>               | 0,20         | 6   | 0,719        | <i>Leptopterus chabert</i>         | -0,32        | 5   | 0,439        |
| <i>Alcedo vintsioides</i>           | -0,07        | 6   | 1            | <i>Leptosomus discolor</i>         | 0,32         | 5   | 0,439        |
| <i>Anas erythrorhyncha</i>          | <b>0,84</b>  | 5   | <b>0,04</b>  | <i>Lonchura nana</i>               | -0,41        | 6   | 0,243        |
| <i>Anastomus lamelligerus</i>       | <b>0,84</b>  | 5   | <b>0,04</b>  | <i>Merops superciliosus</i>        | -0,33        | 6   | 0,469        |
| <i>Apus barbatus</i>                | -0,26        | 6   | 0,467        | <i>Milvus aegyptius</i>            | -0,20        | 6   | 0,719        |
| <i>Ardea cinerea</i>                | <b>0,84</b>  | 5   | <b>0,04</b>  | <i>Nectarinia souimanga</i>        | <b>-1,00</b> | 6   | <b>0,003</b> |
| <i>Ardeola idae</i>                 | 0,60         | 5   | 0,143        | <i>Neomixis striatigula</i>        | 0,32         | 5   | 0,439        |
| <i>Artamella viridis</i>            | -0,73        | 6   | 0,056        | <i>Neomixis tenella</i>            | <b>-0,87</b> | 6   | <b>0,017</b> |
| <i>Asio madagascariensis</i>        | -0,32        | 5   | 0,439        | <i>Nesillas typica</i>             | -0,39        | 6   | 0,273        |
| <i>Butorides striatus</i>           | -0,40        | 5   | 0,483        | <i>Nettapus auritus</i>            | -0,40        | 5   | 0,483        |
| <i>Bubulcus ibis</i>                | -0,80        | 5   | 0,083        | <i>Newtonia archboldi</i>          | <b>-0,87</b> | 6   | <b>0,017</b> |
| <i>Buteo brachypterus</i>           | 0,60         | 6   | 0,136        | <i>Newtonia brunneicauda</i>       | -0,55        | 6   | 0,12         |
| <i>Caprimulgus madagascariensis</i> | 0,33         | 6   | 0,469        | <i>Nycticorax nycticorax</i>       | -0,60        | 5   | 0,233        |

|                                  |              |   |              |                                      |              |   |              |
|----------------------------------|--------------|---|--------------|--------------------------------------|--------------|---|--------------|
| <i>Casmerodius albus</i>         | 0,74         | 5 | 0,071        | <i>Ninox superciliaris</i>           | 0,40         | 5 | 0,483        |
| <i>Centropus toulou</i>          | <b>-0,86</b> | 6 | <b>0,017</b> | <i>Numida meleagris</i>              | 0,00         | 5 | 0,817        |
| <i>Charadrius hiaticula</i> *    |              | 5 |              | <i>Oena capensis</i>                 | -0,73        | 6 | 0,056        |
| <i>Copsychus albospectularis</i> | <b>-0,86</b> | 6 | <b>0,017</b> | <i>Phalecororax africanus</i>        | 0,10         | 5 | 0,796        |
| <i>Coracina cinerea</i>          | <b>-1,00</b> | 5 | <b>0,017</b> | <i>Phedina borbonica</i> *           |              | 5 |              |
| <i>Coracopsis nigra</i>          | -0,06        | 6 | 1            | <i>Ploceus sakalava</i>              | -0,33        | 6 | 0,469        |
| <i>Corvus albus</i>              | <b>-0,86</b> | 6 | 0,439        | <i>Polyboroides radiatus</i>         | -0,20        | 6 | 0,719        |
| <i>Coturnix coturnix</i>         | -0,46        | 6 | 0,272        | <i>Porphyrylla alleni</i>            | <b>-1,00</b> | 5 | <b>0,017</b> |
| <i>Coua cristata</i>             | -0,73        | 6 | 0,056        | <i>Pterocles personatus</i>          | 0,06         | 6 | 1            |
| <i>Coua cursor</i> *             |              | 5 |              | <i>Sarkidiornis melanotos</i>        | -0,60        | 5 | 0,233        |
| <i>Coua gigas</i>                | -0,60        | 5 | 0,233        | <i>Scopus umbretta</i>               | 0,06         | 6 | 1            |
| <i>Coua ruficeps</i>             | -0,33        | 6 | 0,469        | <i>Streptopelia picturata</i>        | -0,73        | 6 | 0,056        |
| <i>Cuculus rochii</i>            | -0,46        | 6 | 0,272        | <i>Tachybaptus rufolavatus</i>       | 0,31         | 5 | 0,439        |
| <i>Dendrocygna viduata</i>       | -0,60        | 5 | 0,233        | <i>Terpsiphone mutata</i>            | -0,60        | 6 | 0,136        |
| <i>Dicrurus forficatus</i>       | <b>-0,86</b> | 6 | <b>0,017</b> | <i>Thamnornis chloropetoides</i> *   |              | 5 |              |
| <i>Egretta dimorpha</i>          | <b>-0,94</b> | 5 | <b>0,02</b>  | <i>Treron australis</i>              | -0,60        | 6 | 0,136        |
| <i>Eurystomus glaucurus</i>      | 0,46         | 6 | 0,272        | <i>Turnix nigricollis</i>            | -0,63        | 5 | 0,121        |
| <i>Falco concolor</i>            | 0,63         | 5 | 0,121        | <i>Tyto alba</i>                     | 0,80         | 5 | 0,083        |
| <i>Falco eleonora</i>            | -0,41        | 6 | 0,243        | <i>Upupa marginata</i>               | -0,73        | 6 | 0,056        |
| <i>Falco newtoni</i>             | 0,40         | 5 | 0,483        | <i>Vanga curvirostris</i>            | 0,00         | 6 | 1            |
| <i>Falcula palliata</i>          | <b>-0,86</b> | 6 | <b>0,017</b> | <i>Xenopirostris xenopirostris</i> * |              | 5 |              |
| <i>Foudia madagascariensis</i>   | <b>-0,86</b> | 6 | <b>0,017</b> | <i>Zosterops maderaspatana</i>       | -0,40        | 5 | 0,483        |

$\tau$  : coefficient de corrélation,  $n$  : nombre des mois d'observation,  $p$  : p. value, \* : espèces rares

#### Annexe 9: Résultat des tests de corrélation de Spearman entre les paramètres climatiques et les périodes de migrations

| Espèces                     | Climat    | Période d'arrivée |     |       | Période de départ |     |       | Durée de séjour |     |       |
|-----------------------------|-----------|-------------------|-----|-------|-------------------|-----|-------|-----------------|-----|-------|
|                             |           | $\rho$            | $n$ | $p$   | $\rho$            | $n$ | $p$   | $\rho$          | $n$ | $p$   |
| <i>Eurystomus glaucurus</i> | <b>P</b>  | -0,17             | 6   | 0,714 | 0,11              | 5   | 0,950 | 0,34            | 5   | 0,683 |
|                             | <b>NP</b> | -0,77             | 6   | 0,058 | 0,11              | 5   | 0,950 | 0,67            | 5   | 0,233 |
|                             | <b>T</b>  | 0,51              | 6   | 0,356 | 0,67              | 5   | 0,233 | 0,45            | 5   | 0,517 |
| <i>Falco eleonora</i>       | <b>P</b>  | 0,20              | 5   | 0,783 | 0,00              | 5   | 1,000 | 0,35            | 5   | 0,517 |
|                             | <b>NP</b> | 0,20              | 5   | 0,783 | -0,36             | 5   | 0,517 | 0,71            | 5   | 0,233 |
|                             | <b>T</b>  | 0,40              | 5   | 0,517 | 0,30              | 5   | 0,683 | 0,00            | 5   | 1,000 |
| <i>Falco concolor</i>       | <b>P</b>  | -                 | 2   | -     | -                 | 1   | -     | 0,71            | 5   | 0,233 |
|                             | <b>NP</b> | -                 | 2   | -     | -                 | 1   | -     | 0,35            | 5   | 0,517 |
|                             | <b>T</b>  | -                 | 2   | -     | -                 | 1   | -     | -0,71           | 5   | 0,133 |
| <i>Ardeola idea</i>         | <b>P</b>  | 0,00              | 3   | 1,000 | 1,00              | 2   | 1,000 | 0,22            | 5   | 0,783 |
|                             | <b>NP</b> | -0,50             | 3   | 1,000 | 1,00              | 2   | 1,000 | -0,11           | 5   | 0,783 |
|                             | <b>T</b>  | 0,87              | 3   | 0,333 | -1,00             | 2   | 1,000 | -0,67           | 5   | 0,233 |
| <i>Nesillas typica</i>      | <b>P</b>  | -                 | 2   | -     | -                 | 2   | -     | 0,78            | 5   | 0,133 |
|                             | <b>NP</b> | -                 | 2   | -     | -                 | 2   | -     | 0,92            | 5   | 0,083 |
|                             | <b>T</b>  | 1,00              | 2   | 1,000 | -1,00             | 2   | 1,000 | 0,78            | 5   | 0,133 |
| <i>Apus barbatus</i>        | <b>P</b>  | 1,00              | 2   | 1,000 | -                 | 2   | -     | 0,11            | 5   | 0,950 |
|                             | <b>NP</b> | 1,00              | 2   | 1,000 | -                 | 2   | -     | 0,06            | 5   | 0,950 |
|                             | <b>T</b>  | -1,00             | 2   | 1,000 | 1,00              | 2   | 1,000 | 0,11            | 5   | 0,950 |

P : précipitations, NP : Nombre de jours de pluies, T : Température moyenne,  $\rho$  : coefficient de corrélation de Spearman,  $n$  : nombre d'observation,  $p$  : p. value.

**Annexe 10: Résultat des tests de corrélation de Pearson entre les paramètres climatiques et indice d'abondance des espèces forestières ou indicatrices de l'état de santé du milieu**

|                                      |                            |    |              |              |
|--------------------------------------|----------------------------|----|--------------|--------------|
|                                      | Précipitations             | 64 | -0,18        | 0,145        |
| <i>Accipiter madagascariensis</i>    | Nombre de jours de pluie   | 64 | -0,21        | 0,084        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | -0,08        | 0,523        |
| <i>Acridotheres tristis</i>          | Précipitations             | 64 | 0,72         | 0,200        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | 0,20         | 0,121        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | 0,19         | 0,139        |
| <i>Coua ruficeps</i>                 | Précipitations             | 64 | -0,00        | 0,984        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | -0,04        | 0,730        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | -0,06        | 0,604        |
| <i>Falcula palliata</i>              | Précipitations             | 64 | -0,06        | 0,620        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | -0,05        | 0,663        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | -0,07        | 0,560        |
| <i>Foudia madagascariensis</i>       | Précipitations             | 64 | -0,21        | 0,093        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | -0,23        | 0,062        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | <b>-0,33</b> | <b>0,007</b> |
| <i>Nesillas typica</i>               | Précipitations             | 64 | 0,07         | 0,547        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | 0,19         | 0,125        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | <b>0,26</b>  | <b>0,033</b> |
| <i>Newtonia archboldi</i>            | Précipitations             | 64 | -0,09        | 0,455        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | -0,09        | 0,444        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | -0,17        | 0,180        |
| <i>Ploceus sakalava</i>              | Précipitations             | 64 | -0,13        | 0,279        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | -0,15        | 0,232        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | -0,23        | 0,057        |
| <i>Thamnornis chloropetoides</i>     | Précipitations             | 64 | 0,17         | 0,164        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | <b>0,28</b>  | <b>0,021</b> |
|                                      | Température moyenne        | 64 | 0,12         | 0,330        |
| <i>Vanga curvirostris</i>            | Précipitations             | 64 | 0,00         | 0,974        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | 0,09         | 0,452        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | 0,13         | 0,272        |
| <i>Newtonia brunneicauda</i>         | Précipitations             | 64 | 0,12         | 0,354        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | 0,17         | 0,166        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | -0,03        | 0,803        |
| <i>Coua gigas</i>                    | Précipitations             | 64 | 0,04         | 0,710        |
|                                      | Nombre de jours des pluies | 64 | -0,06        | 0,617        |
|                                      | Température moyenne        | 64 | 0,20         | 0,105        |
| <i>Coua cursor</i> *                 | Climat                     | -  | -            | -            |
| <i>Xenopirostris xenopirostris</i> * | Climat                     | -  | -            | -            |
| <i>Cyanolanius madagascarinus</i> *  | Climat                     | -  | -            | -            |

\* : Espèces rares, absentes pendant la période d'étude ;  $r$  : coefficient de corrélation,  $n$  : nombre de mois d'observation,  $p$  : p. value

**Annexe 11: Aire de distribution et comportement de certaines espèces d'oiseaux à Bezà Mahafaly**

|  |
|--|
|  |
|--|

|                                      |      |      |            |     |
|--------------------------------------|------|------|------------|-----|
| <i>Accipiter francesii</i>           | R    | K    | V          | rpc |
| <i>Accipiter madagascariensis</i>    | R(M) | K    | l(v)       | rpc |
| <i>Acrocephalus newtoni</i>          | M    | K    | i          | lbs |
| <i>Acridotheres tristis</i>          | I    | S    | l(v,g,f)   | Pcs |
| <i>Agapornis cana</i>                | M(R) | S    | f          | fgv |
| <i>Apus melba</i>                    | M    | S    | i(f)       | Iea |
| <i>Artamella viridis</i>             | L    | K    | i          | Ifr |
| <i>Bubulcus ibis</i>                 | L    | K    | l(v)       | Psl |
| <i>Buteo brachypterus</i>            | M    | K    | V          | rpc |
| <i>Caprimulgus madagascariensis</i>  | R    | T    | i(f)       | Psl |
| <i>Centropus toulou</i>              | R    | K    | I          | lbs |
| <i>Copsychus albospecularis pica</i> | M    | B    | i(f)       | lbs |
| <i>Coracina cinerea</i>              | R(M) | K    | i          | lbs |
| <i>Coracopsis nigra</i>              | R    | S    | f          | fgv |
| <i>Coracopsis vasa</i>               | R    | S    | g          | Gnv |
| <i>Corvus albus</i>                  | L    | S    | l(v,g,f,i) | Psl |
| <i>Coturnix coturnix</i>             | L    | T    | i(g)       | Psl |
| <i>Coua cristata</i>                 | M    | K    | i(v,f)     | lbe |
| <i>Coua gigas</i>                    | W    | SB/T | i(g)       | Psl |
| <i>Coua ruficeps</i>                 | W    | T/B  | i(f)       | Psl |
| <i>Cuculus rochii</i>                | M(R) | K    | i          | ifr |
| <i>Cyanolanius madagascariensis</i>  | R    | K    | i(g)       | Ifr |
| <i>Dicrurus forficatus</i>           | R    | K    | i          | Iea |
| <i>Eurystomus glaucurus</i>          | L(M) | S    | i          | Iea |
| <i>Falco palliata</i>                | M    | K    | i(v)       | lbe |
| <i>Falco concolor</i>                | L    | K    | v(i,g)     | rpc |
| <i>Falco newtoni</i>                 | R    | ZO   | V          | rpc |
| <i>Foudia madagascariensis</i>       | M    | S    | g(i,n)     | Gnv |
| <i>Hypsipetes madagascariensis</i>   | R(M) | K    | f(i)       | fgv |
| <i>Leptopterus chabert</i>           | M    | K    | i          | Iea |
| <i>Leptosomus discolor</i>           | R(M) | K    | i(l)       | Ifr |
| <i>Lonchura nana</i>                 | M    | K    | i(v)       | Ifr |
| <i>Merops superciliosus</i>          | L(M) | S    | i          | Iea |
| <i>Milvus aegyptius</i>              | L    | S    | V          | rpc |
| <i>Nectarina notata</i>              | R    | K    | N(i)       | Ntv |
| <i>Nectarina souimanga</i>           | R    | K    | N(i)       | Ntv |
| <i>Neomixis striatigula</i>          | M    | K/B  | i          | ifr |
| <i>Neomixis tenella</i>              | M    | K/B  | i          | ifr |
| <i>Nesillas typica</i>               | R    | SB/K | i(g)       | lbe |
| <i>Newtonia archboldi</i>            | D    | K/B  | i          | ifr |
| <i>Newtonia brunneicauda</i>         | M    | K/B  | i          | ifr |
| <i>Ninox superciliosus</i>           | M    | K    | V          | rpc |
| <i>Numida meleagris</i>              | I    | T    | f(i)       | Gnv |
| <i>Oena capensis</i>                 | L(M) | T    | g          | Gnv |
| <i>Ploceus sakalava</i>              | W    | K    | g(i)       | Gnv |

|                                    |      |    |        |     |
|------------------------------------|------|----|--------|-----|
| <i>Pterocles personatus</i>        | W    | ZO | g(i)   | Gnv |
| <i>Sarkidiornis melanotos</i>      | R(M) | O  | g(i)   | Gnv |
| <i>Scopus umbreta</i>              | L    | O  | g      | Gnv |
| <i>Streptopelia picturata</i>      | R(M) | T  | g(f,i) | Psl |
| <i>Terpsiphone mutata</i>          | R    | B  | i      | Iae |
| <i>Thamnornis chloropetoides</i>   | D    | B  | i      | Ibs |
| <i>Treron australis</i>            | R(M) | K  | f      | fgv |
| <i>Turnix nigricollis</i>          | M(R) | T  | g(i)   | Psl |
| <i>Upupa marginata</i>             | R(M) | T  | l      | Isl |
| <i>Vanga curvirostris</i>          | M    | K  | i(l)   | Ibe |
| <i>Xenopirostris xenopirostris</i> | D    | K  | i(v)   | Ibe |
| <i>Zosterops maderaspatana</i>     | R(M) | K  | i(f,n) | Pcs |

### Légendes

#### Distribution et statut

D : espèces endémiques au domaine de sud  
W : espèces endémiques à la Région de l'Ouest  
M : espèces endémiques à Madagascar  
R : espèces endémiques à la région malgache  
L : espèces à large répartition  
I : espèces introduites.

#### Habitat

T : Terrestres ; T/B : terrestres et strates basses ;  
SB : strates basses ; KB : strates et canopées ; K :  
canopée ; S : sommets ; ZO : zones ouvertes et  
O : eaux

#### Alimentations

le groupe nectarivores avec la catégorie N (i)

Le groupe des frugivores avec la catégorie F et la catégorie F(i)

Le groupe des granivores avec la catégorie G, la catégorie G(f) et la catégorie G(i)

Le groupe insectivore avec la catégorie I, I (f), I(g) et I(v)

Le groupe des larges invertébrés avec la catégorie L et la catégorie L(v)

Le groupe des vertébrés avec la catégorie V

l'indice (f) indique alors que la catégorie considérée a aussi un penchant pour le régime frugivore en seconde position, l'indice (g) pour le régime granivore, l'indice (I) pour le régime insectivore tandis que l'indice (v) pour le régime petit vertébré

#### Guildes

Ntv: nectarivores  
Fvg: frugivores  
Gnv: Granivores  
Psl: polyphages des sols  
Pcs: polyphages des canopées et des sommets  
Isl: insectivores des sols  
Ibs: insectivores des buissons  
Ifr: insectivores des feuilles et des rameaux  
Ibe: insectivores des branches et des écorces  
Iea: insectivores de l'espace aérienne

## Annexe 12: Liste des oiseaux de Bezà Mahafaly et ses distributions

| Noms scientifiques                  | Familles      | Nom vernaculaire         | RS Bezà Mahafaly |     |     |    |     |    |     |       | ADHL | BMTZ |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------|------------------|-----|-----|----|-----|----|-----|-------|------|------|
|                                     |               |                          | ANL              | AND | IHZ | P1 | HP1 | P2 | HP2 | Total |      |      |
| <i>Accipiter francesii</i>          | Accipiteridae | Firaoka, Firaokibo       |                  |     |     |    |     |    |     |       | *    |      |
| <i>Accipiter madagascariensis</i>   | Accipiteridae | Firaoka, Firaokibo       | *                |     | *   | *  | *   | *  | *   | *     |      |      |
| <i>Acridotheres tristis</i>         | Stumidae      | Tsikinainay              | *                | *   | *   | *  | *   | *  | *   | *     | *    |      |
| <i>Acrocephalus newtoni</i>         | Sylviidae     | Andritike                | *                | *   | *   | *  | *   | *  | *   | *     | *    |      |
| <i>Actitis hypoleucos</i>           | Scolopacidae  | -                        | *                | *   | *   |    | *   | *  |     | *     |      |      |
| <i>Actophilornis albinucha</i>      | Jacaniidae    | Fandirongo               |                  |     |     |    |     |    |     |       |      |      |
| <i>Agapornis cana</i>               | Psittacidae   | Farivaza, Sarivazo       | *                | *   | *   | *  | *   | *  | *   | *     | *    | *    |
| <i>Alcedo vintsioides</i>           | Alcedinidae   | Bintise, Vintsy          | *                | *   | *   | *  | *   | *  | *   | *     | *    |      |
| <i>Anas erythrorhynchos</i>         | Anatidae      | Menasogny                |                  | *   |     |    |     |    |     |       |      |      |
| <i>Anastomus lamelligerus</i>       | Ciconiidae    | Voromainty               |                  | *   |     |    |     |    |     |       |      |      |
| <i>Apus balstoni</i>                | Apodidae      | -                        |                  |     |     |    |     |    |     |       | *    |      |
| <i>Apus barbatus</i>                | Apodidae      | Kinakina                 | *                |     | *   | *  |     | *  | *   | *     |      |      |
| <i>Apus melba</i>                   | Apodidae      | Kisidisidina, Kelibefory |                  |     |     |    |     |    |     |       | *    |      |
| <i>Ardea cinerea</i>                | Ardeidae      | Vanofotielatse           |                  | *   |     |    |     |    |     |       |      |      |
| <i>Ardeola idae</i>                 | Ardeidae      | Piandrivotatse           |                  | *   |     |    |     |    |     |       |      |      |
| <i>Ardeola ralloides</i>            | Ardeidae      | -                        |                  |     |     |    |     |    |     |       |      |      |
| <i>Artamella viridis</i>            | Vangidae      | Tratraka, Tsilovango     | *                |     | *   | *  | *   | *  | *   | *     |      |      |
| <i>Asio madagascariensis</i>        | Strigidae     | Torotoroka, Efare        |                  | *   |     | *  |     | *  | *   | *     |      |      |
| <i>Aviceda madagascariensis</i>     | Accipiteridae |                          |                  |     |     |    |     |    |     |       | *    |      |
| <i>Bubulcus ibis</i>                | Ardeidae      | Vorompotsy               | *                | *   | *   |    |     |    |     | *     |      |      |
| <i>Buteo brachypterus</i>           | Accipiteridae | Hindria                  | *                |     | *   | *  | *   | *  | *   | *     | *    | *    |
| <i>Butorides striatus</i>           | Ardeidae      | Sama                     | *                | *   | *   | *  | *   | *  | *   | *     |      |      |
| <i>Calicalicus rufocarpalis</i>     | Vangidae      |                          |                  |     |     |    |     |    |     |       |      | *    |
| <i>Caprimulgus madagascariensis</i> | Caprimulgidae | Langoapaka               | *                |     | *   | *  | *   | *  | *   | *     | *    | *    |

|                                   |               |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Cypsiurus parvus</i>           |               |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |
| <i>Casmerodius albus</i>          | Ardeidae      | Vano            | * | * |   | * | * | * | * | * |   |   |
| <i>Centropus toulou</i>           | Cuculidae     | Toloho          | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Charadrius hiaticula</i>       | Charadriidae  | -               | * |   | * | * |   | * | * | * |   |   |
| <i>Cisticola cherina</i>          | Sylviidae     | Tsipako         |   |   |   |   |   |   |   |   | * | * |
| <i>Copsychus albospecularis</i>   | Turdidae      | Fitatsy, Pitsy  | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Coracina cinerea</i>           | Campephagidae | Soisoy          | * |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Coracopsis nigra</i>           | Psittacidae   | Boloky, Sihotse | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Coracopsis vasa</i>            | Psittacidae   | Boloky, Sihotse |   |   |   |   |   |   |   |   | * | * |
| <i>Corvus albus</i>               | Corvidae      | Goake           | * | * | * | * | * | * | * | * | * |   |
| <i>Coturnix coturnix</i>          | Phasianidae   | Kibo            | * |   | * | * | * | * | * | * |   |   |
| <i>Coturnix delegorguei</i>       | Phasianidae   |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |
| <i>Coua cristata</i>              | Cuculidae     | Tivoka          | * | * | * | * | * | * | * | * |   | * |
| <i>Coua cursor</i>                | Cuculidae     | Aliotse         |   |   |   |   |   |   |   |   | * | * |
| <i>Coua gigas</i>                 | Cuculidae     | Eoke            |   |   | * | * | * | * | * | * | * |   |
| <i>Coua ruficeps</i>              | Cuculidae     | Aliotse         | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Coua verreauxi</i>             | Cuculidae     |                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |
| <i>Cuculus rochii</i>             | Cuculidae     | Taotaokafa      | * |   | * | * | * | * | * | * | * |   |
| <i>Cyanolanius madagascarinus</i> | Vangidae      | -               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Cypsiurus parvus</i>           | Apodidae      | -               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Dendrocygna bicolor</i>        | Anatidae      | Vivy            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Dendrocygna viduata</i>        | Anatidae      | Vivy, Tsiriry   |   | * |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Dicrurus forficatus</i>        | Dicruridae    | Railovy         | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Egretta ardesiaca</i>          | Ardeidae      | Vorondomboka    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Egretta dimorpha</i>           | Ardeidae      | Vanomainty      |   | * | * |   |   |   |   | * |   |   |
| <i>Eurystomus glaucurus</i>       | Coraciidae    | Tsirarako       | * |   | * | * | * | * | * | * | * |   |
| <i>Falco concolor</i>             | Falconidae    | Tomamavo        | * | * | * | * | * | * | * | * | * |   |

|                                       |                  |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------|------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Falco eleonora</i>                 | Falconidae       | Firasambalala       | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Falco newtoni</i>                  | Falconidae       | Hitikitika          | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Falco peregrinus</i>               | Falconidae       | Firaokakanga        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Falco zoniventris</i>              | Falconidae       | Hitikitikala        |   |   |   |   |   |   |   |   | * |   |
| <i>Falculea palliata</i>              | Vangidae         | Voronjaza, Niania   | * |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Foudia madagascariensis</i>        | Ploceidae        | Foly, Fody          | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Foudia omissa</i>                  | Ploceidae        | Folinala            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Gallinago macrodactyla</i>         | Scolopacidae     | Tsakolo             | * | * | * | * |   |   |   | * |   |   |
| <i>Gallinula chloropus</i>            | Rallidae         | Tikosa              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Himantopus himantopus</i>          | Recurvirostridae | Takapaly            |   | * |   | * |   |   |   | * |   |   |
| <i>Hypsipetes madagascariensis</i>    | Pycnonotidae     | Tsikonina           | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Ixobrychus minutus</i>             | Ardeidae         | Kababeo             |   | * | * |   |   |   |   | * |   |   |
| <i>Leptopterus chabert</i>            | Vangidae         | Tratraka            |   |   |   | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Leptopterus viridis</i>            | Vangidae         |                     |   |   |   |   |   |   |   |   | * |   |
| <i>Leptosomus discolor</i>            | Leptosomatidae   | Treotreo            | * |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Lonchura nana</i>                  | Estrilidae       | Tsipiry, Tsikiry    | * | * | * | * | * | * | * | * | * |   |
| <i>Lophotibis cristata</i>            | Threskiornitidae | Hankà, Akohoala     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Margaroperdix madagascariensis</i> | Phasianidae      | Kibonaomby, Tsondro |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Merops superciliosus</i>           | Meropidae        | Tsikarikarioke      | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Milvus aegyptius</i>               | Accipiteridae    | Tsimalao, Papango   | * | * | * | * | * | * | * | * |   |   |
| <i>Milvus migrans</i>                 | Accipiteridae    |                     |   |   |   |   |   |   |   |   | * | * |
| <i>Mirafraga hova</i>                 | Alaudidae        | Jory                |   |   |   |   |   |   |   |   | * | * |
| <i>Nectarinia notata</i>              | Nectarinidae     | Soianga             |   |   |   |   |   |   |   |   | * |   |
| <i>Nectarinia souimanga</i>           | Nectarinidae     | Soimanga, Soianga   | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Neomixis striatigula</i>           | Sylviidae        | Kinimitsy           |   |   | * | * |   | * | * | * | * |   |
| <i>Neomixis tenella</i>               | Sylviidae        | Tsamitsy            | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Nesillas lantzii</i>               | Sylviidae        |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   | * |



|                                  |                   |                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Nesillas typica</i>           | Sylvidae          | -                   | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Nettapus auritus</i>          | Anatidae          | Soafify             |   | * |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Newtonia archboldi</i>        | Sylvidae          | Tsibakibakia        | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Newtonia brunneicauda</i>     | Sylvidae          | Andrabakia, Samitse | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Ninox superciliaris</i>       | Strigidae         | Vorondolo           | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Numida meleagris</i>          | Numididae         | Akanga              |   | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Nycticorax nycticorax</i>     | Ardeidae          | Tsikotripotaka      | * | * | * | * | * | * | * | * |   |   |
| <i>Oena capensis</i>             | Columbidae        | Tsikototo           | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Otus rutilus</i>              | Strigidae         | Torotoroka          |   |   |   |   |   |   |   |   | * | * |
| <i>Phalacrocorax africanus</i>   | Phalacrocoracidae | Fihirike            | * | * |   | * | * | * | * | * |   |   |
| <i>Phedina borbonica</i>         | Hirundinidae      | -                   | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Ploceus sakalava</i>          | Ploceidae         | Draky               | * |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Polyboroides radiatus</i>     | Accipiteridae     | Bobake, Fahiaka     | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Porphyrio porphyrio</i>       | Rallidae          | Aretaka             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Porphyryula alleni</i>        | Rallidae          | Aretaka             | * | * |   | * | * |   |   | * |   |   |
| <i>Pterocles personatus</i>      | Pteroclididae     | Hatrakatraka        | * |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Rallus madagascariensis</i>   | Rallidae          | Tsompia             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Sarkidiornis melanotos</i>    | Anatidae          | Ongongo             | * | * |   |   |   | * |   | * |   |   |
| <i>Scopus umbretta</i>           | Scopidae          | Takatra             |   | * | * | * | * |   |   | * |   |   |
| <i>Sterna caspia</i>             | Sternidae         | -                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Streptopelia picturata</i>    | Columbidae        | Deho, Domoina       | * |   | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Tachybaptus pelzelinii</i>    | Podicipedidae     | -                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Tachybaptus rufolavatus</i>   | Podicipedidae     | Kiborano            |   | * |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Terpsiphone mutata</i>        | Monarchidae       | Dady, Dadike        | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| <i>Thamnornis chloropetoides</i> | Sylvidae          | -                   |   |   |   |   |   | * | * | * | * | * |
| <i>Treron australis</i>          | Columbidae        | Dehofone            | * |   | * | * | * | * | * | * | * |   |
| <i>Tringa nebularia</i>          | Scolopacidae      | -                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|                                    |              |                         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|------------------------------------|--------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Turnix nigricollis</i>          | Turnicidae   | Tratrao                 |           |           |           | *         |           |           |           | *         | *         | *         |
| <i>Tyto alba</i>                   | Tytonidae    | Refario                 | *         |           | *         | *         | *         | *         | *         | *         |           | *         |
| <i>Upupa marginata</i>             | Upupidae     | Tsikodara               | *         |           | *         | *         | *         | *         | *         | *         | *         | *         |
| <i>Vanga curvirostris</i>          | Vangidae     | Tsivolovolo, Tsilovango | *         | *         | *         |           | *         | *         | *         | *         | *         | *         |
| <i>Xenopirostris xenopirostris</i> | Vangidae     | Vanga                   |           |           |           |           |           |           |           |           | *         | *         |
| <i>Accipiter francesii</i>         | Zosteropidae | Tsipaike                |           |           |           |           |           |           |           |           | *         |           |
| <i>Accipiter madagascariensis</i>  | Zosteropidae | Tsipaike                | *         | *         | *         | *         |           | *         | *         | *         | *         |           |
| <b>Nombre d'espèces</b>            |              |                         | <b>59</b> | <b>54</b> | <b>61</b> | <b>63</b> | <b>57</b> | <b>62</b> | <b>60</b> | <b>70</b> | <b>62</b> | <b>46</b> |

ANL : Analafaly ; AND ; Andraikera ; IHZ : Ihazoara ; P1 : Parcelle 1 ; HP1 : Hors parcelle 1 ; P2 : Parcelle 2, HP2 : Hors parcelle, ADHL : Parcelle 2 d'Andohaëla et BMNTZ : Bemananteza (PN Tsimanampetsotsa)

**Annexe 13: Coordonnées géographiques des points des transects (Projection Laborde)**

|                        |    |           |           |     |
|------------------------|----|-----------|-----------|-----|
| <b>Analafaly</b>       | P1 | 217743,20 | 273638,84 | 140 |
|                        | P2 | 217822,21 | 273596,56 | 151 |
|                        | P3 | 217917,17 | 273406,11 | 146 |
|                        | P4 | 217897,22 | 273186,69 | 145 |
|                        | P5 | 218092,31 | 273248,68 | 147 |
|                        | P6 | 218278,11 | 273141,18 | 157 |
| <b>Andraikera</b>      | P1 | 217797,64 | 273784,48 | 144 |
|                        | P2 | 217955,51 | 273892,54 | 132 |
|                        | P3 | 218049,96 | 274108,37 | 128 |
|                        | P4 | 217898,84 | 274214,05 | 139 |
|                        | P5 | 217721,41 | 274482,16 | 135 |
| <b>Ihazoara</b>        | P1 | 215771,87 | 269996,30 | 150 |
|                        | P2 | 215794,60 | 269791,76 | 153 |
|                        | P3 | 215935,89 | 269651,68 | 147 |
|                        | P4 | 216072,12 | 269507,11 | 151 |
|                        | P5 | 216132,42 | 269226,61 | 150 |
|                        | P6 | 216280,50 | 269026,82 | 161 |
| <b>Parcelle 1</b>      | P1 | 216006,82 | 273161,84 | 145 |
|                        | P2 | 215774,46 | 273148,11 | 145 |
|                        | P3 | 215558,48 | 273130,13 | 151 |
|                        | P4 | 215336,31 | 273117,62 | 147 |
|                        | P5 | 215109,97 | 273112,80 | 149 |
|                        | P6 | 214879,50 | 273112,36 | 145 |
| <b>Hors parcelle 1</b> | P1 | 214789,81 | 273108,00 | 146 |
|                        | P2 | 214700,62 | 273149,04 | 147 |
|                        | P3 | 214486,60 | 273225,17 | 139 |
|                        | P4 | 214258,48 | 273286,74 | 138 |
|                        | P5 | 214029,40 | 273254,20 | 134 |
|                        | P6 | 213805,23 | 273238,31 | 141 |
| <b>Parcelle 2</b>      | P1 | 212212,35 | 270362,44 | 155 |
|                        | P2 | 212001,45 | 270261,44 | 157 |
|                        | P3 | 211850,97 | 270139,00 | 164 |
|                        | P4 | 211679,87 | 270036,25 | 168 |
|                        | P5 | 211507,82 | 269927,95 | 163 |
| <b>Hors parcelle 2</b> | P1 | 214468,69 | 271379,14 | 141 |
|                        | P2 | 214378,32 | 271415,91 | 142 |
|                        | P3 | 214175,24 | 271457,15 | 147 |
|                        | P4 | 214025,97 | 271590,89 | 140 |
|                        | P5 | 213820,86 | 271602,04 | 144 |
|                        | P6 | 213626,92 | 271563,03 | 145 |
|                        | P7 | 213445,17 | 271625,44 | 147 |

## **Annexe 14: Convention de partenariat portant sur la Gestion du volet Recherche dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly**

Entre

« Madagascar National Parks », ayant son siège social au Lot A110C « Immeuble Madagascar National Parks » Ambatobe- Antananarivo, et représentée par son Directeur Général, Dr. Ramangason Guy Suzon, d' une part,

Et

L'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, ci-après désignée « ESSA », ayant son siège au Campus de l'Université d'Antananarivo et représentée par son Directeur par intérim, Le Professeur Raonizafinimanana Beatrice, d'autre part.

Il a été convenu entre les deux parties ce qui suit :

### ***Article 1.Contexte***

**Attendu que :**

- La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly (RSBM), dont Madagascar National Parks est en charge de la gestion, constitue l'un des sites les plus importants pour la conservation de la biodiversité du Sud-Ouest de Madagascar. Bezà Mahafaly est reconnue par la richesse de la faune et de la flore qu'elle abrite. Par la diversité des habitats que l'on y retrouve, Bezà Mahafaly est également la seule aire protégée dans laquelle on retrouve sur le même site les différents faciès de la végétation du Sud-Ouest de Madagascar.
- Depuis près de 20 ans, le Département Eaux et Forêts de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA-Forêts) entreprend à Bezà Mahafaly un programme de recherche qui a permis de collecter une importante base de données scientifiques permettant de mieux comprendre l'écologie, la socio économie de Bezà Mahafaly et ses alentours, ainsi que les enjeux de sa conservation.
- De grands progrès ont été faits pour l'extension de la superficie originelle de 600 ha de la réserve composée par deux parcelles non contiguës, pour atteindre une parcelle unie de 4.600 ha. Cette extension a été définie comme cruciale pour mieux assurer l'intégrité de la biodiversité de Bezà Mahafaly, en harmonie avec le développement des communautés locales.
- Aujourd'hui, Madagascar National Parks et ESSA entendent franchir ensemble une nouvelle étape qui s'inscrit dans : i) la nécessité et la responsabilité de protéger la forêt, en s'appuyant sur les relations de confiance, de partenariat entre les acteurs qui y sont engagés (en particulier Madagascar National Parks, ESSA, les communautés et les autorités locales et régionales) ; ii) la nécessité de capitaliser les acquis et leçons apprises des programmes entrepris à Bezà Mahafaly

- la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly est focalisée sur le « Marché de la Recherche » dans la nouvelle politique de Madagascar National Parks basée sur l'esprit entrepreneurial se traduisant par une approche « Marchés » de chaque aire protégée du réseau national.

### ***Article 2. Objet***

La présente convention a pour objet de renforcer le partenariat pour la Gestion du Volet « Recherche et la Formation » à Bezà Mahafaly (abrégées ci-après « Recherche ») avec l'ESSA. Le présent accord couvre les aspects scientifiques, techniques, administratifs de la gestion de la « Recherche » à Bezà Mahafaly, tel qu'il sera détaillé dans les articles suivants.

### ***Article 3. Objectifs***

Cette convention se base sur une volonté mutuelle des deux parties d'assurer la promotion de la Recherche à Bezà Mahafaly au bénéfice de la conservation de la biodiversité et du développement, afin de :

- assurer une meilleure intégration et contribution de la Recherche et des bénéfices qu'elle génère dans la pérennisation de la gestion de la RSBM, de la conservation de sa biodiversité et du développement des communautés environnantes ;
- offrir les conditions propices pour le développement de la Recherche à Bezà Mahafaly, notamment par une meilleure adéquation des services offerts par la RSBM et les attentes et besoins des chercheurs ;
- promouvoir la RSBM en tant que site de référence et d'excellence pour la recherche sur la conservation de la biodiversité à Madagascar.

### ***Article 4. Principes généraux***

Afin d'atteindre les objectifs sus-mentionnés, les deux parties s'entendent à :

- conjuguer les efforts pour la promotion de la Recherche, première vocation de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly ;
- maintenir une articulation de la Recherche avec les stratégies et actions relatives à la conservation et le développement local ;
- partager les coûts et bénéfices, mais aussi les risques liés à la gestion de la Recherche ;
- continuer à œuvrer pour de nouvelles perspectives pour une meilleure gestion des activités de recherche à Bezà Mahafaly, en fonction des contextes, opportunités et contraintes qui se présenteront dans le court, moyen et long terme, en relation avec les visions stratégiques des deux parties ;
- assurer une présence permanente et effective de responsables des deux parties sur le site de Bezà Mahafaly, ce qui constitue une garantie principale pour laquelle elle s'engage ci-présent ;
- collaborer pour la définition et mise en œuvre d'un plan d'investissement productif pour la recherche à Bezà Mahafaly. Ce plan d'investissement sert de référence en terme de prévisions et de stratégies pour le développement de la Recherche à Bezà Mahafaly. Il est annexé à la présente convention.

### ***Article 5. Responsabilités et attributions de Madagascar National Parks***

Les responsabilités de Madagascar National Parks sont les suivantes :

- Apporter les fonds nécessaires pour la réalisation des investissements relatifs au développement de la recherche au niveau de Bezà Mahafaly ;
- Veiller à la conformité de la démarche, des actions et dispositions pour la gestion de la recherche à Bezà Mahafaly par rapport à la réglementation en vigueur pour la gestion des aires protégées à Madagascar ;
- Effectuer les activités de renforcement des infrastructures de Recherche en concertation avec ESSA, conformément au plan d'investissement ;
- Faciliter l'obtention des autorisations de recherche, en particulier la collecte et l'exportation des échantillons biologiques (avec une particulière attention aux échantillons régies par la Convention CITES), en particulier pour les chercheurs partenaires de l'ESSA ;
- Informer les chercheurs entrant en contact avec Madagascar National Parks du présent accord de Gestion de la Recherche à Bezà Mahafaly ;
- Le cas échéant, faciliter le développement du partenariat d'autres Institutions avec ESSA ;
- Donner une entière latitude à l'ESSA pour la gestion opérationnelle des services d'accueil ainsi que de l'assistance des chercheurs sur le site Bezà Mahafaly.

Demeurent valables les attributions suivantes de Madagascar National Parks en tant que Gestionnaire du site de Bezà Mahafaly :

- Est le premier responsable de la gestion de la Réserve de Bezà – Mahafaly, le Directeur de la Réserve représentant Madagascar National Parks au niveau local ;
- Facilite la collaboration des deux entités auprès des autorités de la région (Fokontany, Communes, District, Région) ;
- Collabore avec l'ESSA dans le développement et la mise en œuvre des plans d'action en faveur de la conservation de la Réserve de Bezà – Mahafaly, et en tenant compte des besoins spécifiques liés aux activités particulières de l'ESSA.

### ***Article 6. Responsabilités et attributions de l'ESSA***

Les responsabilités de l'ESSA sont les suivantes :

- Conduire toutes les activités de vente et d'attraction des chercheurs (clients) et faciliter leur venue à Bezà Mahafaly ;
- S'assurer de l'accueil et de l'appui logistique nécessaire à la bonne conduite des activités des chercheurs sur le terrain (guide, assistants, équipements etc.) ;
- Assurer l'amélioration des conditions d'accueil de recherche ;
- Etablir un reporting mensuel du résultat de l'exploitation des activités de Recherche au niveau de Bezà Mahafaly ;
- Déterminer les thématiques ou sujets de recherches au niveau de Bezà Mahafaly, en tenant compte des attentes liées au Plan de Gestion de la Réserve.

Demeurent valables les attributions de l'ESSA ci-après :

- Développe et met en œuvre, en collaboration avec Madagascar National Parks et le Ministère de l'Environnement et des Forêts, des plans d'action en faveur de la conservation de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly;
- Assure la planification et la coordination du programme de recherche à Beza Mahafaly;
- Assure la disponibilité et la prise en charge du personnel de recherche.
- Rend compte, à travers des rapports et des publications, des résultats du programme de suivi écologique et socio-économique effectué à Beza Mahafaly.

### ***Article 7. Engagements communs des parties***

Dans le cadre de la mise en œuvre de cette convention, les deux parties s'engagent à :

- Collaborer pour attirer les chercheurs à Beza Mahafaly ;
- Mettre en place un Comité qui va assurer le suivi technique et financier de la présente convention ;
- Produire les informations nécessaires via les représentants sur terrain pour les travaux de suivi du Comité (rapports,...), et ce conformément aux règles et procédures propres à Madagascar National Parks ;
- Décider de l'utilisation des revenus perçus.

### ***Article 8. Gestion du personnel***

Chaque partie est responsable de la gestion du personnel qu'il emploie en fonction des ressources propres dont elle dispose et selon les procédures, normes et grilles en vigueur au sein de leur institution. Les dispositions de cet article s'appliquent aussi bien entre autres pour les salaires, l'indemnisation, la gestion des charges sociales des employés de chaque institution.

### ***Article 9. Gestion des revenus issus des activités de Recherche et des droits de recherche***

L'ESSA est seule en charge du prélèvement et de l'encaissement des recettes des droits et charges liés aux activités de Recherche au niveau de Beza Mahafaly. Ces droits et charges correspondent aux services et prestations offerts aux chercheurs et aux autres bénéficiaires des activités de formation et de recherche.

La collecte du droit de recherche demeure l'attribution de Madagascar National Parks, et dont la comptabilisation sera portée intégralement au bénéfice du programme de partenariat au niveau de Beza Mahafaly.

### ***Article 10. Eligibilités des autres Dépenses indirectes à planifier***

En application des dispositions de la présente convention, seules les catégories de dépenses ci-après sont éligibles :

- Activités d'amélioration des accueil des chercheurs ;
- Activités de protection de l'aire protégée menée avec la communauté riveraine ;
- Les frais administratifs : gardiennage, frais de versement recettes à la Banque, entretiens moto ;
- D'autres dépenses peuvent être déclarées éligibles en cas de commun accord entre les deux parties.



**Article 11. Communication**

Les deux parties s'entendent à favoriser une large communication des résultats, en mettant en harmonie les informations diffusées dans leurs organes de communication respectives. De fait, les deux parties s'assureront à ce que les parties concernées, notamment les chercheurs, fassent part de leurs activités et résultats sur les pages web des deux Institutions et par d'autres moyens, en faveur de la promotion du site de Bezà Mahafaly.

**Article 12. Publication des résultats de Recherche**

Les deux parties s'engagent à encourager et faciliter la publication des résultats de recherche menés dans la Réserve Spéciale de Bezà-Mahafaly. Tous résultats et données issus des travaux de recherche menés dans la Réserve Spéciale de Bezà-Mahafaly restent et demeurent la propriété intellectuelle du Chercheur ou de l'Institution qui les a produits. Toutefois, ces résultats peuvent être utilisés par Madagascar National Parks dans la conservation de la biodiversité et l'accomplissement de son rôle de gestionnaire des Aires Protégées.

**Article 13. Résiliation avant terme**

Le présent accord peut prendre fin par consentement mutuel des deux parties. La partie auteur de la décision a une obligation de notifier l'autre partie dans un délai de 90 jours.

**Article 14. Durée de la Convention et amendement**

La durée de validité de cette Convention de partenariat est de cinq (5) ans; le présent accord entre en vigueur dès sa signature par les parties contractantes. Chacune des parties contractantes peut soumettre des propositions tendant à modifier la teneur de la présente convention. Toutefois, tout amendement doit faire l'objet d'un avenant adopté de commun accord par les deux parties contractantes.

**Article 15. Règlement des différends**

Tout différend, controverse ou réclamation découlant du présent accord y compris la violation et la résiliation de celui-ci, doit être soumis à un arrangement amiable par la voie de négociations directes.

Fait à Antananarivo, le 23 MAR 2012

Pour Madagascar National Parks

Dr. Guy Suzon RAMANGASON  
Directeur Général de MNP

Pour l'Ecole Supérieure des Sciences  
Agronomiques (ESSA)

Professeur Beatrice RAONIZAFINIMANANA  
Directeur p.i. de l'ESSA





### **Annexe 15: Questionnaire d'enquête**

1. Combien de saison divise t- elle l'année ?et quelles sont les spécificités de chaque saison ?/ Miza-  
ra firy ny taona araka ny toetr'andro? Ary inona ny mampiavaka azy?
2. Quel est votre appréciation sur le climat actuel ?/ Otrany ahoana ny fahitanao ny toetr'andro  
amin'izao ?
3. En suivant le climat durant 50 ans passés, quel est la tendance de l'évolution du climat ? Raha zo-  
hina ny fivoarany toetr'andro nadritran'ny 50 taona lasa dia ahoana ny fizotran' izany ?
4. Y a-t-elle de relation entre le climat et les oiseaux ? Si oui, quelle est cette relation ?/ Misy ifan-  
draisany ve ny toetr'andro sy ny vorona ? Raha eny , inona ary io fifandrasana io ?
5. Quels sont les impacts du climat sur la communauté aviaire ? / Inona ny fietraikan'ny toetr'andro  
amin'ny vorona ?
6. Face, à cette défaillance climatique, quelles sont les strategies adoptées par les oi-  
seaux ?/Manoloana io tsy fetezan'ny toetr'andro io, inona avy ireo paikady ataon'ny vorona mba  
ahafahany miana amin'izany ?
7. A part de condition climatique, quelles sont les pressions qui pèsent sur la communauté aviaires ? /  
Ankoatran'ny toetr'andro, inona ny olana mianjady amin'ny vorona ?
8. Quelles sont les espèces d'oiseaux qui sont tabou dans cette région ? Pourquoi ? Inona avy ireo ka-  
razam-borona fady aty ? Nahoana ?
9. Quels sont les différents usages des oiseaux ? Inona ny fampiasana ireny vorona ireny eo amina-  
reo ?
10. Quels sont les personnes chasseurs ?/ Iza avy ireo olona mpihaza vorona ? :
11. Quels sont les différents types des matériels de chasse des oiseaux ?/Inona avy ireo fitaovana fam-  
piasa rehefa hihaza vorona ?
12. Combien d'individus sont piégés par jour ?/ Firy ny isan'ny vorona azo anatin'ny 1 andro ?