

## Chapitre 6. Suivi de l'avifaune de Bezà Mahafaly

**José C. Rahendrimanana<sup>1</sup>, Joelisoa Ratsirarson<sup>1</sup>,  
Notahinjanahary Rasamimanana<sup>1</sup>, Efitiria<sup>2</sup> et  
Jeannin Ranaivonasy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département des Eaux et Forêts de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, BP 175, Université d'Antananarivo, Antananarivo 101, Madagascar  
E-mail : rahendrimananj@gmail.com, ratsirarson@gmail.com, notahinjanahary@gmail.com, j.ranaivonasy@gmail.com

<sup>2</sup>Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, c/o Département des Eaux et Forêts de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, BP 175, Université d'Antananarivo, Antananarivo 101, Madagascar

### Résumé

Les oiseaux réagissent rapidement aux modifications de leur environnement et, de fait, constituent un indicateur adéquat de la performance et de la santé écologique de leurs habitats. A cet effet, les populations d'oiseaux de Bezà Mahafaly sont suivies périodiquement depuis 1995 dans des sites représentatifs comprenant des écosystèmes forestiers, non forestiers et lacustres. A partir de 2006, la méthode de comptage en ligne a été adoptée lors de suivis mensuels sur sept lignes de transect établies dans différents habitats, et les résultats constituent la base de l'analyse présentée ici. Un niveau d'endémisme assez important a été décelé sur les 73 espèces suivies. Avec un maximum dans la forêt galerie, le nombre d'espèces est similaire dans l'ensemble des forêts et des zones non forestières (hors zones humides) environnantes ; la présence de lacs temporaires permet l'établissement d'une population d'oiseaux aquatiques non négligeable. La taille de la population des oiseaux forestiers tend à diminuer dans l'ensemble de la zone d'étude depuis 2006, bien que les données sur les espèces indicatrices (*Coua gigas* et *Acridothères tristis*) montrent une certaine stabilité des habitats forestiers. Les peuplements d'oiseaux dans les différents sites composant Bezà Mahafaly sont très similaires, surtout dans les sites ayant le même niveau de dégradation, sauf au lac Andraikera. Les variabilités du climat, l'impact des actions humaines et les efforts de conservation se conjuguent pour déterminer des tendances de

dynamiques différenciées. Les populations d'oiseaux forestiers dans les zones de conservation restent stables. Dans la Parcelle 2 et les zones forestières et ouvertes environnantes, il y a une diminution d'abondance des espèces forestières, mais avec diversification en espèces par l'arrivée d'espèces préférant les espaces ouverts. On note aussi une diminution en abondance des oiseaux d'eaux dans le lac d'Andraikera qui est plus affecté par les variations du climat. Ces tendances différenciées mettent en avant la complexité des problématiques, qui justifient la poursuite du programme de suivi.

**Mots clés** : oiseaux, richesse spécifique, abondance relative, endémisme, dynamique spatio-temporelle

### Extended abstract

Birds are good indicators of forest health, responding rapidly to environmental perturbations. The Bezà Mahafaly monitoring team has been tracking the diversity, spatial distribution, and abundance of birds at Bezà Mahafaly in southwest Madagascar since 1995. This study analyses monthly censuses between 2006 and 2013 along seven transects established in habitats exhibiting differing levels of disturbance across the Bezà Mahafaly landscape. Habitat types included gallery forest, dry forest, open areas, and temporary wetlands. Seventy-three of the 92 species known to occur at Bezà Mahafaly were monitored, walking at about 0.5 km/h and recording all individuals encountered or heard, regardless of distance from the transect. Two species were singled out for additional observation: *Coua gigas*, a forest-dwelling species heavily dependent on intact, herbaceous vegetation, and *Acridothères tristis*, an aggressively invasive species introduced to Madagascar in the 18<sup>th</sup> century.

Statistical analyses were performed to examine species diversity and abundance across the landscape and through time and changing climate conditions. The impact of forest clearance by people was assessed qualitatively. Birds are hunted opportunistically, but it was not possible to assess the impact of this activity.

Among the 73 species studied, 45% were forest species, with 42% species endemic to Madagascar. Species diversity was greatest in the gallery forest,

but there was notable similarity between habitats. Diversity and distribution fluctuated seasonally, especially in wetlands, and from year to year, with a trend toward increasing diversity in some habitats during the study period. We attribute this to the fragmentation of these habitats due to human activity, favoring colonization by species preferring areas that are more open. Equitability (the relative numbers of individuals per species) was stable in all habitats except the wetlands, which showed a decline. The abundance of many forest populations declined during the study period, with 19 of 33 species showing a significant reduction. Only one species (*Ninox superciliosus*) increased in abundance.

Species diversity correlated positively with average temperature in some habitats. No significant correlation was found between species diversity and rainfall, but the number of days of rainfall had a strong positive effect, particularly in the wetland habitat. As in other regions, *A. tristis* was abundant in open and disturbed habitats outside the reserve, and rare inside the more intact forests. *Coua gigas* was present at low density in protected gallery forest, with no detectable shifts in abundance. There was little overall variation between gallery and dry forest in the species present, with minor differences between particular transects attributable to micro-habitat differences or degree of perturbation.

The Bezà Mahafaly Special Reserve continues to provide a safe habitat for different bird species of southern Madagascar, but the dynamics revealed by the analyses presented here also reflect the environmental and human risks to which this avifauna is exposed.

**Keywords:** birds, specific richness, relative abundance, endemism, space-time evolution

## Introduction

Bien que les forêts sèches abritent une richesse des populations d'oiseaux moindre par rapport aux forêts humides (Raherilalao & Wilmé, 2008), elles constituent des habitats importants pour la conservation de l'avifaune de Madagascar. En effet, les populations ornithologiques des forêts sèches présentent un endémisme élevé et sont formées par des espèces typiques de zones arides (Raherilalao & Wilmé, 2008). Ces oiseaux sont repartis dans des fragments des forêts plus ou moins grands (Koechlin *et al.*, 1974). La forêt de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly est l'un de ces fragments. Les forêts et les autres biomes naturels

de Bezà Mahafaly et l'avifaune qu'ils abritent sont soumises aux pressions anthropiques caractérisées par la déforestation mais aussi, surtout dans le cas des oiseaux, par la chasse (Ratsirarson *et al.*, 2001). Ils sont également soumis à de fortes fluctuations des conditions environnementales, dont les facteurs climatiques (Rasamimanana *et al.*, 2012) qui ont des conséquences sur l'abondance et la distribution des espèces. Or, les oiseaux constituent des indicateurs biologiques fiables pour apprécier la santé de l'écosystème car ils sont sensibles aux modifications environnementales (Morrison, 1986 ; Temple & Wiens, 1989 ; Bradford *et al.*, 1998 ; Canterbury *et al.*, 2000). De ce fait, une meilleure connaissance de la diversité de l'avifaune et des impacts des facteurs environnementaux et humains qui influent sur son écologie s'avère indispensable.

Le programme de suivi ornithologique est mené dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et ses environs depuis 2006 dans le souci d'étoffer la connaissance sur l'avifaune de la région et d'évaluer l'état de santé écologique de son habitat. Les résultats de ce suivi sont analysés pour aider à définir des meilleures actions et stratégies destinées à appuyer les activités de conservation de la biodiversité dans la réserve. Cette étude valorise les résultats de ce suivi ornithologique, avec comme objectif de comprendre la diversité et la dynamique spatio-temporelle de la communauté des oiseaux de Bezà Mahafaly.

## Méthodologie

### Sites de suivi

Sept sites représentatifs des paysages de Bezà Mahafaly font l'objet d'un suivi permanent depuis 2006. Quatre d'entre eux sont inclus dans la réserve, dont deux dans la forêt galerie et les deux autres dans la forêt sèche. Les trois autres sites de la forêt d'Ehazoara, d'Analafaly et du lac d'Andraikera se trouvent en dehors de la réserve (Figure 1 & Tableau 1). Chaque transect a sa spécificité écologique qui détermine la diversité et la composition des espèces qu'on y rencontre. A Ihazoara et Andraikera, les fluctuations hydriques déterminent des conditions écologiques particulières qui influent sur l'écologie des oiseaux locaux. La forêt d'Ihazoara, sur un substrat calcaire, est marquée par la présence d'un canyon formé par une rivière temporaire. La forêt d'Analafaly, à proximité du village Analafaly, est aussi traversée par une rivière temporaire, et elle est exposée à la forte pression anthropique. Le lac

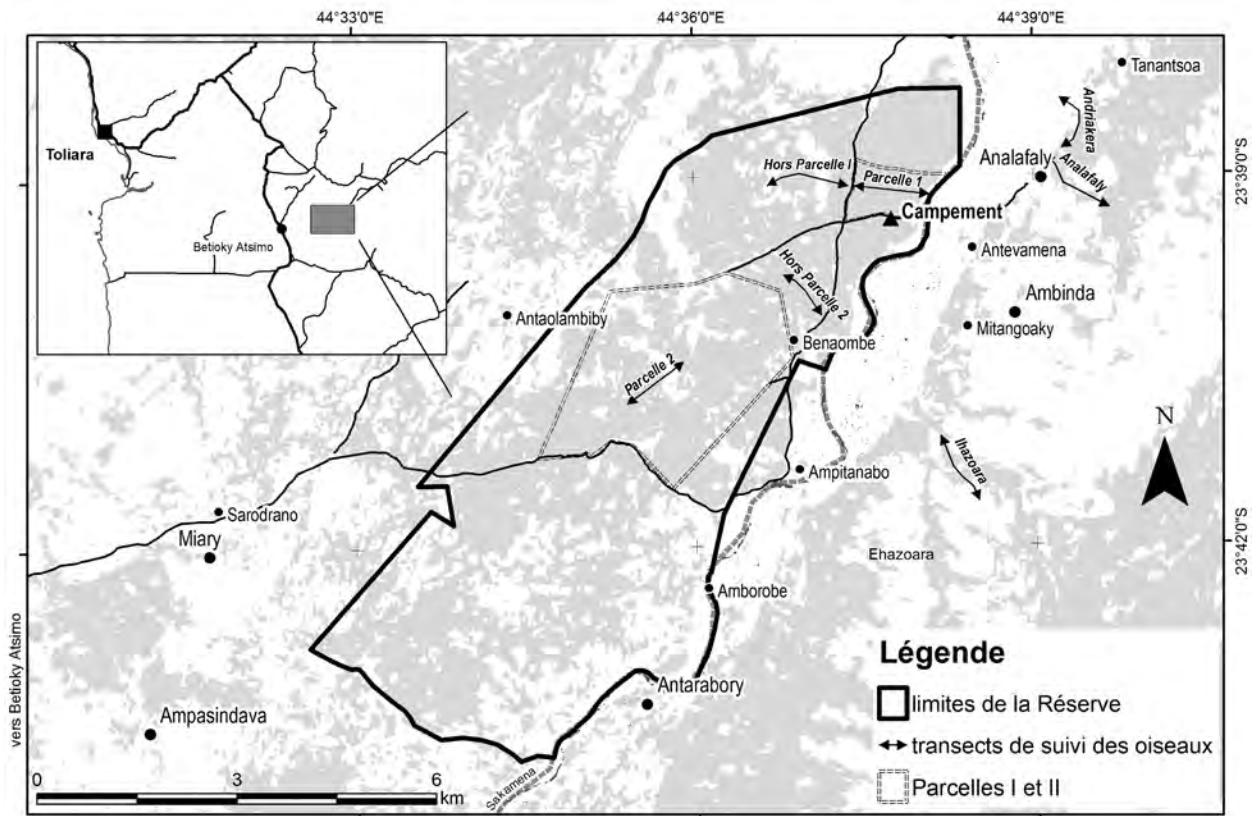


Figure 1. Localisation des sites de suivi des oiseaux de Beza Mahafaly.

Tableau 1. Sites de suivi de la population des oiseaux de Beza Mahafaly.

Site	Code	Description du milieu
Analafaly	ANL	Espaces généralement ouverts autour du village d'Analafaly, avec très peu de zones boisées.
Andraikera	AND	Zone basse temporairement inondée, formant un lac temporaire en saison des pluies (décembre à mars ou avril selon l'importance des pluies).
Ihazoara	IHZ	Zone encaissée rocailleuse (« canyon »), traversée par une rivière au débit relativement stable et conséquent.
Parcelle 1	P1	Forêt galerie avec un degré de perturbation nulle à minimale.
Hors Parcelle 1	HP1	Forêt galerie au nord de la Parcelle 1, moyennement ou fortement affectée par les perturbations et les activités humaines.
Parcelle 2	P2	Forêt sèche moyennement perturbée.
Hors Parcelle 2	HP2	Forêt sèche et autres biomes secs (fourré xérophytique, formations herbeuses) autour de la Parcelle 2, moyennement à fortement perturbés par les activités humaines.

d'Andraikera se tarit pendant la saison sèche, entre mai et octobre.

### Collecte des données

Cette étude valorise les résultats du suivi permanent de l'avifaune depuis 2006 à 2013, qui fait partie du cadre plus large du suivi écologique et socio-économique à long terme mené par l'ESSA en partenariat avec Madagascar National Parks et la communauté locale. Chaque mois, des relevés ont été effectués dans des sites permanents le long des lignes de transect fixes préétablis (Figure 1). Les espèces suivies sont limitées à celles qui ont

été observées au cours de l'année 2006, date de début d'observations systématiques sur les lignes de transect. La méthode de comptage par transect (Bibby *et al.*, 1993) est utilisée pour suivre les oiseaux de la réserve et ses environs. Elle consiste à marcher à une vitesse constante d'environ 0,5 km/h le long des transects permanents et à noter tous les oiseaux vus ou entendus sans considérer la distance à gauche et à droite de la ligne de transect. Sept lignes de transect, ayant chacune une longueur de 1000 m, sont visitées une fois par mois. Le recensement est conduit entre 5 h et 9 h du matin, temps pendant lequel l'activité des oiseaux est maximale, afin de

faciliter la détection des animaux et diminuer les erreurs de comptage. Toutefois, les informations occasionnelles en dehors de cette période ont été également considérées pour documenter la présence des espèces qui ne sont pas observées au cours de comptage par ligne de transect afin d'obtenir la liste des espèces présentes. Des observations directes complétées par des entretiens auprès des villageois et des responsables de la réserve ont été menées pour la collecte des données sur les pressions.

### Analyse des données

Les analyses statistiques ont porté sur la diversité spécifique dans la région, la similarité entre les sites et la tendance de la communauté aviaire par rapport aux variations climatiques. L'importance de l'impact des facteurs humains, dont la chasse et surtout la destruction des habitats dans l'analyse des dynamiques des populations d'oiseaux des différents sites, n'a pu être mesurée en l'absence de suivi précis sur ces problématiques. Pour la diversité biologique, l'indice de diversité de Shannon-Weaver noté ( $H'$ ) a été calculé à partir des données de suivi. Cet indice considère à la fois la richesse spécifique du milieu et l'abondance relative de chaque espèce. Autrement dit, il tient compte de la distribution du nombre d'individus par espèce ou équitabilité ( $E$ ) qui est utilisée pour évaluer la diversité biologique du milieu. L'indice d'équitabilité mesure la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique ; il varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (répartition égale des individus dans les espèces).  $H'$  et  $E$  sont donnés par les formules suivantes :

$$H' = - \sum (N_i/N) \log (N_i/N)$$

$$E = H' / \log S$$

$N_i$  étant l'effectif de l'espèce ;  $N$  l'effectif total des individus vus et entendus et  $S$  le nombre total d'espèces. Une valeur élevée de  $E$  correspond à un milieu en équilibre et en répartition homogène (toutes les espèces ont des abondances similaires) ; une valeur faible signifie que quelques espèces seulement dominent la communauté (Magurran, 1988).

Pour la similarité entre les sites, l'indice de Jaccard noté  $IJ$  (Magurran, 1988) a été calculé pour déterminer la similarité de la communauté aviaire entre les sept lignes de transect de suivi. Il se base sur la présence et l'absence des espèces forestières dans chaque site.  $IJ$  est donné par la formule suivante :

$$IJ = \frac{C}{(N_1 + N_2 - C)}$$

où  $N_1$  correspond au nombre d'espèces dans le site 1 ;  $N_2$  au nombre d'espèces dans le site 2 et  $C$  au nombre d'espèces communes aux deux sites. Les indices ont été classés par le biais d'une classification Ascendante Hiérarchique (CAH) afin d'établir un dendrogramme basé sur les affinités de l'avifaune des sites.

Pour la relation climat-communauté aviaire, le test de corrélation de Pearson entre le nombre d'espèces et l'abondance relative avec les précipitations, le nombre de jours de pluie et la température a été effectué (Faaborg *et al.*, 1984 ; Both & Visser, 2005 ; Jiguet *et al.*, 2010). La tendance temporelle de la diversité spécifique a été également analysée par le test de corrélation non paramétrique de Mann-Kendall (Mann, 1945 ; Kendall, 1975 ; Yue *et al.*, 2002 ; Yue & Pilon, 2004).

Il faut noter que l'analyse de l'évolution de l'abondance a porté sur les espèces d'oiseaux forestiers, c'est-à-dire les espèces habitant toujours dans les forêts intactes (tolérance 0 à la dégradation) ou des forêts moins dégradées (tolérance 1 à la dégradation) listées par Wilmé (1996). L'analyse est plus approfondie sur l'abondance de deux espèces *Coua gigas* et *Acridotheres tristis* qui sont considérées respectivement comme indicatrices de l'état de santé de la forêt (Ramanitra, 1994) et de menace d'invasion (Raheirilalao & Goodman, 2011) :

*Coua gigas* est une espèce appartenant à la sous-famille endémique malgache des Couinae de la famille de Cuculidae. Elle fréquente des types variés des forêts sèches telles que la forêt semi-caducifoliée, caducifoliée et bush épineux et les forêts galeries (Raheirilalao & Wilmé, 2008). Elle préfère la forêt avec des grands arbres, elle ne fréquente pas beaucoup les formations secondaires où la strate herbacée et arbustive est développée et gêne sa progression (Langrand, 1995). Elle se nourrit principalement d'insectes et d'arthropodes terrestres et occasionnellement de végétaux, tels que des graines (Langrand, 1995). *Coua gigas* subit localement une pression anthropique due à la chasse (Ratsirarson *et al.*, 2001 ; Rahendrimanana, 2012). Sa dépendance étroite du milieu forestier et les pressions dont il fait l'objet justifient le suivi de l'évolution de la population de *C. gigas* en tant qu'élément indicateur de l'état de la forêt.

*Acridotheres tristis* est une espèce appartenant à la famille de Sturnidae. Son régime alimentaire est à base d'insectes, de fruits et de graines. Elle se

rencontre souvent dans les champs et aux alentours des zones habitées. C'est une espèce d'origine asiatique qui a été introduite à Madagascar dans la moitié du 18<sup>ème</sup> siècle pour lutter contre l'invasion acridienne (Langrand, 1995). Elle se reproduit rapidement et entre actuellement en compétition avec les espèces autochtones surtout aux ressources alimentaires (Raherilalao & Wilmé, 2008). Son envahissement est très important et son aire de répartition couvre actuellement la majeure partie de l'île (Hawkins & Goodman, 2003). Sa faculté d'adaptation à toutes les conditions écologiques et à tous les milieux constitue une menace potentielle pour les espèces d'oiseaux endémiques de Madagascar. Elle est retenue comme une espèce indicatrice des pressions exercées par les espèces exotiques envahissantes, ce qui a justifié son suivi à Bezà Mahafaly.

## Résultats

### Endémisme de la population d'oiseaux de Bezà Mahafaly

Trente espèces (42 % des espèces suivies) à Bezà Mahafaly sont endémiques de Madagascar (Tableau 2). Cet endémisme est plus prononcé dans les noyaux durs, les deux parcelles non contiguës de la réserve (lignes de transect P1 et P2) (27 espèces). Six espèces sont en outre inféodées à la région de l'Ouest : *Coua gigas*, *C. ruficeps*, *Pterocles personatus*, *Newtonia archboldi*, *Thamnornis chloropetoides* et *Ploceus sakalava*. Ces deux dernières sont endémiques du Domaine du Sud de Madagascar. *Thamnornis chloropetoides* ne se rencontre que dans la Parcelle 2 et ses environs tandis que *N. archboldi* est répartie dans tous les sites.

Bezà Mahafaly abrite aussi 14 espèces endémiques de Madagascar et des îles voisines (Maurice, La Réunion, Rodrigue, Seychelles et Comores). Le nombre total d'espèces endémiques représentait alors 60 % (44 espèces) du nombre total d'espèces suivies. Parmi les 30 espèces forestières se trouvent 21 espèces endémiques de Madagascar et neuf espèces endémiques de la région de l'Océan Indien.

### Diversité spécifique

Un total de 73 espèces, soit 71 % des 92 espèces connues à Bezà Mahafaly (Ratsirarson *et al.*, 2001) a été suivi sur les sept lignes de transect pendant les sept années de suivi. Ces 73 espèces d'oiseaux

réparties dans 41 familles et 16 genres ont été suivies dans la réserve et ses alentours (Tableau 2).

La population aviaire de la forêt galerie et du canyon d'Ihazoara est la plus diversifiée : 53 et 51 espèces sont recensées respectivement sur les lignes de transect de la Parcelle 1 et d'Ihazoara. La zone temporairement inondée d'Andraikera est la plus pauvre et elle n'accueille que 34 espèces d'oiseaux (Tableau 2). Parmi les 73 espèces suivies, 21 espèces (29 % des espèces suivies) sont aquatiques. A l'exception d'*Actitis hypoleucos*, toutes ces espèces aquatiques se rencontrent saisonnièrement dans le lac d'Andraikera.

Au sein des 52 espèces d'oiseaux terrestres (71 % des espèces suivies), 33 (45 % des espèces suivies) sont forestières et 19 (26 % des espèces suivies) vivent dans les zones ouvertes. La richesse en espèces forestières des sites est plus ou moins identique. Le site d'Andraikera a hébergé sept espèces forestières, la richesse de ce site temporairement inondé étant surtout constituée par des espèces aquatiques.

Le suivi des oiseaux de Bezà Mahafaly permet avant tout d'illustrer la richesse et la diversité des espèces forestières, trouvées également dans le Sud de Madagascar. Cependant, les informations collectées dans les sites non forestiers peuvent être valorisées pour avoir un aperçu sur la faune ornithologique des autres habitats. La diversité la plus élevée s'observe chez la famille des Ardeidae (huit espèces) puis viennent celles des Sylviidae (sept), Cuculidae (cinq), Accipitridae, Anatidae et Vangidae (quatre espèces). Plus des deux tiers des familles suivies à Bezà Mahafaly ne sont représentées que par une seule espèce (Tableau 2). Les valeurs d'équitabilité dans les sites de Bezà Mahafaly sont généralement supérieures à 0,90 (Tableau 2). Autrement dit, l'abondance des populations pour chaque espèce pour chaque site est relativement similaire.

### Distribution des oiseaux dans les différentes forêts de Bezà Mahafaly

Dans l'ensemble, la faune des oiseaux forestiers rencontrés dans la forêt galerie et la forêt sèche sont sensiblement les mêmes. En compilant, d'un côté les données entre la Parcelle 1 et HP1 (forêt galerie) et celles de la Parcelle 2 et HP2 (forêt sèche), il semble que seuls *Thamnornis chloropetoides* et *Zosterops maderaspatana* sont localisés seulement dans les forêts sèches, et *Neomixis striatigula* est retrouvé uniquement dans les forêts galeries. Le

**Tableau 2.** Distribution et abondance relative des espèces d'oiseaux de Bezà Mahafaly. % : espèces endémique de la région (endémique de Madagascar et des îles Mascareignes, Seychelles et Comores) ; \* : espèces endémique de Madagascar ; # : espèces endémique de l'Ouest ; & : espèces endémiques du Sud (Wilmé, 1996 ; Raherilalao & Wilmé, 2008) ; 1 : espèces forestières (Langrand, 1995 ; Wilmé, 1996).

Familles	Taxons	ANL	AND	IHZ	P1	HP1	P2	HP2	BZM
<b>Espèces aquatiques</b>									
Anatidae	<i>Anas erythrorhyncha</i>		2						2
Anatidae	<i>Dendrocygna viduata</i>		12						12
Anatidae	<i>Nettapus auritus</i>		5						5
Anatidae	<i>Sarkidiornis melanotos</i>	1	2						3
Recurvirostridae	<i>Himantopus himantopus</i>		6		1				7
Scolopacidae	<i>Actitis hypoleucos</i>	1							1
Scolopacidae	* <i>Gallinago macrodactyla</i>		3						3
Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i>		1						1
Ardeidae	<i>Ardeola idae</i>		1						1
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	1	12						13
Ardeidae	<i>Butorides striata</i>		4	1					5
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>		1						1
Ardeidae	% <i>Egretta dimorpha</i>		4	1					5
Ardeidae	<i>Ixobrychus minutus</i>		3	1					4
Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>		7	1					8
Ciconiidae	<i>Anastomus lamelligerus</i>		1						1
Scopidae	<i>Scopus umbretta</i>		2	1	1	1			5
Alcedinidae	% <i>Alcedo vintsioides</i>		2	2					4
Rallidae	<i>Porphyrio alleni</i>		4		1	1			6
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax africanus</i>		1						1
Sylviidae	* <i>Acrocephalus newtoni</i>	1	2	1	1	1	1	1	8
<b>Espèces terrestres</b>									
Accipitridae	* <i>Accipiter madagascariensis</i> <sup>1</sup>	1		1	2	1	1	1	7
Accipitridae	* <i>Buteo brachypterus</i> <sup>1</sup>	1		1	1	1	1	1	6
Accipitridae	* <i>Polyboroides radiatus</i> <sup>1</sup>	1		1	1	1	1	1	6
Accipitridae	<i>Milvus aegyptius</i>	2	1	3	1	1	1	1	10
Apodidae	<i>Apus balstoni</i>				1				1
Bernieridae	& <i>Thamnornis chloropetoides</i> <sup>1</sup>						1	1	2
Campephagidae	* <i>Coracina cinerea</i> <sup>1</sup>	2		5	1	3	12	5	28
Caprimulgidae	% <i>Caprimulgus madagascariensis</i>	1		2	1	1	3	3	11
Sylviidae	* <i>Neomixis striatigula</i> <sup>1</sup>			1	1				2
Sylviidae	* <i>Neomixis tenella</i> <sup>1</sup>	7		7	8	7	7	7	43
Columbidae	% <i>Streptopelia picturata</i> <sup>1</sup>	2		3	4	4	4	3	20
Columbidae	% <i>Treron australis</i> <sup>1</sup>	2		2	1	1	1	1	8
Columbidae	<i>Oena capensis</i>	8	1	9	3	5	7	6	39
Coraciidae	<i>Eurystomus glaucurus</i>	1		2	1	1	1	1	7
Corvidae	<i>Corvus albus</i>	5	2	6	2	1	1	2	19
Cuculidae	# <i>Coua gigas</i> <sup>1</sup>			1	3	1	1	1	7
Cuculidae	# <i>Coua ruficeps</i> <sup>1</sup>	1		2	2	2	3	2	12
Cuculidae	% <i>Centropus toulou</i> <sup>1</sup>	2	1	3	3	2	3	3	17
Cuculidae	* <i>Coua cristata</i> <sup>1</sup>	3		4	4	4	4	4	23
Cuculidae	* <i>Cuculus rochii</i> <sup>1</sup>	2		2	2	2	3	2	13
Dicuridae	% <i>Dicrurus forficatus</i> <sup>1</sup>	4	2	5	5	5	5	5	31
Estrildidae	* <i>Lonchura nana</i>	1	1	3	1	1	1	1	9
Falconidae	% <i>Falco newtoni</i>	1		2	1	1	1	1	7
Falconidae	<i>Falco concolor</i>				1				1
Falconidae	<i>Falco eleonorae</i>			1	1	1	1	1	5
Leptosomidae	% <i>Leptosomus discolor</i> <sup>1</sup>	1		1	1	1	1	1	6
Meropidae	<i>Merops superciliosus</i>	3	1	3	2	2	6	3	20
Monarchidae	% <i>Terpsiphone mutata</i> <sup>1</sup>	4		4	4	4	5	4	25
Muscicapidae	* <i>Copsychus albospectularis</i> <sup>1</sup>	4		4	5	4	4	4	25
Nectariniidae	% <i>Nectarinia souimanga</i> <sup>1</sup>	4		3	4	4	4	3	22

Familles	Taxons	ANL	AND	IHZ	P1	HP1	P2	HP2	BZM
Numididae	<i>Numida meleagris</i>			1	4	3	4	2	14
Phasianidae	* <i>Coturnix coturnix</i>	3		5	6	6	7	4	31
Ploceidae	# <i>Ploceus sakalava</i>	4		4	2	3	12	10	35
Ploceidae	* <i>Foudia madagascariensis</i>	8	10	7	6	6	3	4	42
Psittacidae	% <i>Coracopsis nigra</i> <sup>1</sup>	3	1	3	2	2	3	3	17
Psittacidae	* <i>Agapornis cana</i> <sup>1</sup>	6		5	4	4	4	4	27
Pteroclididae	# <i>Pterocles personatus</i>	1		2	1	1	2	2	9
Pycnonotidae	<i>Hypsipetes madagascariensis</i> <sup>1</sup>	3		3	4	3	2	4	19
Strigidae	* <i>Asio madagascariensis</i> <sup>1</sup>				1		1	1	3
Strigidae	* <i>Ninox superciliosus</i> <sup>1</sup>		1		1	1	1	1	1
Sturnidae	<i>Acridotheres tristis</i>	4	9	6	1	1	1	1	23
Sylviidae	<i>Nesillas lantzi</i> <sup>1</sup>		1	1	1		1		4
Turnicidae	* <i>Turnix nigricollis</i>				1				1
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	1		1	1	1	1	1	6
Upupidae	* <i>Upupa marginata</i> <sup>1</sup>	3		3	3	3	4	4	20
Vangidae	& <i>Newtonia archboldi</i> <sup>1</sup>	5	1	6	7	7	8	7	41
Vangidae	* <i>Artamella viridis</i> <sup>1</sup>	1		3	3	3	3	3	16
Vangidae	* <i>Falco pinnatus</i> <sup>1</sup>	6		9	9	8	10	7	49
Vangidae	* <i>Leptopterus chabert</i> <sup>1</sup>				1		1	1	3
Vangidae	* <i>Newtonia brunneicauda</i> <sup>1</sup>	1		1	1		2	1	6
Vangidae	* <i>Vanga curvirostris</i> <sup>1</sup>	1				1	1		3
Zosteropidae	% <i>Zosterops maderaspatana</i> <sup>1</sup>	1	1	1				1	4
<b>Abondance relative moyenne de la population</b>		<b>118</b>	<b>108</b>	<b>149</b>	<b>129</b>	<b>115</b>	<b>159</b>	<b>131</b>	<b>909</b>
<b>Nombre d'espèces présentes</b>		<b>44</b>	<b>34</b>	<b>51</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>49</b>	<b>47</b>	<b>73</b>
<b>Nombre d'espèces aquatiques</b>		<b>4</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>21</b>
<b>Nombre d'espèces sylvoles</b>		<b>26</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>33</b>
<b>Nombre d'espèces d'habitat ouvert</b>		<b>14</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>19</b>
<b>Nombre d'espèces endémiques de Madagascar des îles voisines</b>		<b>34</b>	<b>12</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>44</b>
<b>Nombre d'espèces endémiques de Madagascar</b>		<b>22</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>Nombre d'espèces endémiques de la région Ouest</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Nombre d'espèces endémiques du Sud</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Indice de Shannon</b>		<b>3,56</b>	<b>3,13</b>	<b>3,72</b>	<b>3,70</b>	<b>3,56</b>	<b>3,56</b>	<b>3,60</b>	<b>3,89</b>
<b>Equitabilité</b>		<b>0,94</b>	<b>0,89</b>	<b>0,94</b>	<b>0,93</b>	<b>0,94</b>	<b>0,91</b>	<b>0,93</b>	<b>0,90</b>

reste des oiseaux est observé dans les deux types de forêts. Cependant, l'analyse des indices de similarité (Tableau 3) met en avant des différences plus importantes si on considère séparément les différentes lignes de transect qui sont soumises à différents niveaux de pression et qui ont des degrés d'ouverture différents.

Les espèces, *Asio madagascariensis*, *Leptopterus chabert*, *Neomixis striatigula* et *Newtonia brunneicauda* se rencontrent seulement dans la Parcelle 1 mais non pas dans HP1. Cette dissimilitude est nettement moindre entre la Parcelle 2 et HP2, avec une valeur d'indice de 0,93. En revanche, les plus faibles similarités concernent HP1 et HP2 : cinq espèces forestières, y compris *A. madagascariensis*, *L. chabert*, *Newtonia brunneicauda*, *Thamnornis chloropetoides* et *Zosterops maderaspatana*, se rencontrent dans HP2, mais pas dans HP1, et

semblent ainsi mieux s'accommoder des conditions locales plus sèches ou plus ouvertes.

**Tableau 3.** Indice de similarité Jaccard calculé à partir de la présence et l'absence des espèces forestières dans les différents habitats forestiers à Bezà Mahafaly.

	P1	HP1	P2	HP2
P1	1,00	0,82	0,90	0,90
HP1	0,82	1,00	0,86	0,79
P2	0,90	0,86	1,00	0,93
HP2	0,90	0,79	0,93	1,00

L'importance des valeurs de similarité de la diversité entre les sites peut s'expliquer par la faible distance entre eux, la distance maximale entre les lignes de transect n'excédant pas 10 km. Cette petite distance favorise aussi les échanges biologiques. Cependant, le degré de perturbation ou d'ouverture des formations végétales constitue aussi un facteur

déterminant dans la composition spécifique des oiseaux dans les sites et pourrait expliquer la division en deux groupes selon l'affinité biologique. Les espèces qui préfèrent les zones ouvertes sont abondantes dans la région. C'est le cas de *Foudia madagascariensis*, espèce qui préfère les espaces ouverts aux forêts intactes (Craig, 2003) et qui est plus abondante dans les sites en dehors des Parcelles 1 et 2 (Tableau 2).

### Evolution temporelle de la communauté aviaire

La richesse spécifique augmente significativement de 2006 à 2013 dans les forêts d'Analafaly ( $\rho = 0,24^*$  ;  $P = 0,003$  ;  $n = 75$ ), hors Parcelle 1 ( $\rho = 0,23^*$  ;  $P = 0,003$  ;  $n = 75$ ) et hors Parcelle 2 ( $\rho = 0,36^*$  ;  $P = 0,001$  ;  $n = 75$ ) (Tableau 4). Pour les cinq autres sites restants, aucun changement significatif de la richesse spécifique n'a été décelé. La taille des populations d'oiseaux tend à diminuer entre 2006 et 2013 dans tous les sites (coefficient de corrélation négatif) (Tableau 4). Cette diminution n'est significative que pour le cas de la forêt d'Andraikera ( $\rho = -0,17^*$  ;  $P = 0,035$  ;  $n = 75$ ), d'Ihazoara ( $\rho = -0,23^*$  ;  $P = 0,005$  ;  $n = 75$ ) et de la Parcelle 2 ( $\rho = -0,19^*$  ;  $P = 0,020$  ;  $n = 75$ ).

La distribution du nombre d'individus par espèce ou l'équitabilité reste toujours la même au cours du temps (Tableau 4), excepté le cas du lac Andraikera où elle tend à diminuer pendant les six années d'observation ( $\rho = -0,17^*$  ;  $P = 0,033$  ;  $n = 75$ ). Cette diminution de la valeur de l'équitabilité signifie que les populations d'oiseaux dans ce site tendent à être dominées par quelques espèces.

Au niveau spécifique, 19 sur 33 espèces forestières étudiées présentent une tendance significative de diminution en abondance relative (Tableau 4). Seulement une espèce (*Ninox supercilialis*) tend à voir son abondance augmenter de façon significative ( $\rho = 0,50$  ;  $P = 0,001$  ;  $n = 75$ ).

### Relation climat-communauté aviaire

Les analyses statistiques ne permettent pas de dégager une corrélation significative entre la pluviométrie et les variations la diversité spécifique. En effet, il n'y a pas de corrélation significative ni entre les précipitations et la richesse spécifique dans les sept sites d'observations, ni entre les précipitations et l'abondance relative des oiseaux (Tableau 5). La température semble par contre expliquer l'évolution du nombre d'espèces présentes dans la forêt d'Ihazoara ( $r = 0,28$  ;  $P = 0,022$  ;  $n = 75$ ) et dans les

forêts hors Parcelle 1 ( $r = 0,31$  ;  $P = 0,01$  ;  $n = 75$ ) et hors Parcelle 2 ( $r = 0,27$  ;  $P = 0,027$  ;  $n = 75$ ). En effet, le nombre d'espèces dans ces forêts varie parallèlement avec la température moyenne (Tableau 5). Ainsi, l'augmentation de la richesse spécifique constatée de 2006 à 2013 ci-dessus correspondrait à l'augmentation de la température moyenne pendant cette même période. Cette augmentation de la température moyenne de 2006 à 2013 en saison sèche correspond notamment à l'augmentation de la température moyenne de la saison sèche pendant laquelle moins d'espèces sont présentes par rapport à la saison de pluie.

Les observations pendant la période de suivi montrent qu'il n'y a pas de corrélation significative entre le total pluviométrique et la richesse et la diversité par site. En revanche, le nombre de jours de pluies influe fortement sur la richesse et la diversité des populations d'oiseaux (Tableau 5). Cette corrélation est particulièrement visible pour le milieu lacustre temporaire d'Andraikera ( $r = 0,26$  ;  $P = 0,030$  ;  $n = 75$ ).

Certaines espèces sont uniquement observées pendant la saison sèche tandis que d'autres ne visitent la région que pendant la saison humide (Figure 2). Bezà Mahafaly présente plus d'espèces d'oiseaux pendant la saison humide que la saison sèche. Cette différence est plus élevée en dehors de la Parcelle 1 (HP1) avec 10 espèces observées seulement en saison humide contre trois espèces en saison sèche. Pourtant, la Parcelle 1 présente plus d'espèces en saison sèche. Outre les 42 espèces présentes pendant toute l'année, la Parcelle 1 abrite six espèces spécifiques de la saison sèche et cinq espèces spécifiques de la saison humide.

### Variations temporelles de la communauté aviaire et variabilité climatique

Les observations sur les sept années de suivi permettent de dégager des informations assez fiables sur les variations temporelles de la distribution des oiseaux de Bezà Mahafaly. La forêt perturbée d'Analafaly et la forêt de transition HP2 semblent ainsi s'enrichir en espèces, car ces forêts profitent à des espèces qui préfèrent les milieux plus ouverts. En effet, avec le degré d'ouverture plus important, d'autres espèces non forestières trouvent plus d'espaces pour leur épanouissement. En revanche, l'abondance d'oiseaux aquatiques à Andraikera et des oiseaux forestiers à Ihazoara et dans la Parcelle 2 tendrait à décroître (Tableau 6). En effet, les espèces dans ces sites (oiseaux aquatiques pour Andraikera,



**Tableau 4.** Dynamique temporelle des paramètres biologiques de 2006 à 2013 à Bezà Mahafaly.  $\rho$  : coefficient de corrélation de Mann-Kendall ;  $P$  : probabilité ;  $n$  : nombre d'inventaires ornithologiques effectués ; # : tendance des espèces aquatiques ; \* : corrélation significative au niveau 0,05 ( $P < 0,05$ ).

Sites	Richesse spécifique	Abondance relative	Équitabilité
Analafaly	$\rho = 0,24^*$ ; $P = 0,003$ ; $n = 75$	$\rho = -0,19$ ; $P = 0,088$ ; $n = 75$	$\rho = -0,06$ ; $P = 0,439$ ; $n = 75$
Andraikera#	$\rho = 0,01$ ; $P = 0,889$ ; $n = 75$	$\rho = -0,17^*$ ; $P = 0,035$ ; $n = 75$	$\rho = -0,17^*$ ; $P = 0,033$ ; $n = 75$
Ihazoara	$\rho = -0,05$ ; $P = 0,530$ ; $n = 75$	$\rho = -0,23^*$ ; $P = 0,005$ ; $n = 75$	$\rho = 0,09$ ; $P = 0,274$ ; $n = 75$
Parcelle 1	$\rho = 0,14$ ; $P = 0,079$ ; $n = 75$	$\rho = -0,15$ ; $P = 0,072$ ; $n = 75$	$\rho = 0,01$ ; $P = 0,887$ ; $n = 75$
Hors Parcelle 1	$\rho = 0,23^*$ ; $P = 0,003$ ; $n = 75$	$\rho = -0,06$ ; $P = 0,476$ ; $n = 75$	$\rho = 0,07$ ; $P = 0,358$ ; $n = 75$
Parcelle 2	$\rho = 0,13$ ; $P = 0,112$ ; $n = 75$	$\rho = -0,19^*$ ; $P = 0,020$ ; $n = 75$	$\rho = 0,13$ ; $P = 0,091$ ; $n = 75$
Hors Parcelle 2	$\rho = 0,36^*$ ; $P = 0,001$ ; $n = 75$	$\rho = -0,07$ ; $P = 0,368$ ; $n = 75$	$\rho = 0,02$ ; $P = 0,823$ ; $n = 75$

**Tableau 5.** Corrélation entre les paramètres climatiques et les paramètres ornithologiques de Bezà Mahafaly de 2006 à 2013.  $r$  = coefficient de corrélation de Pearson ;  $P$  = probabilité ;  $n$  = nombres d'inventaires ornithologiques effectués.

Paramètres ornithologiques	Sites	Précipitations	Température moyenne	Nombre de jours des pluies
Richesse spécifique	ANL	$r = -0,12$ ; $P = 0,336$ ; $n = 75$	$r = 0,20$ ; $P = 0,107$ ; $n = 75$	$r = -0,09$ ; $P = 0,454$ ; $n = 75$
	AND	$r = 0,18$ ; $P = 0,143$ ; $n = 75$	$r = -0,02$ ; $P = 0,856$ ; $n = 75$	$r = 0,26$ ; $P = 0,030$ ; $n = 75$
	IHZ	$r = -0,10$ ; $P = 0,413$ ; $n = 75$	$r = 0,28$ ; $P = 0,022$ ; $n = 75$	$r = -0,10$ ; $P = 0,412$ ; $n = 75$
	P1	$r = -0,03$ ; $P = 0,810$ ; $n = 75$	$r = 0,17$ ; $P = 0,151$ ; $n = 75$	$r = -0,07$ ; $P = 0,571$ ; $n = 75$
	HP1	$r = 0,07$ ; $P = 0,555$ ; $n = 75$	$r = 0,31$ ; $P = 0,010$ ; $n = 75$	$r = 0,15$ ; $P = 0,215$ ; $n = 75$
	P2	$r = 0,14$ ; $P = 0,236$ ; $n = 75$	$r = 0,05$ ; $P = 0,674$ ; $n = 75$	$r = 0,05$ ; $P = 0,667$ ; $n = 75$
	HP2	$r = 0,13$ ; $P = 0,267$ ; $n = 75$	$r = 0,27$ ; $P = 0,027$ ; $n = 75$	$r = 0,10$ ; $P = 0,401$ ; $n = 75$
Abondance relative des oiseaux	ANL	$r = -0,12$ ; $P = 0,339$ ; $n = 75$	$r = -0,17$ ; $P = 0,173$ ; $n = 75$	$r = -0,06$ ; $P = 0,645$ ; $n = 75$
	AND	$r = 0,05$ ; $P = 0,681$ ; $n = 75$	$r = -0,05$ ; $P = 0,661$ ; $n = 75$	$r = 0,12$ ; $P = 0,318$ ; $n = 75$
	IHZ	$r = -0,07$ ; $P = 0,556$ ; $n = 75$	$r = -0,17$ ; $P = 0,159$ ; $n = 75$	$r = -0,07$ ; $P = 0,577$ ; $n = 75$
	P1	$r = -0,15$ ; $P = 0,212$ ; $n = 75$	$r = -0,16$ ; $P = 0,200$ ; $n = 75$	$r = -0,15$ ; $P = 0,220$ ; $n = 75$
	HP1	$r = -0,07$ ; $P = 0,541$ ; $n = 75$	$r = -0,09$ ; $P = 0,441$ ; $n = 75$	$r = -0,02$ ; $P = 0,860$ ; $n = 75$
	P2	$r = -0,07$ ; $P = 0,559$ ; $n = 75$	$r = -0,20$ ; $P = 0,098$ ; $n = 75$	$r = -0,08$ ; $P = 0,524$ ; $n = 75$
	HP2	$r = -0,11$ ; $P = 0,385$ ; $n = 75$	$r = -0,18$ ; $P = 0,136$ ; $n = 75$	$r = -0,10$ ; $P = 0,419$ ; $n = 75$

oiseaux forestiers pour la Parcelle 2 et Ihazoara) sont plus fortement sensibles aux variabilités climatiques. Les dynamiques différenciées entre les sites s'expliquent par plusieurs facteurs. L'importance de la variabilité climatique dans la région (Rasamimanana,

2011) est en train de perturber fortement le régime des lacs temporaires comme Andraikera. Dans la Parcelle 2 et Ihazoara, les perturbations liées aux activités humaines conjuguées avec l'impact des variabilités climatiques pourraient expliquer

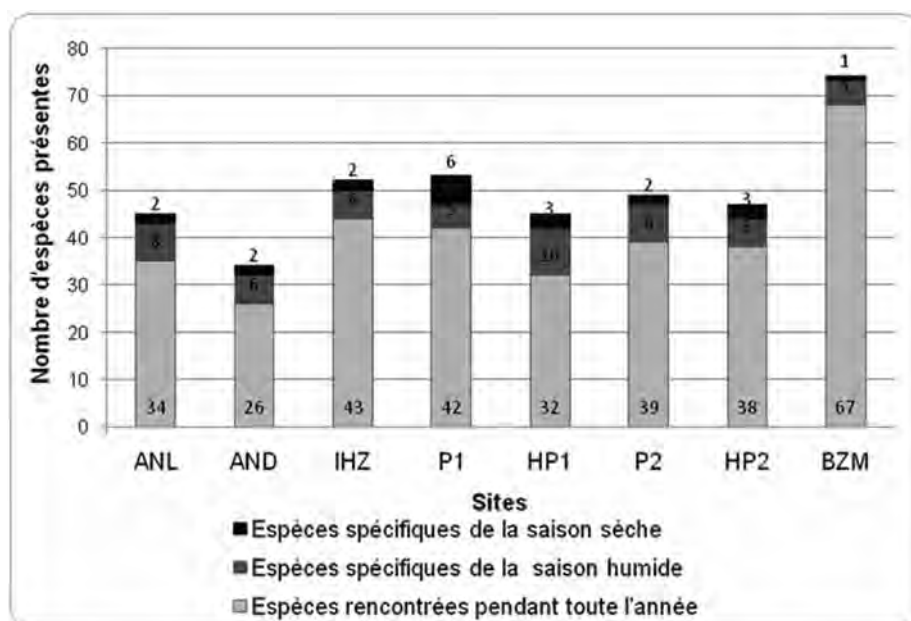


Figure 2. Présence des espèces suivies suivant la saison à Bezà Mahafaly.

Tableau 6. Tendence temporelle d'abondance relative des espèces forestières de 2006 à 2013 à Bezà Mahafaly,  $\rho$  : coefficient de corrélation de Mann-Kendall ;  $P$  : probabilité ;  $n$  : nombre d'inventaires ornithologiques effectués.

Nom scientifique	$\rho$	$P$	$n$	Tendance (ensemble des sites de suivi)	Importance de la tendance
<i>Buteo brachypterus</i>	0,06	0,617	75	Augmentation	Non significative
<i>Leptosomus discolor</i>	0,08	0,526	75	Augmentation	Non significative
<i>Polyboroides radiatus</i>	0,18	0,163	75	Augmentation	Non significative
<i>Accipiter madagascariensis</i>	-0,12	0,351	75	Diminution	Non significative
<i>Agapornis cana</i>	0,00	0,992	75	Diminution	Non significative
<i>Artamella viridis</i>	-0,03	0,835	75	Diminution	Non significative
<i>Asio madagascariensis</i>	0,00	0,878	75	Diminution	Non significative
<i>Coracina cinerea</i>	-0,11	0,390	75	Diminution	Non significative
<i>Coua gigas</i>	-0,03	0,778	75	Diminution	Non significative
<i>Coua ruficeps</i>	-0,19	0,140	75	Diminution	Non significative
<i>Thamnornis chloropetoides</i>	-0,22	0,079	75	Diminution	Non significative
<i>Upupa marginata</i>	-0,19	0,134	75	Diminution	Non significative
<i>Zosterops maderaspatana</i>	-0,13	0,304	75	Diminution	Non significative
<i>Ninox supercilialis</i>	0,50	0,001	75	Augmentation	Significative
<i>Centropus toulou</i>	-0,55	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Nectarinia souimanga</i>	-0,40	0,001	75	Diminution	Significative
<i>Copsychus albospectularis</i>	-0,43	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Coracopsis nigra</i>	-0,41	0,001	75	Diminution	Significative
<i>Coua cristata</i>	-0,34	0,007	75	Diminution	Significative
<i>Cuculus rochii</i>	-0,52	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Dicrurus forficatus</i>	-0,47	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Falcullea palliata</i>	-0,66	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	-0,40	0,001	75	Diminution	Significative
<i>Leptopterus chabert</i>	-0,34	0,006	75	Diminution	Significative
<i>Neomixis striatigula</i>	-0,45	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Neomixis tenella</i>	-0,39	0,001	75	Diminution	Significative
<i>Nesillas lantzii</i>	-0,42	0,001	75	Diminution	Significative
<i>Nesoenas picturata</i>	-0,52	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Newtonia archboldi</i>	-0,49	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Newtonia brunneicauda</i>	-0,48	< 0,001	75	Diminution	Significative
<i>Terpsiphone mutata</i>	-0,40	0,001	75	Diminution	Significative
<i>Treron australis</i>	-0,30	0,015	75	Diminution	Significative
<i>Vanga curvirostris</i>	-0,49	< 0,001	75	Diminution	Significative

l'observation de la diminution des oiseaux forestiers ; ces dernières influent directement sur la disponibilité des ressources vitales (Butler & Taylor, 2005).

Les variations saisonnières, marquées par l'abondance des feuilles, fleurs et fruits avec l'augmentation de la température et de la pluie (Rasamimanana, 2011) peuvent expliquer directement la diversité des espèces en saison humide par rapport à la saison sèche. La variation d'abondance des espèces à régime végétarien (nectarivores, frugivores ou granivores) représentant 26 % des espèces suivies, ont un effet important sur la taille totale de la communauté aviaire. Ainsi, la richesse spécifique dans la forêt de transition HP2 augmente avec la température sous réserve qu'elle soit accompagnée de bonnes pluies. Toutefois, la composition de la communauté aviaire à Bezà Mahafaly n'est pas toujours systématiquement corrélée avec la pluviométrie, sauf à Andraikera où le type d'habitat (lac temporaire) est directement lié à la pluviométrie. L'influence des facteurs locaux (végétation, hygrométrie, accès à l'eau) qui prévalent dans chaque site est au moins aussi importante que celle de la variabilité de la pluviométrie et de la température à Bezà Mahafaly pendant la dernière décennie (Rasamimanana, 2011 ; Rahendrimanana, 2012 ; Rasamimanana *et al.*, 2012). La Parcelle 1, mieux protégée que tous les autres habitats environnants, présente un état de santé particulièrement bon, telle qu'en témoigne par la diversité et l'abondance des populations qui s'y trouvent, ainsi que la présence continue de *Coua gigas*. La diversité des situations rencontrées dans les différentes zones de suivies concernant la distribution de l'abondance des oiseaux à Bezà Mahafaly est liée à l'action anthropique qui comprend la destruction de l'habitat par le défrichement et

la chasse (Ratsirarson *et al.*, 2001), mais aussi à l'efficacité de gestion qui influe sur la préservation des habitats forestiers (Ranaivonasy *et al.*, 2016).

### Suivi des espèces indicatrices

Certaines espèces font l'objet d'une attention particulière en raison des informations que renseignent leur présence et leur abondance. L'équipe de Bezà Mahafaly suit de très près *Acridotheres tristis*, espèce envahissante, en tant qu'indicateur de l'importance des invasions exotiques, et *Coua gigas*, espèce locale qui informe sur l'état de l'habitat.

*Acridotheres tristis* est abondante dans les espaces ouverts ou perturbés hors de la Réserve Spéciale surtout à Andraikera (AND) où elle domine la population aviaire (Tableau 2). Par contre, elle est moins présente à l'intérieur de la forêt galerie (Parcelle 1) et de la forêt sèche (Parcelle 2). L'étude de la dynamique d'*A. tristis* à Bezà Mahafaly montre que sa présence tend à diminuer à Ihazoara (IHZ), dans la Parcelle 1 (P1), Parcelle 2 (P2) et ses alentours. En revanche, sa présence n'est pas significative à Analafaly (ANL), Andraikera (AND) et hors de la Parcelle 1 (HP1) (Tableau 7). Par ailleurs, la présence d'*A. tristis* à Bezà Mahafaly est en corrélation significativement positive avec la température ( $r = 0,24$  ;  $P = 0,046$  ;  $n = 75$ ) et le nombre de jours de pluies ( $r = 0,25$  ;  $P = 0,043$  ;  $n = 75$ ). Un accroissement de la population de cette espèce est alors associé à une élévation de la température et à une pluie plus fréquente.

La population de *Coua gigas* est généralement peu importante. Cependant, le choix de *C. gigas* comme espèce de suivi sur l'état de son habitat se base sur plusieurs arguments sur des conditions d'existence très particulières qui se retrouvent

**Tableau 7.** Dynamique de l'abondance relative d'*Acridotheres tristis* et *Coua gigas* à Bezà Mahafaly.  $\rho$  : coefficient de corrélation de Mann-Kendall ;  $P$  : probabilité ;  $n$  : nombre d'observations ; \* : jamais rencontré dans le site durant la période de suivi ; coefficient de corrélation négatif : diminution de l'abondance relative ; coefficient de corrélation positif : augmentation de l'abondance relative ;  $P < 0,05$  : tendance vers une augmentation ou diminution de l'abondance selon la valeur du coefficient est significative.

Sites	<i>Acridotheres tristis</i>			<i>Coua gigas</i>		
	$\rho$	$P$	$n$	$\rho$	$P$	$n$
Analafaly	0,03	0,729	75	-0,05	0,533	75
Andraikera	0,070	0,374	75	*		75
Ihazoara	-0,21	0,009	75	-0,14	0,066	75
Parcelle 1	-0,30	0,000	75	0,09	0,248	75
Hors Parcelle 1	-0,08	0,292	75	-0,15	0,057	75
Parcelle 2	-0,31	< 0,001	75	-0,14	0,072	75
Hors Parcelle 2	-0,16	0,037	75	-0,04	0,636	75
BZM	-0,23	0,004	75	0,07	0,382	75

à Bezà Mahafaly. Cette espèce requiert une alimentation particulière à base de graines et des sous-bois ouverts non perturbés par l'invasion de graminées denses (Chouteau, 2004). De fait, même si elle est rare, les observations sur sa présence aident grandement à apprécier la qualité de la forêt. L'abondance de *C. gigas* est très faible. Le maximum d'observations simultanées à Bezà Mahafaly fait état de sept individus qui ont été vus en différents endroits de la Parcelle 1, mais le plus fréquemment, le nombre d'individus observés varie entre un et trois. Rencontrée surtout dans la Parcelle 1, cette espèce est absente de la forêt perturbée d'Analafaly et du lac d'Andraikera. Le résultat de suivi ne montre aucune tendance temporelle significative de l'abondance relative de *C. gigas* dans tous les sites d'observation. Enfin, la corrélation l'abondance de *C. gigas* avec précipitations ( $r = -0,09$  ;  $P = 0,459$  ;  $n = 75$ ), le nombre de jours des pluies ( $r = 0,01$  ;  $P = 0,968$  ;  $n = 75$ ) et la température ( $r = -0,09$  ;  $P = 0,478$  ;  $n = 75$ ) n'est pas significative.

## Conclusion

Le suivi des oiseaux à Bezà Mahafaly a permis de mieux comprendre l'importance différenciée de leur population dans les différents habitats. La réserve continue à assurer un rôle de refuge pour une population diversifiée et abondante d'oiseaux représentatifs du biome particulier du Sud de Madagascar, avec une représentation intéressante de différents habitats des plus secs aux milieux plus humides, forestiers ou ouverts. La perturbation de certaines parties des espaces originels des forêts de transition et des forêts sèches de Bezà Mahafaly semble favoriser une diversification des espèces, mais cela avec des espèces typiques des espaces ouverts comme *Foudia madagascariensis*. Les forêts galeries, dont celle de la Parcelle 1 et ses environs immédiats, sont mieux préservées de ces modifications. La présence continue de *Coua gigas* dans les forêts galeries, en particulier la Parcelle 1, témoigne d'une stabilité écologique de ces milieux qui arrivent encore à offrir un cadre propice à la subsistance de cette espèce. En effet, ses mœurs terrestres nécessitent une intégrité de l'habitat. Les zones humides d'Andraikera et dans une moindre mesure celle d'Ihazoara, sont les plus affectées par les variations climatiques qui influent sur le régime hydrique de ces milieux particuliers. L'introduction à Madagascar d'*Acridothères tristis* qui a également envahi Bezà Mahafaly ne cesse de soulever des inquiétudes grandissantes. Son régime d'omnivore

le pose en concurrent sérieux de l'avifaune locale, d'autant plus qu'elle est le plus souvent grégaire.

Cette étude a permis de mieux connaître l'avifaune de Bezà Mahafaly, mais des investigations plus approfondies et soutenues dans le temps restent nécessaires pour cerner les enjeux de sa conservation dans le contexte des changements environnementaux (dont le changement climatique) et sociaux actuels. Un effort reste à consentir pour susciter l'intérêt des chercheurs pour l'avifaune de Bezà Mahafaly, et pour mieux intégrer la communauté locale dans un suivi efficace pour le bénéfice de sa conservation.

## Remerciements

Nous tenons à remercier la Fondation Liz Claiborne et Art Ortenberg, ainsi la Fondation Tany Meva pour leur appui financier aux activités de conservation, de formation et de recherche menées à Bezà Mahafaly. Nous remercions également les villageois des environs de la réserve pour leur franche collaboration. Cette étude n'a également pu être menée à terme sans l'appui des équipes de Madagascar National Parks et de l'ESSA que nous assurons de notre gratitude. Nous sommes également reconnaissants à l'Association Vahatra, dont Steven Goodman et Marie Jeanne Raherilalao, ainsi qu'Olivier Langrand pour les conseils qu'ils nous ont prodigués tout au long de la réalisation de ce travail.

## Références bibliographiques

- Bibby, C. J., Burgess, N. D. & Hill, D. A. 1993.** *Bird census techniques*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Both, C. A. & Visser, M. E. 2005.** The effect of climate change on the correlation between avian life-history traits. *Global Change Biology*, 11: 1606-1613.
- Bradford, D. F., Franson, S. E., Neale, A. C., Heggem, D. T., Miller, G. R. & Canterbury, G. E. 1998.** Bird species assemblages as indicators of biological integrity in Great Basin rangeland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 49: 1-22.
- Butler, R. W. & Taylor, W. 2005.** A review of climate change impacts on birds. *USDA Forest Service General Technical Report*, PSW-GTR-191: 1107-1109.
- Canterbury, G. E., Martin, T. E., Petit, D. R., Petit, L. J. & Bradford, D. F. 2000.** Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology*, 14: 544-558.
- Chouteau, P. 2004.** The impacts of logging on the microhabitats used by two species of couas in the western forest of Madagascar. *Comptes Rendus Biologies*, 327(12): 1157-1170.
- Craig, A. J. F. K. 2003.** *Foudia madagascariensis*, Madagascar Fody, *fody*, *fodimena*. In *The natural*

- history of Madagascar*, eds. S. M. Goodman & J. P. Benstead, pp. 1145-1158. The University of Chicago Press, Chicago.
- 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: 575-593.
- Hawkins, A. F. A. & Goodman, S. M. 2003.** Introduction to the birds. In *The natural history of Madagascar*, eds. S. M. Goodman & J. P. Benstead, pp. 1019-1044. The University of Chicago Press, Chicago.
- Jiguet, F., Gregory, R. D., Devictor, V., Green, R. E., Vorisek, P., Strien, A. V. & Couvet, D. 2010.** Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology*, 16: 497-505.
- Kendall, M. G. 1975.** *Rank correlation methods*. Griffin, London.
- Koechlin, J., Guillet, J.-L. & Morat, P. 1974.** *Flore et végétation de Madagascar*. J. Cramer Verlag, Vaduz.
- Langrand, O. 1995.** *Guide des oiseaux de Madagascar*. Delachaux et Niestlé, Lausanne.
- Magurran, A. E. 1988.** *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton.
- Mann, H. B. 1945.** Non parametric test against trend. *Econometrica*, 13: 245-259.
- Morrison, M. L. 1986.** Bird populations as indicators of environmental change. *Current Ornithology*, 3: 429-451.
- Rahendrimanana, J. C. 2012.** Caractérisation du climat dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et son influence sur la communauté aviaire. Mémoires de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Raherilalao, M. J. & Goodman, S. M. 2011.** *Histoire naturelle des familles et sous-familles endémiques d'oiseaux de Madagascar*. Association Vahatra, Antananarivo.
- Raherilalao, M. J. & Wilmé, L. 2008.** L'avifaune des forêts sèches malgaches. Dans Les forêts sèches de Madagascar, eds. S. M. Goodman & L. Wilmé. *Malagasy Nature*, 1: 76-105.
- Ramanitra, N. A. 1994.** Contribution à l'étude écologique, biologique et éthologique de la famille Couinae, sous-famille Couinae, *Coua gigas* (Boddaert, 1783) *Coua coquereli* Grandidier, 1867. Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo.
- Ranaivonasy, J., Ratsirarson J., Rasamimanana N. & Ramahatratra E. 2016.** Dynamique de la couverture forestière dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et ses environs, eds. J. Ranaivonasy, J. Ratsirarson & A. F. Richard. *Malagasy Nature*, 10: 15-24.
- Rasamimanana, N. 2011.** Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoires de fin d'études. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Rasamimanana, N., Ratsirarson, J. & Richard, A. F. 2012.** Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. *Malagasy Nature*, 6: 67-82.
- Ratsirarson, J., Randrianarisoa, J., Edidy, E., Emady, J., Efitroarany, Ranaivonasy, J., Elyse, H., Razanajaonarivalona, E. & Richard, A. F. 2001.** Bezà Mahafaly : Écologie et réalités socio-économiques. *Recherche pour le Développement*, Série Sciences Biologiques, 18: 1-104.
- Temple, S. A. & Wiens, J. A. 1989.** Bird populations and environmental changes: Can birds be bio-indicators? *American Birds*, 43: 260-270.
- Wilmé, L. 1996.** Composition and characteristics of bird communities in Madagascar. Dans *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 349-362. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Yue, S. & Pilon, P. 2004.** A comparison of the power of the t-test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection. *Hydrological Sciences*, 49: 21-37.
- Yue, S., Pilon, P. & Cavadias, G. 2002.** Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259: 254-271.

