

Chapitre 2. Dynamique de la couverture forestière dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et ses environs

Jeannin Ranaivonasy¹, Joelisoa Ratsirarson¹,
Notahinjanahary Rasamimanana¹ & Edouard
Ramahatratra²

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

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

Résumé

L'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol constitue un outil important pour le suivi de la biodiversité. Une série d'images satellitaires datant respectivement de 1985, 1999 et 2010 a été analysée pour comprendre l'évolution de la couverture forestière dans La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Les images ont été traitées selon la méthode de la classification supervisée appuyée par des recoupements sur le terrain. Les résultats montrent que les efforts de conservation ont permis une stabilité de la couverture forestière à l'intérieur des Parcelles 1 et 2 de la réserve, avec une perte de 10 % entre 1985 et 2010, contre 20 % à l'extérieur. La période 1999-2010 a connu un taux de déforestation plus important. Le taux de déforestation dans les forêts avoisinantes est plus important, mais les facteurs moteurs et les aspects de leur dynamique ne peuvent pas être généralisés. Dans certains cas, la proximité des villages occasionne des taux de déforestation importants. La gestion de la réserve dans sa nouvelle délimitation après son extension est un grand défi car les zones nouvellement incluses dans la réserve ont subi des taux de déforestation parmi les plus forts de la zone d'étude. Dans d'autres circonstances, elle peut aider à la protection de ces zones par des arrangements traditionnels des communautés locales. La couverture forestière des deux blocs forestiers Ehazoara-Belambo-Jionono et la forêt galerie au nord de la Parcelle 1 est restée à l'abri des défrichements, grâce à l'absence de l'occupation humaine de la zone et la gestion traditionnelle de l'espace. La conservation

de la réserve, qui fait partie d'un continuum spatial et écologique plus large, ne peut se concevoir qu'en partenariat avec les communautés locales.

Mots clés : occupation du sol, dynamique, couverture forestière, déforestation, fragmentation, stabilité

Extended abstract

Monitoring land cover dynamics is an important tool for biodiversity conservation. Satellite images from 1990, 1999, and 2010 were analyzed to understand the evolution of forest cover in and around the Bezà Mahafaly Special Reserve in southwest Madagascar. Images were processed using the supervised classification method supported by intensive ground-truthing.

Between 1985 and 2010, forest cover in the two core areas of the reserve (parcels 1 and 2) was more stable than in surrounding, unprotected areas. Forest cover in the reserve decreased 10% from 1985 to 2010, while the decrease reached 20% in unprotected areas. Parcel 1 remained almost intact throughout this period, whereas Parcel 2 experienced some loss of forest cover, especially in the south and east. Forest contiguous with Parcel 2, especially southwest and southeast of the Sakamena River, experienced significant damage, with losses of up to 50% of surface area. The southern forest block, included in the reserve since 2010, split into three fragments between 1985 and 2010. Perimeters became longer and more sinuous, with 25-40% increases in perimeter length during the 25-year period. The forest is more exposed to edge effects as a result.

The quality of forest management by traditional proprietors in village communities is highly variable. This variability, more than local variations in population density, has a major impact on outcomes. Strong traditional management systems, coupled in some places with the conservation program, have prevented clearing. The forest block of Ehazoara-Belambo-Jionono (5 km east of the reserve), the gallery forest north of Parcel 1, and the dry forest northeast of densely populated Analafaly are good examples, with quite stable forest cover. In contrast, major areas of forest around isolated villages in the southwest have been cleared for agriculture.

Conservation of the reserve and the broader ecological landscape of which it is a part requires continuing emphasis on partnership with the village communities who manage, protect and use this landscape.

Key words: soil occupation, dynamics, forest cover, deforestation, fragmentation, stability

Introduction

Le suivi spatio-temporel de l'occupation du sol, qui aboutit à la mise en évidence des zones sensibles, constitue un élément essentiel des activités pour la conservation de la biodiversité (Primack & Ratsirarson, 2005). Dans la région de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, Sud-ouest Madagascar, les menaces causées par la déforestation sont reconnues (Ralambonirainy, 1996 ; Ratsirarson *et al.*, 2001 ; Ratsirarson, 2011 ; Rasamimanana *et al.*, 2016). Cependant, avec la mise en œuvre d'une approche de conservation à l'échelle du paysage, il est crucial de situer l'étude de la dynamique de l'occupation du sol dans la réserve dans un cadre plus large qui tient compte des autres espaces forestiers avoisinants et les forêts de la réserve faisant partie d'un continuum spatial dont la gestion ne peut être dissociée. Dans cette optique, la présente étude s'intéresse au suivi de la déforestation, qui est l'un des aspects majeurs de la dynamique de l'occupation du sol dans la région d'étude, afin de mieux cerner les aspects spatiaux des pressions et menaces sur la biodiversité. Elle est menée pour apporter des informations et des outils d'aide à la décision pour la conservation de la biodiversité dans la réserve dans son contexte paysager. Cette étude aidera également à renseigner sur la performance de la gestion de la réserve, ainsi que les retombées de la conservation de la réserve sur la région environnante, notamment par une étude comparative l'évolution de la couverture végétale à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve. Basée sur l'exploitation d'images satellites, cette étude nous permettra de cerner les grandes tendances de la dynamique des forêts de Bezà Mahafaly dans leur contexte micro-régional, et aidera à comprendre les facteurs sous-jacents de cette dynamique.

Méthodologie

Les sources d'information utilisées

Cette étude a pour cadre géographique la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et le paysage dans lequel il s'insère au Sud du fleuve Onilahy (Figure

1). Cette étude étant antérieure à l'officialisation de l'extension de la réserve, une distinction claire est faite entre les Parcelles 1 et 2 (que nous appelons aussi « noyau dur » de la réserve), et la réserve qui englobe l'ensemble formée par les Parcelles 1 et 2 et les zones nouvellement incluses après l'extension de l'aire protégée. Les Parcelles 1 et 2 sont des blocs forestiers non contigus qui composaient la réserve à sa création en 1986 ; la réserve a fait l'objet d'activités pour son extension qui n'a été formalisée qu'en 2015. Dans le cadre de cette étude, l'analyse a été basée sur une série de trois images satellites qui datent respectivement de 1985 (une année avant la création officielle de la Réserve Spéciale, à l'époque composée seulement des Parcelles 1 et 2), de 1999 (14 ans après sa création) et de 2011 (état le plus récent de la couverture forestière). Les caractéristiques de ces images sont précisées dans le Tableau 1. Pour acquérir les données de base, les images satellites ont été téléchargées depuis le portail de distribution des archives de l'United States Geological Survey (ou USGS), agence américaine pour le suivi des ressources naturelles et de l'environnement (USGS, 2012). Ce portail constitue un outil qui permet de rechercher et de télécharger des archives d'images satellites dont la résolution dépend du capteur source de l'image (Tableau 1).

Tableau 1. Images satellites utilisées pour l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et environs.

Type d'image	Date de prise de vue	Résolution des pixels
Landsat TM	27 février 1985	60 x 60 m
Landsat ETM	07 septembre 1999	30 x 30 m
Aster	17 juillet 2010	16 x 16 m

Classification des images

Avant le traitement proprement dit, nous avons extrait pour chaque image la portion qui intéresse l'étude (Figure 1). La région d'étude est comprise dans une zone qui s'étend entre les longitudes 44°24'E et 44°44'E et les latitudes 23°32'S et 23°49'S, délimitée au nord par le fleuve Onilahy soit un territoire d'environ 100.000 ha. Cette fenêtre couvre les massifs forestiers entourant la réserve, ce qui permettra de mieux situer l'étude dans un contexte micro-régional assez large.

La méthode de la classification des images est celle dite de la « classification supervisée ». Pour ce faire, nous nous sommes basés sur notre connaissance du terrain, des observations directes et des informations fournies par des relevés GPS

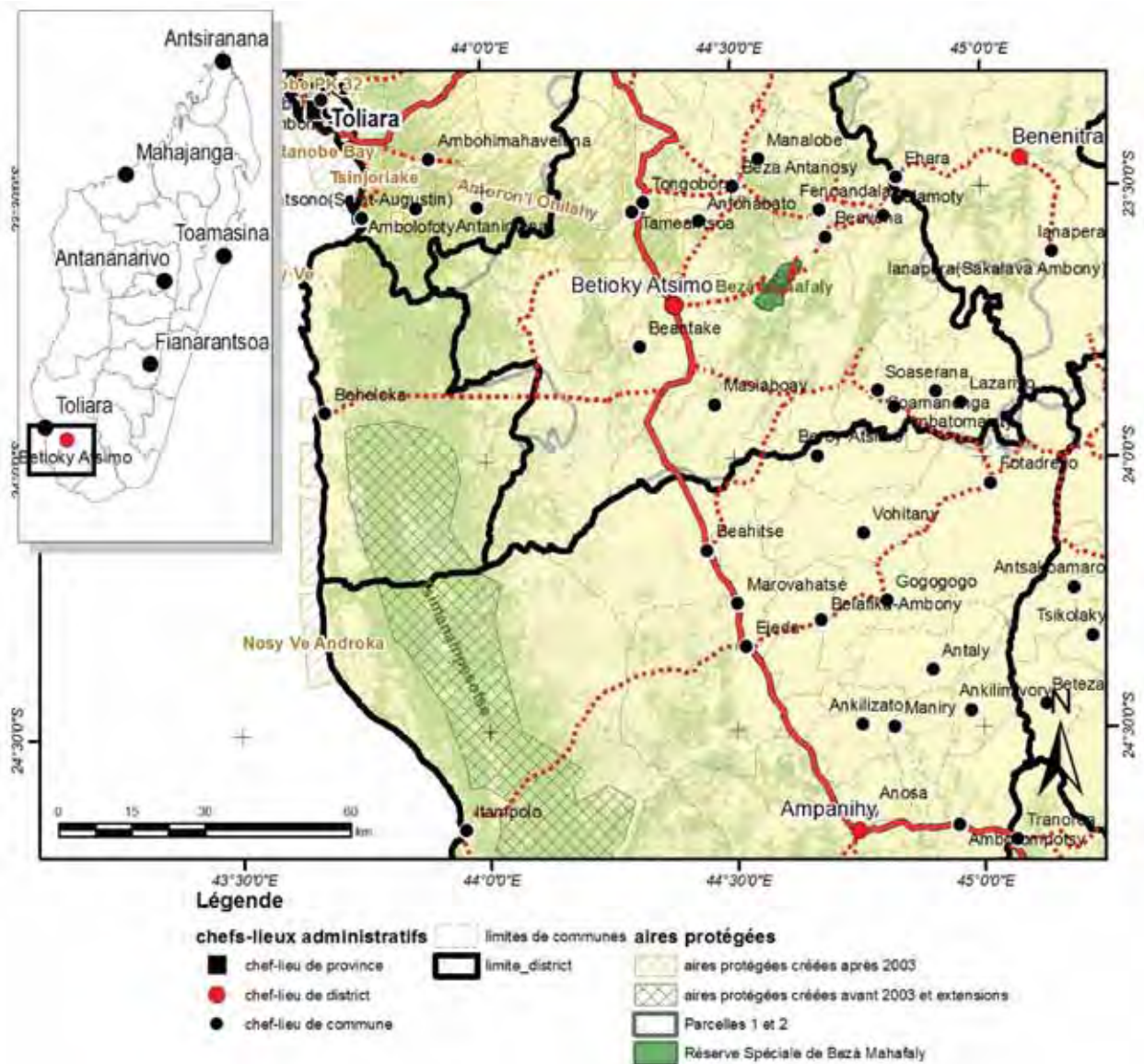


Figure 1. Localisation de la zone d'étude.

effectués sur le terrain. Des polygones-échantillons (« training samples ») ont été choisis pour définir les signatures de classes. La pertinence et la séparabilité des classes ont été vérifiées à plusieurs reprises avec le module « separability », avant de retenir les signatures définitives. La classification supervisée a été ensuite lancée selon l'option « maximum likelihood ». Les images classées obtenues ont été ensuite affinées par un filtrage par la méthode « focal statistics » avec l'option « majority » (sous Erdas Imagine). La valeur retenue pour un pixel donné est celle de la majorité de pixels retrouvés dans une zone de 60 x 60 m (résolution de l'image TM 1985) dont elle se trouve au centre. Ce traitement a été fait pour conformer l'analyse à des références connues qui sont parmi les plus utilisées dans l'analyse de la dynamique de la couverture forestière à Madagascar, notamment la définition retenue pour

dresser l'inventaire écologique forestier national (Dufils, 2003). Pour cela, les images ont été traitées de manière à ne considérer que les forêts de plus de 0,5 ha.

Analyse géospatiale

En raison de la différence de périodes de prise de vue des images utilisées et de l'extrême variabilité saisonnière de l'occupation du sol dans la région d'étude, nous ne pouvons pas obtenir une analyse pertinente de la dynamique de toutes les classes d'occupation du sol. En effet, la signature spectrale des classes d'occupation du sol est très sensible aux variations saisonnières ce qui fait qu'un espace donné peut changer de signature de classe selon les saisons. De fait, cette étude sera focalisée sur la dynamique de la couverture forestière, à défaut de

sources et d'outils plus pointus pour une véritable analyse de l'occupation du sol. Les différents types de forêts qui existent dans la région, comprenant la forêt galerie, la forêt de transition et la forêt xérophile typique (Ratsirarson *et al.*, 2001) seront jumelés en une unique classe.

Des couches d'occupation du sol des différentes dates de l'étude et de tous les faciès forestiers de la région (forêt galerie, forêt de transition, forêt sèche) sont alors extraits et regroupés en une seule classe « forêt ». L'évolution de la couverture forestière, sur la base de la régression exponentielle simple $S = S_0 \cdot (1+a)^{(t-t_0)}$, a été calculée selon la formule

$$a = -1 + \sqrt[t-t_0]{\frac{S}{S_0}}$$

a étant l'évolution annuelle (avec une valeur négative pour la déforestation),

$t-t_0$ le nombre d'années de la période étudiée,

S la surface de la forêt au temps t et

S_0 la surface de la forêt au temps de référence t_0 .

Le taux de déforestation entre deux dates données qui est ainsi obtenu donne le pourcentage de forêt qui est défrichée à une année donnée par rapport à la surface de l'année précédente (Ranaivonasy, 2012). Bien que la déforestation ne soit pas un phénomène en évolution exponentielle mais plutôt en palier (des pics étant observés en certaines années plus critiques que d'autres), les statistiques ainsi produites aident à mieux en comprendre l'importance. L'analyse diachronique a été effectuée à l'aide de modules de « Arcgis Spatial Analyst ». Les statistiques qui sont descriptives à la réserve correspondent seulement aux deux parcelles de la réserve, sauf mention particulière concernant les zones nouvellement intégrées dans la réserve après son extension.

Pour mieux comprendre les relations entre l'évolution de la couverture forestière et le contexte social et économique local, des enquêtes ont également été menées dans les villages. Les informations concernent essentiellement la projection spatiale de la gestion des ressources (les territoires gérés / utilisés par chaque village) ainsi que d'autres facteurs susceptibles d'influer l'occupation des terres par les villageois. Ces autres facteurs comprennent les perceptions et les comportements de communautés villageoises par rapport à la conservation de la réserve et le contexte de la sécurité dans la zone d'étude.

Résultats

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly se situe dans un complexe forestier composé aujourd'hui de différents fragments qui, dans le temps, a probablement constitué un ensemble continu qui était seulement entrecoupé par la rivière Sakamena et ses affluents. Cet ensemble fait partie des autres blocs forestiers du pays Mahafaly. Il forme un ensemble individualisé par rapport aux autres massifs forestiers environnants, dont l'actuelle l'aire protégée de l'Amoron'ny Onilahy à l'Est. Ce complexe forestier chevauche les quatre communes d'Antongobato, d'Ankazombalala, de Betioky Atsimo et de Sakamasay (Figure 2). Aujourd'hui, les fragments qui le composent sont séparés les uns des autres par la rivière Sakamena et ses affluents, mais aussi par l'effet de la déforestation qu'ils ont subie, sans toutefois provoquer des coupures nettes entre lesdits fragments. Les différents fragments, exception faite des pistes et sentiers qui séparent ces fragments restent encore connectés les uns aux autres. Les fragments comprennent le bloc forestier dont fait partie la Parcelle 1 et la Parcelle 2 et les forêts qui leur sont contiguës.

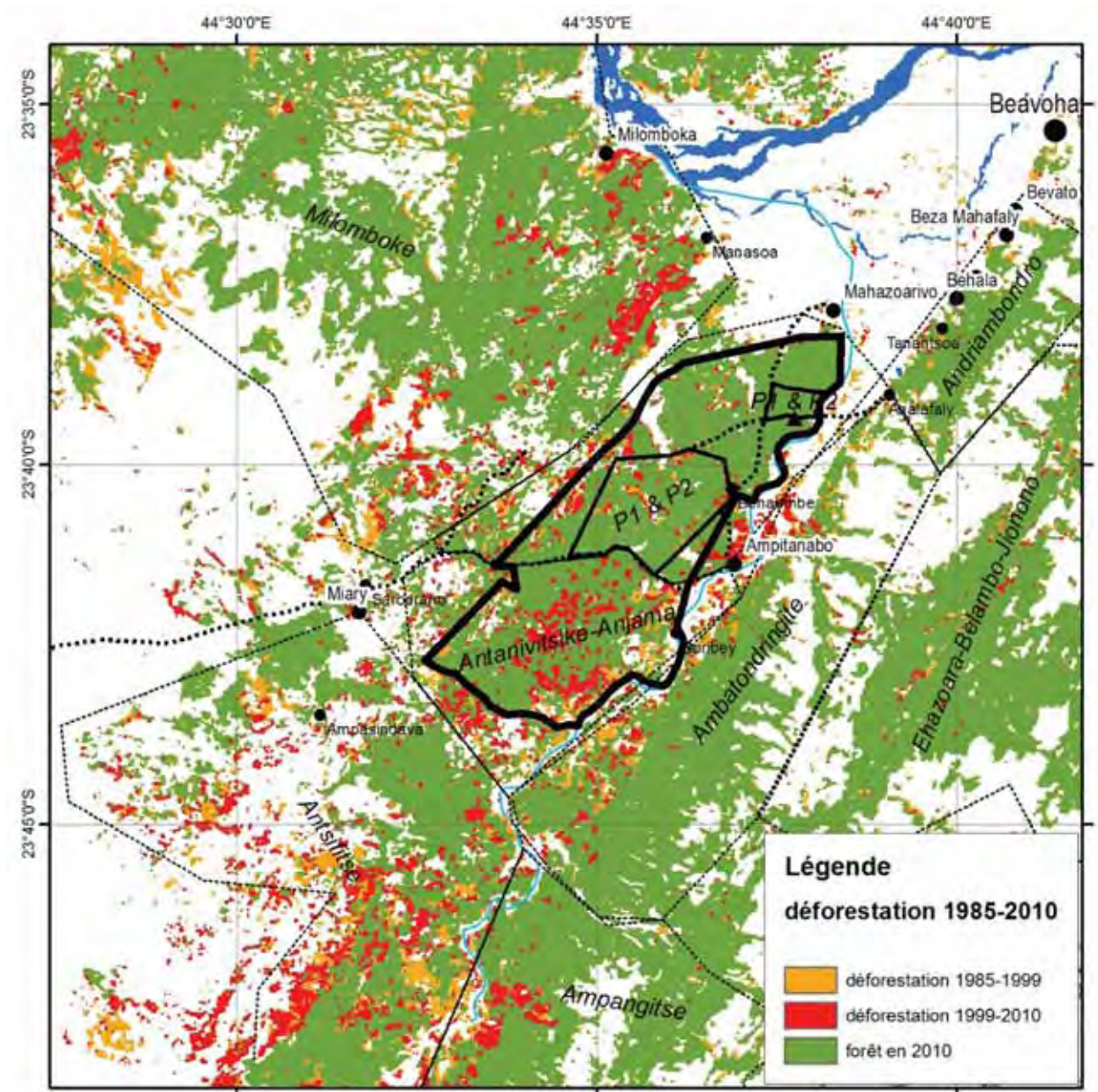
Les analyses des images satellites ont montré que le total des forêts à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve (Parcelles 1 et 2 et zones nouvellement intégrées après l'extension), soit l'ensemble du complexe forestier susmentionné, représentant encore en 2010 plus de 30 000 ha, soit près de 30 % de la superficie totale de la zone d'étude (Figure 2). Cependant, la richesse naturelle de Bezà Mahafaly et de sa région est fortement menacée par la déforestation. Cette déforestation s'est fortement accélérée au cours des deux dernières décennies. En effet, alors qu'elle n'était que de 0,78 % entre 1985 et 1999, elle est passée à 0,97 % à l'ensemble de la région d'étude entre 1999 et 2010. Cette croissance est probablement liée à une série de périodes critiques, dont celles qui ont suivies la crise nationale de 2002 et celle de 2009.

Cependant, le taux de la déforestation est nettement moindre à l'intérieur des forêts protégées des Parcelles 1 et 2 de la réserve (Tableau 2), mais elle ne peut pas être sous-estimée. La déforestation dans la réserve a été notée exclusivement dans le noyau dur de la Parcelle 2, où étaient pratiqués des défrichements pour l'agriculture, l'ouverture de trouées et de voies d'accès pour l'évacuation des bois illégalement coupés.

Les observations sur les massifs forestiers de la région (Tableau 3 & Figure 3) permettent également

Tableau 3. Evolution de la couverture forestière sur les massifs de la région de la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.

Zones forestières et fragments	Total des forêts en 1985 (ha)	Déforestation 1985-1999 (ha)	Déforestation 1999-2010 (ha)	Forêts en 2010 (ha)	Pertes entre 1985 et 1999 (%)	Pertes entre 1999 et 2010 (%)	Pertes cumulées entre 1985 et 2010 (%)
Parcelles 1 et 2	768,24	32,22	46,91	689,11	4	7	10
Andriambondro	979,11	82,44	23,94	872,73	8	2	11
Ehazoara-Belambo-Jionono	3753,34	232,54	177,87	3342,93	6	5	11
Ampangitse	2283,03	127,26	186,12	1969,65	6	8	14
Ambatondringite	3202,65	253,98	192,06	2756,61	8	6	14
Milomboke	13 353,93	1558,35	983,25	10 812,33	12	7	19
Environs P1 et P2	1908,00	167,31	216,54	1524,15	9	11	20
Antsifitse	3554,06	581,90	618,30	2353,86	16	17	34
Antanivitsike-Anjama	2154,51	271,17	476,10	1407,24	13	22	35

**Figure 3.** Evolution de la couverture forestière 1985-1999-2010 (zoom sur la réserve).

les facteurs sous-jacents de la déforestation et de la fragmentation des forêts dans la zone d'étude sont très diversifiés, tels que nous le présentons ci-après.

- 1) Les forêts des deux parcelles de la réserve sont les plus stables dans la zone d'étude (Figure 4). La Parcelle 1, qui est clôturée par du fil de fer barbelé,

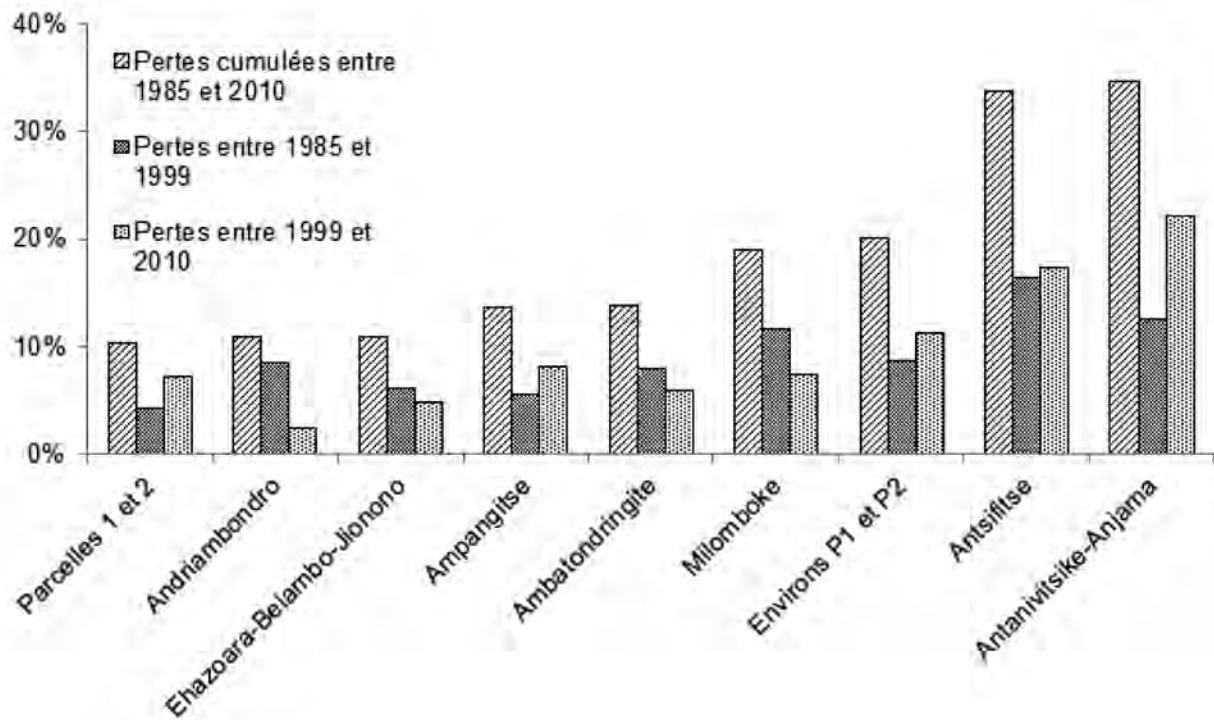


Figure 4. Déforestation entre 1985 et 2010 par fragment forestier dans la région de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly.

n'a pas subi des défrichements. La Parcelle 2 n'a pas été à l'abri des défrichements qui l'ont affecté jusque vers le début des années 2000. Par ailleurs, l'ouverture des pistes charretières pour évacuer les coupes illicites a également affecté la réserve dans cette partie Sud de la parcelle. Les défrichements dans la Parcelle 2 semblent être maîtrisés car depuis 2006, aucune nouvelle parcelle de culture n'y a été recensée. Cependant, les ouvertures de pistes par les exploitants illicites y ont toujours existé. Deux situations clairement distinctes doivent être considérées dans les forêts aux environs immédiats des Parcelles 1 et 2. En effet, au nord de la Parcelle 1, soit dans une zone essentiellement occupée par la forêt galerie, une certaine stabilité de la couverture forestière a été notée. Cette zone est encore assez proche des villages et du campement, et est ainsi relativement bien suivi. En revanche, les forêts immédiatement autour de la Parcelle 2 ont subi de forts dommages, compte tenu de son éloignement et le manque de suivi.

2) Une bonne stabilité dans les forêts d'Andriambondro, d'Ehazoara-Belambo-Jionono, d'Ampangitse et d'Ambatondringite (Figure 3 & Tableau 3). Les forêts d'Ehazoara-Belambo-Jionono sont réputées être des repères des voleurs de bétail ou *malaso*, et sont fortement redoutées par la population locale, et seuls des

campements provisoires d'éleveurs peuvent y être trouvés. Selon les enquêtes menées par l'Equipe de Suivi de l'ESSA en 2011, l'influence de quelques chefs de lignages qui en sont considérés comme les propriétaires traditionnels est aussi le facteur principal en faveur de leur préservation. Une remarquable stabilité de la forêt d'Andriambondro a été observée, bien qu'elle se situe dans la zone la plus densément peuplée de la région d'étude (Ratsirarson *et al.*, 2001). En effet, elle n'a enregistré qu'une perte de 11 % entre 1985 et 2010 (Tableau 3). Selon les enquêtes effectuées en 2012 (Ranaivonasy *et al.*, 2016), cette forêt est gérée par les communautés avoisinantes (Analafaly, Behala, Bejio, Bezà Mahafaly). Cette stabilité est l'impact conjugué de la gestion communautaire et des efforts de sensibilisation effectuée dans le cadre du programme de conservation car ces villages sont ceux qui ont eu le plus d'interactions avec ce programme (Ranaivonasy *et al.*, 2016).

3) Les Parcelles 1 et 2 font partie d'un fragment forestier continu, les forêts de la Parcelle 1 et de la Parcelle 2 étant prolongées par celle d'Antanivitsike-Anjama au sud. La forêt d'Antanivitsike-Anjama a été relativement bien épargnée entre 1985 et 1999. Entre 1999 et 2010, elle a vu une forte recrudescence des défrichements qui ont fortement entamé cette

zone qui est aujourd'hui prise en compte comme une zone de protection au sein de l'aire protégée après son extension. L'analyse de l'image satellite de 2010 montre que cette forêt d'Antanivitsike-Anjama est menacée d'une dislocation en trois parties, car une partie en est maintenant presque séparée du reste, avec la constitution de deux nouveaux petits fragments de moins de 200 ha (Figure 3).

- 4) Au sud de la région d'étude se trouvent également les forêts d'Antsifitse et d'Ampangitse (Figure 3) qui enregistrent de très forts taux de déforestation de la zone d'étude. Cette déforestation s'est fortement accélérée entre 1999 et 2010. Plusieurs facteurs ont contribué au maintien de la dynamique de déforestation dans cette zone. En effet, elle est relativement éloignée, pratiquement vide d'installations humaines permanentes, et échappe aux possibilités pratiques de suivi par les gestionnaires de la réserve et les communautés locales. Par ailleurs, sa position géographique par rapport au pôle de Betioky Atsimo joue également au profit des coupes qui y atteignent leur maximum pour l'ensemble de la région d'étude.

Discussions

L'étude de la dynamique de la couverture forestière a été menée pour produire des outils d'aide à la gestion de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et donner des éléments d'information pour évaluer sa performance. L'analyse des images satellites permet de voir que les deux parcelles de la réserve tendaient à devenir des îlots pour la conservation des forêts dans une zone fortement exposée à la fragmentation. Des images à plus haute résolution auraient pu mieux documenter l'évolution de la couverture forestière. En effet, des arbres sont tombés sous l'impact de divers facteurs, dont la sénescence des arbres, l'invasion de l'espèce de liane endémique *Cynanchum mahafaliense* (Ratsirason, 2011) et les intempéries climatiques (tel que le passage dévastateur du cyclone Ernest en janvier 2005). Or, ces pertes n'ont pas occasionné d'ouvertures explicitement observables sur les images satellites utilisées car le degré d'ouverture de la canopée qu'elles occasionnent ne dépasse généralement pas 10 mètres de diamètre. L'extension de la réserve, reconnue en 2015, constitue une amélioration nette de la situation, mais la forêt au-delà de ces nouvelles limites reste fortement menacée. Sans la présence de la réserve, l'impact de la déforestation aurait sans doute été plus catastrophique, car le

front des défrichements se serait étendu à la surface occupée par la deuxième parcelle de la réserve. Compte tenu de la récente extension (Ranaivonasy *et al.*, 2016), les efforts de sensibilisation et de conservation doivent être redoublés pour réduire les risques qui atteignent un degré critique dans les zones nouvellement intégrées. Ces efforts doivent notamment se porter sur la zone au sud de la Parcelle 2 où il est essentiel de renforcer ces actions de sensibilisation auprès des villages gestionnaires (Miary, Antarabory). La zone de conservation prioritaire ou noyau dur (Parcelles 1 et 2, avec la zone forestière intermédiaire, ainsi que la partie nord des forêts des forêts d'Antanivitsike-Anjama) reste aussi très exposée aux défrichements, car elle se situe près des foyers de défrichement, dont autour des villages d'Ampitanabo et d'Antarabory (Figure 3).

Les analyses présentées dans cette étude montrent que ce ne sont pas dans les zones de plus fortes densités de population (au Nord-est de la réserve, avec une succession de villages s'étendant d'Analafaly à Beavoaha, cf. Figure 3) que se rencontrent les plus forts taux de déforestation. Ainsi, la forêt d'Andriambondro, sur les rives orientales de la rivière en face de l'axe Beavoaha-Analafaly n'a subi qu'une perte de 11 %. Par la proximité de cette forêt, la communauté villageoise de cette zone peut encore y imposer la plus facilement régulation coutumière (Ranaivonasy *et al.*, 2016). A l'inverse, dans les zones à l'extérieur de la réserve dans le Sud de la zone d'étude, l'éloignement des villages a toujours permis un accès aux ressources (Ranaivoarisoa, 2008). Autour des villages d'Ampitanabo et d'Antarabory, l'extension des champs de culture par le défrichement des forêts environnantes continue.

La fragmentation progressive de l'habitat forestier dans la région constitue une menace toute aussi importante que la disparition de ces forêts. La fragmentation constitue un facteur limitatif pour la dispersion des plantes, les espèces n'ayant pas toujours les mêmes capacités pour recoloniser les espaces environnants, ou supporter la concurrence des essences de lisière (Laurance & Bierregaard, 1997). Pour les animaux, les déplacements pour remplir les fonctions vitales (nourriture, reproduction) peuvent être sérieusement affectés. On peut également s'inquiéter des impacts de la fragmentation sur les lémuriens qui effectuent de grands déplacements journaliers et saisonniers mais qui doivent passer par de plus en plus d'espaces ouverts. Les risques sont tout aussi importants pour des espèces forestières comme *Coua gigas*, une

espèce d'oiseau forestière endémique, qui verront leur habitat diminuer en des fragments de moins en moins viables. Le maintien de la connectivité des fragments, renforcé par la protection des corridors restants et la restauration des zones intermédiaires entre les fragments constituent des défis importants dont vont dépendre probablement le futur de la réserve et de ses populations fauniques et floristiques.

L'existence de fragments particulièrement stables qui présentent encore une certaine homogénéité spatiale, en particulier la forêt d'Ehazoara-Belambo-Jionono, permet également d'envisager une extension des efforts de conservation, et méritent de consacrer les activités y afférent en partenariat avec les communautés de base. En revanche, le cas de la forêt de Milomboke s'avère assez particulière. Ce fragment forestier, par sa superficie est la plus large de la région d'étude. Cependant, même avant 1985, elle présente déjà d'importantes trouées et entre 1985 et 2010, en même temps que sa superficie s'est réduite, la forêt de Milomboke est devenue encore plus fragmentée. Or, cette forêt a encore une importance écologique primordiale : à titre d'exemple, les villageois ont rapporté que des individus de *Propithecus verreauxi* qui sont suivis dans la Parcelle 1 ont été observés dans cette forêt de Milomboka à une distance de plus de 10 km de la Parcelle 1.

En 2010, sur les 4 200 ha compris dans la réserve après son extension, les forêts représentent près de 60 % de la superficie totale (Figure 1). Les parties restantes se répartissent en diverses formations végétales, dont 22 % la superficie de la réserve après son extension sont occupés par les formations secondaires de fourrés (végétation de régénération après leur déforestation depuis 1985), ainsi que les savanes et les fourrés xérophytiques environnants, et quelques hectares encore cultivés. La conservation des forêts restantes, et dans la mesure du possible, le rétablissement de la connectivité entre les fragments restants constituent les priorités déjà reconnues dans le plan d'aménagement de la réserve. Le rôle, la richesse et l'importance de ces autres habitats restent encore peu connus, et méritent des investigations plus poussées, afin de proposer des stratégies pour leur intégration efficace dans l'ensemble de l'espace protégé. L'intégration des capacités locales existantes et la responsabilisation des communautés dans le cadre d'une gestion qui intègre la réserve dans le contexte paysager plus large sont également indispensables.

Conclusion

Depuis 30 ans, les efforts de conservation a permis une stabilité des forêts à l'intérieur des Parcelles 1 et 2 de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. La réserve fait partie d'un grand bloc qui a progressivement rétréci en surface. La période 1999-2010 a vu une recrudescence des défrichements dans la proximité de la réserve. D'après cette étude, les taux de déforestation en dehors des Parcelles 1 et 2 sont plus importants, mais les facteurs moteurs et les aspects de leur dynamique ne peuvent être généralisés. Le cas de Bezà Mahafaly montre que l'importance de l'action anthropique dans le processus de déforestation peut être très nuancée, et ne peut se résumer automatiquement à des relations directes de cause à effet. En effet, dans certains cas, la proximité des villages (cas d'Ampitanabo et d'Antarabory au Sud, de Mahasoia au Nord) occasionnent des taux de déforestation importants. En d'autres circonstances, elles peuvent aider à leur protection (cas des forêts autour d'Analafaly), dans les forêts qui sont protégées par les communautés villageoises. Les taux de déforestation exceptionnellement faibles sont observés dans certains secteurs non occupés telle que la forêt d'Ehazoara-Belambo-Jionono.

L'extrême variabilité saisonnière de la couverture végétale ne nous a pas permis d'étudier la dynamique de l'occupation du sol pour les autres formations végétales qui font partie de la richesse de la biodiversité de la région avec les images satellites en notre disposition. Des études plus précises à l'aide d'imagerie à plus haute résolution permettraient de mieux cerner cette dynamique et sont recommandées. En effet, bien que les forêts abritent la plus grande partie de la biodiversité de la région d'étude, d'autres formations non forestières, dont les savanes, et autres formes d'utilisation des terres sont à considérer dans la gestion durable de la réserve. Ceci serait aussi particulièrement utile pour comprendre l'extension des installations humaines (villages, champs et autres utilisations de l'espace).

Enfin, les statistiques (notamment le calcul du taux de déforestation) ont été traitées de manière à avoir une idée générale sur l'importance relative de la déforestation et son évolution dans le temps et dans l'espace. Or, la déforestation ne s'est pas passée suivant un rythme régulier mais plutôt en paliers. En certaines années, comme par exemple celles de 2003 (arrêt temporaire des activités à Bezà Mahafaly, coïncidant mais n'ayant pas de relation directe avec la crise politique de 2002), et probablement depuis 2009, il n'est pas à exclure que la déforestation ait

connu un rythme plus soutenu. Il serait intéressant d'approfondir cette étude en tenant compte de l'impact particulier de ces années critiques et sur les décisions et les actions relatives à la gestion des forêts.

La gestion présente et future de la Réserve de Bezà Mahafaly ne peut être dissociée de l'ensemble naturel et humain dont elle fait partie. La réserve est aujourd'hui en co-gestion sous un partenariat entre Madagascar National Parks, la communauté locale, l'ESSA et les autorités locales. Les forêts des Parcelles 1 et 2, ainsi que les forêts des zones d'extension récente de la réserve font partie de la commune d'Ankazombalala. Une vision plus large de la gestion des forêts de Bezà Mahafaly engloberait différentes communes et différentes communautés dont les intérêts et l'implication seraient des plus diversifiés. Des approches pour implémenter cette approche paysagère, somme toute indispensable pour le futur de la conservation de la réserve sont en cours. Cette dernière ne pourra aboutir sans la participation active des communautés locales, car la réserve ne constitue qu'une très petite partie de l'ensemble spatial qui l'entoure, le reste étant sous gestion communautaire. La mise en place d'un modèle de gestion territoriale dans les prochaines décennies est décisive pour la conservation de ce patrimoine unique du Sud de Madagascar.

Remerciements

Cette publication n'a pu être réalisée sans le concours de différentes personnes et institutions envers lesquelles nous sommes reconnaissants. Nous remercions la Fondation Liz Claiborne et Art Ortenberg pour l'appui qu'elle apporte depuis plusieurs années aux activités de formation, de recherche et de conservation de la biodiversité à Bezà Mahafaly. Nous remercions également Madagascar National Parks à Bezà Mahafaly ainsi que les communautés locales autour de la réserve pour leur collaboration franche et fructueuse. Cette étude n'a pas pu être réalisée sans l'appui de la Fondation John D. et Catherine T. MacArthur. Nous remercions Alison Richard pour les conseils et les commentaires qu'elle nous a donnés pour la finalisation de cette étude.

Références bibliographiques

- Dufils, J. M. 2003. Remaining forest cover. In *The natural history of Madagascar*, eds. S. M. Goodman & J. P. Benstead, pp. 88-103. The University of Chicago Press, Chicago.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Laurence, W. F. & Bierregaard Jr., R. O. (eds.). 1997. *Tropical forest remnants: Ecology, management and conservation of fragmented communities*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Primack, R. B. & Ratsirarson, J. 2005. *Principe de base de la conservation de la biodiversité*. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Ralambonirainy, R. J. 1996. Etude de l'évolution de l'occupation des sols à partir de l'interprétation des photos aériennes de Bezà Mahafaly en vue d'aménagement du terroir. Mémoire de fin d'études. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques-Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, Antananarivo
- Ranaivoarisoa, S. B. 2008. Etude de la gouvernance locale de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly en vue du renforcement de sa gestion. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques-Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Ranaivonasy, J. 2012. Dynamique de l'occupation du sol et vulnérabilité des communautés rurales, des systèmes agraires et des forêts face aux changements environnementaux et sociaux : Cas de la Région d'Analanjirifo. Thèse de doctorat, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques-Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Ranaivonasy, J., Ratsirarson, J., Richard, A. F. & Randrianandrasana, A. S. 2016. Gouvernance de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, eds. J. Ranaivonasy, J. Ratsirarson & A. F. Richard. *Malagasy Nature*, 10: 93-102.
- Rasamimanana, N., Ratsirarson, J., Ranaivonasy, J. 2016. Variabilité et changement du climat Bezà Mahafaly, eds. J. Ranaivonasy, J. Ratsirarson & A. F. Richard. *Malagasy Nature*, 10: 5-14
- Ratsirarson, J. 2011. Ecologie descriptive et fonctionnelle : Outils essentiels pour la conservation de la biodiversité. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques-Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Ratsirarson, J., Randrianarison, J., Ellis, E., Emady, R. J., Efitroarany, Ranaivonasy, J., Razanajaonarivalona, E. H. & Richard, A. F. 2001. Bezà Mahafaly : Ecologie et réalités socio-économiques. *Recherches pour le Développement, Série Sciences Biologiques*, 18: 1-104.
- USGS. 2012. USGS Global Visualization Viewer. www.glovis.usgs.gov.