

Etude des successions végétales entre deux dates 1997 et 2012 dans la forêt de Mikea (sud-ouest de Madagascar)

Plant succession between two dates 1997 and 2012 in Mikea forest (southwestern Madagascar)

H.A. RANDRIAMBANONA¹

S.N.M. BEMAHEVA²

M. ALAME²

F. REJO-FIENENA²

J. RANAIVO¹

S. RAZANAKA¹

H.R. RAVONJIMALALA¹

D. HERVÉ³

(1) Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE), BP 1739, Antananarivo 101, Madagascar

(2) Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Toliara, Madagascar

(3) Institut de Recherche pour le Développement (IRD UMR 220), BP 64501, 34394 Montpellier, France

Résumé

Un suivi de la succession végétale entre deux dates à 15 ans d'intervalle a été réalisé en forêt sèche de Mikea (sud-ouest de Madagascar) à partir de relevés floristiques et de mesures de phytomasse (herbacée, ligneuse et racinaire). La richesse floristique, l'indice de diversité de Shannon (H'), la proportion des espèces annuelles, la densité des ligneux, la surface terrière et les phytomasses ont été évalués sur une série de parcelles d'abandons culturels âgés de 2, 4, 6, 8, 12, 20 et 30 ans en 1997. Entre 1997 et 2012, quatre parcelles (A2, A6, A20, A30) ont été remises en culture, pour devenir des jachères de 4, 6, 7, et 4 ans (J4, J6, J7 et J4') tandis que trois parcelles (A4, A8, et A12) ont été laissées à l'abandon pour devenir des vieilles jachères âgées respectivement de 19, 23 et 27 ans (J19, J23, J27). Dans chaque parcelle, les relevés floristiques ont été réalisés en 2012 sur une surface de 50 m x 50 m. Au total, 142 espèces réparties en 110 genres et 41 familles ont été recensées. Les Fabaceae (22 espèces), les Poaceae (15), les Malvaceae (10), les Euphorbiaceae (9) sont les familles botaniques les mieux représentées. Les résultats obtenus

en 2012 ont montré que la richesse floristique (S) et l'indice de diversité de Shannon (H') augmentent avec l'âge de la jachère jusqu'à 19 ans puis connaissent une légère baisse à partir de 23 et 27 ans. En comparant les résultats de 1997 et 2012, une perte importante d'espèces végétales a été enregistrée dans les parcelles remises en culture : 68 et 64 espèces ont été inventoriées dans A20 et A30 en 1997, il n'en restait plus que 30 et 24 espèces dans les mêmes parcelles en état de jachère de 4 ans (J4 et J4') en 2012. Les proportions d'annuelles ont tendance à augmenter dans les parcelles qui ont été remise en culture, de 20-25 % en 1997 à 35 % en 2012. Ces résultats suggèrent que la succession des cultures à partir du premier défrichement, la mise à feu et les labours répétés, sont à l'origine de l'augmentation des espèces annuelles au détriment des espèces pérennes notamment les espèces ligneuses.

Mots-clés : âge de jachère, dynamique de l'occupation du sol, succession végétale

Abstract

15 years of vegetation succession have been monitored and analyzed in a dry deciduous forest in Mikea Forest, southwestern Madagascar. Parameters such as species richness (S), Shannon diversity index (H'), proportion of annual species, tree stand density, basal area and above and belowground biomass were evaluated in fallow aged 2, 4, 6, 8, 12, 20, and 30 years in 1997.

From 1997 to 2012, four plots (A2, A6, A20, A30) were cultivated again to become fallows of 4, 6, 7, and 4 years (J4, J6, J7 and J4') while three plots (A4, A8, and A12) were abandoned to become old fallows, aged 19, 23 and 27 years, respectively (J19, J23, J27). In each plot, floristic surveys were conducted in 2012 in an area of 50 m x 50 m. A total of 142 species belonging to 110 genera and 41 families were inventoried. Fabaceae with 22 species, Poaceae (15 species), Malvaceae (10 species), Euphorbiaceae (9 species) are the most represented plant families. Results in 2012 showed that the species richness (S) and Shannon diversity index (H') are increasing with age of fallow until the 19th year and a slight reduction was found from 23 and 27 years. The comparison of the results between 1997 and 2012 showed that a significant loss of plant species was recorded in cultivated plots: 68 and 64 species have been recorded in A20 and A30 in 1997, there remained only 30 and 24 species, respectively in the same state fallow plots of 4 years (J4 and J4') in 2012. The annual proportions tend to increase in cultivated plots, 20-25 % in 1997 to 35 % in 2012. These results suggest that the repeated crop cycle after the first slash and burn crop and repeated burn and plowing result in an important increase of annual species at the expense of perennial, mainly woody species.

Key-words: fallow age, land use dynamic, vegetation succession

Introduction

Madagascar figure dans la liste des dix premiers pays de « hot spot » de la biodiversité dans le monde avec un taux d'endémisme très élevé (Myers, 1998 ; Mittermeier *et al.*, 2004). Cependant, cette richesse unique au monde est menacée par diverses perturbations d'origine humaine, comme la culture sur brûlis, l'exploitation illicite des ressources forestières, l'exploitation minière, ou d'origine naturelle comme les cataclysmes (cyclones, inondation, sécheresse...). La dégradation de l'environnement se manifeste surtout par la réduction de la couverture forestière. Selon ONE *et al.* (2013), entre 2005 et 2010, plus de 180 000 ha de forêts ont été perdus, soit près de 36 000 ha de perte annuelle. La

culture itinérante sur brûlis qui est le système de culture prédominant est la cause principale de cette diminution de la couverture forestière (Raharimalala *et al.*, 2010 ; De Wilde *et al.*, 2012). Le taux de déforestation annuel le plus élevé de l'île (0,8 %), avec une perte de 66 000 ha de 2005 à 2010, a été enregistré dans le sud-ouest (ONE *et al.*, 2013). A une période antérieure, entre 1999 et 2001, 6 972 ha de forêt ont disparu dans la forêt de Mikea, ce qui correspond à une vitesse de défrichement de 3 400 ha par an (Lasry *et al.*, 2004) car la culture sur abattis-brûlis ou *hatsaky* pratiquée depuis les années 1970 (Blanc-Pamard, 2000) a complètement changé le paysage. Actuellement, cette zone se présente comme une mosaïque de fragments de forêt, d'une grande étendue d'abandons culturels, de savane et de champs de culture vivrière (*Vigna unguiculata* ou *lojy*, manioc, maïs) et de coton. La création du complexe Mikea en 2003 et la formalisation d'une aire protégée en 2007 s'est accompagnée de l'interdiction de la culture sur brûlis.

C'est pourquoi la valorisation des abandons culturels ou « monka » par l'agriculture est devenue incontournable pour la population locale. La connaissance de la dynamique de la végétation dans ces zones agro-écologiques est primordiale pour définir la structure, la résilience et la trajectoire de l'écosystème qui seront adaptées aux objectifs de la future gestion forestière ou de la restauration écologique. Les résultats de l'étude de la dynamique végétale, obtenus par Grouzis *et al.* (2001) et Leprun *et al.* (2009) ont montré que la forêt dense sèche de Mikea, brûlée et cultivée puis abandonnée, évolue vers la savane.

Ce processus de savanisation est accompagné de la perte d'espèces végétales et de phytomasse totale qui ne représente plus que 25 % de celle de la forêt originelle de référence après 30 années d'abandon (Rasolohery, 2000).

Actuellement, le devenir des abandons culturels ou « monka » et la possibilité de régénération de la forêt après la culture méritent d'être étudiés. A défaut de dispositifs expérimentaux de longue durée, des enquêtes écologiques diachroniques peuvent être tentées. Cette étude se propose d'observer et d'analyser la réponse des espèces végétales à des jachères suivant la culture sur abattis-brûlis sur une période longue d'une trentaine d'années. Nous y parvenons en revenant 15 ans après (2012) sur des parcelles dont le passé cultural était connu jusqu'en 1997. Cette étude a pour objectif de suivre l'évolution de la végétation entre 1997 et 2012 en comparant entre ces deux dates la diversité floristique, la densité, le recouvrement et la production (phytomasse) au cours de la succession post-culturelle. L'hypothèse émise est que les phases culturelles successives conduiraient à des formations herbacées dégradées qui ont perdu leur capacité de régénération forestière.

Matériels et méthodes

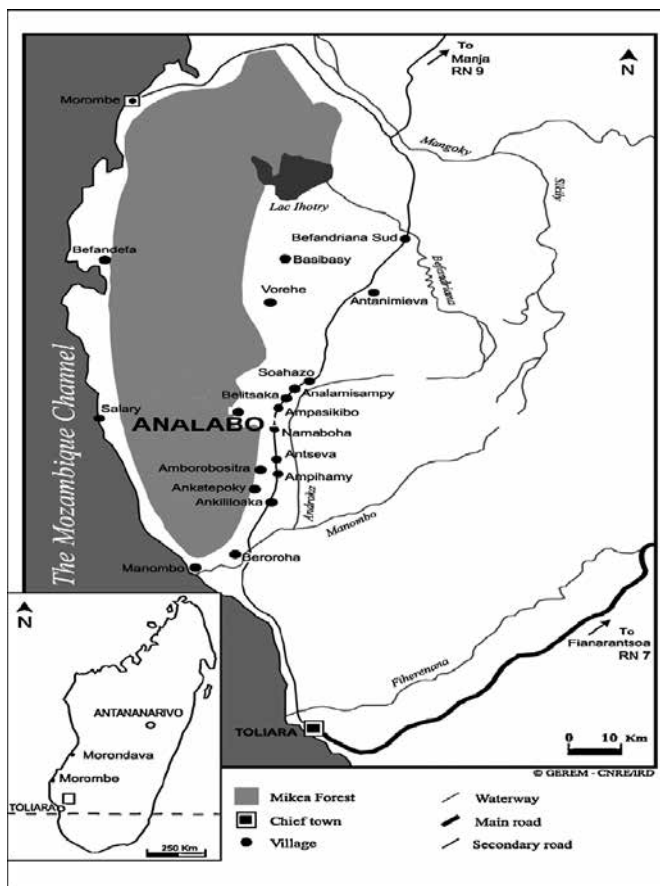
ZONE D'ETUDE

Cette étude a été conduite aux environs du village d'Analabo (22°31'50"S, 43°33'50"E) dans la forêt de Mikea à l'Ouest d'Ampasikibo, village situé à 100 km au nord de Toliara, dans la commune d'Analamisampy (carte 1). La zone est soumise à un climat semi aride selon la classification de Thornthwaite appliquée à Madagascar (Salomon & Hoerner, 1980), avec une pluviométrie moyenne annuelle entre 600 et 800 mm. Le long du transect allant du village d'Ampasikibo sur la RN9 vers l'Ouest, à Salary situé sur la côte du canal de Mozambique, les différentes formations végétales sont les savanes, les recrûs forestiers, la forêt dense sèche décidue et le fourré xérophile. C'est sur la forêt dense sèche sur sable roux (ErgI) avec un taux d'argile entre 10 et 15 % qu'est pratiquée la culture sur abattis-brûlis. Leprun (1998) a décrit quatre types de formations sableuses dunaires depuis la côte vers l'intérieur des terres : les plus récents sont les sables blanc beiges calcaires, d'origine marine, viennent ensuite les sables roux clairs non calcaires avec un faible taux d'argile (5 %), ensuite, on trouve les sables roux siliceux (ErgII) avec

un taux d'argile entre 5 et 10 %, d'origine éolienne; les plus anciens sont les sables roux rouges (Ergl) probablement d'origine fluvio-éolienne, portant une forêt dense sèche décidue haute à *Commiphora grandifolia*, *Adansonia fony*, *Euphorbia laro*.

CHOIX DU SITE ET DES PARCELLES

Le site d'étude correspond à celui du programme conjoint CNRE-IRD, GEREM-Toliara en 1997, aux alentours du village d'Analabo où 7 parcelles d'abandons culturels âgées de 2, 4, 6, 8, 12, 20 et 30 ans établies sur des sables roux rouges (Ergl) ont fait l'objet d'une étude de la succession post-culturelle (Grouzis *et al.*, 2001 ; Leprun *et al.*, 2009). Quinze ans après, en 2012, ces mêmes parcelles auraient un âge de jachère de 17, 19, 21, 23, 27, 35 et 45 ans s'il n'y avait eu aucune remise en culture depuis 1997. La possibilité de retrouver ces parcelles grâce à leur positionnement, référencé à l'aide d'un GPS, et de l'identification de fosses pédologiques comblées, a permis de reconstituer un historique sur 35 ans de ces parcelles depuis leur première défriche.



Carte 1 : Le village d'Analabo dans la forêt de Mikea (Leprun *et al.*, 2009)

L'historique de chaque parcelle depuis 1997 a été reconstitué en 2012 à l'aide d'enquêtes auprès des propriétaires des parcelles et de la population riveraine (Tableau I). Entre 1997 et 2012, quatre parcelles (A2, A6, A20, A30) ont été remises en culture, pour devenir des jachères de 4, 6, 7 et 4 ans (J4, J6, J7 et J4) tandis que trois parcelles (A4, A8 et A12) ont été laissées à l'abandon pour devenir des vieilles jachères âgées respectivement de 19, 23 et 27 ans (J19, J23, J27).

Tableau I : Historique des 7 parcelles étudiées sur une trentaine d'années

Unités (1997)	Coordonnées	Historique de la parcelle jusqu'en 1997	Unités (2012)	Historique de la parcelle de 1997 à 2012
Abandon de 2 ans A2	23°31'01"E 43°33'03"S	- Défrichement : 1993 - Culture de maïs pendant deux cycles : 1993/94 et 1994/95 - Abandon : 1995	Jachère de 6 ans J6	-Reprise de la culture en 2005 : 2 cycles de maïs et 1 cycle de manioc et arachide -Mise en jachère en 2007 -Etat en 2012 : jachère de 6 ans
Abandon de 4 ans A4	22°31'07"E 43°33'04"S	- Défrichement : 1990 - Culture de maïs pendant 3 cycles : 1990/91 – 1991/92 et 1992/93 - Abandon : 1994	Jachère de 19 ans J19	-Laissée à l'abandon depuis 1994 -Etat en 2012 : jachère de 19 ans
Abandon de 6 ans A6	22°31'32"E 43°32'54"S	- Défrichement : 1988 - Culture de maïs pendant 3 cycles : 1988/89 – 1989/90 et 1990/91 - Abandon : 1991	Jachère de 7 ans J7	-Reprise de la culture en 2000 après 9 ans de jachère : 4 cycles de maïs et 2 cycles de coton avec labour à la charrue -Mise en jachère en 2006 -Etat en 2012 : jachère de 7 ans
Abandon de 8 ans A8	22°31'36"E 43°33'01"S	- Défrichement : 1986 - Culture de maïs pendant 3 cycles : 1986/87 – 1987/88 et 1988/89 - Abandon : 1989	Jachère de 23 ans J23	-Laissé à l'abandon depuis 1989 -Etat en 2012 : jachère de 23 ans
Abandon de 12 ans A12	22°31'41"E 43°32'50"S	- Défrichement : 1982 - Culture de maïs pendant 3 cycles : 1982/83 – 1983/84 et 1984/85 - Abandon : 1985	Jachère de 27 ans J27	-Laissé à l'abandon depuis 1985 Etat en 2012 : jachère de 27 ans
Abandon de 20 ans A20	22°31'33"S 43°34'00"E	-Abandon : 1977	Jachère de 4 ans J4'	-Reprise de la culture en 2007 après 30 ans : 2 cycles de maïs -Passage de feux chaque année Etat en 2012 : jachère de 4 ans
Abandon de 30 ans A30	2°31'56"E 43°33'40"S	- Défrichement : 1961 ? - Culture de maïs pendant 3 cycles : 1961/62 – 1962/63 et 1963/64- Culture de manioc pendant 3 cycles - Abandon : 1967	Jachère de 4 ans J4	-Reprise de la culture en 2007 après 40 ans : 2 cycles de maïs -Abandon en 2008 -Passage de feux chaque année -Etat en 2012 : jachère de 4 ans

INVENTAIRE FLORISTIQUE

Dans chaque parcelle, l'inventaire floristique a été effectué dans une surface de 2 500 m² (un carré de 50 m x 50 m) qui est largement supérieure à l'aire minimale de la forêt sèche, 900 m² selon Razanaka (1995) et celle de la savane, 100 à 200 m² au sud-ouest de Madagascar (Morat, 1973). Toutes les espèces ont été inventoriées dans ce carré et leurs formes biologiques (arbre, herbe, liane) notées. Les paramètres enregistrés ont été le nom vernaculaire ou nom scientifique et, pour les espèces ligneuses, la hauteur et le diamètre à 1,3 m du sol. Le recouvrement des ligneux (RL) et le recouvrement des espèces herbacées (RH) ont été évalués en pourcentage de la surface de chaque parcelle. Le recouvrement est défini comme la surface relative occupée par la projection orthogonale au sol du système végétatif aérien de la végétation (Godron *et al.*, 1968). La proportion des espèces annuelles a été calculée. Des échantillons d'herbiers étiquetés ont été prélevés et ont été comparés aux herbiers de référence au PBZT Tsimbazaza à Antananarivo. La nomenclature des plantes a été corrigée en utilisant la base de données *W3 Tropicos* du Missouri Botanical Garden.

Les paramètres mesurés au niveau de différents stades de succession sont les indices de diversité floristique, richesse spécifique (S) et indice de diversité (H'), la proportion des annuelles, le recouvrement des herbacées et des ligneux, la structure horizontale de la végétation, la densité des ligneux (D), la surface terrière (G), et finalement la phytomasse épigée (Y).

La richesse spécifique (S) est le nombre d'espèces rencontrées dans l'ensemble des relevés qui ont été placés dans un espace homogène.

L'indice de diversité (H') de Shannon-Weaver (1949) rend compte de l'importance relative de chacune des espèces dans la communauté selon la formule (1) :

$$H' = -\sum f_i \cdot \log_2 f_i \text{ avec : } i = 1 \text{ à } S \text{ et } f_i = \text{fréquence spécifique (1)}$$

Ainsi, pour une richesse spécifique donnée, une faible valeur de H' signifie qu'un petit nombre d'espèces (un ou deux) dominant et le reste est associé à des valeurs de fréquence spécifique (f_i) très faibles. Plus l'indice est élevé, plus la diversité est grande.

La densité des ligneux (D) est l'abondance de toutes les espèces ligneuses dans la parcelle d'étude exprimée en nombre d'individus par hectare (N.ha⁻¹).

La surface terrière (G) est la somme de toutes les sections des troncs à 1,3 m (Namur, 1978). Sa valeur est exprimée en unité de surface (m².ha⁻¹) et se calcule par la formule (2) :

$G = \pi/4 \sum DHP_i^2$ avec DHP_i : le diamètre à hauteur de poitrine du i^{ème} individu ; i = 1 à N et N : l'abondance totale d'espèces ligneuses dans la parcelle étudiée (2)

Les variations au sein d'un écosystème sont la résultante de plusieurs phénomènes et de fluctuations au sein de l'écosystème lui-même (Frontier & Pichod Viale, 1999 ; Aronson *et al.*, 1993), que la composition floristique et les indices de diversité uniquement ne sont pas capables de révéler. Auclair & Metayer (1989) soutiennent que les connaissances fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes naturels et artificiels passent nécessairement par l'évaluation de la phytomasse totale des différents constituants de ces écosystèmes. Par ailleurs, la phytomasse qui diminue avec la dégradation de la végétation a été considérée comme un indicateur pertinent pour rendre compte de la dynamique post-culturelle (Rasolohery, 2000 ; Randriambanona, 2000).

La phytomasse épigée ligneuse a été mesurée par la méthode allométrique. Dans cette étude, ont été retenues 7 équations allométriques établies dans les mêmes parcelles (Rasolohery, 2000), qui relient la phytomasse aérienne (en g de matières sèches ou gMS) et la hauteur (en cm) des espèces dominantes dans chaque stade de succession (Tableau II).

Tableau II : Equations de régression liant la phytomasse épigée (Y) en gMS et la hauteur (x) en cm des 7 espèces dominantes du peuplement ligneux des parcelles d'étude (Rasolohery, 2000)

Espèces	Equation	Coefficient de détermination
<i>Alchornea humbertii</i>	$Y = 0,008x^{2,46}$	$R^2 = 0,94$
<i>Cordyla madagascariensis</i>	$Y = 0,033x^{2,24}$	$R^2 = 0,94$
<i>Diospyros humbertii</i>	$Y = 72e^{0,025x}$	$R^2 = 0,92$
<i>Diospyros manampetsae</i>	$Y = 90e^{0,025x}$	$R^2 = 0,91$
<i>Fernandoa madagascariensis</i>	$Y = 88e^{0,015x}$	$R^2 = 0,93$
<i>Hazunta modesta</i>	$Y = 0,27x^2 - 15,97x + 366,34$	$R^2 = 0,94$
<i>Poupartia sylvatica</i>	$Y = 0,18x^2 - 20,34x + 668,65$	$R = 0,95$

La phytomasse herbacée épigée a été mesurée par la méthode de récolte intégrale dans une surface de 1 m² (1 m x 1 m) à raison de 10 répétitions par parcelle. Un échantillon composite de 250 à 500 g a été prélevé et séché dans l'étuve à 85°C pendant 24 heures au laboratoire afin de déterminer la teneur en matières sèches selon la formule :

$$TMs = \frac{Ps}{PF} \quad \text{avec } TMs : \text{teneur en matière sèche ; } Ps : \text{poids après dessiccation ; } PF : \text{poids de matière fraîche.}$$

La phytomasse hypogée a été calculée à partir de la phytomasse épigée selon la formule $R/T = 0,33$, R : racine, T : tige (Rasolohery, 2000), qui signifie que la quantité de la phytomasse épigée est trois fois plus importante que la quantité de la phytomasse hypogée.

La phytomasse totale (tMS.ha⁻¹) a été obtenue en faisant la somme des phytomasses épigées herbacée et ligneuse et de la phytomasse hypogée.

TRAITEMENT DES DONNEES

Deux types d'analyses statistiques ont été utilisés sur le logiciel Xlstat Pro 2008 pour les traitements des données. Afin d'identifier les groupes de parcelles semblables floristiquement et pour mettre en évidence les espèces caractéristiques des stades de succession, l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) a été utilisée. L'efficacité de l'AFC a été démontrée pour l'identification et la caractérisation des associations végétales (Guinochet, 1973 ; Allier & Lacoste, 1980 ; Carrière, 1984). Elle a été également utilisée pour l'étude de la dynamique végétale et de la trajectoire des écosystèmes au cours de la succession post-culturelle par plusieurs auteurs (Beatty, 1984 ; Plantureux *et al.*, 1987 ; Leprun *et al.*, 2009). L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée pour visualiser le positionnement des parcelles les unes par rapport aux autres dans les plans factoriels d'une part et de visualiser les corrélations entre les variables d'autre part. Ainsi, cette représentation dans un espace de dimension réduite permet de mettre en évidence d'éventuelles structures au sein des données (parcelles et paramètres biotiques).

Résultats

CORTEGE FLORISTIQUE

La flore recensée dans les 7 parcelles de jachère comporte 142 espèces réparties en 110 genres et 41 familles. Les familles les mieux représentées sont les Fabaceae avec 22 espèces, les Poaceae avec 15 espèces, les Malvaceae avec 10 espèces, les Euphorbiaceae avec 9 espèces. Les Bignoniaceae et les Apocynaceae sont représentées chacune par 5 espèces. La famille des Dioscoreaceae est représentée par 4 espèces.

INDICES DE DIVERSITE

Le tableau III montre que la richesse spécifique augmente avec l'âge de la jachère. Le nombre d'espèces varie de 24 à 30 espèces dans les jeunes jachères de 4 ans (J4 et J4') puis atteint 55 espèces dans la jachère de 6 ans (J6), et revient à 21 espèces dans la jachère de 7 ans (J7).

Tableau III : Indices de diversité

Parcelles	J4	J4'	J6	J7	J19	J23	J29
Richesse spécifiques (S)	24	30	55	21	67	65	42
Indice de Shannon Weaver (H')	2,42	2,69	3,62	1,26	4,01	3,69	3,45

Le nombre d'espèces continue à augmenter et atteint une valeur maximale de 67 espèces dans la jachère de 19 ans (J19) puis il diminue, il est de 65 dans la jachère de 23 ans et 42 dans la jachère de 27 ans. Il est à noter que dans la jachère de 7 ans (J7), le nombre d'espèces ligneuses est réduit à 7 avec une dominance de *Fernandoa madagascariensis* (79 %), car l'utilisation de la charrue pendant les six derniers cycles de culture a détruit la majorité des souches ligneuses. Parallèlement, le passage de feux presque chaque année a éliminé beaucoup d'espèces ligneuses.

Pour l'indice de Shannon Weaver (H'), la valeur minimale ($H' = 1,26$) a été obtenue dans la jachère de 7 ans (J7) et la valeur maximale ($H' = 4,01$) a été enregistrée dans la jachère de 19 ans (Tableau I). La valeur de H' a tendance à augmenter avec l'âge de la jachère : 2,42 et 2,69 dans les jachères de 4 ans (J4) et 3,62 dans la jachère de 6 ans (J6). La moindre valeur de H' dans J7 ($H' = 1,26$) est due à la fois à la faible valeur de richesse spécifique et à la dominance d'un petit nombre d'espèce dont *Fernandoa madagascariensis*. Une légère diminution est ensuite enregistrée dans les jachères de 23 et 27 ans, qui laisse penser à un plateau dans la courbe d'évolution de cet indice en fonction de l'âge de jachère.

STRUCTURE HORIZONTALE DES PARCELLES

L'étude de la structure horizontale inclut l'analyse de la densité des ligneux, la surface terrière, les recouvrements des ligneux et des herbacées.

Les valeurs de densité des ligneux dans les 7 parcelles varient de 800 individus à l'hectare dans la jachère de 4 ans à 20 173 N.ha⁻¹ dans la jachère de 23 ans (Tableau IV). La densité augmente avec l'âge, très faible dans les jeunes jachères de 4 ans (800 N.ha⁻¹), elle augmente dans les jachères de 6 ans (J6) avec 3 946 N.ha⁻¹ puis la jachère de 19 ans (J19) 6 960 N.ha⁻¹ et atteint un pic à 23 ans (20 173 N.ha⁻¹) et on note une baisse dans la jachère de 27 ans (J27) avec 10 920 N.ha⁻¹ (figure 2).

Pour la jachère de 7 ans (J7), la valeur de la densité des ligneux est très faible à cause de l'élimination des souches pendant les cycles de culture.

La surface terrière varie d'un minimum dans J7 ($G = 1,5 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$) à un maximum ($G = 10,1 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$) dans J23. Dans les jeunes jachères (moins de 7 ans) la surface terrière n'excède pas $2,5 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ à cause du nombre réduit d'espèces ligneuses de gros diamètre (Tableau IV). On note une augmentation des valeurs de G avec l'âge de la jachère, d'une moyenne de $2 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ dans les jeunes jachères de moins de 7 ans, à $5,8 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ dans la jachère de 19 ans (J19), pour atteindre une valeur maximale ($G = 10,1 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$) dans la jachère de 23 ans (J23) ans. Il semble qu'on atteigne un seuil puisque la jachère de 27 ans reste avec une surface terrière de $9,6 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$.

Le recouvrement des herbacées est très élevé dans les jeunes jachères (supérieur à 70 %), mais il est pratiquement nul après une dizaine d'années de jachère ; la transition est brutale entre 7 et 19 ans.

Tableau IV : Structure horizontale des 7 parcelles

Parcelles	J4	J4'	J6	J7	J19	J23	J29
Densité (D) en $\text{N}.\text{ha}^{-1}$	800	1 500	3 946	1 267	6 960	20 173	10 920
Surface terrière (G) en $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$	1,7	2,3	1,7	1,5	5,8	10,1	9,6
Recouvrement des ligneux (RL) en %	5	5	15	10	75	90	90
Recouvrement des herbacées (RH) en %	95	95	80	70	5	7	5

PHYTOMASSE

La phytomasse herbacée diminue avec l'âge de la jachère ; elle varie de $2,8$ à $4,4 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ dans les jeunes jachères et n'atteint plus que $0,6 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ dans la vieille jachère de 27 ans (J27) (Tableau V). Les valeurs de phytomasse ligneuse épigée augmentent avec l'âge de la jachère. Elles sont de $3,1$ à $5,6 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ dans les jeunes jachères et atteignent $35 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ dans la jachère de 27 ans (J27). La phytomasse racinaire suit cette tendance, ne dépassant pas $5,1 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ dans les jeunes jachères, elle est supérieure à $10 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ dans les vieilles jachères (J23 et J29).

Tableau V : Phytomasse des 7 parcelles

Parcelles	J4	J4'	J6	J7	J19	J23	J29
Phytomasse herbacée ($\text{t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$)	3,7	2,8	4,0	4,4	2,2	1,6	0,6
Phytomasse ligneuse ($\text{t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$)	3,1	5,6	9,7	11,1	20,8	29,0	35,0
Phytomasse racinaire ($\text{t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$)	2,3	2,8	4,5	5,1	7,6	10,1	11,7
Phytomasse totale ($\text{t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$)	9,1	11,2	18,2	20,7	30,6	40,6	47,3

Les valeurs de phytomasse totale dans les vieilles jachères (J23 et J27) sont respectivement de $40,6$ et $47,3 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$, soit quatre fois plus que dans les jeunes jachères avec des valeurs avoisinant $10 \text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$. Cette différence est imputable à l'abondance des espèces ligneuses tant en nombre (densité) qu'en surface terrière (individus avec des gros diamètres).

TRAJECTOIRE DE L'ECOSYSTEME

Une analyse en composante principale des relevés et des espèces donne la position des parcelles les unes par rapport aux autres dans le premier plan factoriel et la signification de chaque axe. La projection des nuages de points des 7 relevés et des espèces végétales dans le plan factoriel F1x2 qui absorbe 49,9 % de l'inertie totale est représentée par les figures 1 et 2. Seules les espèces qui apparaissent au moins deux fois dans les relevés ont été retenues dans cette analyse. L'axe F1 qui absorbe 25,62 % de l'inertie n'est associé à aucun gradient. L'axe F2 (24,27 % de l'inertie) oppose deux groupes de relevés en ordonnées positives « les jeunes jachères » (J4, J4', J6, J7) et en ordonnées négatives les « vieilles jachères » (J19, J23 et J27).

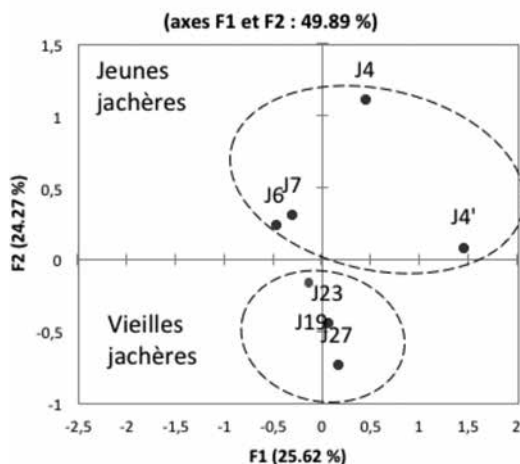


Figure 1 : Carte factorielle des 7 relevés dans le plan principal (F1x2)

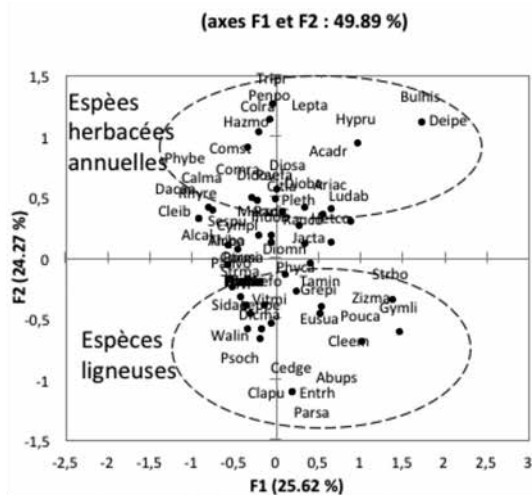


Figure 2 : Carte factorielle des 67 espèces dans le plan principal (F1x2)

Les espèces associées aux jeunes jachères sont *Leptadenia* (Lepta) Asclepiadaceae, *Tridax procumbens* (Tripr) Asteraceae, *Hyparrhenia rufa* (Hypru) Poaceae, *Bulbostylis hypsida* (Bulhy) Cyperaceae. Hormis *Leptadenia* spp. qui est une liane pérenne, ces espèces sont des espèces herbacées annuelles. Les espèces associées aux jachères âgées (J23, J19 et J27) sont surtout des ligneux et des lianes comme *Claoxylopsia purpurascens* (Clapu) Euphorbiaceae, *Entada rheedii* (Enthr) Fabaceae, *Clerodendrum emirnense* (Cleem) Lamiaceae, *Cedrelopsis grevei* (Cedge) Ptaeroxylaceae, *Poupartia caffra* (Pouca) Anacardiaceae ; *Gymnosporia lineris* (Gymli) Celastraceae. L'axe F2 traduit donc la physionomie de la végétation en relation avec l'âge de la mise en jachère.

Selon la figure 3, la projection des 7 parcelles suivant le premier axe factoriel (F1 x F2) qui absorbe 87,40 % de l'inertie permet de distinguer deux groupes de parcelles : (1) les jeunes jachères en abscisses négatives caractérisées par un fort taux de recouvrement herbacé (RecHerb), des proportions d'espèces annuelles élevées et une forte valeur de phytomasse herbacée (PhyHerb), (2) les vieilles jachères (J19, J23 et J27) en abscisses positives qui sont fortement corrélées aux valeurs élevées de surface terrière (G), richesse spécifique (S), densité des ligneux (D), phytomasse ligneuse (PhytoLig) et phytomasse totale (PhytoTot).

L'axe F1 de l'ACP (figure 3) traduit l'intensité d'utilisation stipulant que la mise en culture réduit le nombre d'espèces et la phytomasse et que les parcelles sont dominées par des herbacées.

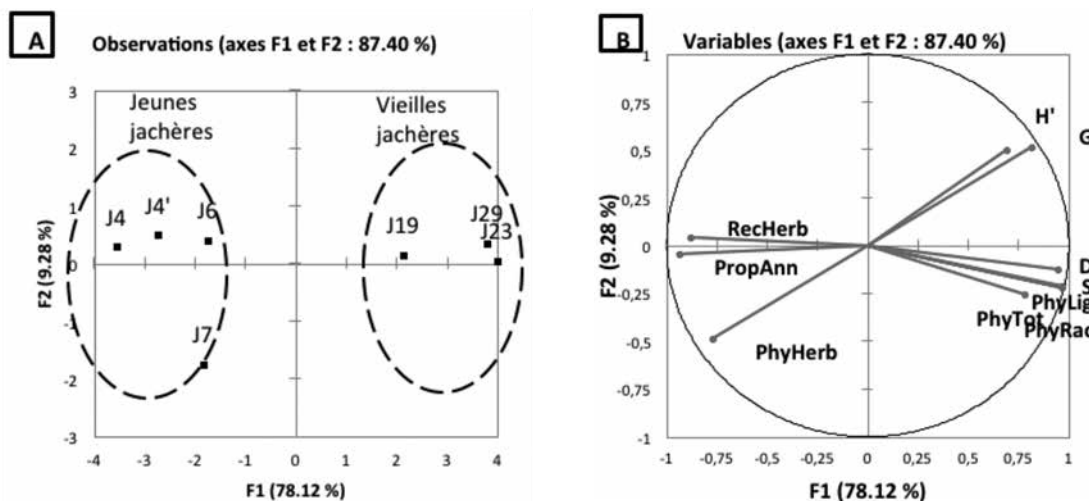


Figure 3 : Projection des 7 parcelles sur le premier plan factoriel (A) et cercle de corrélation des variables (B)

H' : indice de Shannon, D : densité des ligneux, G : surface terrière, S : richesse spécifique, PhyLig : phytomasse ligneuse, PhyHerb : phytomasse herbacée, PhyTot : phytomasse totale, PhyRac : phytomasse racinaire, PropAnn : proportion des annuelles, RecHerb : recouvrement herbacé, RecLig : recouvrement ligneux.

Discussion

L'objectif de cette étude est d'étudier la dynamique post-culturelle de la végétation dans la forêt de Mikea en se basant sur 7 parcelles de jachères d'âges différents (2, 4, 6, 8, 12, 20 et de 30 ans) étudiées en 1997 qui ont été reprises en 2012, avec des âges de jachère de 4, 6, 7, 19, 23 et 27 ans.

Des paramètres biotiques tels que la diversité floristique (richesse spécifique, indices de diversité de Shannon), la densité, la surface terrière et la phytomasse ont été calculés pour caractériser les différents stades de succession post-culturelle, puis pour comparer les deux dates.

DIVERSITE FLORISTIQUE

La richesse spécifique (S) par parcelle augmente avec l'âge de la jachère et atteint un maximum après 19 ans (67 espèces) puis les valeurs diminuent dans les vieilles jachères de 23 (J23) et 27 ans (J27). Ce résultat peut être expliqué par la théorie de la perturbation intermédiaire (Intermediate Disturbance Hypothesis ou IDH - Connell, 1978 ; Huston, 1979) qui explique la coexistence d'un nombre maximal d'espèces dans un ensemble de mosaïque (patch) par un niveau intermédiaire de perturbation. En d'autres termes, cette théorie soutient qu'un écosystème atteint une diversité maximale en espèces lorsqu'il est soumis à un régime de perturbations de fréquence et d'intensité moyennes. Randriamalala (2009) a obtenu un résultat similaire dans les jachères de la forêt de l'Est de Madagascar où l'augmentation de la richesse spécifique est particulièrement importante à la sixième année d'abandon. De même, dans la forêt de Kirindy au sud-ouest Madagascar, la richesse floristique augmente avec l'âge de l'abandon

jusqu'à 30 ans puis diminue dans les abandons de plus de 40 ans (Raharimalala *et al.*, 2010). Les valeurs d'indice de Shannon (H') suivent également la même tendance que celle de la richesse spécifique (S) c'est-à-dire H' augmente avec l'âge de la jachère. L'IDH est une fois encore prouvée pour H' et dans la littérature, ces résultats corroborent ceux obtenus par Houéhanou & Houinato (2007) au Bénin et par Kassi *et al.* (2010) dans une forêt dense semi-décidue en Côte d'Ivoire. Notons que différents types de perturbations (feux, mise en culture...) sont parmi les facteurs qui peuvent diminuer les valeurs des indices de diversité (S et H'). Razanaka (2004), dans la forêt de Mikea, a rapporté que H' diminue avec le nombre de cycles de culture : $H' = 5,4$ pendant les premières années, cette valeur chute à 1,2 après 9 cycles de culture.

Enfin, la valeur de richesse floristique maximale ($S = 67$ dans J19) obtenue dans cette étude est loin d'atteindre celle de la forêt primaire de la zone d'étude ($S = 141$ selon Leprun *et al.*, 2009). Au cours de la succession post-culturelle, donc, les stades les plus avancés ressemblent à l'état « climax » uniquement du point de vue physionomie (formation pluristrate, hauteur, recouvrement ligneux élevé) mais pas du point de vue de la composition floristique.

STRUCTURE DE LA VEGETATION

Dans le cadre de cette étude, les valeurs de densité de ligneux dans les vieilles jachères sont comparables à celles des jachères à *Psiadia altissima* de la forêt orientale de Madagascar 27 000 N.ha⁻¹ dans les jeunes jachères et 9 000 N.ha⁻¹ dans les vieilles jachères (Danthu *et al.*, 2008). Ce qui signifie que des ligneux peuvent se maintenir pendant un certain temps dans cette partie semi-aride de Madagascar possèdent. La diminution des espèces ligneuses tant en nombre qu'en densité dans les parcelles remises en culture dans cette étude témoignent l'intensité des perturbations liées aux pratiques culturales. Les feux et les labours répétés à chaque cycle de culture éliminent les espèces végétales notamment les espèces ligneuses dont les souches sont complètement détruites au fil des années. De ce fait, selon César (2005), les ligneux donnent des indications sur l'ancienneté des activités humaines puisqu'ils disparaissent progressivement avec la répétition des cultures.

PHYTOMASSE

Les valeurs de phytomasse herbacée obtenues dans cette étude sont comparables à celles enregistrées dans des jachères âgées de 1 à 8 ans avec des valeurs qui varient de 0,4 à 1,5 t.ha⁻¹ à l'Est de Madagascar (Danthu *et al.*, 2008). Les valeurs de phytomasse herbacée minimale ont été enregistrées dans les vieilles jachères (J23 et J27) à fort recouvrement ligneux. Travaillant sur ces mêmes parcelles, Rasolohery (2000) a rapporté que le fort recouvrement empêchait le développement de la strate herbacée sous couvert ligneux.

Les valeurs de phytomasse ligneuse ont présenté une augmentation graduelle au cours du temps comme l'avait observé Rasolohery (2000) sur les mêmes parcelles. Ces valeurs de phytomasse ligneuse épiquée sont comparables à celles obtenues par Danthu *et al.* (2008) dans des jachères à *Psiadia altissima* dans la forêt de Vohimana (Est de Madagascar). Ces mêmes auteurs ont souligné que la phytomasse ligneuse augmente avec l'âge de la jachère : 2,3 t.ha⁻¹ dans une jachère de 1 an, elle atteint 14 t.ha⁻¹ dans une jachère de 8 ans.

Les valeurs de phytomasse hypogée enregistrées dans les 7 parcelles (variant de 2,2 à 11,7 t.ha⁻¹) sont faibles par rapport à celles obtenues par Randriambanona (2008) dans la forêt dense humide au Nord-Ouest du Parc National de Ranomafana qui sont de 17,6 t.ha⁻¹ pour les jachères de 10 ans. Cette différence est due aux méthodes utilisées, l'auteur sus cité a utilisé la méthode de carottage et dans notre travail nous avons déduit les valeurs de phytomasse hypogée à partir du rapport racine/tige ($R/T = 0,33$), ainsi nos valeurs sont faibles car elles sont sous estimées étant donné que la phytomasse épiquée a été évaluée par la méthode allométrique.

La phytomasse totale obtenue dans les vieilles jachères (47,3 t.ha⁻¹ pour J27) est quatre fois moins élevée par rapport à celle des forêts originelles de la zone d'étude qui est de 189 t.ha⁻¹ pour la forêt sur ErgI (Razanaka, 2004) et 135 t.ha⁻¹ pour la forêt sur ErgII (Raherison & Grouzis, 2005). Avec une vieille jachère d'une trentaine d'années, on reste encore loin derrière la forêt sèche originelle. Pourtant, la phytomasse totale des jeunes jachères (J4) qui avoisine les 10 t.ha⁻¹ est similaire à celle obtenue par Kairé (1999) d'une valeur de 11,29 t.ha⁻¹ dans une jachère de 3 ans au Sénégal.

COMPARAISON DE QUELQUES PARAMETRES BIOTIQUES DES 7 PARCELLES ENTRE 1997 ET 2012

Afin de mieux observer la différence entre les valeurs de paramètres de 1997 qui sont extraits de travaux de Razanaka (2004), Rakotojaona (2000) et Leprun *et al.* (2009) et celles qui ont été mesurées en 2012, nous avons reporté sur des graphiques les paramètres : richesse floristique, proportion des annuelles, densité des ligneux et phytomasse totale.

Richesse spécifique

La figure 4 montre une perte nette d'espèces pour les parcelles qui ont été remises en cultures (J4, J4', J6 et J7). Pour J4 et J4' les espèces recensées en 1997 étaient respectivement de 68 et 64 alors qu'en 2012, il n'en restait plus que 30 et 24.

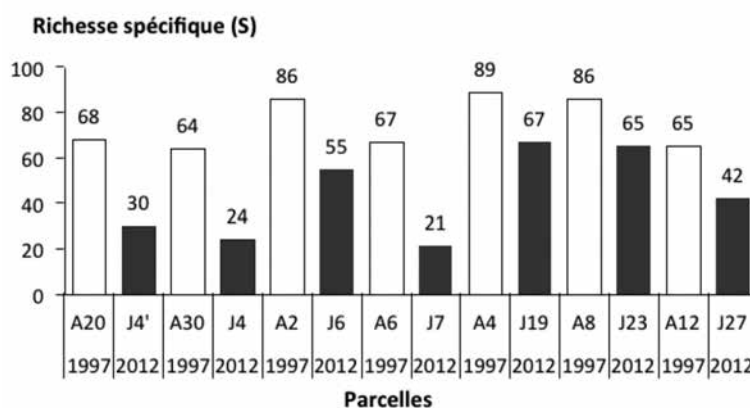


Figure 4 : Comparaison du nombre d'espèces dans les parcelles en 1997 (barres blanches) et en 2012 (barres noires)

En 1997 : A2, A4... A30 : Abandon de 2 à... 30 ans. En 2012 : J4, J6...J27 : Jachères de 4, 6...27 ans.

La plus grande perte en espèces a été enregistrée dans la jachère de 7 ans (J7), où il ne reste plus que 21 espèces en 2012 contre 67 espèces en 1997 c'est-à-dire 2/3 des espèces ont disparu à cause des cycles de culture répétés. Notons que même si les parcelles n'ont pas été remises en culture (cas de J19, J23 et J27) une perte d'une vingtaine d'espèces a été observée. Pour (J19), il y avait 89 espèces en 1997 contre 67 espèces en 2012, soit une perte de 22 espèces, pour (J23) 86 espèces en 1997 contre 65 espèces en 2012, soit une perte de 21 espèces. Enfin, pour (J27), 65 espèces en 1997 contre 42 espèces en 2012, soit une perte de 23 espèces. Cette perte peut être due à la fermeture progressive de la canopée entraînant la disparition des espèces herbacées et la disparition de certaines espèces pionnières au cours de la succession post-culturelle.

Proportion des annuelles

Les proportions d'annuelles ont tendance à augmenter dans les parcelles qui ont été remises en culture (J4, J6 et J7) et les valeurs obtenues en 2012 sont plus élevées (35 %) que celles de 1997 (20 à 25 %). Elles sont moins importantes dans les vieilles jachères (J19, J23 et J27) et ne dépassent pas le 10 % (Figure 5).

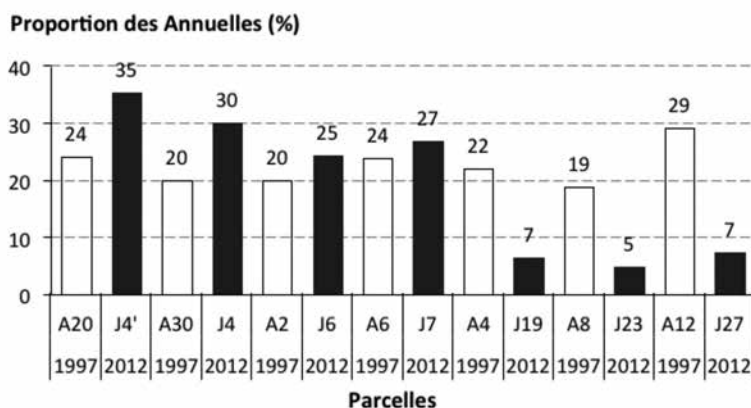


Figure 5 : Proportion des annuelles en 1997 (barres blanches) et en 2012 (barres noires)

En 1997 : A2, A4... A30 : Abandon de 2 à... 30 ans. En 2012 : J4, J6...J27 : Jachères de 4, 6...27 ans.

La mise en culture répétée associée aux feux et aux labours est à l'origine de l'augmentation des espèces annuelles au détriment des espèces pérennes notamment les espèces ligneuses.

Densité des ligneux

La densité des ligneux obtenue en 2012 est toujours moins élevée (de 800 à 3 948 N.ha⁻¹) dans les parcelles remises en culture (J4, J6 et J7) par rapport à celle enregistrée en 1997 (3 380 à 6 640 N.ha⁻¹) (Figure 6) ce qui corrobore la réduction notamment les ligneux à cause de la technique culturale associant brûlis et labour à la charrue.

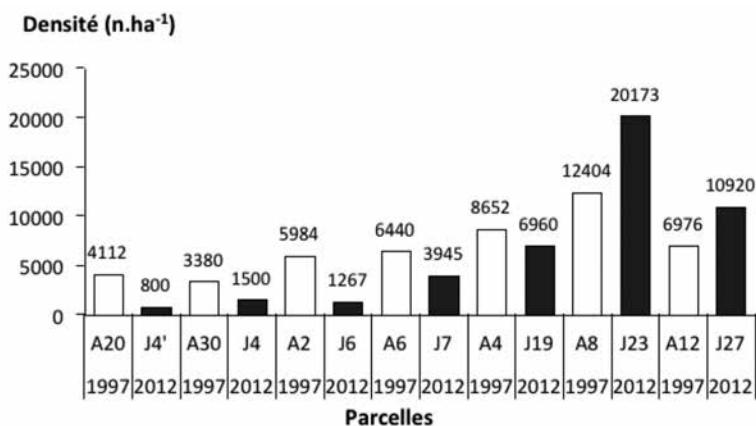


Figure 6 : Densité des ligneux en 1997 (barres blanches) et en 2012 (barres noires)

En 1997 : A2, A4... A30 : Abandon de 2 à... 30 ans. En 2012 : J4, J6...J27 : Jachères de 4, 6...27 ans.

Dans les vieilles jachères, on note une augmentation de la densité des ligneux en 2012 par rapport à celle de 1997. C'est le cas de J23 ($D = 12\,404\text{ N.ha}^{-1}$ en 1997, $D = 20\,173\text{ N.ha}^{-1}$) et de J27 ($D = 6\,976\text{ N.ha}^{-1}$ en 1997, $D = 10\,920\text{ N.ha}^{-1}$). Pour J19, on note que la valeur s'est stabilisée ($D = 8\,652\text{ N.ha}^{-1}$ en 1997 et $D = 6\,960\text{ N.ha}^{-1}$ en 2012).

Phytomasse totale

La figure 7 montre les valeurs de phytomasse totale des 7 parcelles en 1997 et en 2012. C'est dans les jeunes jachères J4 et J4' que l'on a obtenu les valeurs minimales de phytomasse totale ($9,1$ et $11\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$) en 2012 qui sont très inférieures à celles enregistrées en 1997 ($28,5$ et $39\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$). Cette réduction de la phytomasse totale est due au défrichement des principales espèces ligneuses pendant la préparation des champs de culture.

Pour la jachère de 7 ans (J7), la phytomasse totale en 1997 ($21,4\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$) et en 2012 ($20,7\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$) sont à peu près similaires. Même si cette parcelle a été remise en culture, la valeur en 2012 est maintenue grâce à l'abondance des rejets de souches de *Fernandoa madagascariensis*.

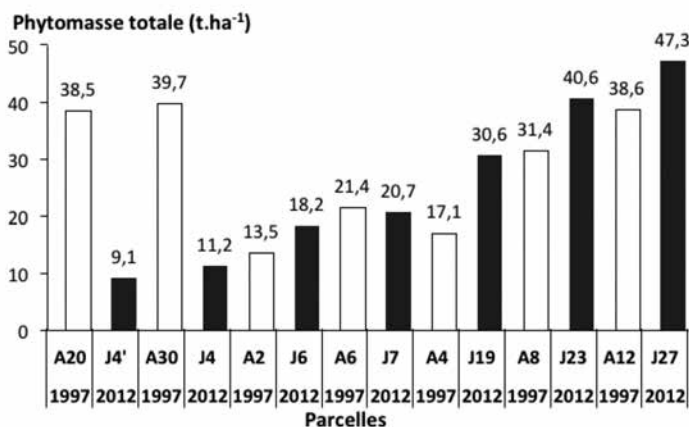


Figure 7 : Phytomasse totale (t.ha^{-1}) des parcelles en 1997 (barres blanches) et en 2012 (barres noires)

En 1997 : A2, A4... A30 : Abandon de 2 à... 30 ans. En 2012 : J4, J6...J27 : Jachères de 4, 6...27 ans.

Les valeurs de phytomasse totale des vieilles jachères (J19, J23 et J27) ont connu une augmentation en 2012. Elles sont passées de $17,1$ à $30,6\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ pour la jachère de 19 ans (J19) soit une augmentation de $13,5\text{ t}_{\text{MS}}$ en 15 ans. Pour la jachère de 23 ans (J23), la phytomasse totale en 1997 a été de $31,4\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$, en 2012 elle a été de $40,6\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ soit une hausse de $9,2\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$. Enfin, pour la jachère de 27 ans (J27), un accroissement de $8,7\text{ t}_{\text{MS}}.\text{ha}^{-1}$ de la phytomasse totale a été enregistré entre 1997 et 2012.

Trajectoire de l'écosystème

Cette étude de dynamique végétale aboutit à la description de la "trajectoire de l'écosystème" qui selon Le Floc'h & Aronson (1995), recouvre à la fois la succession "naturelle" d'un écosystème et tous les autres itinéraires que peut suivre cet écosystème sous les diverses pressions qui lui sont appliquées. Razanaka (2004) et Leprun *et al.* (2009) ont montré que la forêt dense sèche de la zone d'étude, une fois brûlée puis cultivée, évolue vers une savane. Ce processus de savanisation est accompagné de la dégradation des propriétés physico-chimiques du sol, de la perte d'espèces et surtout de la diminution de la phytomasse totale. Ces faits ont été corroborés par nos résultats où les parcelles remises en culture

sont devenues des formations à dominance herbacée. Cependant cette étude réalisée en 2012, c'est-à-dire 15 ans après, a permis d'observer que certaines parcelles d'abandons culturels qui n'ont pas été remises en culture peuvent acquérir la physionomie d'une forêt primaire sans pour autant posséder la même composition floristique. Il a été observé que ce sont surtout les paramètres relatifs à la diversité (richesse floristiques et indices de Shannon-Weaver) et ceux relatifs à la phytomasse qui rendent mieux compte de cette dynamique végétale dans la zone d'étude. La diversité floristique est faible dans les jeunes jachères et augmente au cours de la succession post-culturelle jusqu'à la 19^{ème} année puis connaît une légère baisse après. Il en est de même pour la phytomasse notamment la phytomasse totale qui est faible dans les premiers stades de succession ($10 \text{ t}_{\text{MS}} \cdot \text{ha}^{-1}$) mais atteint une valeur élevée de l'ordre de $40 \text{ t}_{\text{MS}} \cdot \text{ha}^{-1}$ dans les vieilles jachères (J23 et J27).

Conclusion

Pour conclure, l'hypothèse émise a été vérifiée : les parcelles remises en culture à partir de l'année 2000 présentent toutes de faibles valeurs de richesse spécifique et une augmentation de la proportion d'espèces annuelles signifiant une dégradation irréversible. Une perte d'espèces a été observée pour toutes les parcelles entre 1997 et 2012, mais ce sont surtout les parcelles remises en culture qui ont perdu jusqu'à deux tiers des espèces recensées en 1997. Concernant la résilience de la forêt sèche étudiée, les résultats obtenus ont montré une certaine capacité de la forêt de Mikea de se régénérer en l'absence d'intenses perturbations liées aux feux et aux labours pendant les phases culturelles. Les jachères âgées de 20 à 30 ans ont acquis la physionomie d'une forêt.

Références bibliographiques

- Allier C., Lacoste A., 1980 : « Maquis et groupements végétaux de la série du chêne vert dans le bassin du Fango (Corse) ». *Ecol. Médit.*, 5 : p. 59-82.
- Aronson J., Floret C., Le Floc'h E., Ovale C., Pontanier R., 1993 : « Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. A view from the South ». *Restoration ecology*, 1 : p. 8-17.
- Auclair D., Metayer S., 1989 : « Méthodologie de l'évaluation de la biomasse aérienne sur pied de la production en biomasse des taillis ». *Acta Oecologica*, 1(4) : p. 357-377.
- Beatty S.W., 1984 : « Influence of microtopography and canopy on spatial pattern of forest understory ». *Plant Ecology*, 65(5) : p. 1406-1419.
- Blanc-Pamard C., 2000 : *À l'ouest d'Analabo. La trame du maïs : agriculture pionnière et construction du territoire en pays masikoro (sud-ouest de Madagascar)*. CNRS/GEREM/CNRE/CEA, 135 p.
- Carrière M., 1984 : *Les communautés végétales sahéliennes en Mauritanie. Analyse de la reconstitution annuelle du couvert herbacé*. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Paris-Sud, centre d'Orsay, 235 p.
- César J., 2005 : *L'Évaluation des Ressources Fourragères Naturelles. Productions Fourragères en Zone Tropicale. Production Animale en Afrique de l'Ouest. Synthèse*. Bobo Dioulasso, Burkina Faso : CIRDES/CIRAD, Fiche n°117, 12 p.
- Connell J.H., 1978 : « Diversity in tropical rain forests and coral reefs ». *Science*, 199 : p. 1302-1310.

Danthu P., Rakotobe M., Maucière P., Andrianoelisoa H., Behra O., Rahajanirina V., Mathevon B., Ralambofetra E., Collas de Chatelperron P., 2008 : « Essential oil production increases value of *Psiadia altissima* fallows in Madagascar's eastern forests ». *Agroforestry Systems*, 72 : p. 127-135.

De Wilde M., Buisson E., Ratovoson F., Randrianaivo R., Carrière S.M., Lowry Li P.P., 2012 : « Vegetation dynamics in a corridor between protected areas after slash-and-burn cultivation in south-eastern Madagascar ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 159 : p. 1-8.

Frontier S., Pichod Viale D., 1999 : *Ecosystèmes : Structures, fonctionnement, évolution*. Paris : Masson (Coll. d'écologie n°21), 447 p.

Godron M., Daget Ph., Emberger L., Le Floc'h E., Poissonet, J., Sauvage Ch., Wacquant J.P., 1968 : *Code pour le relevé méthodique de la végétation. Principes et transcription sur cartes perforées*. Paris : CNRS, 292 p. + 37 fig.

Grouzis M., Razanaka S., Le Floc'h E., Leprun J.-C., 2001 : « Evolution de la végétation et de quelques paramètres édaphiques au cours de la phase post-culturale dans la région d'Analabo », dans S. Razanaka, M. Grouzis, P. Milleville, B. Moizo, C. Aubry (eds.), *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar*. Antananarivo : Actes de l'atelier CNRE/IRD, 8-10/11/1999 : p. 327-337.

Guinochet M., 1973 : *La phytosociologie*. Paris : Masson (Collection d'écologie n°1), 227 p.

Houéhanou T., Houinato M., 2007 : « Gestion pastorale et rôle des ligneux galactogènes épargnés dans les terroirs agricoles, dans la production laitière : cas de la zone périphérique à la zone cynégétique de la Djona ». *Note du Laboratoire d'Ecologie Appliquée*, Vol. 1(2) : p. 1-10.

Huston M.A., 1979 : « A general hypothesis of diversity ». *American Naturalist*, 113 : p. 81-101.

Kairé M., 1999 : *Production ligneuse des jachères en zones soudano-sahélienne du Sénégal*. Thèse de Doctorat, Université de Marseille, 96 p.

Kassi N.J., Ake-Assi E., Tiebre M.S., 2010 : « Biodiversité végétale et vitesse de la régénération de la forêt classée de Sanaimbo (Côte d'Ivoire) ». *Sciences & Nature*, 7(2) : p. 195-206.

Lasry F., Grouzis M., Milleville P., Razanaka S., 2004 : « Dynamique de la déforestation et agriculture pionnière dans une région semi-aride du sud-ouest de Madagascar : exploitation diachronique de l'imagerie satellitale haute résolution ». *Photo-Interprétation*, 1 : p. 26-33.

Le Floc'h E., Aronson J., 1995 : « L'écologie de la restauration. Définition de quelques concepts de base ». *Natures Sciences Sociétés*, 3, Hors série, p. 29-35.

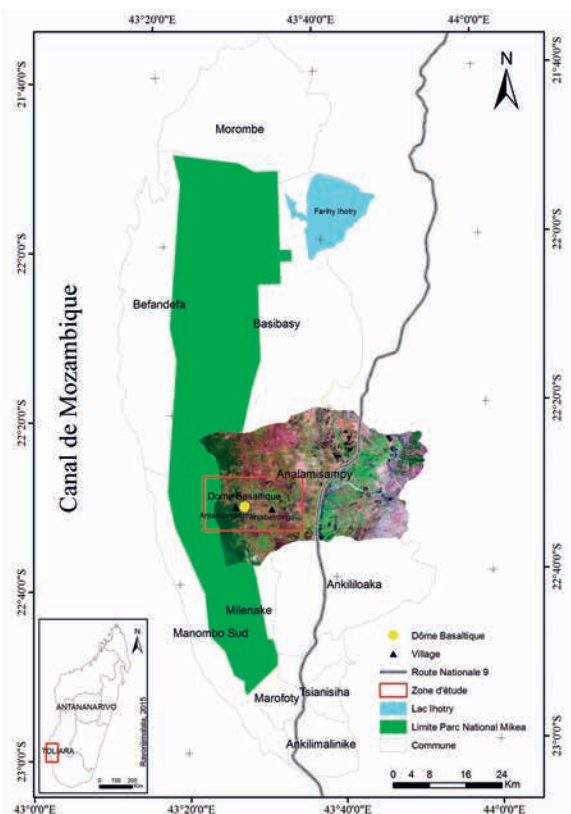
Leprun J.-C., 1998 : *Compte rendu de mission à Tuléar*. GEREM, non publié, 12 p.

Leprun J.-C., Grouzis M., Randriambanona H.A., 2009 : « Post-cropping change and dynamics in soil and vegetation properties after forest clearing : Example of the semi-arid Mikea Region (southwestern Madagascar) ». *C.R. Geoscience*, 341 : p. 526-537.

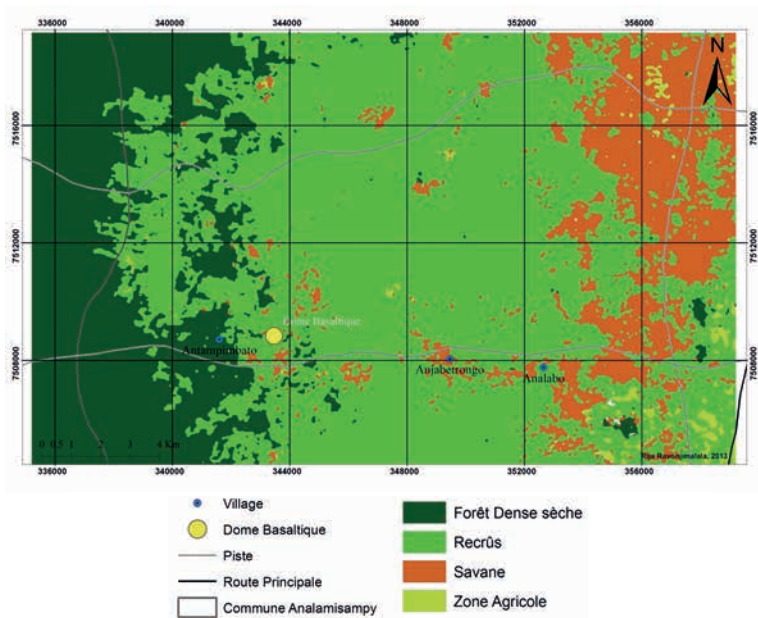
Mittermeier R.A., Langrand O., Lowry II P.P., Schatz G., Gerlach J., Goodman S., Steininger M., Hawkins F., Raminosoa N., Ramilijaona O., Andriamaro L., Randrianasolo H., Rabarison H., Rakotobe Z.L., 2004 : « Madagascar and the Indian Ocean islands », dans R.A. Mittermeier, P.R. Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoureux, G.A.B. Da Fonseca (eds.), *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and most Threatened Terrestrial Ecoregions*. Mexico City : CEMEX SA. de CV, p. 138-144.

Morat P., 1973 : *Les savanes du sud-ouest de Madagascar*. Paris : ORSTOM (Mémoire ORSTOM n°68), 235 p.

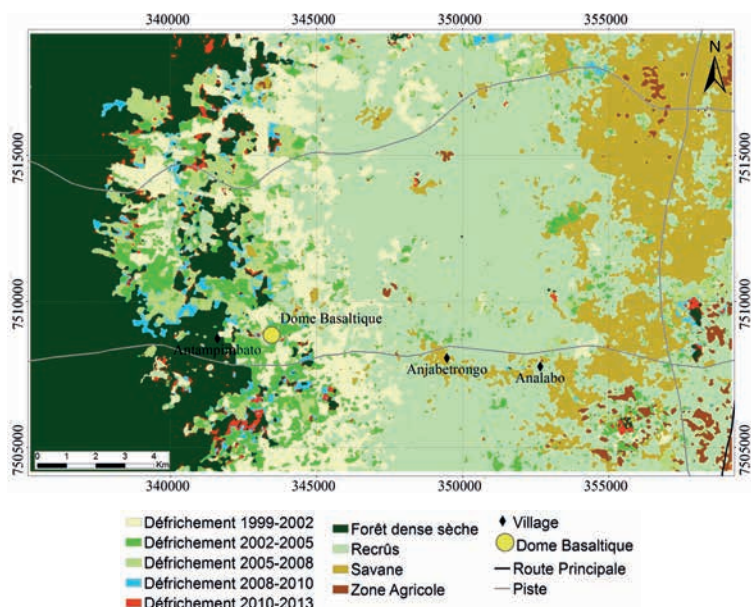
- Myers N., 1988 : « Threatened biotas: "Hot-spots" in tropical forests ». *Environmentalist*, 8 : p. 1-20.
- Namur C., 1978 : « Etude floristique ». *Cahiers ORSTOM*, série biologie, Vol. XIII(3) : p. 203-210.
- ONE, DGDF, FTM, MNP, CI, 2013 : *Evolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar 2005-2010*. Rapport ONE. Antananarivo : DGDF, FTM, MNP, CI, 42p. + cartes.
- Plantureux S., Bonischot R., Guckert A., 1987 : « Effet des techniques d'intensification sur l'évolution de la végétation de prairies permanentes lorraines ». *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, 8(3) : p. 229-246.
- Raharimalala O., Buttler A., Ramohavelo C.D., Razanaka S., Sorg J.-P., Gobat J.-M., 2010 : « Soil-vegetation patterns in secondary slash and burn successions in Central Menabe, Madagascar ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139 : 150-158.
- Raherison M.E., Grouzis M., 2005 : « Plant biomass, nutrient concentration and nutrient storage in a tropical dry forest in the south-west of Madagascar ». *Plant Ecology*, 180(1) : p. 33-45.
- Rakotojaona H.L., 2000 : *Structures et certains aspects du fonctionnement de l'écosystème forestier de Mikea sur Ergl.* DEA en Sciences Biologiques Appliquées, Option Ecologie végétale, Université d'Antananarivo. CNRE-IRD, 77 p.
- Randriamalala R.J., 2009 : *Influence des pratiques agricoles et du milieu sur les dynamiques forestières post-culturelles dans le corridor Ranomafana-Andringitra*. Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo, ESSA, 207 p.
- Randriambanona H.A., 2008 : *Succession écologique dans les plantations de Pinus, D'acacia et dans les forêts naturelles de la région nord-ouest du corridor de Fianarantsoa (Madagascar)*. Thèse de doctorat en Sciences de la Vie, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 100 p.
- Randriambanona H.A., 2000 : *Phytomasse hypogée des successions post-culturelles dans la région d'Analabo, Forêt de Mikea, sud-ouest de Madagascar*. DEA en Sciences Biologiques Appliquées, Option Ecologie végétale, Université d'Antananarivo. CNRE-IRD, 69p.
- Rasolohery A., 2000 : *Phytomasse épigée de succession post-culturelle du sud-ouest de Madagascar (région d'Analabo forêt de Mikea)*. DEA en Sciences Biologiques Appliquées, Option Ecologie végétale, Université d'Antananarivo. CNRE-IRD, 60 p.
- Razanaka S., 1995 : *Délimitation de zone de contact des aires semi-aride et subhumide de la végétation du sud-ouest de Madagascar*. Thèse de doctorat 3^e cycle, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 266 p.
- Razanaka S., 2004 : *La forêt de Mikea : un espace et des ressources assiégés. Diversité des types de végétation et dynamique post-culturelle d'une forêt dense sèche du sud-ouest de Madagascar*. Thèse d'Etat, Université d'Antananarivo, Madagascar, 241 p.
- Salomon J.N., Hoerner J.M., 1980 : « Le couloir d'Antseva, étude géomorphologique et humaine d'une région naturelle ». *Revue de géographie*, 36 : p. 63-67.
- Shannon C., Weaver W., 1949 : *The mathematical theory of communication*. Urbana, Illinois : University of Illinois Press, 117 p.



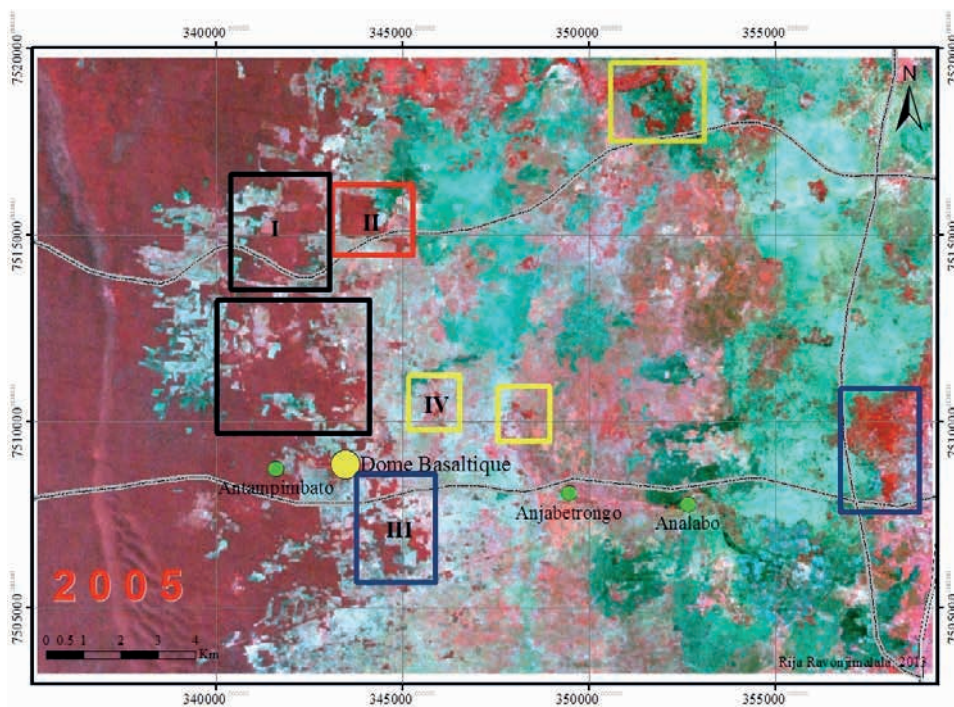
Carte K1 : Zone d'étude dans la commune d'Analamisampy



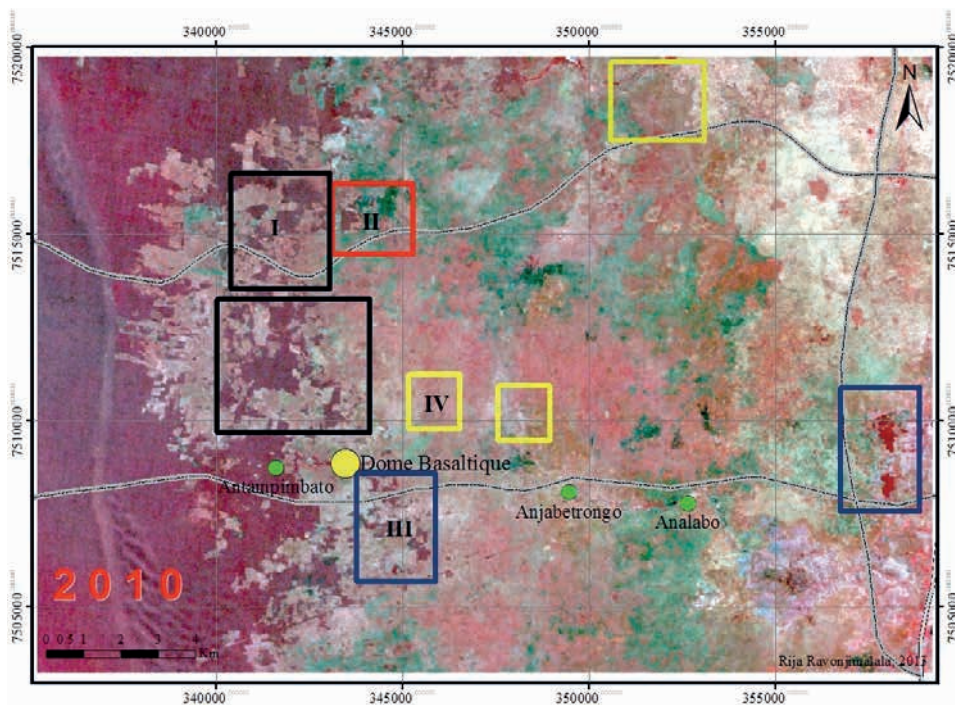
Carte K2 : Classification de l'occupation du sol (Landsat 2010) dans la zone d'étude



Carte K3 : Evolution de la déforestation entre 1999 et 2013 dans la zone d'étude



Carte L1 : Fragmentation forestière en 2005 dans la zone d'étude



Carte L2 : Fragmentation forestière en 2010 dans la zone d'étude

Transitions agraires

au sud de Madagascar



Résilience et viabilité deux facettes de la conservation

Editeurs scientifiques

Dominique Hervé, Samuel Razanaka, Solofo Rakotondraompiana,
Fontaine Rafamantanantsoa, Stéphanie Carrière



Institut de recherche
pour le développement



Transitions agraires au sud de Madagascar. Résilience et viabilité, deux facettes de la conservation

Editeurs scientifiques

**Dominique Hervé, Samuel Razanaka, Solofo Rakotondraompiana,
Fontaine Rafamantanantsoa, Stéphanie Carrière**

**Actes du séminaire de synthèse du projet FPPSM :
«Forêts, Parcs, Pauvreté au Sud de Madagascar»
Antananarivo, 10-11 juin 2013**

Antananarivo 2015



Mise au point des manuscrits et mise aux normes de la collection PARRUR

Noly Razanajaonarijery

Traduction des titres, résumés et mots clés en anglais

Domoina Rakotomalala

Conception de la couverture

François Adoré Razafilahy, MYE

Auteurs des photos de couverture

En recto de couverture, photo de Stéphanie Carrière

En dos de couverture, photo de Dominique Hervé

Référence de l'ouvrage pour citation

Hervé D., Razanaka S., Rakotondraompiana S., Rafamantanantsoa F., Carrière S. (eds.), 2015. Transitions agraires au sud de Madagascar: Résilience et viabilité, deux facettes de la conservation. Actes du séminaire de synthèse du projet FPPSM «Forêts, Parcs, Pauvreté au sud de Madagascar», 10-11/06/2013, Antananarivo, IRD-SCAC/PARRUR, Ed. MYE, 366 p.