

ECOSYSTEMES FORESTIERS DE MIKEA

Michel GROUZIS , Hanitriniony RAKOTOJAONA et Mahefasoa RAHERISON

INTRODUCTION

La formation végétale étudiée correspond à la série des forêts denses sèches à *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia* définie par Humbert & Cours Darne (1965).

Les nombreux travaux conduits ces dernières années à Madagascar ont été essentiellement orientés vers un objectif d'inventaire biologique (Du Puy & *al.*, 1994 ; Petignat & *al.*, 1997 ; Birkinshaw & *al.*, 1998 ; Birkinshaw & *al.*, 2000 ; Messmer & Rakotomalaza, 1999 ; Messmer & *al.*, 2000). Il existe peu d'investigations sur les aspects fonctionnels des formations forestières malgaches (Rabesandratana, 1997).

L'objectif de ce travail est donc de décrire la structure et la diversité des écosystèmes forestiers de référence de Mikea, et de caractériser la phytomasse des différents compartiments de la végétation, leur composition minérale et le stock des bioéléments.

Dans la région étudiée, ces forêts occupent 5.7 % du territoire inventoriée (750 km²) et appartiennent à deux types selon la nature des sols colonisés. Ce sont les forêt sur sables roux foncés (FI) (Rakotojaona, 2000) et celles sur sables roux (Raherison, 2000).

QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE

Les différentes méthodes, largement décrites par Rakotojaona (2000), Raherison (2000), Randriambanona (2000) et Raherison & Grouzis (2004), sont résumées ci-après.

L'inventaire floristique, réalisé sur 1 hectare de référence, est accompagné de la mesure de la densité de chaque espèce et du diamètre (DBH) de chaque individu. Ces valeurs permettent de calculer la fréquence spécifique, les indices de diversité, la surface terrière.

La phytomasse a été déterminée par la méthode de la récolte intégrale appliquée à 5 répétitions d'une surface de 5 m x 5 m, réparties au sein du peuplement.

La phytomasse racinaire a été évaluée par la méthode des carottages (Randriambanona, 2000), jusqu'à 1.50 m de profondeur sur différentes tranches de sols.

STRUCTURE ET DIVERSITE

Stratification

La figure 1 représente la structure spatiale de la forêt sur sables roux foncés (FI).

Le peuplement se compose d'une strate arborée dense de 7 à 13 m de hauteur (*Commiphora grandifolia*, *Dalbergia sp*, *Neobegua mahafalensis*...) dominée par des émergents pouvant atteindre 15 m de hauteur (*Adansonia za*, *Givotia madagascariensis*), une strate arbustive de 2 à 7 m (*Euphorbia sp*, *Grewia sp*, *Croton sp*...) et une strate basse d'une hauteur inférieure à 2 m. La strate herbacée est presque inexistante.

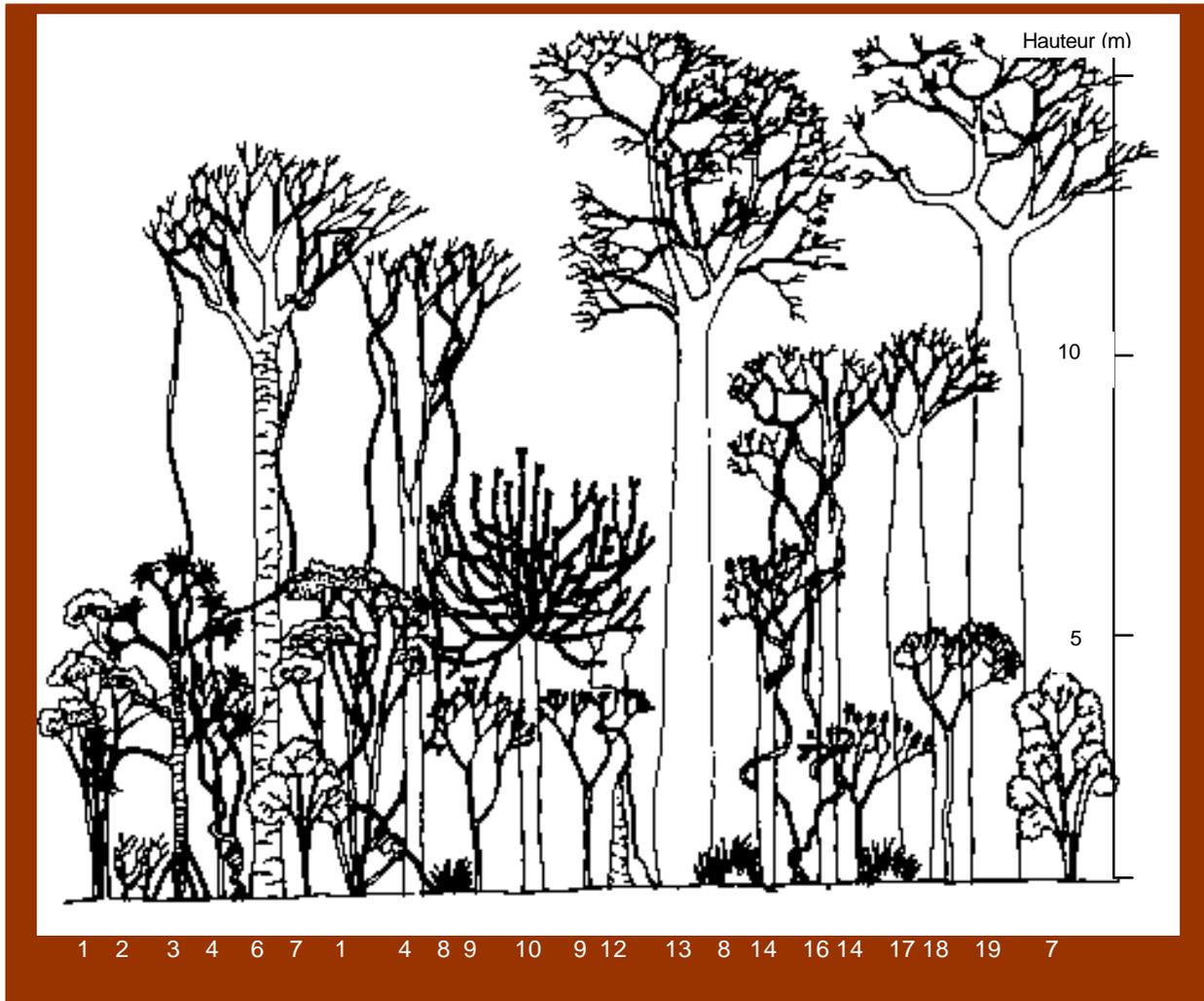


Figure 1. Structure de la forêt sur sables roux foncés (FI)

1 : *Baudouinia fluggeiformis* 2 : *Eritroxylum retusum* 3 : *Pandanus stellatus* 4 : *Dalbergia chlorocarpa* 5 : *Marsdenia truncata* 6 : *Commiphora grandifolia* 7 : *Calodectarya sp* 8 : *Lissochilus humbertii* 9 : *Croton elaeagni* 10 : *Euphorbia laro* 11 : *Hippocratea urceolus* 12 : *Adenia firingalavensis* 13 : *Adansonia za* 14 : *Cordyla madagascariensis* 15 : *Vanilla decaryana* 16 : *Strychnos decussata* 17 : *Gyrocarpus americanus* 18 : *Diospyros humbertiana* 19 : *Givotia madagascariensis*

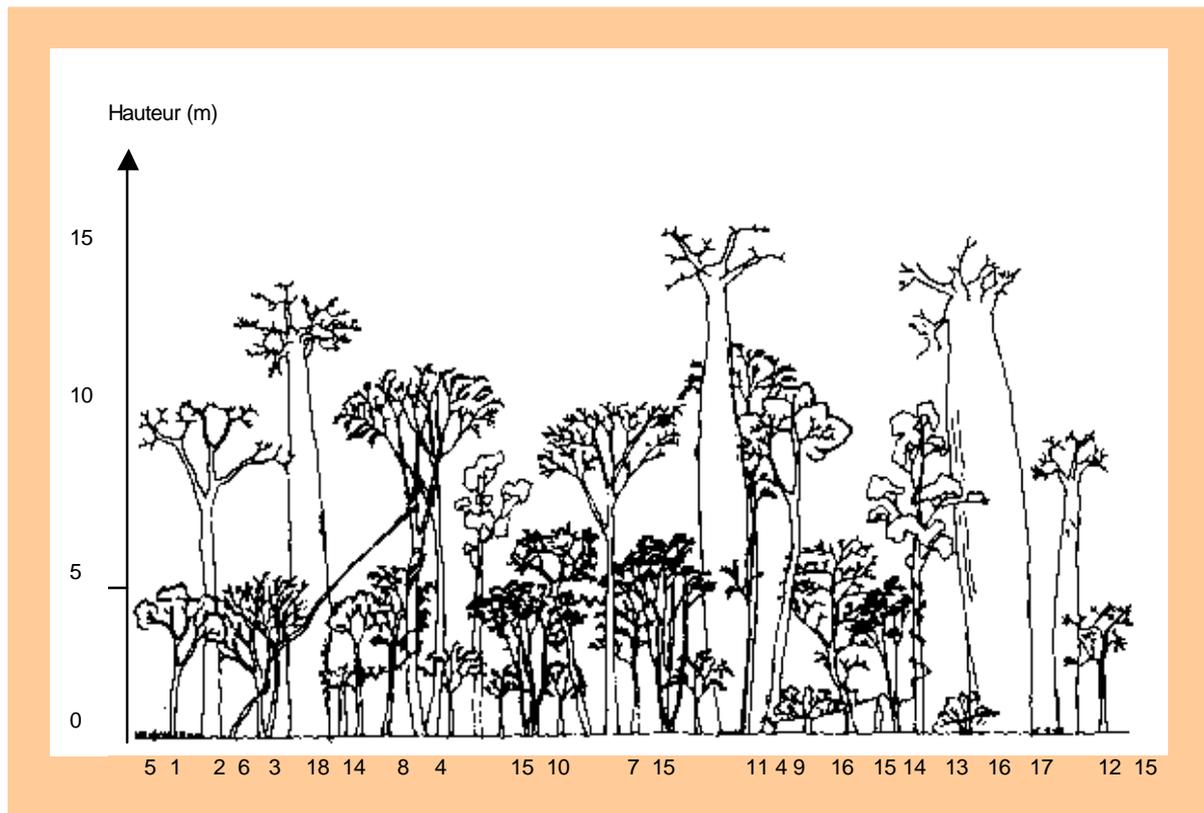


Figure 2. Structure de la forêt sur sables roux clairs (FII)

1 : *Grewia sp1*, **2** : *Poupartia sylvatica* **3** : *Anacolosia casearioides* **4** : *Euphorbia laro*
5 : *Lissochilus humbertii* **6** : *Hyppocratea urceolus* **7** : *Dalbergia greveana* **8** : *Kosteletzkya diplocrater*
9 : *Stereospermum lucioides* **10** : *Baudouinia fluggeiformis* **11** : *Delonix adansonioides*
12 : *Givotia madagascariensis* **13** : *Commiphora grandifolia* **14** : *Adenia olaboensis* **15** : *Diospyros humbertii*
16 *Pemphis madagascariensis* **17** : *Adansonia za*

La forêt sur sables roux clairs (FII, Figure 2) se compose d'une strate supérieure discontinue de 8 à 12 m de hauteur surmontée par des émergents (*Delonix adansonioides*, *Givotia madagascariensis*, *Adansonia za*.) pouvant atteindre jusqu'à 16 m. La strate moyenne de 3 à 8 m de hauteur est continue et dense. La strate ligneuse basse, inférieure à 3 m, est par contre assez claire. A l'exception de *Lissochilus humbertii*., la strate herbacée est inexistante.

La stratification des parties souterraines (Figure 3) est représentée selon le modèle $R=100(1-\beta^p)$, proposé par Gale & Grigal (1987). Les courbes correspondent aux ajustements pour des valeurs de β , respectivement de 0.954 et 0.969 pour FI et FII . Il apparaît qu'à 30 cm de profondeur se trouve respectivement 75 et 62% des racines des unités FI et FII et à 50 cm respectivement 90 et 80%. Le système racinaire est donc superficiel.

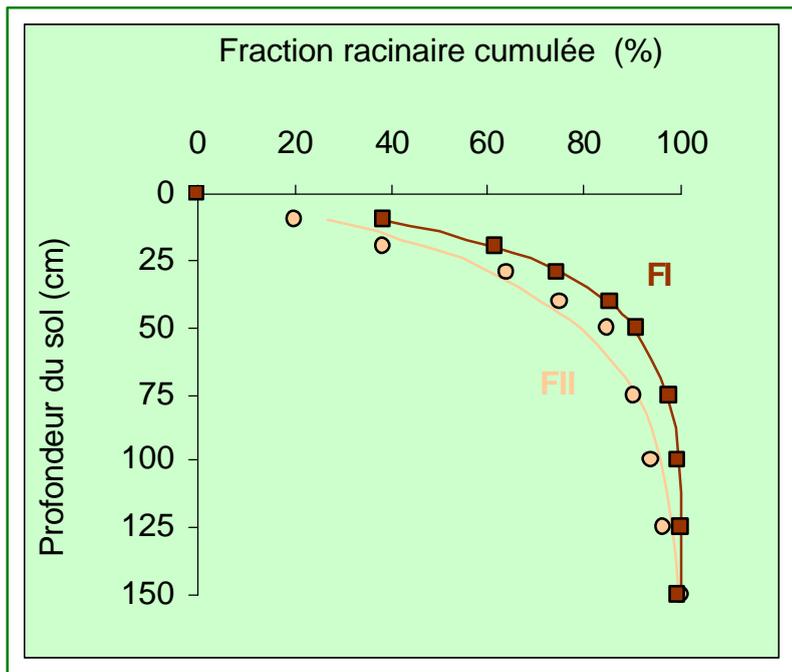


Figure 3. Distribution de la phytomasse racinaire en fonction de la profondeur et ajustements au modèle: $R=100(1-\beta^p)$

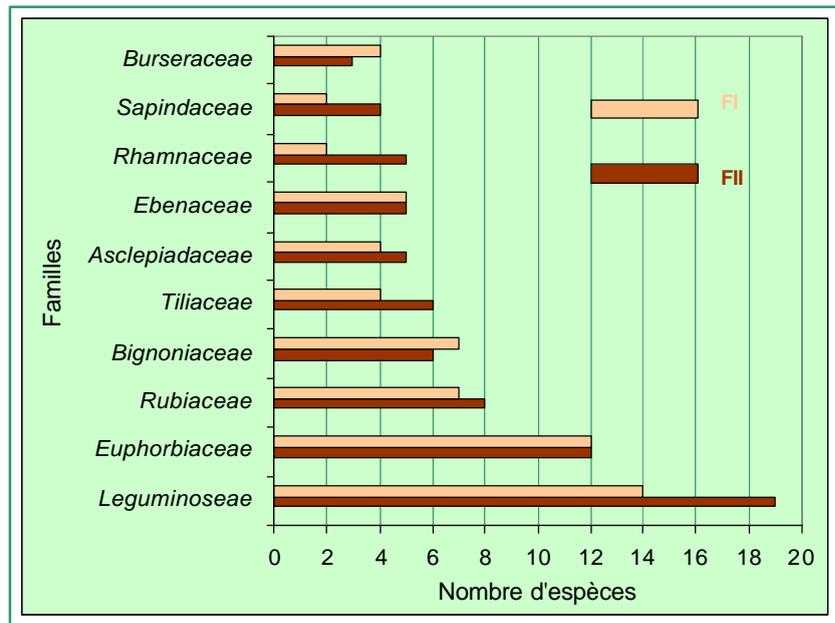
Richesse et diversité floristique

La forêt sur sables roux foncés compte 137 espèces réparties en 99 genres et 50 familles, tandis que celle établie sur sables roux clairs totalise 116 espèces distribuées dans 83 genres et 46 familles.

Le coefficient de similitude qui s'élève à 84% traduit une forte ressemblance floristique des deux peuplements.

Il apparaît notamment sur la figure 4 que ce sont pratiquement les mêmes familles qui sont les mieux représentées : seule le nombre d'espèces diffère. Ainsi c'est la famille des Légumineuses qui domine avec respectivement 19 et 14 espèces. Viennent ensuite les *Euphorbiaceae*, *Rubiaceae*, et *Bignoniaceae* avec $n > 6$ espèces. Pour les *Tiliaceae*, *Asclepiadaceae* et *Ebenaceae*, le nombre d'espèces est compris entre 4 et 6. Les *Rhamnaceae* et *Sapindaceae* comptent plus d'espèces dans FI, alors que le nombre d'espèces des *Burseraceae* est plus important dans FII.

Figure 4. Familles botaniques les mieux représentées dans les deux écosystèmes forestiers de Mikea



Les tableaux I et II donnent la liste des dix espèces les plus fréquentes de chaque unité forestière étudiée.

Tableau I. Principales espèces de la forêt sur sables roux foncés

Espèces	Fréquence(%)
<i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq.	6.8
<i>Croton elaeagni</i> Baillon	6.4
<i>Diospyros manampetsae</i> H.Perr.	6.4
<i>Baudouinia fluggeiformis</i> Baillon	6.1
<i>Euphorbia laro</i> Drake	4.7
<i>Pemphis madagascariensis</i> (Baker) H.Perr.,	4.6
<i>Alchornea humbertii</i> Leandri	3.8
<i>Noronhia seyrigii</i> H.Perr.	2.9
<i>Alchornea alnifolia</i> (Baill.) Pax et	2.6

Tableau II. Principales espèces de la forêt sur sables roux clairs

Dans les deux écosystèmes un grand nombre d'espèces ont des fréquences très voisines, dénotant l'absence d'espèces véritablement dominantes.

Espèces	Fréquence(%)
<i>Diospyros humbertii</i> H. Perrier	8.3
<i>Croton elaeagni</i> Baillon	6.7
<i>Alchornea humbertii</i> Leandri	5.5
<i>Baudouinia fluggeiformis</i> Baillon	5.1
<i>Euphorbia laro</i> Drake	4.5
<i>Gelonium boivinianum</i> Mull.	3.8
<i>Calodectarya</i> sp.	3.7
<i>Pemphis madagascariensis</i> (Baker) H. Perrier	3.6
<i>Sæcurinea perrieri</i> J. Leandri	3.4

L'indice de Shanon et Weaver (Tableau III) est en moyenne de 5.7. Cette diversité élevée caractérise un système équilibré et stable (Blondel & Aronson, 1995).

L'indice de régularité est également très élevée ($H' = 0.82$) impliquant une grande égalité des contributions individuelles et traduisant une faible organisation de ces deux systèmes forestiers (Cancela Da Fonseca, 1980 ; Legendre & Legendre, 1979).

Tableau III. Indices de diversité de Shanon et Weaver (IS), de régularité (H') et de Fisher (α)

Type physiologique	IS	H'	Indice α
Forêt sables roux clairs (FII)	5.64	0.82	14.2
Forêt sables roux foncés (FI)	5.74	0.82	16.7

L'indice α de Fisher varie de 14.2 à 16.7 suivant la formation et se situe dans la gamme des valeurs observées dans d'autres forêts sèches décidues de l'Ouest malgache (10 à Kirindy dans la région de Morondava (Abraham *et al* (1996)) et 20.4 à Ankarafantsika dans la région de Majunga (Gentry (1993)).

DENSITE DU PEUPELEMENT, SURFACE TERRIERE ET PHYTOMASSE

Densité et surface terrière

La forêt sur sables roux foncés, avec 8424 individus à l'hectare (Tableau IV) est plus dense que la forêt sur sables roux clairs qui ne recense qu'environ les 2/3 de cet effectif (5132 ind. ha⁻¹). Cette proportion est conservée lorsque l'on s'adresse aux individus de plus de 10 cm de diamètre.

Tableau IV. Densité et surface terrière totales et des individus de diamètre supérieur ou égal à 10 cm des écosystèmes forestiers de Mikea

Type physiologique	Densité (n/ha)	Densité Ind > 10 cm	Surface terrière m ² /ha	Surface terrière Ind > 10 cm
Forêt sables roux clairs (FII)	5132	468	19.6	16.6
Forêt sables roux foncés (FI)	8424	715	30.8	22.9

L'abondance de grands individus dans la forêt FI contribue à l'augmentation de sa surface terrière. En nous référant aux données l'IEFN (1996), la forêt FI présente une valeur de surface terrière plus proche de la moyenne des forêts décidues de l'Ouest (20m².ha⁻¹ pour ind. ≥ 10 cm dbh), alors que celle la forêt FII semble mieux correspondre à celles de la forêt sèche décidue et fourrés xérophiles du Sud (15.5 m².ha⁻¹ pour ind ≥ 10 cm dbh).

Phytomasse

Le tableau V rapporte les valeurs de la biomasse, nécromasse, et phytomasse observées dans les deux écosystèmes de référence de Mikea.

La biomasse épigée de la forêt sur sables roux clairs qui atteint 118 t.ha⁻¹ est moins importante que celle de la forêt sur sables roux foncés de la région (171 t.ha⁻¹). Cette biomasse est essentiellement constituée par les phanérophytes qui représentent, quelle que soit l'unité étudiée, près de 96 % de la biomasse épigée.

Tableau V. Contribution des différents compartiments à la phytomasse des écosystèmes forestiers de Mikea

Compartiments	Forêt sables roux foncés (t _{MS} .ha ⁻¹)	Forêt sables roux clairs (t _{MS} .ha ⁻¹)
Phanérophytes	163.5 ± 62	113 ± 76.7
Lianes ligneuses	7.4 ± 3.7	4.7 ± 3.3
Géophytes	-	0.4 ± 0.7
Epiphytes	0.01 ± 0.02	0.02 ± 0.08
Biomasse épigée	170.9 ± 59.7	118.2 ± 77.4
Litière au sol	8.2 ± 2.1	7.2 ± 1.5
Bois mort au sol	5.5 ± 2.2	6.6 ± 5.2
Nécromasse	13.7 ± 3.1	13.8 ± 4.7
Phytomasse épigée	185 ± 60	132 ± 74
Phytomasse hypogée	18.5	17.8

Dans les deux types forestiers, les lianes ligneuses contribuent pour environ 4% à la biomasse épigée. Avec des valeurs inférieures à 0.5%, la contribution des autres types biologiques (géophytes et épiphytes) est insignifiante.

La quantité de matières mortes au sol ou nécromasse est équivalente dans les deux formations (~ 14 t.ha⁻¹). Dans cette fraction de la phytomasse la différence se situe au niveau de la contribution des deux compartiments litière et bois mort. Dans la forêt sur sables roux foncés, il y a plus de litière au sol (60%) que de bois mort (40%), alors que la nécromasse est également constituée par la litière au sol (52%) et le bois mort (48%) dans la forêt sur sables roux clairs.

Il apparaît enfin que les phytomasses hypogées sont presque équivalentes dans les deux formations (18,5 t. ha⁻¹ pour F I et 17,8 t. ha⁻¹ pour F II) malgré la différence nette

observée au niveau de la phytomasse épigée. Les rapports parties souterraines/aériennes sont respectivement de 0.11 et 0.15 pour FI et FII.

Malgré des contributions des différents compartiments biologiques à la phytomasse similaires dans les deux types forestiers, celles-ci présentent un écart important au profit de la forêt sur sables roux foncés .

COMPOSITION MINERALE ET STOCK EN BIOELEMENTS

Le tableau VI rassemble les teneurs en éléments minéraux des biomasses épigées de quelques formations forestières du monde.

L'importance des teneurs en éléments minéraux dans la phytomasse épigée est dans l'ordre décroissant : Ca > K > Mg > P > Na. Ce modèle se trouve pratiquement dans tous les écosystèmes cités (Tableau VI).

Tableau VI. Teneurs en éléments minéraux des biomasses en % de matières sèches de quelques biomes du monde

Biomes	P%	K%	Na%	Ca%	Mg%	Auteurs
Forêt sèche sur sables roux clairs	0.04	0.33	0.006	1.21	0.09	Raherison (2000) Raherison & Grouzis (2003)
Forêt sèche sur sables roux foncés	0.001	0.56	0.006	0.92	0.034	Rakotojaona (2000)
Moyenne forêts sèches	0.022	0.4	0.006	1.18	0.062	Raherison & Grouzis (2003)
Forêt de transition (Ghana)	0.02	0.25	-	0.68	0.1	Greenland & Kowal (1960)
Moyennes forêts humides	0.021	0.145	-	0.31	0.086	Raherison & Grouzis (2003)

La prépondérance du calcium dans la biomasse de l'écosystème étudié peut d'une part s'expliquer par la richesse en calcium du sol (près de 12 fois supérieure à celle du potassium dans notre cas) et d'autre part par la forte contribution des ligneux (phanérophytes et lianes ligneuses) dans la biomasse comme l'a suggéré JAFFRE (1985) dans son étude de la succession secondaire en Côte d'Ivoire.

La teneur en bioéléments de la forêt sur sables clairs de la forêt de Mikea (1.67%), très proche de celle de la forêt sur sables roux foncés (1.52%), est identique à celle de l'ensemble des forêts sèches (Tableau VI). Elle est environ 3 fois supérieure à celle calculée pour les quelques formations humides (0.56%). La forêt secondaire semi-décidue du Ghana

(Greenland & Kowal, 1960) qui peut être considérée comme intermédiaire entre ces deux types forestiers présente aussi une valeur intermédiaire (1.05 %).

Dans le détail, les teneurs en calcium et en potassium des forêts sèches sont respectivement environ 4 et 2.5 fois plus élevées que celles des forêts humides.

Le rapport des teneurs en Ca/K de notre écosystème est de 3.6. Il se situe dans la gamme des rapports obtenus pour les forêts sèches qui s'élève en moyenne à 3. Il est par contre supérieure à celui calculé pour les forêts humides (Ca/K \approx 2). Pour les formations intermédiaires (Ghana), ce rapport s'élève à 2.7. On observe donc généralement que le rapport des teneurs Ca/K décroît lorsque l'on passe des forêts sèches aux forêts humides. Dans certaines forêts tropicales humides telles que celle étudiée par Kauffman & *al.* (1995) au Brésil, les forêts pluviales (Fassbender, 1974) et les jachères forestières anciennes de l'est malgache (Pfund, 2000), ce rapport est même inversé au profit du potassium (Ca/K \approx 0.5) bien que le stock de calcium du sol soit largement supérieur à celui du potassium.

Les stocks d'éléments minéraux fixés par la biomasse ou minéralomasse sont consignés dans le tableau VII.

2.6 à 3.2 t.ha⁻¹ de bioéléments sont respectivement stockées dans la phytomasse totale de la forêt de type FII et FI.

Tableau VII. Stock de bioéléments (en kg.ha⁻¹) immobilisés dans la phytomasse

Compartiments biologiques	Type de forêt	Eléments (kg.ha ⁻¹)					Total
		Ca	Mg	Na	K	P	
Total de la fraction vivante épigée	FI	1568.6	58	9.9	915	1.74	2553
	FII	1430.9	111.5	6.74	387.8	44.3	1981.2
Total de la fraction morte épigée	FI	199.5	9.9	1	19.3	3.75	233.4
	FII	266.6	15.13	0.94	24.2	6.1	312.9
Racines sur 150cm	FI	334	20.5	1.9	49.4	22	427.8
	FII	242.2	24.3	2.4	32	17	317.9
Total de la fraction vivante	FI	1902.6	78.5	11.9	964	23.8	2981
	FII	1673.1	135.8	9.1	419.8	61.3	2299
Total général	FI	2102	88.4	12.9	983	27.57	3214
	FII	1939.7	150.9	10	444	67.4	2612

Ces éléments minéraux sont essentiellement mobilisés dans la fraction vivante et plus particulièrement dans la fraction vivante épigée qui représente 75 à 80 % de la minéralomasse totale. La fraction morte (litière et bois mort au sol) ne mobilise qu'environ 13 % de la minéralomasse totale.

Pour la fraction vivante, la minéralomasse de la forêt sur sables roux foncés (FI) est d'environ 30% supérieure à celle de la forêt sur sables roux clairs (FII) aussi bien pour les parties aériennes que souterraines. Cet écart est principalement dû à la production plus élevée de ce système forestier puisque les teneurs totaux de la biomasse sont voisines. Par contre les éléments accumulés dans la fraction morte est plus importante pour la forêt FII.

L'immobilisation minérale par ces forêts est donc importante. Elle est largement mise à profit par les exploitants agricoles de la zone qui pratiquent intensément la culture sur abattis-brûlis.

SIMILITUDES ET SPECIFICITES DES ECOSYSTEMES FORESTIERS DE MIKEA

Similitudes

Les deux types forestiers de Mikea (FI & FII) sont constitués par un peuplement pluristratifié avec une strate herbeuse quasi inexistante et un système racinaire superficiel. Il existe une forte ressemblance floristique entre les deux peuplements.

Ces écosystèmes sont caractérisés par une diversité très élevée indiquant une faible organisation du système et la codominance de plusieurs espèces et traduisant une relative stabilité.

Les indices de Fisher des forêts sèches de l'ouest malgache (Mikea, Kirindy, Ankarafanstika) sont très voisins (10 à 20.4) et sont près de 2 fois plus faibles que ceux des forêts humides de l'Est comme celles d'Analamazaotra et de Nosy Mangabe où la diversité atteint respectivement 51.1 et 63.7.

Spécificités

Les différences entre les deux écosystèmes forestiers étudiés se situent essentiellement sur le plan quantitatif.

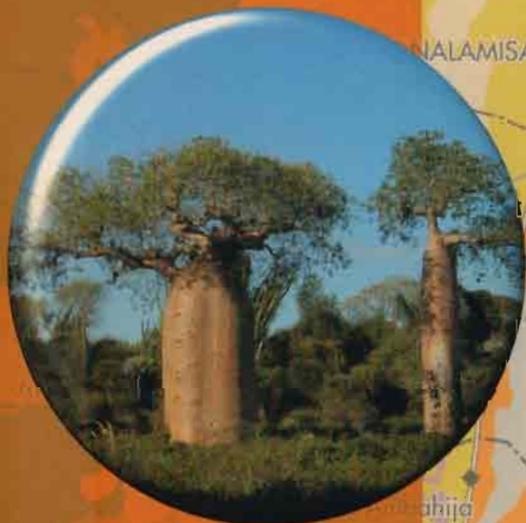
En effet, la densité, la surface terrière, la phytomasse et la minéralomasse de la forêt sur sables roux foncés sont plus élevées que celles de la forêt sur sables roux clairs.

Ces différences observées au niveau des paramètres de production sont à mettre en relation avec de meilleures conditions trophiques dans la forêt sur sables roux foncés, notamment à sa plus grande capacité de rétention en eau due à sa grande richesse en argile et à la disponibilité minérale relativement plus favorable (Raheison & Grouzis, 2003).

IRD
Editions



Environnement et pratiques paysannes à Madagascar



Éditeurs scientifiques
Florent Lasry
Chantal Blanc-Pamard
Pierre Milleville
Samuel Razanaka
Michel Grouzis

ATLAS CÉDÉROM

La région sud-ouest de Madagascar fait l'objet de mutations agraires, rapides et de grande ampleur, dans lesquelles interfèrent des phénomènes démographiques, sociaux, techniques et écologiques.

Le programme de recherche Gestion des espaces ruraux et environnement à Madagascar (GEREM), mené conjointement par des chercheurs de l'IRD et du CNRE de 1996 à 2002, a mobilisé des écologues, des agronomes et des géographes pour étudier les relations entre les pratiques paysannes et l'environnement sur trois sites de la région, et notamment dans la forêt des Mikea.

La culture pionnière du maïs sur abattis-brûlis constitue depuis une vingtaine d'années la cause principale d'une déforestation spectaculaire, et sans doute irréversible, qui s'accélère au cours du temps. Avec l'installation des populations migrantes et la réduction des terres agricoles disponibles, de profondes recompositions affectent les relations sociales, les systèmes de production et l'organisation de l'espace rural ; implanté depuis longtemps, l'élevage est aussi un facteur important dans la dynamique des savanes du Sud-Ouest. Dans un tel contexte, les questions de développement et d'environnement sont étroitement liées, et se posent avec acuité.

Ce Cédérom privilégie l'observation de terrain des dynamiques de déforestation, et fait une place importante à l'outil cartographique, à l'iconographie, et à la vidéo ; la photographie aérienne en paramoteur a notamment été utilisée, coordonnée avec les images satellitaires. Il synthétise les travaux de l'ensemble de l'équipe, et fournit aux chercheurs, aux acteurs du développement, aux opérateurs de l'environnement, aux étudiants, une riche base de données sur une région-témoin du Sud-Ouest malgache.

Recherches de l'UR 100 « Transitions agraires et dynamiques écologiques » (2000 – 2004)

Liste des auteurs :

AUBRY Christine
BLANC-PAMARD Chantal
GARDETE Yves-Marie
GROUZIS Michel
LASRY Florent
LE FLOCH Edouard
LEPRUN Jean-Claude
MANA Parfait
MILLEVILLE Pierre

RAHERISON Mahefaso
RAJADONARIVELO Sitraka
RAKOTOARIMANANA
 Vonjison
RAKOTOJAONA
 Hanitriniomy
RAKOTONDAMANANA
 Modeste
RAKOTONIRINA Bruno

RAMAROMISY Auguste
RANAIVOARIVELO Nivo
RANDRIAMBANONA Heizoa
RASOLOHERY
 Andriambolantsoa
RAZANAKA Samuel
REBARA Flavien
TERRIN Sandrine

CD-ROM
PC/MAC

Configuration requise :
PC : Windows NT, 2000, XP ;
Internet Explorer configuré
pour ouvrir des fichiers
Acrobat dans une fenêtre
HTML
Macintosh : MacOS ou OS X,
Acrobat Reader 5 ou plus



IRD

Institut de recherche
pour le développement
Paris, France



Centre National de Recherches
sur l'Environnement



ISBN : 2-7099-1571-5
35 €