

# Analyse structurale des formations végétales du Parc National d'Andohahela, habitat de *Microcebus* spp. (Sud-est de Madagascar)

Tahiana Andriaharimalala<sup>1,2</sup>, Edmond Roger<sup>1</sup>,  
Charlotte Rajeriarison<sup>1</sup> & Jörg U. Ganzhorn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de Biologie et Ecologie Végétales,  
Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo,  
B.P. 906, Antananarivo (101), Madagascar  
E-mail : tahianaa@gmail.com, rogeredmond1@yahoo.fr,  
charlotte.rajeriarison@moov.mg

<sup>2</sup> Department of Animal Ecology and Conservation,  
University of Hamburg, Biozentrum Grindel, Martin-  
Luther-King Platz 3, D-20146 Hamburg, Allemagne  
E-mail : ganzhorn@zoologie.uni-hamburg.de

## Résumé

Le Parc National d'Andohahela est reconnu pour la grande variabilité de ses types de végétation allant de la forêt humide (parcelle 1), en passant par la forêt de transition (parcelle 3) à une forêt sèche épineuse (parcelle 2). Afin de compléter les informations disponibles, nous avons effectué des inventaires floristiques à la limite ouest de la parcelle 1, au niveau du versant ouest de la parcelle 2 et entre les deux parcelles à des altitudes allant de 80 à 725 m. Les études structurales de la végétation ont permis de caractériser quatre différents types de formations végétales : le fourré, la forêt galerie, la forêt de transition et la forêt dense humide. Un total de 5 793 individus possédant un diamètre à hauteur de poitrine  $\geq 2,5$  cm et une hauteur  $\geq 3$  m ont été recensés, appartenant à 170 espèces, 138 genres et 54 familles. Parmi ces espèces, 75% sont endémiques de Madagascar, 16% communes avec l'Afrique, les îles de l'Océan Indien et l'Asie, 3% naturalisées à Madagascar et 1% originaires de l'Amérique du Sud. Pour les 1 436 arbres ayant un dhp  $\geq 10$  cm, le nombre d'espèces par hectare varie de 10 à 54, celui des individus varie de 381 à 2 537 à l'hectare. La surface terrière totale varie de 25,0 m<sup>2</sup>/ha pour la forêt galerie à 110,4 m<sup>2</sup>/ha pour la forêt humide.

La différence physionomique, le recouvrement et la stratification ont été corrélés avec la répartition des microcèbes (*Microcebus griseorufus*, *M. murinus* et *M. rufus*) au moyen d'une analyse de cluster basée sur cinq caractères structuraux de la végétation. Il en ressort que *M. rufus* est restreint à la forêt humide et que *M. griseorufus* occupe surtout le fourré.

Par contre, *M. murinus* se retrouve dans diverses formations végétales.

**Mots clés** : Structure de la végétation, habitat, *Microcebus*, Parc National d'Andohahela, Madagascar

## Extended abstract

Andohahela National Park is situated in southeastern Madagascar. The vegetation types range from evergreen humid forest, with more than 2000 mm of annual precipitation, to the dry spiny bush with about 500 mm of rain per year. Gallery forests extend along streams and rivers descending from the eastern rainforest into the dry and spiny bush. The steep environmental gradient confers this site the highest plant species diversity on earth. In order to improve structural and floristic information collected during previous inventories of the eastern humid forest, we described the vegetation of 15 sites along an east-west gradient and extending from the western edge of the humid forest (725 m) to the spiny bush (80 m). For each site, we surveyed the vertical structural profiles along a 50 m transect and drew a schematic outline to illustrate the vegetation profile. The horizontal structure and distribution patterns of different size tree classes were measured and plotted either for three (30 x 30 m<sup>2</sup>) per site or for rectangular plots (in case of narrow gallery forests) of (20 x 50 m<sup>2</sup>). All trees with a diameter at breast height (dbh)  $\geq 2.5$  cm and height (h)  $\geq 3$  m were inventoried. A total of 5793 individual trees comprising in 170 species, 138 genera, and 54 families were identified. Seventy five percent of the species are endemic to Madagascar, 16% occur in Africa, Indian Ocean islands or Asia, 3% were introduced in Madagascar, and 1% are from South America. Basal areas were lowest in the disturbed gallery forest and highest in the humid forest. Spiny bush vegetation had relatively high basal areas due to the presence of baobabs. A cluster analysis based on structural characteristics assigned various plots to spiny bush, gallery forests, evergreen humid forest, and "transitional forests" composed of dry and humid forest elements. The different vegetation formations were related to the occurrence of three species of mouse lemurs (*Microcebus* spp.). *Microcebus griseorufus* occurred mainly in the spiny bush, *M.*

*rufus* in the humid forest, and *M. murinus* was found mainly in gallery and "transitional" forests.

**Key words:** Vegetation structure, habitat, *Microcebus*, Andohahela National Park, Madagascar

## Introduction

Madagascar figure parmi les huit régions les plus riches en biodiversité dans le monde grâce à un taux d'endémisme élevé presque dans toutes les unités taxonomiques (Rakotoarinivo, 2008). L'île comprend plus de 80% d'espèces de plantes endémiques (Marcus, 2001 ; Goedefroit, 2002 ; Blanc-Pamard & Rakoto Ramiarantsoa, 2003), proportion qui peut s'élever jusqu'à 90% dans le sud (Koechlin *et al.*, 1974 ; Guillaumet, 1984 ; Phillipson, 1996). De plus, ses remarquables variétés d'habitats, allant des luxuriantes forêts humides jusqu'au fourré épineux, passant par des zones semi-désertiques (Lowry *et al.*, 1997) lui octroient une richesse naturelle considérable (Spack, 2005). L'originalité de la flore et de la faune fait de la Grande Ile un terrain d'étude privilégié pour les naturalistes (Battistini, 1996).

C'est dans ce contexte qu'une étude sur la structure de l'habitat des microcèbes a été effectuée dans trois parcs nationaux de Madagascar : à Ankarafantsika (Sehen *et al.*, 2010), Tsimanampetsotsa (Ratovonamana *et al.*, 2011) et Andohahela dont les résultats seront présentés par la suite. Ce dernier présente un paysage végétal qui est considéré comme l'un des plus diversifiés de Madagascar. Le parc est considéré comme la seule aire protégée présentant une transition entre l'écorégion Est et l'écorégion Sud et comprenant une forêt dense humide au sud du tropique du Capricorne (Goodman, 1999 ; Helme & Rakotomalaza, 1999 ; MNP, 2003). La forêt humide (parcelle 1) a été bien caractérisée lors d'une recherche sur la distribution et l'analyse floristique des ptéridophytes (Rakotondrainibe, 1999). Par ailleurs, Rakotomalaza & Messmer (1999) ont effectué une étude sur la structure et l'inventaire floristique de la parcelle 1, mais concentrées uniquement le long d'un gradient altitudinal entre 400 et 1 875 m avec un seul site à la limite ouest du parc.

Outre l'intérêt botanique du site, la végétation est considérée comme un indicateur sensible du changement du milieu et de l'installation de certaines espèces animales. Cependant, les données disponibles sur la composition floristique et la structure de la végétation en relation avec la répartition d'espèces animales comme les microcèbes et les reptiles sont rares dans cette région (Rakotondranary

*et al.*, 2011 ; Theisinger, données non publiées). D'autre part, l'abondance des espèces de lémuriers peut varier d'un site à un autre, mais les raisons de cette variation sont généralement inconnues (Sehen *et al.*, 2010). Ainsi, la présente étude a pour but de rassembler des données sur la structure des différents types de formations végétales existants, de compléter la description des types de forêts de la partie ouest de la crête des montagnes d'Andohahela et de connaître les types d'habitat préférentiels des microcèbes : *Microcebus murinus*, *M. griseorufus* et *M. rufus* en fonction de la composition floristique, des facteurs écologiques stationnels et de la structure spatiale de la végétation. Ainsi, les données obtenues seront comparées à celles d'autres zones d'études effectuées à Madagascar.

## Méthodologie

### Zone d'étude

Le Parc National d'Andohahela se trouve dans le sud-est de Madagascar, à cheval entre la région de l'Anosy et celle de l'Androy (ex-province de Toliara). Ce parc est localisé entre 46°32' et 46°55' de longitude Est et 24°30' et 25°02' de latitude Sud. Il couvre actuellement 78 220 hectares (MNP, 2003) et comprend trois parcelles non contiguës (Helme & Rakotomalaza, 1999 ; MNP, 2003) inégalement réparties. Cette zone est soumise à deux types de climat : chaud et humide avec une température moyenne annuelle de 20 à 24°C et une pluviométrie annuelle de 1 000 à 2 000 mm sur le versant Est ; chaud et sec avec une température moyenne annuelle de 22 à 26°C et une pluviométrie annuelle de 600 à 800 mm sur le versant ouest (MNP, 2003). Le parc présente une concentration unique d'aires représentatives de divers habitats et espèces de la région du sud-est qui se répartissent dans trois types d'écosystèmes : la forêt dense humide, le fourré xérophile et la forêt de transition (MNP, 2003).

Six villages ont été visités, dont quatre (Tsimelaha, Ambatoabo, Ankoba et Mahamavo) se trouvent entre la parcelle 1 et 2 et deux (Ihazofotsy et Mangatsiaka) à la limite ouest de la parcelle 2 du Parc National d'Andohahela (Figure 1).

### Méthode d'échantillonnage

Au total, 15 quadrats subdivisés en 39 parcelles ont été délimités sur le terrain. Dans le fourré, la forêt humide et la forêt de transition, 12 quadrats ont été installés dont chacun mesure 2 700 m<sup>2</sup>, équivalant à (3 x 30 x 30 m<sup>2</sup>). Par contre, trois quadrats de 1 000 m<sup>2</sup>, mesurant chacun (20 x 50 m<sup>2</sup>), ont été installés

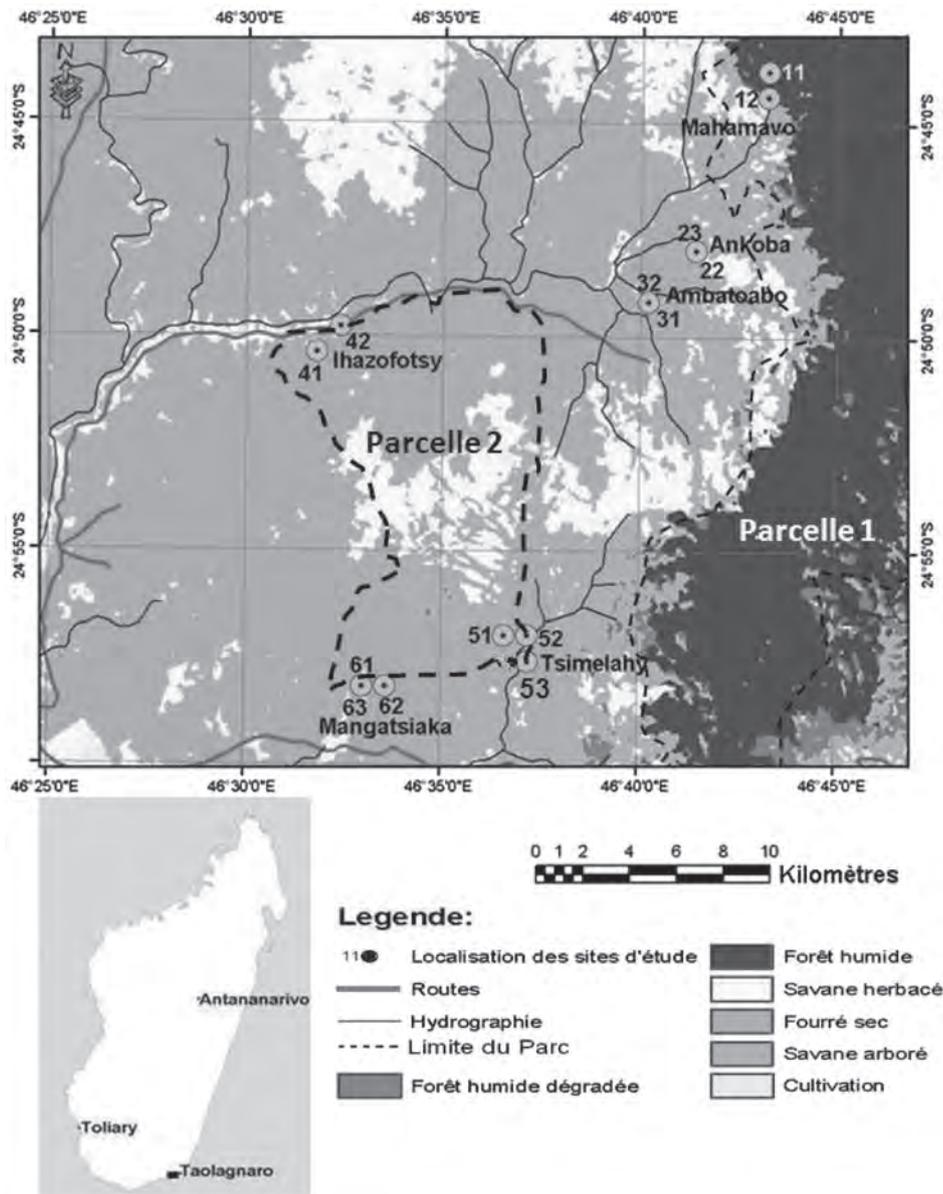


Figure 1. Localisation des parcelles de suivi dans les sites d'études (modifié d'après Moat & Smith, 2007).

dans la forêt galerie (Tableau 1). Pour faciliter le comptage, chaque parcelle de (30 x 30 m<sup>2</sup>) a été divisée en quatre placettes de (15 x 15 m<sup>2</sup>) et chaque parcelle de (20 x 50 m<sup>2</sup>) en 10 placettes de (10 x 10 m<sup>2</sup>).

#### Etudes des sols

Des échantillons de sols (environ 1000 g) ont été prélevés aux deux extrémités de chaque ligne de transect. Ils ont été mis dans des sachets plastiques, puis séchés à l'air libre avant d'être rapportés au laboratoire du DRFP/FOFIFA (Département des Recherches Forestières et Piscicoles/Centre National des Recherches Appliquées au développement) à Antananarivo pour déterminer leurs teneurs en sable, limon, argile et leurs pH (Annexe 1).

#### Méthode d'études floristique

Des échantillons d'herbiers ont été collectés sur le terrain pour pouvoir faire une identification préliminaire des espèces floristiques présentes dans chaque site. Puis, ils ont été apportés à Antananarivo, auprès du PBZT (Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza), du DRFP/FOFIFA et de l'herbarium du DBEV (Département de Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo) pour vérification finale. Le nom scientifique de chaque espèce a été vérifié en utilisant Mabberley (2002) et les bases de données du Missouri Botanical Garden TROPICOS (<http://www.tropicos.org/project/mada>).

#### Etude structurale de la végétation

La structure horizontale de la végétation a été analysée par le biais de l'abondance relative (pourcentage

**Tableau 1.** Caractéristiques des parcelles d'étude dans les sites de relevés.

Village	Numéro du site	Site	Parcelle	Type de formation	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Surface des parcelles de relevés
Ihazofotsy	41	Ihazofotsy	411, 412, 413	Fourré	24° 50,317'	46° 31,629'	90	3 x (30 x 30 m)
	42	Ihazofotsy	421, 422, 423	Fourré	24° 49,703'	46° 32,319'	70	3 x (30 x 30 m)
Ambatoabo	31	Ambatoabo	311, 312, 313	Fourré	24° 49,245'	46° 40,085'	160	3 x (30 x 30 m)
	32	Ambatoabo	321	Forêt galerie	24° 49,103'	46° 40,271'	150	1 x (20 x 50 m)
Ankoba	23	Ankoba	231	Forêt galerie	24° 47,763'	46° 41,100'	160	1 x (20 x 50 m)
	21	Ankoba	211, 212, 213	Fourré	24° 48,069'	46° 41,365'	240	3 x (30 x 30 m)
Mahamavo	22	Ankoba	221, 222, 223	Fourré	24° 47,700'	46° 41,344'	190	3 x (30 x 30 m)
	11	Mahamavo	111, 112, 113	Forêt humide	24° 43,531'	46° 43,444'	720	3 x (30 x 30 m)
Mangatsiaka	12	Mahamavo	121, 122, 123	Forêt humide	24°44,245'	46°43,416'	570	3 x (30 x 30 m)
	61	Mangatsiaka	611, 612, 613	Fourré	24° 57,878'	46° 33,381'	120	3 x (30 x 30 m)
Tsimelahy	62	Mangatsiaka	621, 622, 623	Fourré	24° 58,068'	46° 33,818'	80	3 x (30 x 30 m)
	63	Mangatsiaka	631, 632, 633	Fourré	24° 57,992'	46° 33,176'	110	3 x (30 x 30 m)
Tsimelahy	53	Tsimelahy	531, 532, 533	Forêt galerie	24° 57,334'	46° 37,135'	100	1 x (20 x 50 m)
	52	Tsimelahy	521, 522, 523	Forêt de transition	24° 57,053'	46° 37,082'	170	3 x (30 x 30 m)
	51	Tsimelahy	511, 512, 513	Forêt de transition	24° 57,278'	46° 36,882'	170	3 x (30 x 30 m)

des individus appartenant à une classe de diamètre donnée par rapport au nombre total des individus inventoriés) ; de la densité (nombre d'individus ayant un dhp  $\geq 10$  cm pour une surface donnée) (Messmer *et al.*, 2002) ; de la surface terrière et de la dominance relative (surface terrière à l'hectare exprimé en pourcentage des bois exploitables) (Rajoelison, 1992). Ces paramètres ont été calculés pour quatre classes de diamètre : [2,5-5 cm[ ; [5-10 cm[ ; [10-20 cm [ et  $\geq 20$  cm.

Un profil structural de la végétation a été dressé pour chaque site en appliquant la méthode de Gautier *et al.* (1994). A l'aide d'un ruban métré, un transect linéaire de 50 m divisé en 50 points d'échantillonnage a été installé dans chaque site d'étude. Une gaulle de 7 m de longueur est tendue verticalement à chaque point d'échantillonnage. La hauteur de la partie végétative et/ou reproductrice de chaque individu qui touche cette gaulle est notée. Les résultats obtenus ont été traités avec le logiciel Excel 2007 pour obtenir la distribution exacte de la végétation.

Dans chaque site, un profil schématique simplifié de la végétation a été établi. Pour ce faire, le long de la même ligne de transect de 50 m qui a été établi auparavant, les espèces qui touchent la ligne de transect et/ou les plus proches ont été dessinées. Le profil de la végétation a été divisé en intervalles de hauteur, afin de représenter la végétation existante au sein de chaque classe de hauteur (Messmer *et al.*,

2002). Nous avons choisi cinq classes de hauteur qui sont les plus fréquemment rencontrées sur le terrain : [3-5 m[ ; [5-10 m[ ; [10-15 m[ ; [15-20 m[ et  $\geq 20$  m.

Pour chaque individu possédant un diamètre à hauteur de poitrine (dhp)  $\geq 2,5$  cm (Gentry, 1982 ; Sussman & Rakotozafy, 1994 ; Rakotomalaza & Messmer, 1999 ; Rasatatsihoarana, 2007) et une hauteur (h)  $\geq 3$  m, les coordonnées suivant deux axes x et y ont été notées. Ceci dans le but de dresser la répartition spatiale des individus et à avoir la position exacte de chaque pied dans un plan à deux dimensions, ainsi que leur mode de recouvrement. Le mode de distribution de chaque individu a été obtenu en utilisant le logiciel « ArcGIS 9.3 ». Une analyse de Cluster (« Cluster Analysis ») des sites a été réalisée en utilisant le « Programme R » (Maechler *et al.*, 2005 ; R Development Core Team, 2010). Elle permet de regrouper les sites ayant des structures similaires. Cinq caractéristiques structurales qui nous paraissent très pertinentes ont été choisies lors de l'échantillonnage de chaque parcelle : la hauteur moyenne des arbres (m) ; le pourcentage des individus à dhp  $< 10$  cm ; le pourcentage des individus à dhp  $\geq 10$  cm ; le nombre d'individus par hectare et le taux de recouvrement ( $m^2/ha$ ) à 3 m de hauteur : la surface au sol recouvert par l'ensemble de la couronne de tous les individus (Annexe 2). Une analyse de la variance (ANOVA) et le test post hoc de Scheffé ont été utilisés afin de comparer les moyennes des individus dans

chaque classe de diamètre inventoriés dans les différents types de formations végétales et de voir leur signification.

### Détermination de l'abondance des microcèbes de chaque site

L'étude a été menée entre septembre et décembre 2007 et entre avril et juin 2008. Pour chaque site d'étude, les microcèbes ont été capturés par une équipe de primatologues durant quatre nuits consécutives en utilisant des pièges « Sherman » (Rakotondranary *et al.*, 2011a), avec une rondelle de banane comme appât à l'intérieur. La méthodologie utilisée est la même que celle appliquée dans les parcs nationaux d'Ankarafantsika (Sehen *et al.*, 2010), d'Andohahela (Rakotondranary *et al.*, 2011b) et de Tsimanampetsotsa (Rakotondranary *et al.*, 2010). Quarante pièges espacées de 25 m chacun ont été installées le long des transects avoisinant les parcelles permanentes de suivi installées auparavant pour les études botaniques.

## Résultats

### Description des différents types d'habitats

#### Richesse floristique globale

Au total, 5 793 individus de dhp  $\geq 2,5$  cm et de hauteur  $\geq 3$  m, relevant de 170 espèces, de 138 genres et de 54 familles ont été inventoriés dans les parcelles étudiées. Les familles les plus représentées sont : les Didiereaceae (21,2%), les Burseraceae (19,8%), les Fabaceae (8,9%), les Euphorbiaceae (7,5%), les Rutaceae (5,6%), les Ebenaceae (5,3 %) et les Rubiaceae (3,9%). Parmi ces espèces, 75% sont endémiques de Madagascar, 16% sont partagées avec l'Afrique, l'Océan Indien et l'Asie, 3% ont été naturalisées à Madagascar et 1% sont des espèces originaires de l'Amérique du Sud. Les 5%

qui restent sont indéterminées ou aucune information les concernant n'a été trouvée (Figure 2).

### Structure des formations végétales

Les données obtenues à partir des différents relevés effectués ont permis de caractériser, en général, quatre types d'habitats : le fourré, la forêt galerie, la forêt de transition et la forêt dense humide.

#### Le fourré ou bush xérophytique

Il est situé à la limite ouest de la parcelle 2 (Ihazofotsy au Nord et Mangatsiaka au Sud) et entre les deux parcelles 1 et 2 (Ambatoabo et Ankoba). Cet habitat est situé entre 80 et 210 m d'altitude sur un sol acide à pH égal à  $6,2 \pm 0,7$  (moyenne  $\pm$  écart-type) et de texture sablo-limoneux (sable :  $58,9 \pm 6,1\%$ , argile :  $19,4 \pm 4,8\%$ , limon :  $21,7 \pm 3,4\%$  avec  $n = 16$ ). Quarante vingt dix-neuf (99) espèces appartenant à 69 genres et 30 familles y ont été recensées. Les espèces abondantes sont : *Alluaudia procera* et *A. ascendens* (Didiereaceae), *Commiphora brevicalyx* (Burseraceae), *Euphorbia stenoclada* et *E. plagiantha* (Euphorbiaceae). Les individus ayant un diamètre compris entre 5 et 10 cm sont les plus abondants (%) : 42,9% (Figure 3). La densité des individus est égale à  $896,8 \pm 350,0$  ind/ha ( $n = 24$ ). La surface terrière moyenne est égale à :  $96,4 \pm 34,1$  m<sup>2</sup>/ha ( $n = 8$ ). Les espèces dominantes sont représentées par *Alluaudia procera* : 21,7%, *Adansonia za* : 14,3%, *Alluaudia ascendens* : 10,9% et *Commiphora brevicalyx* : 9,5%.

Ce type de fourré est caractérisé par des individus dont la hauteur varie de 2 à 4 m et n'excède pas les 8 m. La stratification est mal définie, par contre les classes de hauteur suivantes ont été prises : entre 0 et 3 m se trouvent des plantes herbacées ainsi que des jeunes pousses d'arbres et présente une discontinuité

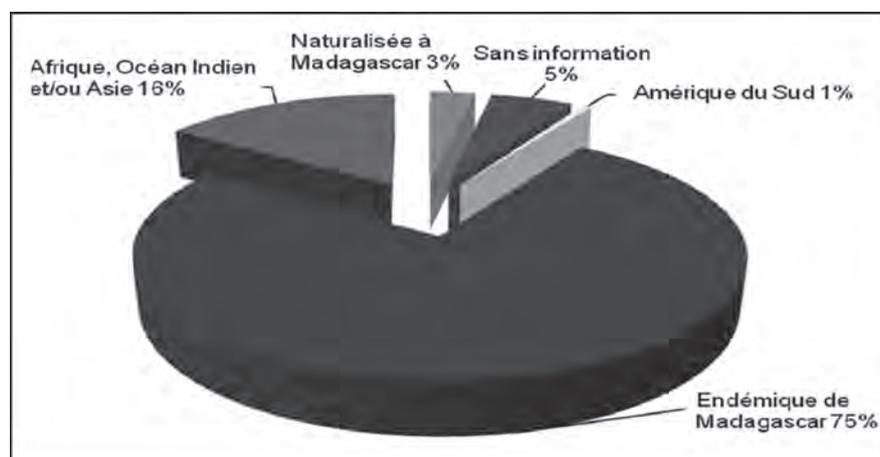


Figure 2. Affinité biogéographique des espèces inventoriées dans les parcelles d'études.

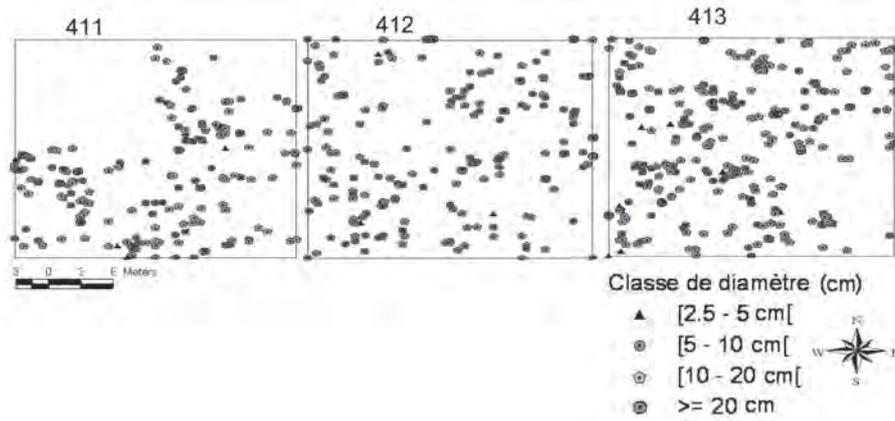


Figure 3. Distribution par classe de diamètre (dhp) des individus du fourré (Site 41, Ihazofotsy).

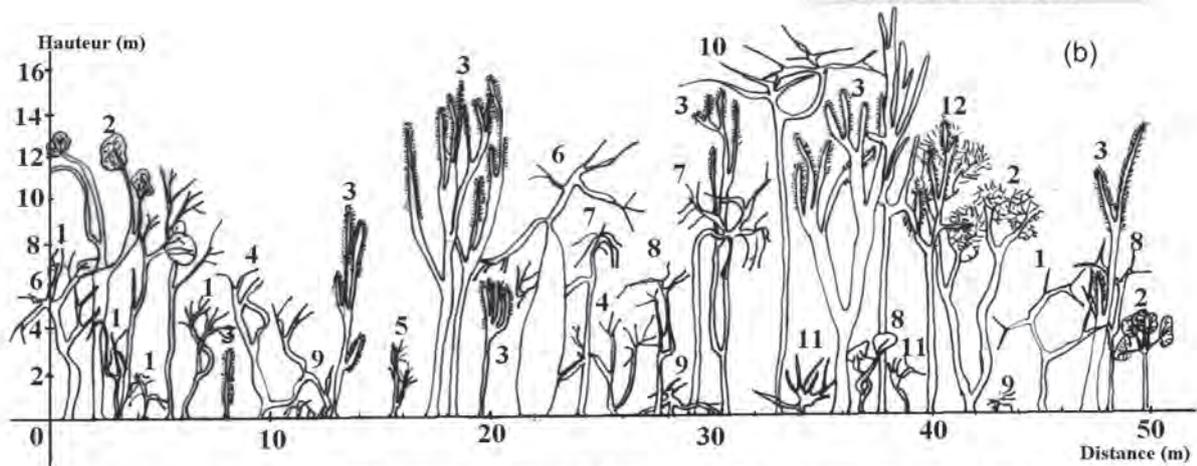
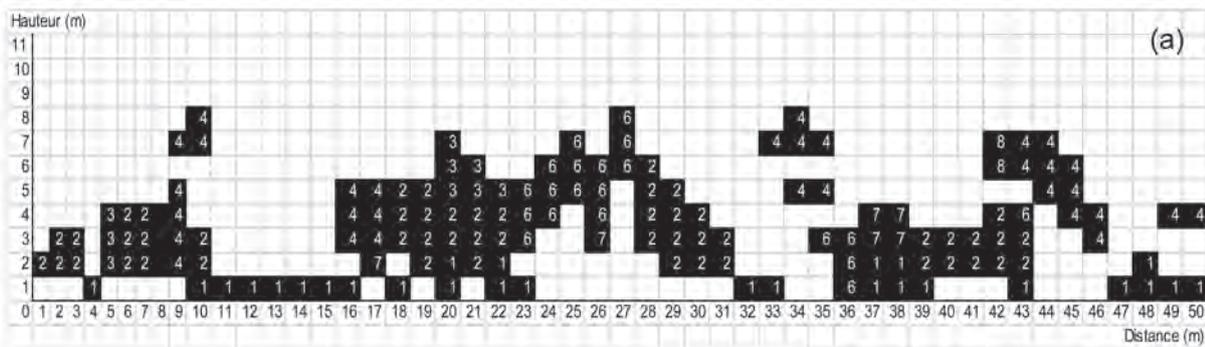
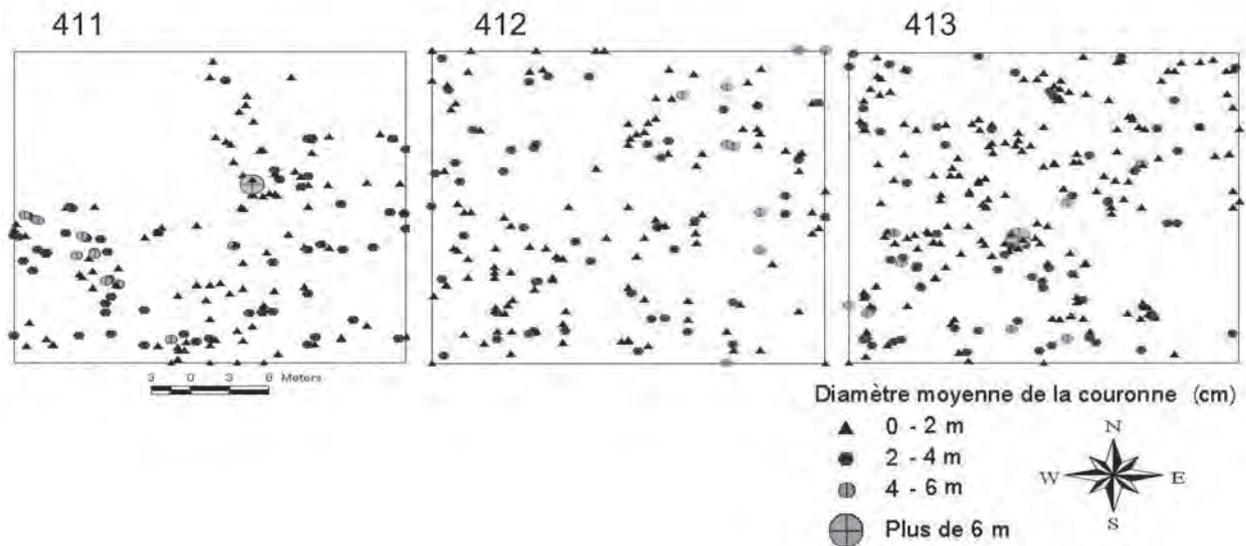
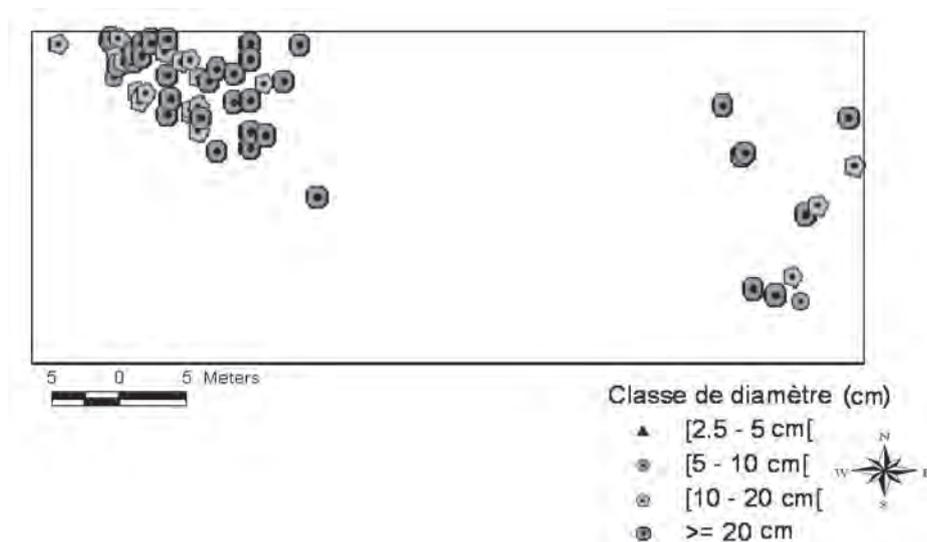


Figure 4. Structure verticale (a) et profil schématique (b) du fourré (Site 41, Ihazofotsy).



**Figure 5.** Occupation de l'espace selon le diamètre moyen des couronnes des individus du fourré (Site 41, Ihazofotsy).



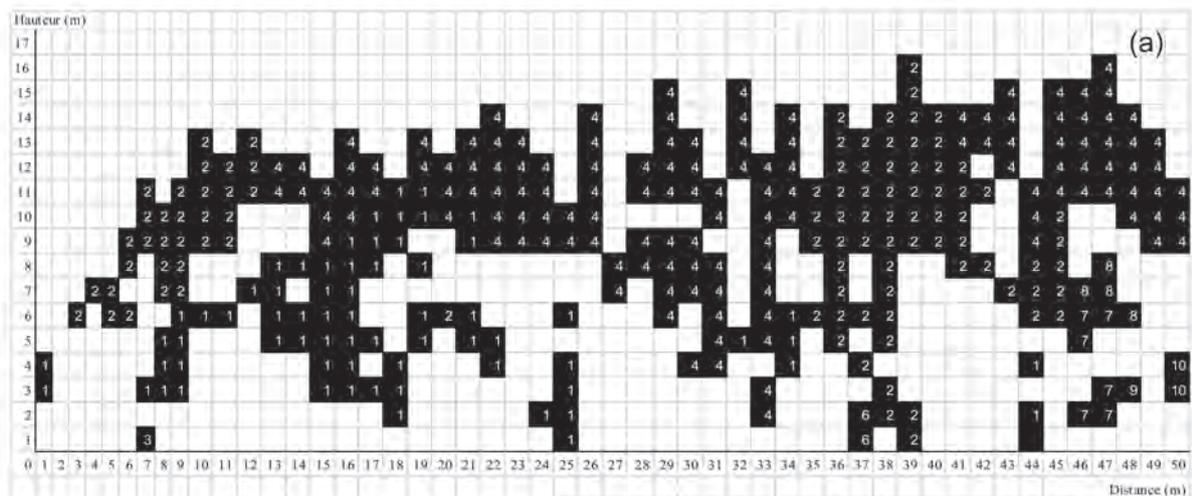
**Figure 6.** Distribution spatiale par classe de diamètre (dhp) des individus de la forêt galerie (Site 32, Ambatoabo).

de la masse foliaire. Les espèces dominantes sont : *Croton menabeensis* (Euphorbiaceae), *Commiphora brevicalyx*, *Milettia taolanaroensis* (Fabaceae) et *Petchia madagascariensis* (Apocynaceae); la classe des 3 à 5 m de hauteur, est formée de *Commiphora marchandii*, *C. simplicifolia*, *Gyrocarpus americanus* (Hernandiaceae), *Euphorbia plagiantha*, *Operculicarya decaryi* (Anacardiaceae), *Alluaudia procera* et *Rhopalocarpus lucidus* (Sphaerosepalaceae). La classe supérieure, très ouverte, se trouve à plus de 5 m. Les espèces les plus fréquentes sont : *Grewia androyensis* (Malvaceae), *Commiphora simplicifolia*, *Alluaudia procera*, *A. ascendens*, *Rhigozum madagascariense* (Bignoniaceae), *Operculicarya decaryi* et *Adansonia za* (Malvaceae) (Figures 4a & b). Le recouvrement moyen (surface au sol recouverte par la couronne

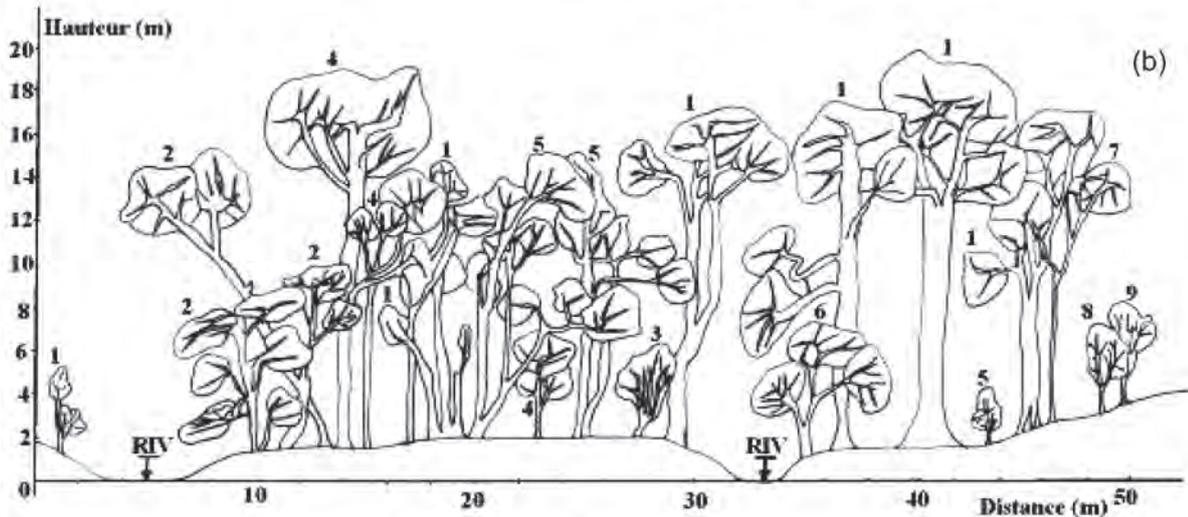
des arbres) à partir de 3 m de hauteur est égal à  $421,3 \pm 669,9 \text{ m}^2/\text{ha}$  (Figure 5).

#### *La forêt galerie*

Elle se trouve à proximité des villages d'Ambatoabo, d'Ankoba et de Tsimelahy. Cet habitat est situé entre 100 et 160 m d'altitude, sur un sol faiblement acide à  $\text{pH} = 6,4 \pm 0,1$ , à tendance sableuse ( $64,2 \pm 21,2\%$ ), avec un faible pourcentage d'argile ( $12,7 \pm 2,3\%$ ) et de limon ( $14,8 \pm 3,4\%$ ) ( $n = 6$ ). Vingt-quatre (24) espèces appartenant à 22 genres et 14 familles y ont été inventoriés. Les espèces abondantes sont : *Breonadia salicina* (Rubiaceae), *Abrahamia grandidieri* (Anacardiaceae), *Eugenia jambolana* (Myrtaceae) et *Mangifera indica* (Anacardiaceae).



1 <i>Breonadia salicina</i>	6 <i>Turraea sericea</i>
2 <i>Abrahamia grandidieri</i>	7 <i>Tamarindus indica</i>
3 <i>Diospyros humbertiana</i>	8 <i>Nuxia oppositifolia</i>
4 <i>Syzygium emirnsensis</i>	9 <i>Albizia</i> sp. 3
5 <i>Mangifera indica</i>	10 <i>Flacourtia indica</i>

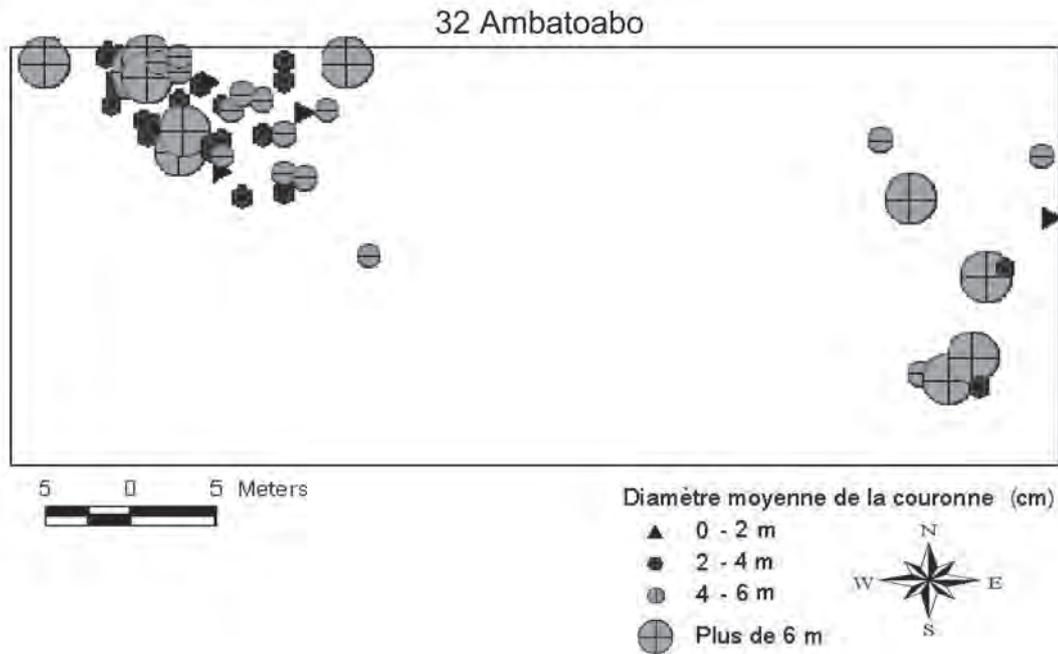


1 <i>Eugenia jambolana</i>	6 <i>Mangifera indica</i>
2 <i>Cassia mimosoides</i>	7 <i>Nuxia oppositifolia</i>
3 <i>Breonadia salicina</i>	8 <i>Noronhia ovalifolia</i>
4 <i>Abrahamia grandidieri</i>	9 <i>Tamarindus indica</i>
5 <i>Flacourtia indica</i>	Riv Rivière

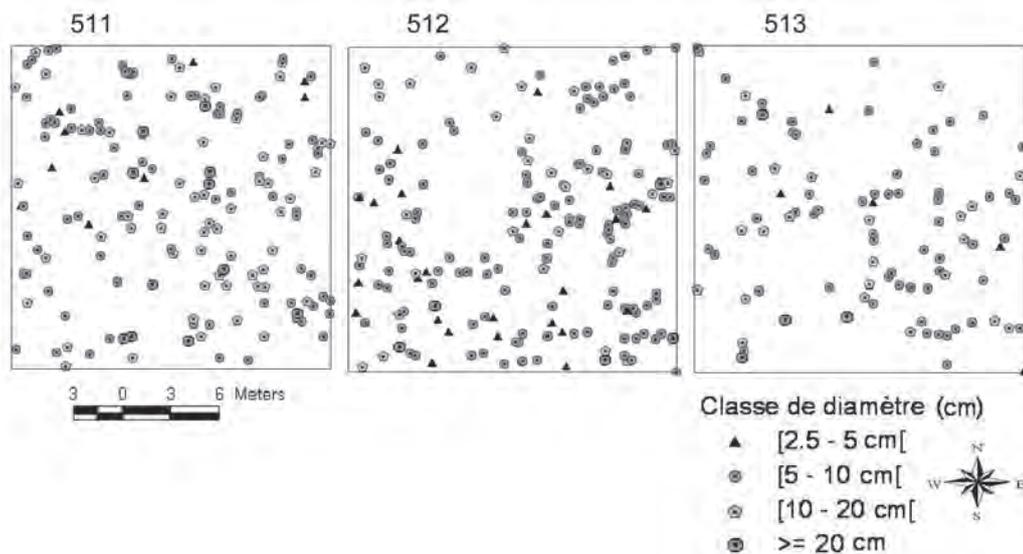
Figure 7. Structure verticale (a) et profil schématique (b) de la forêt galerie (Site 32, Ambatoabo).

Les arbres ayant un diamètre compris entre 10 et 20 cm et ceux supérieur à 20 cm : sont abondants, représentant respectivement 35,1% et 34,8 ± 24,7% des individus échantillonnés (Figure 6). Leurs densités moyennes à l'hectare sont respectivement de 203,3 ± 35,1 ind/ha et 200,0 ± 148,0 ind/ha (n = 3). La surface terrière moyenne est de 25,1 ± 13,8 m<sup>2</sup>/ha (n = 3). Les gros arbres comme : *Eugenia jambolana* : 34,3%, *Abrahamia grandidieri* : 25,6%, *Breonadia salicina* : 20,0% et *Mangifera indica* : 6,3% dominent ce type d'habitat.

Cette forêt est stratifiée et présente des individus ayant une hauteur variant de 5 à 12 m. L'analyse de la classification hiérarchique des hauteurs permet d'identifier trois strates bien distinctes: la strate inférieure, entre 0 et 3 m est composée de : *Breonadia salicina*, *Abrahamia grandidieri* et *Vaughania cloiselei* (Fabaceae) ; la strate moyenne, entre 3 et 5 m est représentée par : *Breonadia salicina*, *Abrahamia grandidieri*, *Eugenia jambolana*, *Cerbera venenifera* (Apocynaceae) et *Mangifera indica* ; la strate supérieure, entre 5 et 10 m et les émergents sont



**Figure 8.** Occupation de l'espace selon le diamètre moyen des couronnes des individus de la forêt galerie (Site 32, Ambatoabo).



**Figure 9.** Distribution spatiale par classe de diamètre (dhp) des individus de la forêt de transition (Site 51, Tsimelahy).

composés de : *Diospyros humbertiana* (Ebenaceae), *Mangifera indica*, *Eugenia jambolana*, *Breonadia salicina*, *Abrahamia grandidieri* et *Cerbera venenifera* (Figures 7a & b). A partir de 3 m de haut, la surface recouverte par la couronne de la végétation est de  $3\ 672,7 \pm 620,0$  m<sup>2</sup>/ha (Figure 8).

#### La forêt de transition

La forêt de transition se trouve dans la partie sud-ouest du village de Tsimelahy, plus précisément le long de la piste cyclable. Cet habitat se trouve entre 166 et 172 m d'altitude, sur un sol faiblement acide au pH égal à  $6,3 \pm 0,3$ , à tendance sableuse

( $61,3 \pm 7,7\%$ ), avec un faible pourcentage d'argile ( $20,3 \pm 7,3\%$ ) et de limon ( $18,3 \pm 3,2\%$ ) ( $n = 4$ ). Dans l'ensemble des sites, 42 espèces appartenant à 30 genres et 24 familles ont été inventoriées. Les espèces abondantes sont : *Cedrelopsis grevei* (Rutaceae), *Rhigozum madagascariense*, *Canthium* sp. 1 (Rubiaceae) et *Commiphora brevicalyx*. Ce type de forêt est caractérisé par une abondance des individus ayant un diamètre entre 5 et 10 cm :  $66,0\%$  (Figure 9). La densité des individus appartenant à cette classe est de  $633,3 \pm 477,1$  ind/ha ( $n = 6$ ). La surface terrière moyenne est égale à :  $26,9 \pm 23,6$  m<sup>2</sup>/ha ( $n = 2$ ). Les espèces dominantes sont

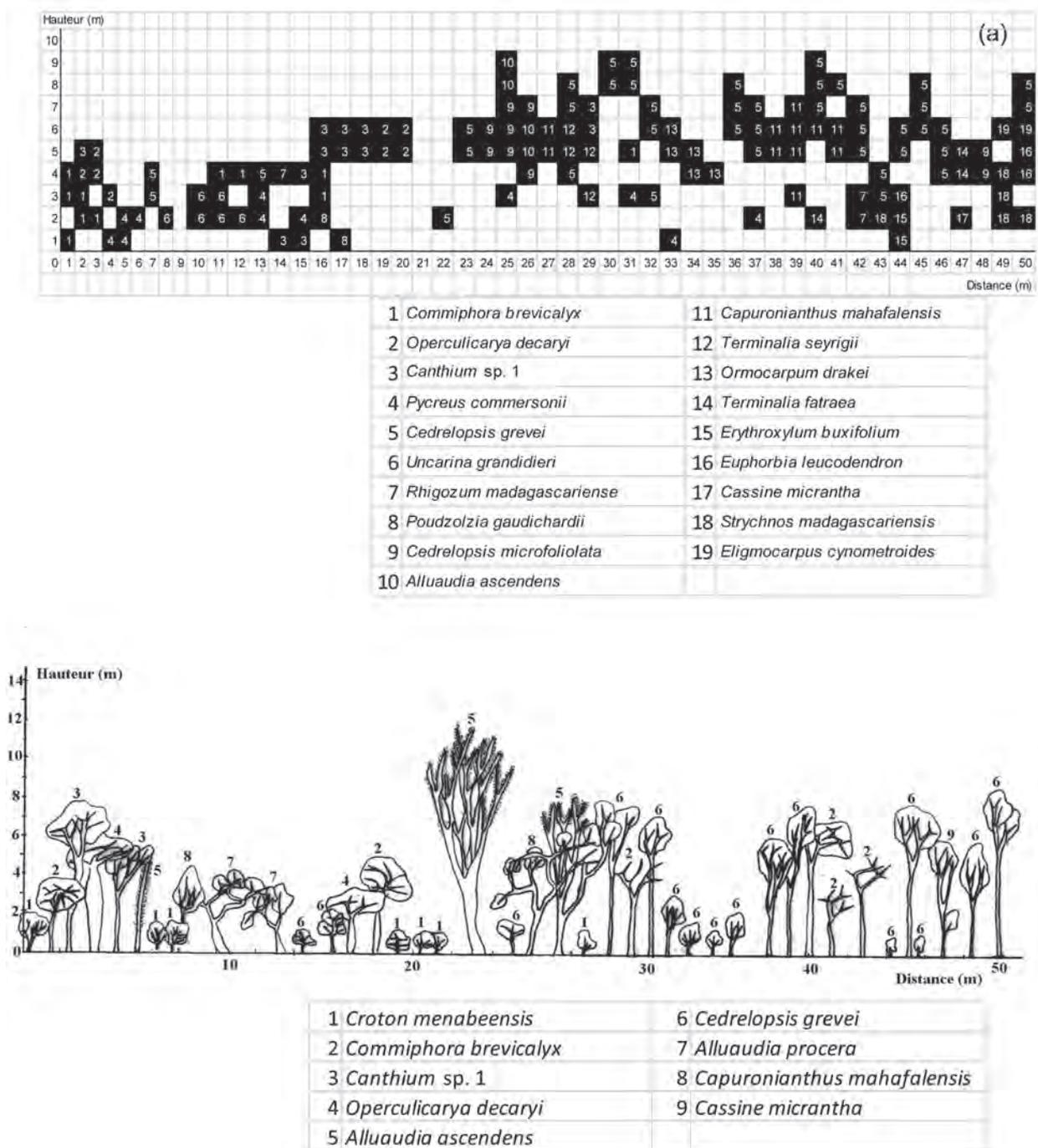


Figure 10. Structure verticale (a) et profil schématique (b) de la forêt de transition (Site 51, Tsimelahy).

représentées par : *Commiphora brevicalyx* : 21,6%, *Operculicarya decaryi* : 16,3%, *Alluaudia ascendens* : 9,3%, *Pachypodium lamerei* : 8,5% et *Cedrelopsis grevei* : 7,5%.

Trois strates ont été identifiées : entre 0 à 3 m se trouve une végétation discontinue. Elle est composée de : *Commiphora brevicalyx*, *Pycreus commersonii* (Cyperaceae), *Cedrelopsis grevei*, *Uncarina grandidieri* et *Grewia androyensis* ; la strate des 3 à 5 m est représentée par : *Rhigozum madagascariense*, *Euphorbia leucodendron*, *Commiphora marchandii*, *C. stellulata* et *Uncarina grandidieri* ; au dessus de 5 m se trouvent des espèces comme : *Albizia*

*gummifera* (Fabaceae), *Rhigozum madagascariense*, *Cedrelopsis grevei*, *Tamarindus indica*, *Cedrelopsis microfoliolata*, *Albizia viridis*, *Alluaudia ascendens* et *Terminalia seyrigii* (Combretaceae) (Figures 10a et b). Le recouvrement moyen à une hauteur  $\geq 3$  m est de  $2\,929,6 \pm 1\,838,7$  m<sup>2</sup>/ha (Figure 11).

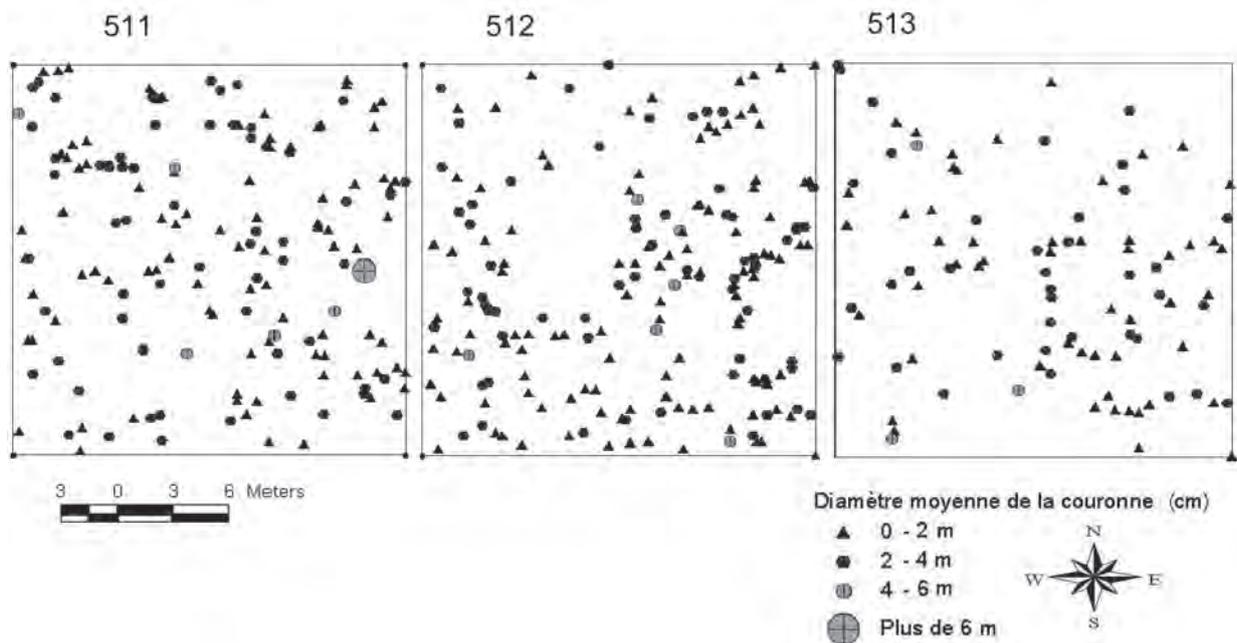
#### La forêt dense humide

Elle est localisée à Mahamavo à la limite ouest de la parcelle 1. Cet habitat est situé entre 500 et 750 m d'altitude sur un sol acide à pH égal à  $5,2 \pm 0,2$  et de texture sablo-argilo-limoneuse (sable :  $46,7 \pm 8,3\%$ ,

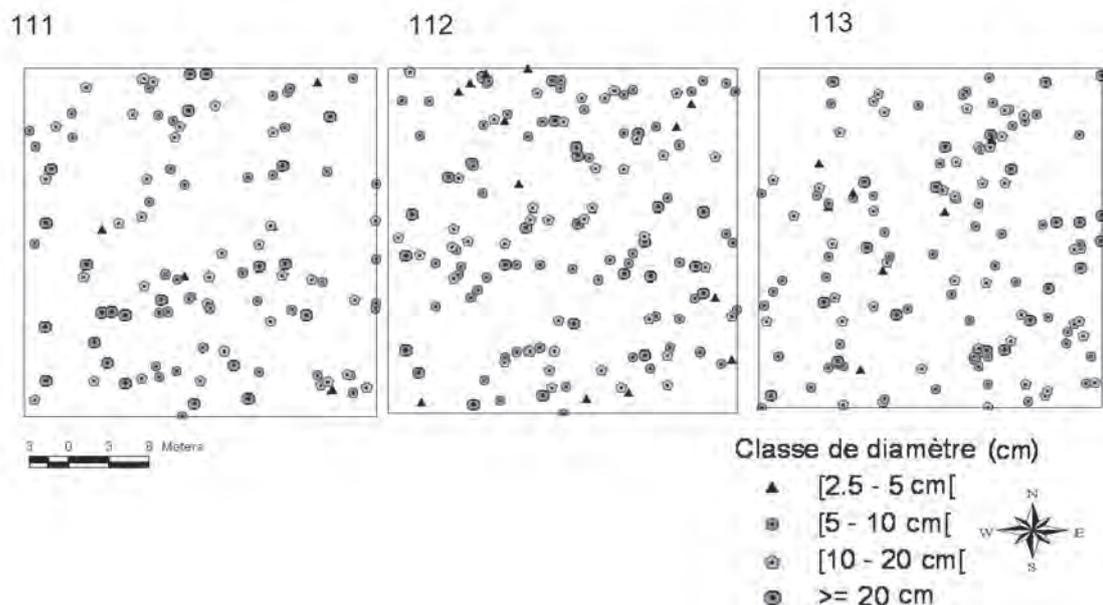
argile :  $28,0 \pm 9,2\%$ , limon :  $25,3 \pm 1,2\%$ ) ( $n = 4$ ). Dans les deux sites établis, 64 espèces appartenant à 56 genres et 30 familles ont été recensées. Les espèces abondantes sont : *Aphloia theiformis* (Aphloiaceae), *Plagioscyphus stelechanthus* (Sapindaceae), *Gaertnera arenaria* (Rubiaceae) et *Antidesma petiolare* (Euphorbiaceae). La majorité des arbres est de petite taille. Les individus de la classe des 5 à 10 cm de diamètre sont les plus abondants, représentant 46,3% des individus échantillonnés (Figure 12), avec une densité de  $588,9 \pm 158,9$  ind/ha ( $n = 6$ ). Les arbres à  $dhp \geq 20$  cm sont visiblement peu abondants formant  $18,3 \pm 5,6\%$  seulement des individus

inventoriés. La surface terrière moyenne est égale à  $110,4 \pm 25,3$  m<sup>2</sup>/ha. Les espèces dominantes sont représentées par : *Ficus polyphlebia* (Moraceae) : 27,5%, *Cynometra dauphinensis* (Fabaceae) : 17,3%, *Millettia taolanaroensis* (Fabaceae) : 13,5%, *Eugenia* sp. (Myrtaceae) : 12,7%, *Albizia gummifera* : 12,0% et *Plagioscyphus stelechanthus* (Sapindaceae) : 10,4%.

Ce type de formation est pluristratifié et est caractérisé par des individus dont la hauteur varie de 3 à 22 m. Trois strates ont été identifiées (outre les émergents) : la strate inférieure, entre 0 et 3 m, est discontinue et composée de



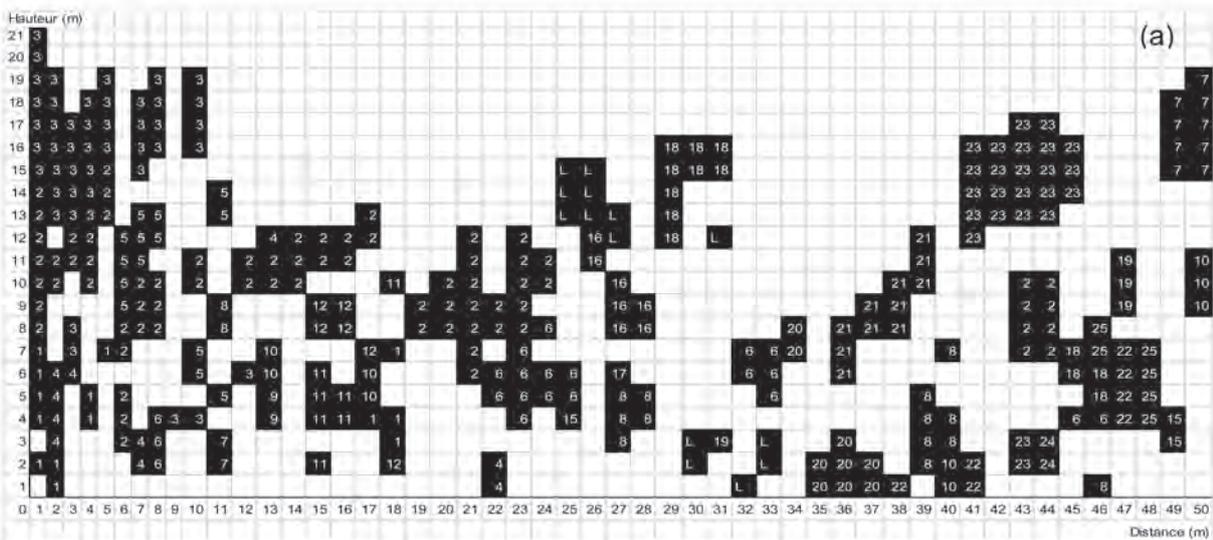
**Figure 11.** Occupation de l'espace selon le diamètre moyen des couronnes des individus de la forêt de transition (Site 51, Tsimelahy).



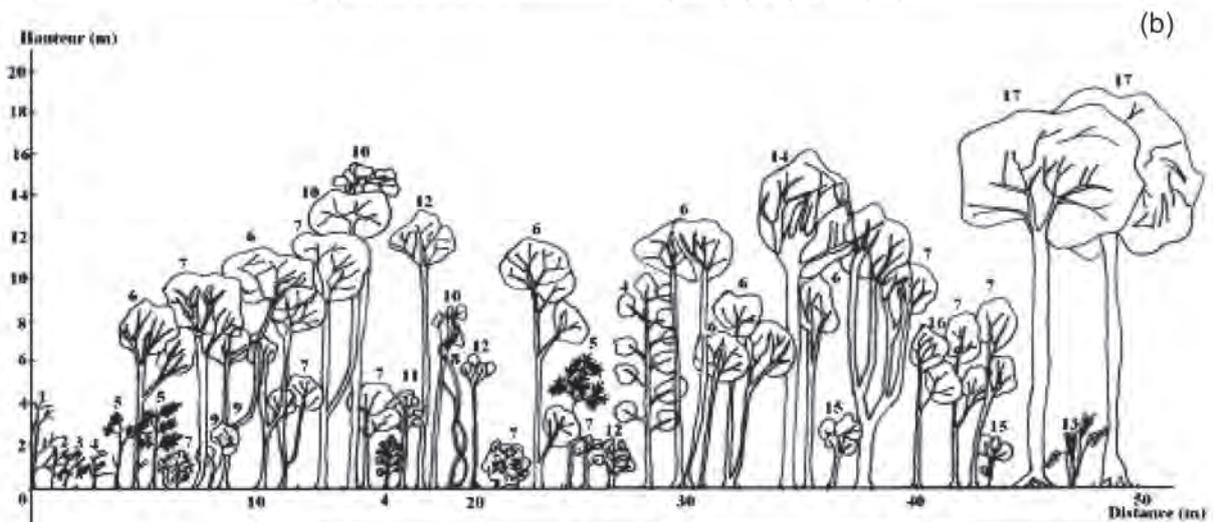
**Figure 12.** Distribution spatiale par classe de diamètre (dhp) des individus de la forêt humide (Site 11, Mahamavo).

*Aphloia theiformis*, *Craspidospermum verticillatum* (Apocynaceae), *Dracaena bakeri* (Asparagaceae), *Gartnera arenaria* et *Viguieranthus densinervis* (Fabaceae) ; la strate moyenne, entre 3 et 7 m, est composée de *Filicium longifolium* (Sapindaceae), *Viguieranthus densinervis*, *Plagioscyphus stelechanthus*, *Antidesma petiolare* et *Aphloia*

*theiformis* ; la strate supérieure, qui se trouve à plus de 7 m de hauteur, est composée de *Vepris macrophyla* (Rutaceae), *Albizia gumnifera*, *Aphloia theiformis*, *Salvadoropsis arenicola* (Celastraceae), *Eugenia* sp., *Capuronianthus mahafalensis* (Meliaceae) et *Tambourissa religiosa* (Monimiaceae) (Figures 13a et b).



1 <i>Filicium longifolium</i>	7 <i>Tambourissa religiosa</i>	14 <i>Gaertnera arenaria</i>	21 <i>Ravenea robustiore</i>
2 <i>Plagioscyphus stelechanthus</i>	8 <i>Antidesma petiolare</i>	15 <i>Dalbergia pervillei</i>	22 <i>Colea obtusifolia</i>
3 <i>Eugenia</i> sp.	9 <i>Neobeguea mahafaliensis</i>	16 <i>Cordyla madagascariensis</i>	23 <i>Millettia taolanaroensis</i>
4 <i>Viguieranthus densinervis</i>	10 <i>Diospyras humbertiana</i>	17 <i>Ocotea</i> sp. 1	24 <i>Evonymopsis longipes</i>
5 <i>Capuronianthus mahafalensis</i>	11 <i>Salvadoropsis arenicola</i>	18 <i>Tambourissa</i> sp. 1	25 <i>Chrysophyllum boivinianum</i>
6 <i>Canthium</i> sp. 3	12 <i>Craspidospermum verticillatum</i>	19 <i>Cynometra dauphinensis</i>	L Liane
	13 <i>Senna anthoxantha</i>	20 <i>Cryptocarya pauciflora</i>	



1 <i>Capuronianthus mahafalensis</i>	10 <i>Filicium longifolium</i>
2 <i>Plagioscyphus stelechanthus</i>	11 <i>Cynometra dauphinensis</i>
3 <i>Eugenia</i> sp.	12 <i>Canthium</i> sp. 3
4 <i>Cordyla madagascariensis</i>	13 <i>Antidesma petiolare</i>
5 <i>Neobeguea mahafaliensis</i>	14 <i>Ravenea robustiore</i>
6 <i>Dalbergia pervillei</i>	15 <i>Chrysophyllum boivinianum</i>
7 <i>Senna anthoxantha</i>	16 <i>Millettia taolanaroensis</i>
8 <i>Dracaena bakeri</i>	17 <i>Canarium madagascariense</i>
9 <i>Dombeya laurifolia</i>	

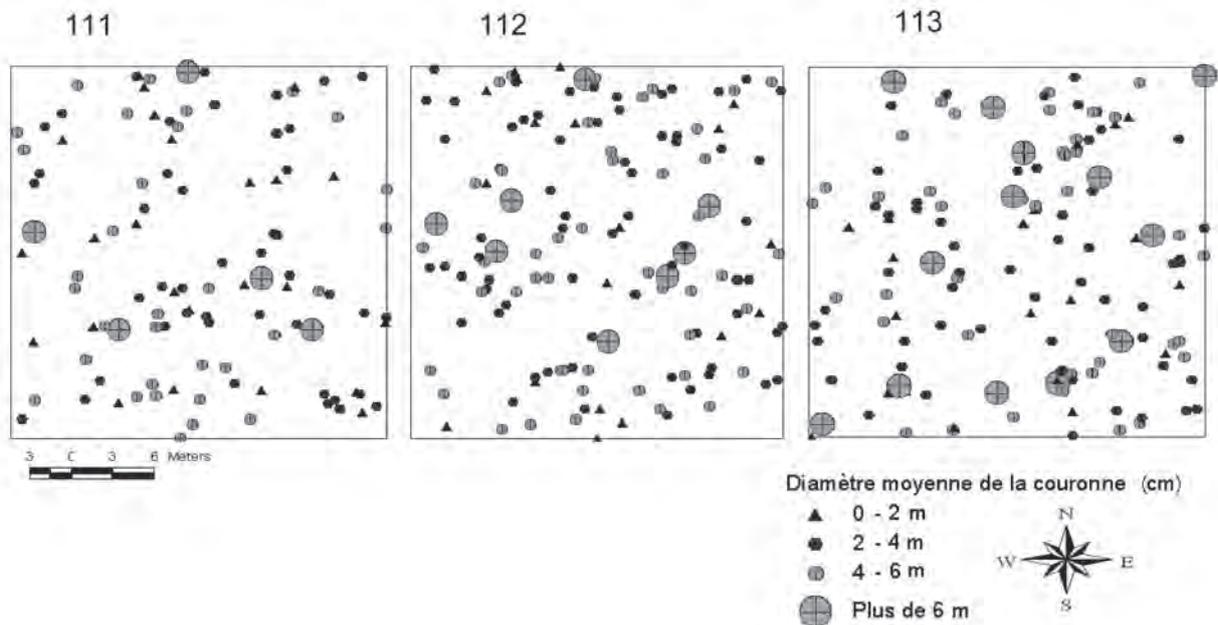
Figure 13. Structure verticale (a) et profil schématique (b) de la forêt humide (Site 11, Mahamavo).

C'est une formation qui est plus ou moins recouverte avec un taux égal à  $6\,587,8 \pm 2\,003,1\text{ m}^2/\text{ha}$  (Figure 14).

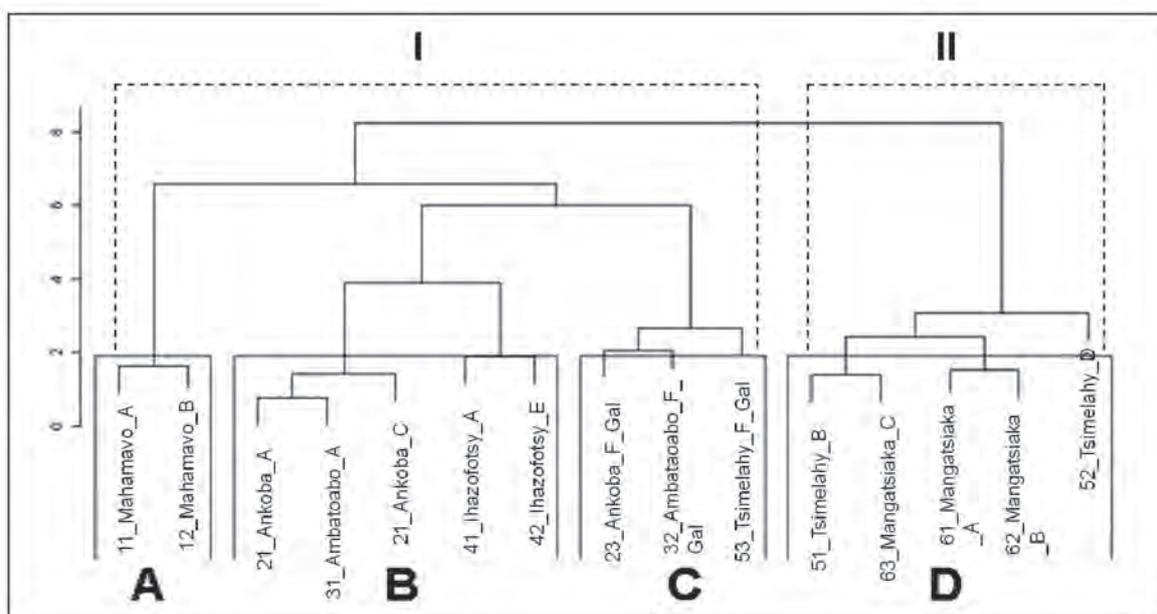
**Analyse comparative des différents types d'habitats**

L'analyse synthétique des paramètres structuraux (Annexe 2), a permis de décrire deux classes majeures de Cluster : le premier groupe (I) rassemble les parcelles échantillonnées dans la forêt humide (sous-groupe A), le fourré (sous-groupe B) et la forêt galerie (sous groupe C). Ces sites sont tous localisés

dans la partie ord du parc. Le deuxième groupe (II) rassemble les parcelles établies au niveau des sites de la partie sud du parc (le fourré à Mangatsiaka et la forêt de transition de Tsimelahy) (Figure 15). Dans le premier groupe, tous les sites de Mahamavo (A) sont similaires et forment un sous-groupe A. Les fourrés situés à Ankoba, Ambatoabo et Ihazofotsy forment le sous-groupe B. Enfin les trois forêts galeries forment le sous-groupe C. Dans le sous-groupe B, le fourré situé entre les parcelles 1 et 2 (Ambatoabo et Ankoba) présente une différence significative par rapport à celui de Ihazofotsy, en ce qui concerne la densité moyenne



**Figure 14.** Occupation de l'espace selon le diamètre moyen des couronnes des individus de la forêt humide (Site 11 Mahamavo).



**Figure 15.** Cladogramme montrant la répartition des 15 sites basée sur les cinq paramètres structuraux (A : Forêt humide ; B : Fourré sec à Ankoba, Ambatoabo et Ihazofotsy ; C : Forêt galerie à Ankoba, Ambatoabo et Tsimelahy ; et D : Fourré sec à Mangatsiaka et forêt de transition à Tsimelahy) (Annexe 2).

des individus dans chaque site ( $2\ 104,9 \pm 254,8$  ind/ha à Ambatoabo et Ankoba contre  $1\ 705,5 \pm 667,8$  ind/ha à Ihazofotsy) et la composition floristique (avec une abondance de *Commiphora brevicalyx*, *C. stellulata* et *Diospyros dangyiana* à Ambatoabo et Ankoba tandis qu'à Ihazofotsy par *Alluaudia procera*, *A. ascendens* et *Gyrocarpus americanus*). Les formations végétales situées dans la partie nord du parc sont similaires en ce qui concerne la hauteur moyenne des arbres, le type de sol et le diamètre moyen du houppier. Les sites inventoriés au niveau du fourré à Mangatsiaka et de la forêt de transition à Tsimelahy, se trouvant dans un endroit plus sec, sont similaires entre eux. Seul le type de végétation, la composition floristique et leur localisation permettent de les distinguer.

A part les paramètres structuraux, le diamètre moyen et la hauteur de la végétation permettent de distinguer ces types d'habitat. Les individus compris entre 5 et 10 cm de diamètre sont abondants dans la forêt de transition (66,0%) avec  $633,3 \pm 477,9$  ind/ha, dans la forêt humide ( $46,3 \pm 5,7\%$ ) avec  $588,9 \pm 158,8$  ind/ha et dans le fourré ( $42,9 \pm 10,7\%$ ) avec  $896,9 \pm 350,0$  ind/ha, (Tableau 2, Figure 16). Ce nombre d'individus diminue au fur et à mesure que la classe de hauteur augmente. Dans le fourré, les individus de 5 à 10 m de haut sont plus abondants par rapport à ceux mesurant plus de 15 m de la forêt humide et de la forêt galerie (Figure 17). Leur densité varie suivant

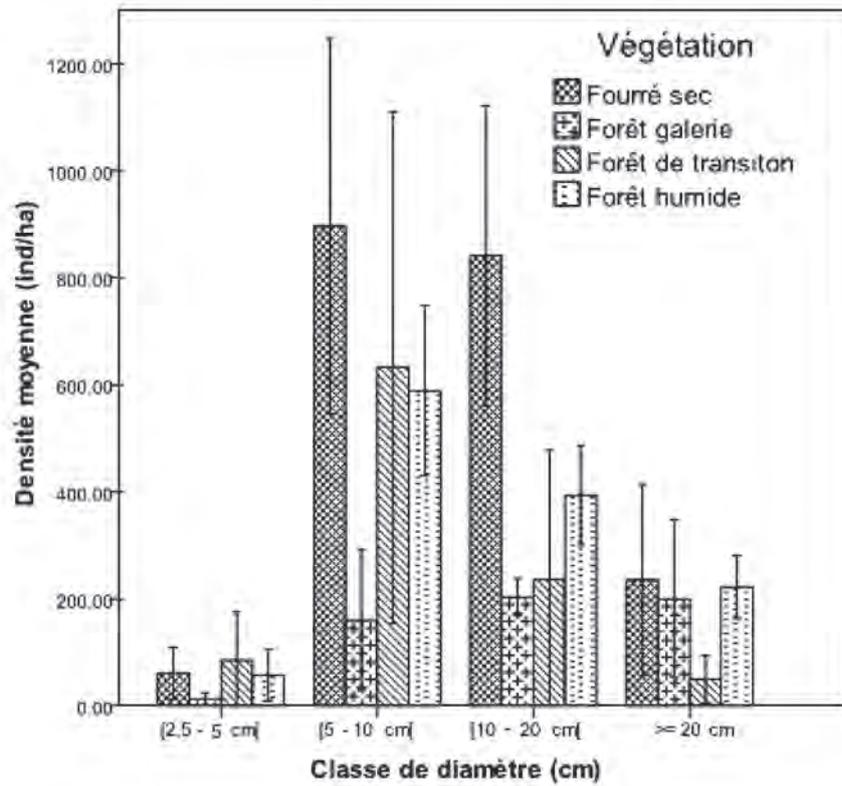
le type de formation et l'état de dégradation de la formation végétale.

### Abondance relative des trois espèces de microcèbe dans les différents sites d'étude

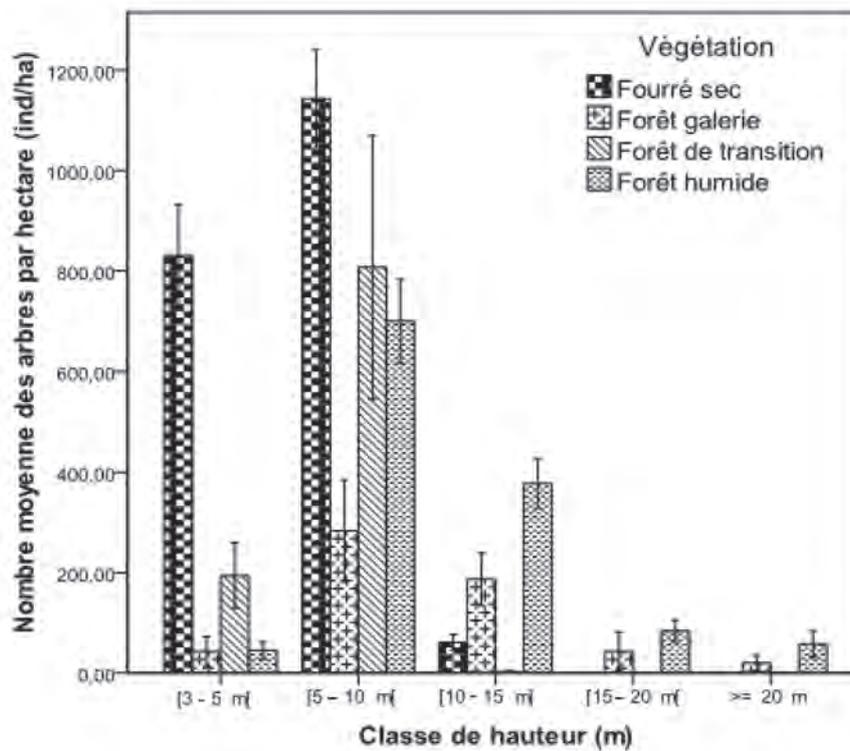
Pendant les deux descentes effectuées sur terrain, 139 microcèbes (*Microcebus*) ont été capturés (Rakotondranary, 2011b). Sur l'ensemble des sites, Mangatsiaka a été le plus représenté avec 43 individus de *M. murinus*. A Ihazofotsy, 17 individus de *M. griseorufus* ont été capturés contre neuf à Mangatsiaka et six à Tsimelahy. *Microcebus rufus* a été capturé seulement dans la forêt humide, représenté par 18 individus à Mahamavo. D'après les résultats des études génétiques, 15 individus sont considérés comme hybrides (entre *M. griseorufus* et *M. murinus*) (Hapke & Rakotondranary, com. pers.) (Tableau 3). Le nombre de microcèbes capturés varie selon l'endroit et le type de formation. L'abondance de ces trois espèces dans un endroit donné pourrait varier suivant leur besoin quotidien tels que : la disponibilité en nourriture, la qualité et la structure de leur habitat préférentiel et le taux d'ouverture de la formation végétale. Sur la base de ces constatations, l'étude a révélé que *M. rufus* est localisé uniquement dans la forêt humide, *M. griseorufus* occupe le fourré sec tandis que *M. murinus* se trouve dans des endroits intermédiaires qui sont plus humides en allant de l'ouest vers le sud-est.

**Tableau 2.** Comparaison de l'abondance en % ( $\pm$  écart-type) et de la densité (nombre d'individu dans un hectare) par classe de diamètre (cm) de chaque formation végétale. Pour les quatre types de formation, l'abondance moyenne dans chaque classe de diamètre a été calculée. La classe a été donnée par comparaison multiple (« One-way ANOVA » et post hoc de Scheffé). \*\*\*  $P \leq 0,001$  ; \*\*  $P \leq 0,01$  ; \*  $P \leq 0,05$ . Les classes (a, b, c, d) sont déterminées à partir d'un sous ensemble pour  $\alpha = 0,05$ , N : nombre de parcelle permanente de suivi.

Type de formation	Classe de diamètre (cm)	[2,5-5 cm[	[5-10 cm[	[10-20 cm[	> 20 cm	F
Fourré sec	N	24	24	24	24	
	Abondance (%)	3,0 <sup>a</sup>	42,9 <sup>c</sup>	41,0 <sup>c</sup>	13,2 <sup>b</sup>	108,1 <sup>***</sup>
	Densité (ind/ha)	61,6 ( $\pm 48,3$ ) <sup>a</sup>	896,8 ( $\pm 350,0$ ) <sup>b</sup>	841,7 ( $\pm 279,6$ ) <sup>b</sup>	235,2 ( $\pm 178,8$ ) <sup>a</sup>	73,0 <sup>***</sup>
Forêt humide	N	6	6	6	6	
	Abondance (%)	4,2 <sup>a</sup>	46,3 <sup>b</sup>	31,2 <sup>c</sup>	18,3 <sup>d</sup>	95,9 <sup>***</sup>
	Densité (ind/ha)	57,4 ( $\pm 47,9$ ) <sup>a</sup>	588,9 ( $\pm 158,9$ ) <sup>c</sup>	394,4 ( $\pm 92,9$ ) <sup>b</sup>	315,7 ( $\pm 222,2$ ) <sup>a,b</sup>	31,6 <sup>***</sup>
Forêt galerie	N	3	3	3	3	
	Abondance (%)	2,4 <sup>a</sup>	27,7 <sup>a</sup>	35,1 <sup>a</sup>	34,8 <sup>a</sup>	2,6
	Densité (ind/ha)	13,3 ( $\pm 11,6$ ) <sup>a</sup>	160,0 ( $\pm 131,2$ ) <sup>a</sup>	203,3 ( $\pm 35,1$ ) <sup>a</sup>	200,0 ( $\pm 148,0$ ) <sup>a</sup>	2,4
Forêt de transition	N	6	6	6	6	
	Abondance (%)	10,3 <sup>a</sup>	66,0 <sup>b</sup>	18,5 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	76,6 <sup>***</sup>
	Densité (ind/ha)	91,5 ( $\pm 85,2$ ) <sup>a</sup>	633,3 ( $\pm 477,9$ ) <sup>b</sup>	242,8 ( $\pm 235,2$ ) <sup>a,b</sup>	50,0 ( $\pm 44,9$ ) <sup>a</sup>	5,8 <sup>**</sup>



**Figure 16.** Moyenne et écart type de la densité des individus (%) par classe de diamètre (cm) et par type de formation végétale.



**Figure 17.** Moyenne et écart type de la densité des individus (%) par classe de hauteur (m) et par type de formation végétale.

**Tableau 3.** Nombre d'individus de *Microcebus* spp. capturés par site d'étude pendant les deux descentes sur terrain (septembre - novembre 2007 et avril - juin 2008) (Données de J. Rakotondranary).

Village	Sites	Type de formation	<i>M. griseorufus</i>	Hybride	<i>M. murinus</i>	<i>M. rufus</i>
<b>Ihazofotsy</b>	41 Ihazofotsy	Fourré	17	1	0	0
	42 Ihazofotsy					
<b>Ambatoabo</b>	31 Ambatoabo	Fourré	0	0	10	0
	32 Ambatoabo	Forêt galerie	0	1	10	0
<b>Ankoba</b>	23 Ankoba	Forêt galerie	0	0	0	0
	21 Ankoba	Fourré	0	0	5	0
	22 Ankoba					
<b>Mahamavo</b>	11 Mahamavo	Forêt humide	0	0	0	18
	12 Mahamavo					
<b>Mangatsiaka</b>	61 Mangatsiaka	Fourré	9	13	43	0
	62 Mangatsiaka					
	63 Mangatsiaka					
<b>Tsimelahy</b>	53 Tsimelahy	Forêt galerie	0	0	1	0
	51 Tsimelahy	Forêt de transition	6	0	5	0
	51 Tsimelahy					

## Discussion et conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence les principales caractéristiques et les différences structurales entre les différents types de formations végétales considérées comme habitats potentiels des microcèbes dans le Parc National d'Andohahela. Les données floristiques permettent d'énoncer que la majorité des espèces de plante inventoriées sont endémiques de Madagascar (75%).

L'analyse des paramètres structuraux révèle une différence fortement significative entre les différents sites d'étude. Ces derniers se distinguent par leur composition floristique, la densité du nombre de tiges par hectare, la classe de diamètre, l'abondance relative, le taux de recouvrement, la hauteur des arbres, la localité, le degré de perturbation et la disponibilité alimentaire pour ces animaux.

Les sites d'études ont été disposés entre la forêt humide (Mahamavo) et l'écotone allant vers le fourré sec. D'après Rakotomalaza & Messmer (1999), cette zone fait encore partie de la forêt humide de basse altitude. Par contre, certaines espèces venant du fourré, voire de la forêt sèche, y sont introduites comme *Neobeguea mahafalensis* (Meliaceae), *Tamarindus indica*, *Tetrapterocarpon geayi* et *Diospyros humbertiana*. Le relief, la proximité de la forêt au village et l'abondance des lianes (*Vanilla madagascariensis*, Orchidaceae) jouent un grand rôle sur la distribution de ces arbres dans ce type d'habitat. Les individus à gros diamètre sont représentés par

les Moraceae, les Monimiaceae et les Myrtaceae. Peu d'individus excèdent une hauteur de 20 m.

Le fourré situé dans le Nord (Ankoba, Ambatoabo et Ihazofotsy) est faiblement similaire à celui du sud (Mangatsiaka). Ces sites présentent une différence significative en fonction de la hauteur des arbres et de l'abondance relative des espèces qui y sont présentes. En général, des individus ayant un diamètre entre 2,5 et 10 cm et une hauteur approximative  $\leq 10$  m appartenant aux familles des Fabaceae, des Euphorbiaceae, des Malvaceae, des Apocynaceae, des Burseraceae et des Ebenaceae sont constatés comme abondants dans ce type d'habitat. Cela confirme l'étude menée par Rakotomalaza & Messmer (1999). Par contre, la surface terrière moyenne est le double de celle observée en 1999 :  $96,4 \pm 34,8$  m<sup>2</sup>/ha. La présence de gros arbres, comme *Adansonia za* dans certains sites d'étude pourrait en être la cause. Les espèces les plus dominants dans ce type d'habitat sont représentées par *Alluaudia procera*, *A. ascendens*, *Adansonia za* et *Commiphora brevicalyx*. Sur le point de vue floristique, la forêt galerie et la forêt de transition sont très diversifiées à cause de l'exploitation sélective qu'elles ont subie.

Cette variation spécifique de la végétation, par endroit, a des impacts sur l'abondance, le régime alimentaire et la répartition des microcèbes dans chaque site étudié (Sehen *et al.*, 2010). De plus, chez certains espèces de *Microcebus* ; la structure de l'habitat pourrait présenter des facteurs limitants (Ganzhorn & Schmidt, 1998 ; Rendings *et al.*, 2003).

Dans le cas de *M. murinus* d'Ampijoroa, l'espèce est localisée le plus souvent dans des endroits protégés tels que les trous d'arbres (Radespiel *et al.*, 2003), avec un nombre élevé d'arbres à dhp  $\geq$  10 cm (Rendigs *et al.*, 2003). Au niveau de la forêt littorale du sud-est, elle préfère dormir au sein des formations présentant des arbres hauts, ouverts et de taille moyenne (Lahann, 2008). De plus, *M. murinus* est une espèce écologiquement généraliste, tolérante et présente un large éventail d'habitats (Ganzhorn & Schmid, 1998 ; Yoder *et al.*, 2002 ; Mittermeier *et al.*, 2008). En effet, cette espèce a été retrouvée aussi bien dans les forêts plus humide, comme les forêts galeries (Yoder *et al.*, 2002 ; Rakotondranary *et al.*, 2010), que dans les forêts denses sèches (Rasoloarison *et al.*, 2000 ; Yoder *et al.*, 2002). Ceci est vérifié par son abondance au sein du fourré (Mangatsiaka, Ambatoabo et Ankoba), dans la forêt galerie (Ambatoabo) et dans la forêt de transition (Tsimelahy). Au niveau de ces sites, les arbres de 5 à 20 cm de diamètre et atteignant 10 m de haut sont abondants. De plus, les analyses génétiques confirment l'abondance de cette espèce dans ce site (A. Hapke, com. pers).

Pour le cas de *M. griseorufus*, l'espèce a été trouvée dans le fourré sec épineux du Sud-ouest (Rasoloarison *et al.*, 2000 ; Mittermeier *et al.*, 2008 ; Génin, 2010) et est uniquement répartie à ce type d'habitat (Yoder *et al.*, 2002 ; Gligor *et al.*, 2009). Ceci est confirmé par leur présence dans les sites d'Ihazofotsy, Mangatsiaka et Tsimelahy, qui sont plus secs que les sites du Sud-ouest. Cependant, la niche occupée par *M. griseorufus* est probablement réduite si cette espèce doit partager son habitat avec *M. murinus* (Rakotondranary *et al.*, 2010).

Les coupes sélectives rencontrées au niveau de ces sites entraînent probablement des perturbations de l'habitat de ces espèces de microcèbe. En effet, au niveau du fourré, par exemple, un fort prélèvement d'*Alluaudia procera* et d'autres espèces est observé, que la population riveraine utilise pour la fabrication de planches et la préparation de bois de chauffe. Ces animaux assistent à une diminution de la densité des arbres qui leur sert de gîte et de leur source de nourriture, voire au changement global de l'écosystème.

## Remerciements

Nous tenons à remercier DAAD (Deutscher Akademischer Austausch Dienst) et le DFG Ga 342/14. Un grand merci à toute l'équipe de l'Université de Hambourg. Notre reconnaissance va également à

toute l'équipe du Département de Biologie et Ecologie Végétales de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, au Ministère de l'Environnement et des Forêts de Madagascar et au Madagascar National Parks (MNP) pour l'octroi des autorisations. Nous tenons également à remercier Jean-Pierre Sorg, Steven Goodman, Marie Jeanne Raheirilalao et Myriam Claude Rakotondramanana pour leurs suggestions et commentaires sur le manuscrit. Nous sommes profondément reconnaissants à toutes les personnes qui nous ont aidés pendant les travaux sur le terrain.

## Références bibliographiques

- Andriaharimalala, T. 2005.** *Caractérisation écologique des différents types d'habitats d'animaux dans le complexe forestier du Menabe central.* Mémoire de DEA, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Battistini, R. 1996.** Paléogéographie et variété des milieux naturels à Madagascar et dans les îles voisines: Quelques données de base pour l'étude biogéographique de la région Malgache. Dans *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 1-17. ORSTOM. Paris.
- Blanc-Pamard, C. & Rakoto Ramiarantsoa, H. 2003.** Madagascar: Les enjeux environnementaux. Dans *L'Afrique. Vulnérabilité et défis*, ed. M. Lesourd, pp. 354-376. Editions du Temps, Nantes.
- Ganzhorn, J. U. & Schmid, J. 1998.** Different population dynamics of *Microcebus murinus* in primary and secondary deciduous dry forest of Madagascar. *International Journal of Primatology*, 19: 785-796.
- Gautier, L., Chatelin, C. & Spichiger, R. 1994.** Presentation of a relevé for vegetation studies based on high resolution satellite imagery. In *Proceedings of XIIIth plenary meeting of AETFAT*, eds. J. H. Seyani & A. C. Chikuni, pp. 1339-1350. National Herbarium and Botanic Gardens of Malawi, Zomba.
- Génin, F. 2010.** Who sleeps with whom? Sleeping association and socio-territoriality in *Microcebus griseorufus*. *Journal of Mammalogy*, 91: 942-951.
- Gentry, A. H. 1982.** Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*, 15: 1-84.
- Gligor, M., Ganzhorn, J. U., Rakotondravony, D., Ramilijaona, O. R., Razafimahatratra, E., Zischler, H. & Hapke, A. 2009.** Hybridization between mouse lemurs in an ecological transition zone in southern Madagascar. *Molecular Ecology*, 18: 520-533.
- Goedefroit, S. 2002.** Stratégies patrimoniales du paradis de la nature. Conservation de la biodiversité, développement et revendications locales à Madagascar. Dans *Patrimonialiser la nature tropicale: Dynamiques locales, enjeux internationaux* eds. M. C. Cormier-Salem, D. Juhe-Beaulaton, J. Boutrais. & B. Roussel, pp. 125-166. Editions de l'IRD, Paris.

- Goodman, S. M. 1999.** Description of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, and the 1995 biological inventory of the reserve. In A floral and faunal inventory of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar: With reference to elevational variation, ed. S. M. Goodman. *Fieldiana: Zoology*, new series, 94: 1-9.
- Gounot, M. 1969.** *Méthode d'étude quantitative de la végétation*. Masson, Paris.
- Guillaumet, J.-L. 1984.** The vegetation: An extraordinary diversity. In *Key Environments: Madagascar*, eds. A. Jolly, P. Oberlé & R. Albignac, pp. 27-54. Pergamon Press, Oxford.
- Helme, N. A. & Rakotomalaza, P. J. 1999.** An overview of the botanical communities of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar. In A floral and faunal inventory of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar: With reference to elevational variation, ed. S. M. Goodman. *Fieldiana: Zoology*, new series, 94: 11-23.
- Koechlin, J., Guillaumet, J. L. & Morat, P. 1974.** *Flore et végétation de Madagascar*. Cramer J., Vaduz.
- Lahann, P. 2008.** Habitation utilization of three sympatric cheirogaleid lemur species in littoral rain forest of southeastern Madagascar. *International Journal of Primatology*, 29: 117-134.
- Lowry II, P. P., Schatz, G. E. & Phillipson, P. B. 1997.** The classification of natural and anthropogenic vegetation in Madagascar. In *Natural change and human impact in Madagascar*, eds. S. M. Goodman & B. D. Patterson, pp. 93-123. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Mabberley, D. J. 2002.** *The plant book, a portable dictionary of vascular plants*. 2<sup>nd</sup> édition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A. & Hubert, M. 2005.** *Cluster analysis basics and extensions*. [<http://www.R-project.org>].
- Marcus, R. R. 2001.** Seeing the forest for the trees: Integrated conservation and development projects and local perceptions of conservation in Madagascar. *Human Ecology*, 29: 381-397.
- Messmer, N., Gautier, L. & Châtelain C., 2002.** Etude de la structure et de la composition floristique de la végétation de la Réserve Spéciale de Manongarivo, Madagascar. *Boissiera*, 59: 241-309.
- Mittermeier, R. A., Ganzhorn, J. U., Konstant, W. R., Glander, K., Tattersall, I., Groves, C. P., Rylands, A. B., Hapke, A., Ratsimbazafy, J., Mayor, M. I., Louis, E. J., Rumpler, Y., Schwitzer, C. & Rasoloarison, R. M. 2008.** Lemur diversity in Madagascar. *International Journal of Primatology*, 29: 1607-1656.
- MNP. 2003.** *Plan de Gestion et de Conservation: Parc National d'Andohahela*. Madagascar National Parks. Direction interrégionale Toliara, Toliara.
- Moat, J. & Smith, P. 2007.** *Atlas of the vegetation of Madagascar*. Royal Botanic Garden, Kew.
- Phillipson, P. B. 1996.** Endemism and non-endemism in the flora of south-west Madagascar. Dans *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 125-136. ORSTOM, Paris.
- R Development Core Team. 2010.** *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing [<http://www.R-project.org>]. Vienna, Austria.
- Radespiel, U., Ehresmann, P. & Zimmermann, E. 2003.** Species-specific usage of sleeping sites in two sympatric mouse lemur species (*Microcebus murinus* and *M. ravelobensis*) in northwestern Madagascar. *American Journal of Primatology*, 59: 139-151.
- Rafidison, V. 1989.** Valorisation des plantes les plus exploitées dans la zone périphérique de la réserve naturelle intégrale d'Andohahela (cas des villages d'Ebaketra et Ihazofotsy Bevia). *Tohiravina*, 1: 61-65.
- Rajoelison, L. G. 1992.** Méthodologie d'analyse sylvicole dans une forêt naturelle. *Akon'ny Ala*, 8: 9-16.
- Rakotoarinivo, M. 2008.** *Analyse de la distribution et de la conservation des palmiers (Arecaceae) de Madagascar par l'utilisation du système d'information géographique*. Thèse de doctorat en Ecologie Végétale, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Rakotomalaza, P. J. & Messmer, N. 1999.** Structure and floristic composition of the vegetation in the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela Madagascar. In A floral and faunal inventory of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar: With reference to elevational variation, ed. S. M. Goodman. *Fieldiana: Zoology*, new series, 94: 51 – 96.
- Rakotondrainibe, F. 1999.** Pteridophytes of the eastern slope of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar: Distribution and floristic analysis. In A floral and faunal inventory of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar: With reference to elevational variation, ed. S. M. Goodman. *Fieldiana: Zoology*, new series, 94: 25-50.
- Rakotondranary, J., Ratovonamana, Y. R. & Ganzhorn, J. U. 2010.** Distributions et caractéristiques des microhabitats de *Microcebus griseorufus* (Cheirogaleidae) dans le Parc National de Tsimanampetsotsa (Sud-ouest de Madagascar). *Malagasy Nature*, 4: 55-64.
- Rakotondranary, J., Hapke, A. & Ganzhorn, J.U. 2011a.** Distribution of *Microcebus* along an environmental gradient in southeastern Madagascar. *International Journal of Primatology*, 32: 1037-1057.
- Rakotondranary, J. & Hapke, A. 2011b.** Distribution and morphological variation of *Microcebus* spp. along an environmental gradient in southeastern Madagascar. *International Journal of Primatology*, 32: 1037-1057.
- Rakotondravony, R. & Radespiel, U. 2007.** Variation de la distribution de deux espèces de microcèbes dans le Parc National Ankarafantsika. *Lemurs News*, 12: 31-34.
- Ramangason, G. S. 1986.** *Analyse de la structure horizontale et verticale de la forêt sèche d'Ampijoroa*. Thèse de troisième cycle, Université d'Antananarivo, Antananarivo.

- Rasatatsihoarana, H. T. F. 2007.** Rapport final sur la reconnaissance écologique des aires forestières dans le Menabe Sud en vue d'une délimitation de nouvelles aires protégées. Trans-Mad'Développement, Parc National de Kirindy Mitea.
- Rasoloarison, R. M., Goodman, S. M. & Ganzhorn, J. U. 2000.** A taxonomic revision of mouse lemurs (*Microcebus*) occurring in the western portions of Madagascar. *International Journal of Primatology*, 21: 963-1019.
- Ratovonamana, R. Y., Rajeriarison, C., Roger, E. & Ganzhorn, J. U. 2011.** Phenology of different vegetation types in Tsimanampetsotsa National Park, southwestern Madagascar. *Malagasy Nature*, 5: 14-38.
- Rendigs, A., Radespiel, U., Wrogemann, D. & Zimmermann, E. 2003.** Relationship between microhabitat structure and distribution of mouse lemurs (*Microcebus* spp.) in northwestern Madagascar. *International Journal of Primatology*, 24: 47-64.
- Schatz, G. E. 2001.** *Flore générique des arbres de Madagascar*. Royal Botanic Garden & Missouri Botanical Garden, Kew.
- Sehen, L., Goetze, D., Rajeriarison, C., Roger, E., Thorén, S. & Radespiel, U. 2010.** Structural and floristic traits of habitats with differing relative abundance of the lemurs *Microcebus murinus* and *M. ravelobensis* in northwestern Madagascar. *Ecotropica*, 16: 15-30.
- Spack, S. 2005.** *Gestion environnementale décentralisée de la réserve spéciale de Manongarivo (Nord-Ouest de Madagascar)*. Thèse de Doctorat, Université de Neuchâtel, Neuchâtel.
- Sussman, R. W. & Rakotozafy, A. 1994.** Plant diversity and structural analysis of a tropical dry forest in south western Madagascar. *Biotropica*, 26: 241-254.
- Yoder, A. D., Burns, M. M. & Génin, F. 2002.** Molecular evidence of reproductive isolation in sympatric sibling species of mouse lemurs, *International Journal of Primatology*, 23: 1335-1343.

**Annexe 1.** Tableau comparatif du type de sol de chaque site d'étude (S : sableux ; SI : sablo-limoneux ; Ls : limono-sableux ; La : limono-argileux ; Las : limono-argilo-sableux).

Village	Type de formation	Site	Texture	Code Munsell	Couleur	pH	Granulométrie		
							Argile	Limon	Sable
<b>Ihazofotsy</b>	Fourré	41 Ihazofotsy	SI	5YR 4/6	Rouge jaunâtre	5,9	22	20	58
	Fourré	42 Ihazofotsy	Ls	10YR 5/6	Marron jaunâtre	6,6	21	27	51
<b>Ambatoabo</b>	Fourré	31 Ambatoabo	La	5YR 4/4	Marron rougeâtre	6,8	20	23	57
	Forêt galerie	32 Ambatoabo	SI	10YR 4/2	Marron grisâtre foncée	6,4	14	17	69
<b>Ankoba</b>	Fourré	23 Ankoba	Ls	2,5YR 5/8	Rouge	6,0	18,5	21,5	60
	Forêt galerie	21 Ankoba	SI	10YR 2/2	Marron foncée	6,5	17	17	64
	Fourré	22 Ankoba	SI	10YR 3/4	Marron jaunâtre foncée	6,3	19,5	20,5	60
<b>Mahamavo</b>	Forêt humide	11 Mahamavo	Las	10YR 4/6	Marron jaune foncée	5,3	30	25	45
<b>Mangatsiaka</b>	Fourré	61 Mangatsiaka	SI	5YR 5/6	Rouge jaunâtre	5,8	16	22	62
	Fourré	62 Mangatsiaka	S	10YR 4/2	Marron gris sombre	5,5	13	20	67
<b>Tsimelahy</b>	Fourré	63 Mangatsiaka	SI	5YR 4/3	Marron rougeâtre	5,8	18,5	23,5	58
	Forêt galerie	53 Tsimelahy	SI	2,5Y 7/6	Jaune	6,4	18	14	68
	Forêt de transition	52 Tsimelahy	SI	5Y 6/4	Gris olive clair	6,5	11	10,5	78,5
	Forêt de transition	51 Tsimelahy	SI	10YR 4/3	Marron	6,1	20	21	59

**Annexe 2.** Tableau comparatif des différents types de formation végétale.

Site	Hauteur moyenne des arbres (m)	Pourcentage des individus < 10 cm de diamètre	Pourcentage des individus ayant un diamètre ≥ 10 cm	Nombre d'individu à l'hectare	Taux de recouvrement (%)
11 Mahamavo A	11,4	49,2	50,8	1411,1	83,1
12 Mahamavo B	8,5	51,78	48,2	1114,8	48,7
21 Ankoba A	6,4	40,34	59,6	2029,6	53,3
22 Ankoba C	4,8	46,3	53,7	2388,9	47,2
31 Ambatoabo A	4,6	46,0	54,1	1896,3	48,3
41 Ihazofotsy A	5,2	34,5	65,5	2177,8	42,5
42 Ihazofotsy E	6,5	25,0	75,0	1233,3	35,1
51 Tsimelahy B	5,8	69,5	30,5	1625,9	44,0
61 Mangatsiaka A	5,3	59,6	40,4	2396,3	44,4
62 Mangatsiaka B	6,1	58,1	41,9	2537,0	39,9
63 Mangatsiaka C	5,3	56,6	43,4	1622,2	43,0
23 Ankoba F Gal	7,6	40,0	60,0	500,0	43,8
32 Ambatoabo F Gal	12,6	3,4	96,6	590,0	32,2
53 Tsimelahy F Gal	8,7	46,9	53,1	640,0	34,2
52 Tsimelahy D	5,7	83,0	17,0	381,5	14,6