

# **TABLE DES MATIERES**

REMERCIEMENTS .....	i
LISTE DES CARTES .....	vi
LISTE DES FIGURES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES .....	viii
LISTE DES ANNEXES .....	viii
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>Partie 1: MILIEU D'ETUDE</b>	
<b>I- GENERALITES .....</b>	<b>3</b>
I-1 Domaine du Sambirano .....	3
I-2 Presqu'île d'Ampasindava dans le domaine du Sambirano.....	3
<b>II- MILIEU ABIOTIQUE .....</b>	<b>4</b>
II-1 Considérations climatiques générales.....	4
II-2 Géologie.....	8
II-3 Relief et hydrographie.....	9
II-3-1 Relief .....	9
II-3-2 Hydrographie .....	9
<b>III- MILIEU BIOTIQUE .....</b>	<b>10</b>
III-1 Flore et végétation.....	10
III-2 Faune .....	11
III-3 Milieu humain .....	12
III-3-1 Occupation humaine .....	12
III-3-2 Activités humaines .....	13
<b>Partie 2: METHODES D'ETUDE</b>	
<b>I- ETUDES PRELIMINAIRES .....</b>	<b>15</b>
I-1 Recherches bibliographiques .....	15
I-2 Prospection préliminaire (Novembre 2007) .....	15
I-3 Choix des sites d'étude .....	15
<b>II- COLLECTE DES DONNEES ECOLOGIQUES .....</b>	<b>16</b>
II-1 Relevés linéaires.....	16
II-2 Placeau de BRAUN BLANQUET.....	18
II-3 Etude de sol.....	18

<b>III-</b>	<b>ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES</b> .....	18
	III-1 Détermination des échantillons .....	19
	III-2 Qualité d'échantillonnage .....	19
	III-3 Etude structurale .....	20
	III-3-1 Structure horizontale .....	20
	III-3-2 Structure verticale21	
<b>IV-</b>	<b>ANALYSE NUMERIQUE DES DONNEES</b> .....	23
	• Classification Hiérarchique Ascendante (CAH) .....	23
	• Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	24
<b>V-</b>	<b>CARTOGRAPHIE DE LA VEGETATION</b> .....	25
	<b>Partie 3: RESULTATS ET INTERPRETATIONS</b>	
<b>I-</b>	<b>LES SITES D'ETUDE</b> .....	26
	I-1 Localisation des sites d'étude .....	26
	I-2 Caractéristiques des sites d'étude .....	27
	I-2-1 Tsarabanja .....	27
	I-2-2 Ampôpô .....	28
	I-2-3 Betsitsikahely.....	29
	I-3 Qualité d'échantillonnage .....	30
<b>II-</b>	<b>Richesse et composition floristique</b> .....	30
	II-1 Richesse et composition floristique globale .....	30
	II-2 Diversité floristique de chaque site .....	31
<b>III-</b>	<b>CARACTERISTIQUES PHYSIONOMIQUES DE LA VEGETATION</b>	
	<b>DES TROIS SITES</b> .....	33
	III-1 Tsarabanja .....	33
	III-2 Ampôpô .....	37
	III-3 Betsitsikahely .....	42
	Conclusion partielle .....	47
<b>IV-</b>	<b>RESULTATS DE L'ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE</b> .....	50
	IV-1 Test de corrélation .....	50
	IV-2 Identification des groupes structuraux .....	50
	IV-3 Description des groupes structuraux .....	51
	IV-3-1 Groupe structural 1 .....	52
	IV-3-2 Groupe structural 2 .....	55
	IV-3-3 Groupe structural 3 .....	59
	IV-3-4 Groupe structural 4.....	62

Conclusion partielle .....	66
IV-4 Relation entre facteurs écologiques et groupements structuraux .....	67
IV-5 Synthèse des résultats.....	68
V- CARTOGRAPHIE DES GROUPEMENTS STRUCTURAUX .....	69
<b>Partie 4: DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS</b>	
I- DISCUSSION SUR LES METHODES D'ETUDE ET LES RESULTATS .....	72
I-1 Remarque sur les méthodes d'étude .....	72
I-2 Discussion sur les résultats .....	72
I-2-1 Similarité avec la flore et la végétation de Manongarivo (Domaine du Sambirano) .....	72
I-2-2 Similarité avec la flore et la végétation dense humide de basse altitude .....	73
I-2-3 Similarité avec la végétation dense sèche.....	74
I-2-4 Pourquoi autant de variation physionomique et structural au sein d'une même zone.....	75
I-3 Menaces et pressions	76
II- Recommandations .....	77
II-1 Proposition pour le plan de conservation .....	77
II-2 Education-Sensibilisation.....	77
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>80</b>
<b>ANNEXES</b>	
<b>PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES</b>	

## LISTE DES CARTES

Carte 1: Localisation de la presqu'île d'Ampasindava .....	4
Carte 2: Couverture végétale de Bongomirahavay et de Betsitsikahely .....	10
Carte 3 : Localisation des sites d'étude.....	27
Carte 4: Localisation des groupes structuraux dans le massif de Bongomirahavavy.....	70
Carte 5: Carte de localisation des groupes structuraux dans la forêt de Betsitsikahely .....	71

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Représentation tridimensionnelle partielle de la partie Nord de Madagascar vue du côté ouest	3
Figure 2: Régime thermique de Nosy be.....	5
Figure 3: Diagramme ombrothermique de Nosy be .....	6
Figure 4: Variation mensuelle de la durée d'insolation de Nosy be.....	7
Figure 5: Régime du vent à Nosy be.....	7
Figure 6: Disposition du relevé linéaire superposé avec le plateau de Braun Blanquet .....	16
Figure 7: Profil structural de la végétation.....	21
Figure 8: Diagramme de recouvrement de la végétation.....	22
Figure 9: Exemple d'un dendrogramme d'agrégation des relevés en fonction de leur degré de Similarité.....	24
Figure 10: Relations facteurs du milieu et de la végétation donnée par l'ACP.....	25
Figure 11: Spectre biologique de la végétation de Tsarabanja.....	31
Figure 12: Spectre biologique de la végétation d'Ampôpô.....	32
Figure 13: Spectre biologique de la végétation de Betsitsikahely.....	32
Figure 14 : Variation de la hauteur moyenne de la végétation par niveau topographique .....	33
Figure 15: Répartition des individus par classe de diamètre.....	37
Figure 16: Répartition des individus par classe de hauteur.....	37
Figure 17 : Variation de la hauteur moyenne de la végétation par niveau topographique .....	38
Figure 18: Répartition des individus par classe de diamètre.....	42
Figure 19: Répartition des individus par classe de hauteur.....	42
Figure 20 : Variation de la moyenne des hauteurs maximales de la végétation par niveau topographique.....	43
Figure 21: Répartition des individus par classe de diamètre.....	46
Figure 22: Répartition des individus par classe de hauteur.....	46
Figure 23: Représentation schématique de la variation structurale de la végétation de Bongomirahavavy (Bas fond (1), Bas versant (2), Mi versant (3), Haut versant (4), Crête (5), Plateau sommital (6)).....	48
Figure 24: Représentation schématique de la variation structurale de la végétation de Betsitsikahely	

(Bas fond (1), Bas versant (2), Mi versant (3), Haut versant (4), Crête (5), Plateau sommital (6)).....	49
Figure 25: Dendrogramme d'agrégation des 26 relevés linéaires en fonction de leurs Similarités structurales .....	51
Figure 26: Spectre biologique de la végétation du groupe structural 1 .....	53
Figure 27: Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 1 .....	54
Figure 28: Répartition des individus par classe de hauteur de la végétation du groupe structural 1.....	55
Figure 29: Spectre biologique de la végétation du groupe structural 2.....	56
Figure 30: Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 2.....	58
Figure 31: Répartition des individus semenciers par classe de hauteur .....	59
Figure 32: Spectre biologique de la végétation du groupe structural 3 .....	60
Figure 33: Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 3 .....	61
Figure 34: Répartition des individus par classe de hauteur du groupe structural 3.....	62
Figure 35: Spectre biologique de la végétation du groupe structural 4.....	63
Figure 36: Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 4.....	64
Figure 37: Répartition des individus par classe de hauteur du groupe structural 4.....	65
Figure 38: Résultat du traitement par l'Analyse en Composantes Principales (ACP).....	67

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Les sites d'étude.....	26
Tableau 2 : Richesse floristique globale d'Ampasindava .....	30
Tableau 3: Tableau illustrant les relevés qui composent chaque groupe structural .....	51
Tableau 4: Caractéristiques stationnelles du groupe structural 1 .....	52
Tableau 5: Caractéristiques stationnelles du groupe structural 2 .....	56
Tableau 6: Caractéristiques stationnelles du groupe structural 3 .....	59
Tableau 7 : Caractéristiques stationnelles du groupe structural 4 .....	62
Tableau 8: Matrice de corrélation des facteurs du milieu .....	66
Tableau 9: Les familles dominantes rencontrées dans les différentes localités à Forêt Dense Humide Sempervirente de basse altitude .....	73
Tableau 10: Comparaison des valeurs biométriques de la végétation d'Ampasindava avec des autres localités .....	74

## **LISTE DES PHOTOGRAPHIES**

Photo 1 : *Brookesia minima*

Photo 2 : *Furcifer* sp

Photo 3 : *Tenrec caudatus* et ses priginitures

Photo 4 : *Eulemur macaco*

Photo 5 : *Galida elegans*

Photo 6 : *Geckolepsis maculata*

Photo 7 : Exploitation de bois (*Albizia* sp) pour la fabrication de pirooue

Photo 8 : Champ de culture après la saison récolte

Photo 9 : Savoka à *Ravenala* après passage du feu

Photo 10 : Forêt défrichée par la pratique du Tetiky

Photo 11: La végétation de Bongomirahavavy

Photo 12: Les BAMBUSOIDEAE de la strate inférieure de la végétation d'Ampôpô

Photo 13 : Racines échasses de *Martellidendron* sp (PANDANACEAE)

Photo 14: Contre fort de *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE)

Photo 16: Rivière temporaire de Betsitsikahely (en mois de Décembre)

Photo 17: La végétation de Betsitsikahely

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe I: Liste floristique globale de la flore d'Ampasindava

Annexe II : Profils structuraux de la végétation des 26 relevés linéaires

Annexe III: Région Dianà-Zonage forestier

Annexe IV: Région Dianà- Classement forestier

Annexe V: Carte de la végétation (climax) par Humbert (1970)

Annexe VI: Carte bioclimatique de Madagascar

Annexe VII : Image satellitaire -google earth 2002 de la presqu'île d'Ampasindava

Annexe VIII: Résultats du test de corrélation

Annexe IX : Carte internationale du tapis végétal

## INTRODUCTION

Bien que les écosystèmes forestiers tropicaux soient les plus riches en biodiversité au niveau mondial et qu'ils n'occupent que les 7% de la superficie totale de la planète, ils abritent les 66% des espèces végétales (DUFILS, 2003). Parmi les pays tropicaux, Madagascar est classé comme un pays à mégadiversité.

L'isolement de la grande île et la grande diversité de ses écosystèmes expliquent sa biodiversité exceptionnelle et le taux élevé d'endémisme en espèces végétales et animales (GOODMAN & al., 2003 ; HAWKINS & GOODMAN, 2003 ; RABINOWITZ & al., 1983 ; SCHATZ, 1996 ; STATTERSFIELD & al., 1998). Des études taxonomiques menées sur les plantes de Madagascar ont permis de mettre en évidence les différents écosystèmes et une diversité floristique incroyable dont le taux d'endémisme est proche de 90%, un des plus élevés du monde (SCHATZ 2001 ; PHILLIPSON & al., 2006).

Cette richesse en biodiversité est loin d'être entièrement connue et le domaine phytogéographique de Sambirano reste méconnu, à part les forêts de basse altitude de Manongarivo, celles de Nosy be (Lokobe), du Kalabenono et du Galoka. C'est un domaine phytogéographique particulier possédant un climat analogue à celui du domaine de l'Est malgré sa situation dans la partie nord-ouest de Madagascar. Son enclavement et la variété du milieu naturel (plaines alluviales, vases à palétuviers, mangroves et massifs) ont favorisé un endémisme local élevé.

Comme ailleurs à Madagascar, la déforestation y progresse à vitesse alarmante du fait d'une paupérisation généralisée des populations et d'une croissance démographique rapide, et nécessitent l'accroissement des ressources vivrières, l'augmentation des besoins qui se font au détriment des ressources. Il est fort probable que des espèces non encore connues soient menacées de disparition.

C'est le cas de la forêt de la presqu'île d'Ampasindava qui n'a jamais fait l'objet d'une étude approfondie. Elle est caractérisée par la présence des forêts denses humides sempervirentes de basse altitude et des forêts subhumides mais aussi des mangroves et des forêts littorales. C'est une zone largement méconnue : il a été estimé qu'au niveau des échantillons d'herbier récoltés dans le domaine du Sambirano, 0,5% proviennent de la presqu'île d'Ampasindava.

Devant cette situation, les Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève (CJBG) et le Département de Biologie et Ecologie Végétales (DBEV) de la Faculté des Sciences- Université d'Antananarivo en collaboration avec le Missouri Botanical Garden (MBG)

ont monté un projet de recherche dont l'objectif est de caractériser la flore et la végétation d'Ampasindava. Pour y arriver, ce projet comprend la récolte d'échantillons d'herbiers et la réalisation des relevés écologiques, afin de définir des zones prioritaires pour la conservation.

Dans cette optique, le présent travail intitulé « **Caractérisation écologique de la végétation dans la presqu'île d'Ampasindava, cas de la forêt des massifs de Bongomirahavy et Betsitsika (domaine du Sambirano) ; région Dianà** », a comme objectif principal l'étude de la végétation d'Ampasindava. Les objectifs spécifiques sont de connaître la typologie, la structure de la végétation en décrivant les groupes structuraux et les facteurs écologiques déterminant la complexité de la végétation, et d'avancer des recommandations sur la conservation des ressources naturelles.

Le plan abordé pour traiter ce thème se divise en quatre grandes parties :

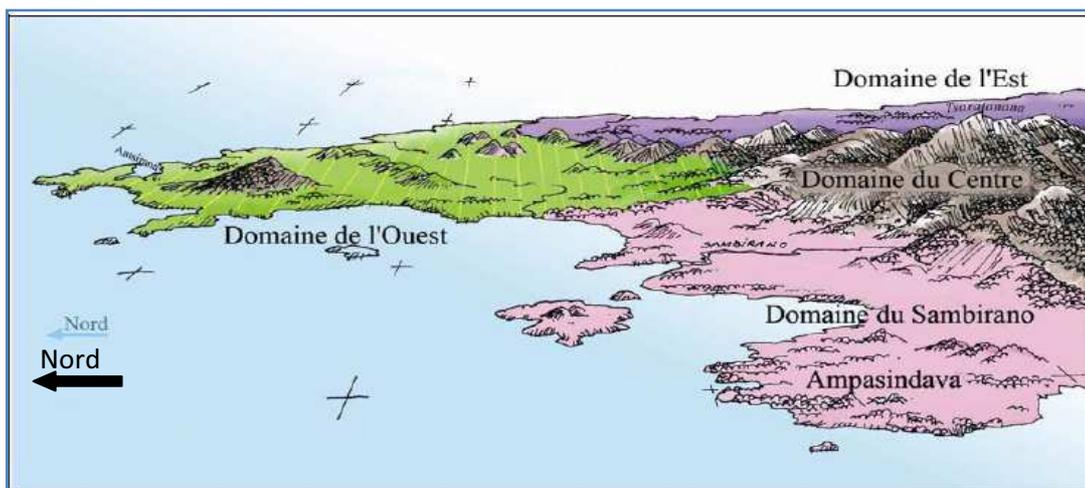
- la première partie donne la présentation du milieu d'étude ;
- la seconde partie décrit les méthodes d'étude ;
- la troisième partie présente les résultats et interprétations ;
- la dernière partie est constituée par la discussion et débouche sur des propositions pour élaborer un plan de conservation et de gestion des forêts dans la presqu'île d'Ampasindava.

## Parie 1 : MILIEU D'ETUDE

### I- GENERALITES

#### I-1 DOMAINE DU SAMBIRANO

Tiré du nom d'un grand fleuve homonyme qui prend ses sources dans le massif de Tsaratanana, le domaine du Sambirano est l'un des six divisions phytogéographiques principales de Madagascar (HUMBERT et COURS DARNE, 1965). C'est un domaine particulier à cause de ses caractéristiques géographiques et climatiques. Il forme une enclave humide dans la côte ouest à dominance sèche de la grande île. Le domaine du Sambirano est délimité au nord par Analalava, à l'est par le canal de Mozambique, à l'ouest par les massifs de Manongarivo et Tsaratanana. Il occupe une superficie de 420.000 ha et est formé par les plaines alluviales d'Ambanja, les massifs qui ne dépassent pas les 800 m d'altitude, les parties de basse altitude du Manongarivo et du Tsaratanana et la presqu'île d'Ampasindava et l'île de Nosy be (Figure 1).

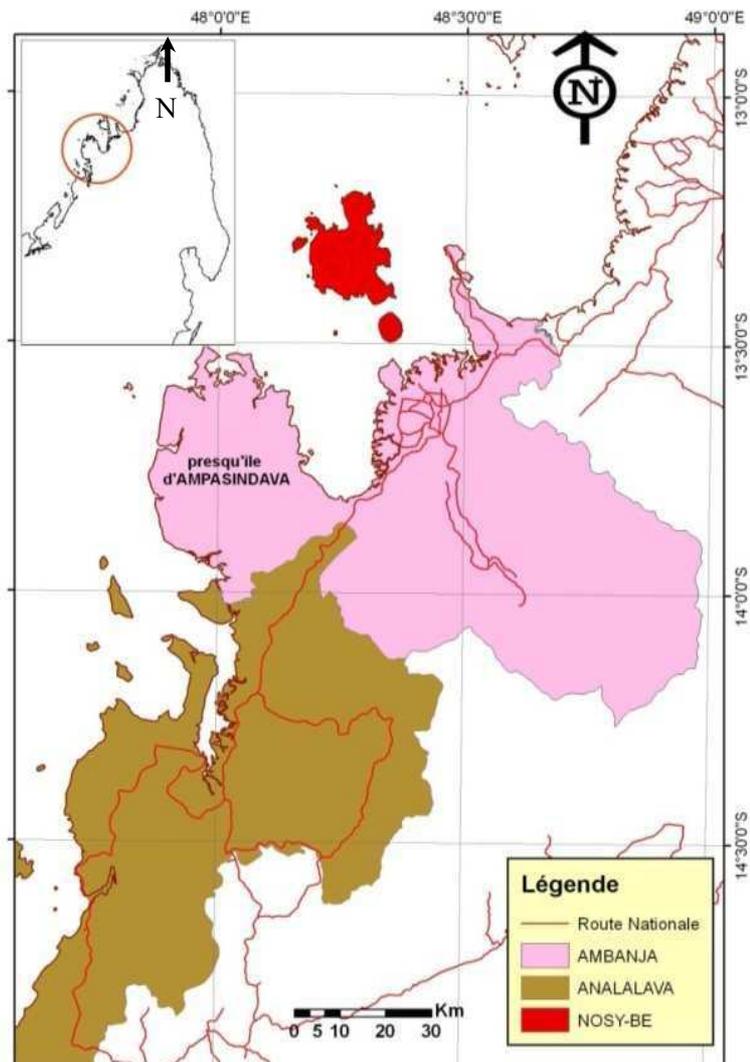


**Figure 1 : Représentation tridimensionnelle partielle de la partie Nord de Madagascar vue du côté ouest.** Elaborée à partir de la carte des domaines phytogéographiques de Humbert. (carte: Cyrille Chatelain, com. pers.)

#### I-2 PRESQU'ILE D'AMPASINDAVA DANS LE DOMAINE DU SAMBIRANO

C'est la plus grande presqu'île dans le nord ouest de Madagascar. Elle est localisée entre 13°30'- 13°58' de latitude sud et 47°42'- 48°42' de longitude est (Carte 1). Elle se trouve au nord d'Analalava, au sud ouest de l'île de Nosy be, au nord du Manongarivo, entourée par le canal du Mozambique. L'altitude varie de 0 à 760 m et elle couvre une superficie de 145.000 ha. Au niveau administratif, la presqu'île d'Ampasindava fait partie du district d'Ambanja, région

Dianà et province d'Antsiranana. Des pistes pédestres permettent d'y accéder, et la communication avec les autres régions se fait essentiellement par voie maritime (pirogues).



**Carte 1: Localisation de la presqu'île d'Ampasindava**

(Source: BD 500, FTM, 2009)

## **I- MILIEU ABIOTIQUE**

Cette partie sera consacrée à la description détaillée du milieu naturel de la presqu'île d'Ampasindava.

### **II-1 CONSIDERATIONS CLIMATIQUES GENERALES**

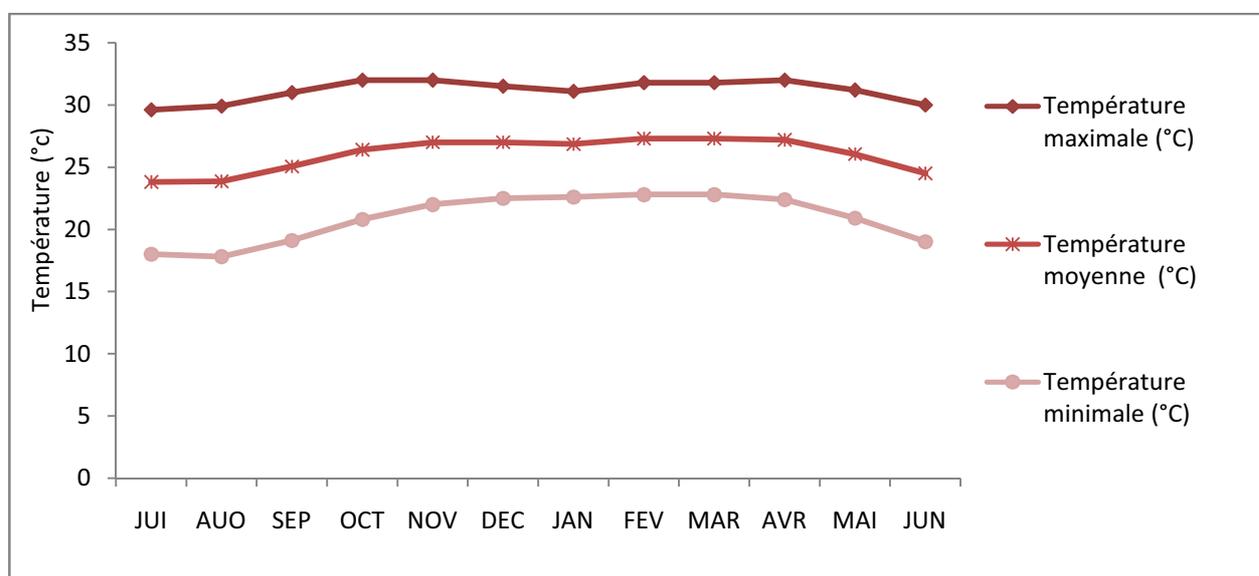
Le domaine du Sambirano est enclavé dans le nord ouest de la grande île. C'est la seule région de la côte ouest à climat tropical humide (DUFOURNET, 1972). Ces caractéristiques climatiques découleraient de la dissymétrie des reliefs de la partie centrale de Madagascar. A

l'est du domaine du Sambirano, le massif du Tsaratanana et le massif du Manongarivo font dévier les Alizés vers la côte occidentale sur une largeur d'environ 100 km (HUMBERT et COURS DARNE, 1965 ; DONQUE, 1972). De l'autre côté, dans le canal de Mozambique, l'air équatorial chaud et très humide (75% à 87% d'humidité relative) engendre un vent du secteur nord-ouest. Par conséquent, le domaine du Sambirano peut recevoir une forte pluviosité qui peut dépasser les 2000 mm par an. C'est la seule région de la partie occidentale qui possède des caractéristiques climatiques semblables à celles de la partie orientale.

Faute de station météorologique à Ampasindava, les données météorologiques de l'île de Nosy be ont été considérées. Ces données ont été recueillies auprès du service de la Météorologie Nationale; elles ont été relevées entre 1961 et 1990.

- **Température**

A Nosy be, la température moyenne mensuelle varie de 24°C à 27°C (Figure 2). Plus on se rapproche de la saison de pluie, plus la température journalière augmente. Les mois les plus froids sont Juillet et Août et la température peut descendre jusqu'à 17°C. Les mois les plus chauds sont Novembre et Décembre avec une température maximale de 32°C. La température moyenne annuelle oscille autour de 26°C et permet de déduire que la température dans ce domaine est plus élevée que celle du domaine oriental.



**Figure 2 : Régime thermique de Nosy be**

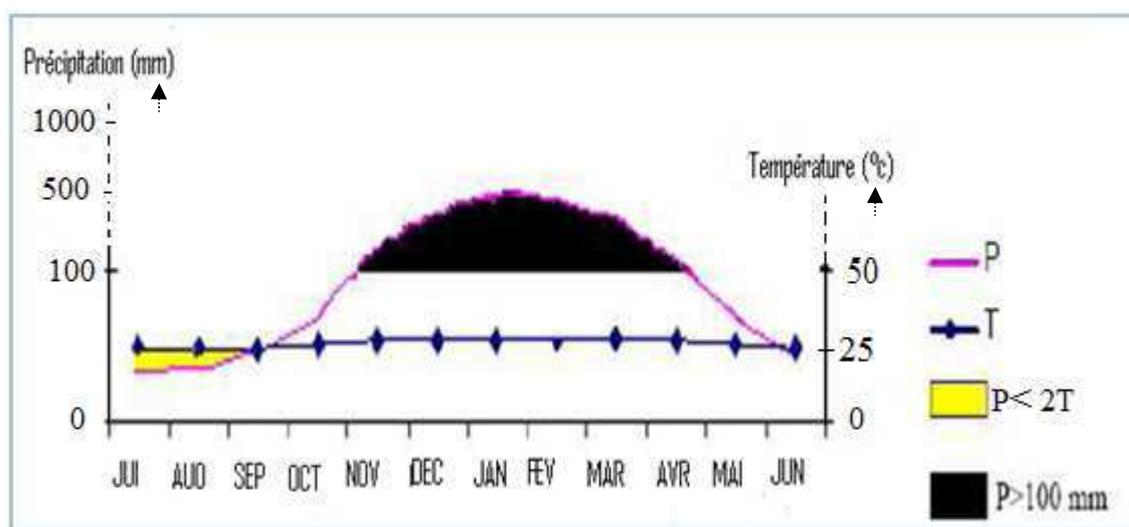
(Source : Service de la Météorologie Nationale; données relevées de 1961 et 1990)

- **Précipitations**

Grâce à l'effet simultané de l'Alizé et de la Mousson, le domaine du Sambirano bénéficie d'une forte pluviométrie. La saison des pluies débute au mois d'Octobre et se termine au mois d'Avril (Figure 3). Les mois où les précipitations sont les plus abondantes sont Janvier et Février avec 20 à 24 jours de pluie à Nosy be et une pluviométrie de 479,8 mm en Janvier. Par contre la saison sèche dure environ trois à quatre mois avec 5 jours de pluies seulement au mois de Juillet. Les précipitations annuelles atteignent 2254,5 mm, avec 172,7 jours de pluie. C'est une quantité de précipitations similaire à celle du domaine oriental, soumis à l'influence de l'Alizé, mais sous un régime plus contrasté.

- **Diagramme ombrothermique**

Les variations annuelles de la température (T) et des précipitations (P) de la saison sont représentées sur le diagramme ombrothermique de GAUSSEN dont le principe est basé sur la formule  $P=2T$  (Figure 3).

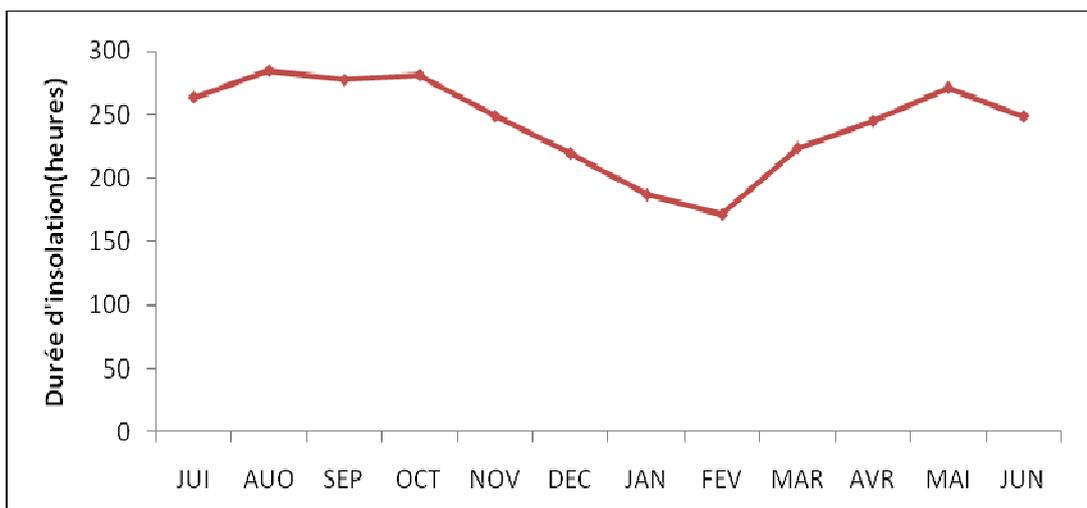


**Figure 3: Diagramme ombrothermique de Nosy be**

(Source : Service de la Météorologie Nationale ; données relevées de 1961 et 1990)

- **Insolation**

La durée mensuelle moyenne d'insolation sur l'année est de 243,6 heures à Nosy be. Elle est faible pendant la saison de pluies, soit 171,2 heures seulement au mois de Février (Figure 4). Le mois le plus chaud (Décembre) ne correspond pas au mois le plus ensoleillé qui est le mois d'Août avec 284,9 heures d'insolation.

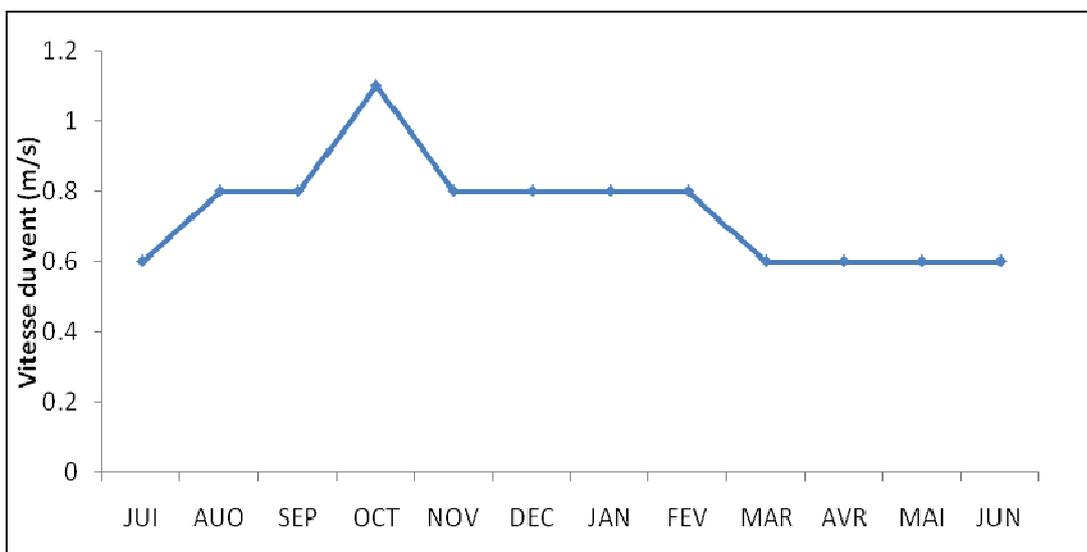


**Figure 4: Variation mensuelle de la durée d'insolation de Nosy be**

(Source : Service de la Météorologie Nationale ; données relevées de 1961 et 1990)

- **Vents**

A cause de la dissymétrie entre le versant oriental et le versant occidental, deux types de vents d'origine différente se rejoignent dans la presqu'île d'Amipasindava. Dans le canal du Mozambique, l'air équatorial chaud et très humide en provenance de l'équateur provoque la mousson, vent du secteur nord ouest – sud ouest soufflant d'octobre en avril. De l'autre côté, dans l'océan indien, l'air maritime tropical (l'Alizé) reste actif pendant toute l'année.



**Figure 5: Régime du vent à Nosy be**

(Source : Service de la Météorologie Nationale ; données relevées de 1961 et 1990)

**Remarque :** Si on considère la carte des bioclimats de CORNET & GUILLAUMET (1972), la presque île d'Ampasindava est traversée par une limite entre deux bioclimats. La partie nord-est de la presque île présente le même bioclimat que Nosy be (étage subhumide, sous étage à saison sèche non atténuée), mais dans la partie sud-ouest, il doit pleuvoir moins (étage sec, à 7 mois éco-secs).

## CONCLUSION PARTIELLE

La pluviosité importante, une saison sèche moins marquée que dans l'ouest, une température plus élevée que dans le reste de l'île, avec des écarts thermiques journaliers faibles permettent de déduire le type climatique général comme « climat subéquatorial ».

Ce type climatique est composé par trois saisons différentes d'après DUFOURNET (1972):

- Saison chaude et pluvieuse de Novembre à Avril.

Cette saison dure six mois ; c'est la saison de pluies. Elle est marquée par une température moyenne de 27°C, une précipitation de 1867 mm répartie dans 106 jours de pluies.

- Saison moins chaude et moins pluvieuse de Mai à Août.

C'est une saison intermédiaire entre la saison de pluie et la saison sèche. C'est une saison de quatre mois, dont la température moyenne est de 24,5°C et la précipitation de 180 mm répartie dans 27 jours de pluie.

- Saison assez chaude et relativement sèche en Septembre et Octobre.

Ce sont les mois éco-secs, où la température est élevée contre une diminution considérable de précipitation. Durant ces deux mois, la température moyenne est de 25,5°C, alors que les précipitations sont de 145 mm seulement répartis en 20 jours de pluies.

## II-2 GEOLOGIE

Différents types de substrats sont rencontrés dans la presque île. A Betsitsika, Ampijoroa, Ankerika se trouvent des terrains sédimentaires d'âge jurassique moyen et trias supérieur à faciès mixte. Les grands massifs : Bezavona, Ampasibitika, Andranomatavy et Bongomirahavavy sont formés par des faciès pétrographiques spéciaux à la base et sont constitués de roches subvolcaniques comme les syénites alcalines et néphéliniques, des granites alcalins et des rhyolites.

Quelques formations récentes sont aussi observées comme les vases à palétuviers qui occupent les deltas de Beampongy et d'Antetezambato dans la partie sud ouest de la presqu'île. Une partie est recouverte des alluvions récents tout près d'Ampasibe.

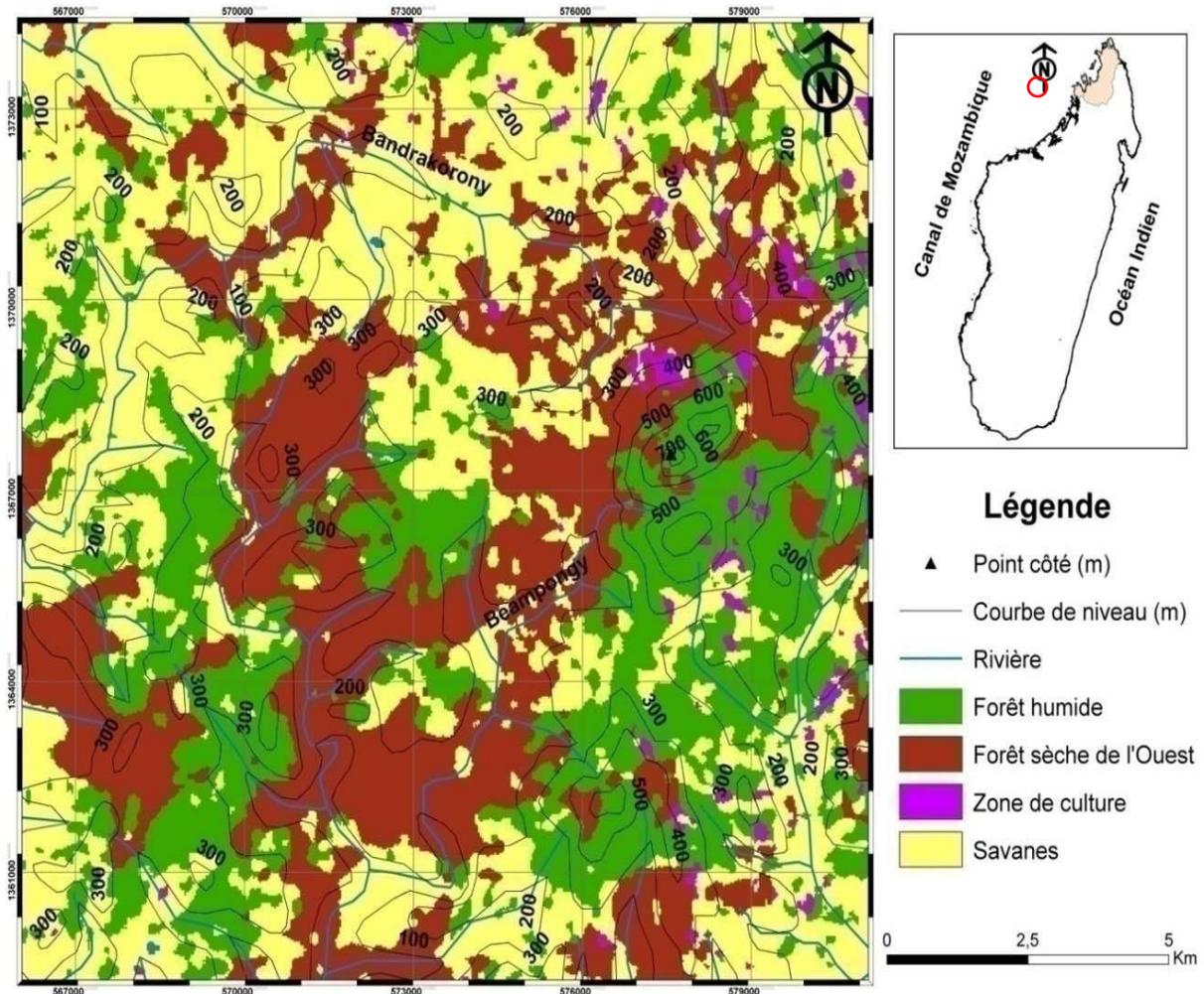
## **II-3 RELIEF ET HYDROGRAPHIE**

### **II-3-1 Relief**

La presqu'île est caractérisée par une variation altitudinale de 0 à 760 m (Carte 2) et ne présente pas de larges surfaces planes. Les reliefs sont irréguliers avec une élévation altitudinale d'Ouest en Est et le plus grand massif : Bongomirahavavy se trouve au cœur de la presqu'île, tandis que le massif d'Andranomatavy se trouve dans la partie nord. Les seules surfaces planes sont à proximité des côtes et recouvertes de vases à palétuviers et des mangroves.

### **II-3-2 Hydrographie**

Plusieurs rivières prennent leur source dans les massifs forestiers : Andranomatavy et Bongomirahavavy. A Betsitsika, les cours d'eaux sont rares et/ou temporaires et on ne rencontre qu'une seule grande rivière dénommée Bandrakorony. Plusieurs rivières sont considérées comme sacrées par les paysans locaux et il est interdit aux visiteurs de camper près de la source ou même tout près de ces rivières.



**Carte 2: Couverture végétale de Bongomirahavy et de Betsitsikahely**  
 (Source : FTM, Kew, 2009)

## II- MILIEU BIOTIQUE

### III-1 FLORE ET VEGETATION

Sur le plan de la flore, le domaine du Sambirano a été inclus dans la région du vent de PERRIER de la BATHIE (1921) et pour HUMBERT (1965) à la région malgache orientale. HUMBERT et KOEHLIN et al (1974) ont détaillé la flore du domaine du Sambirano comme étant constituée de trois composantes floristiques différentes :

- un élément commun à la forêt de l'est ;
- une composante occidentale qui pénètre le domaine à cause de la proximité et des similarités climatiques et ce plus particulièrement dans les formations dégradées ;
- une composante spécifique de taxons endémiques présentant des affinités aussi bien avec le domaine de l'est qu'avec le domaine de l'ouest.

Sur le plan de la végétation, trois types de forêts ont été recensés par PERRIER de la BATHIE (1921):

- les forêts des alluvions et des bords des cours d'eau ;
- les forêts des pentes à sol peu profond ;
- les bois des collines gréseuses.

En résumé, nous pouvons dire avec RAJERARISON et FARAMALALA, (1999) que la végétation climacique du domaine du Sambirano est une forêt dense ombrophile ayant le même aspect physiognomique que la forêt orientale de basse altitude mais à faciès plus sec et à composition floristique différente.

Les estimations actuelles, basées sur l'image satellitaire indiquent que sur les 145000 ha de la presqu'île d'Ampasindava, seuls 40000 ha de forêt subsistent, soit les 29%. Ces forêts se répartissent en plusieurs massifs forestiers.

- **Statut légal des forêts de la presqu'île d'Ampasindava**

La presqu'île d'Ampasindava couvre une grande superficie écologique d'après le zonage forestier de la région Diana (ONE, 2005), (Annexe III). Des petites surfaces sont destinées à la régulation et la production. Concernant le classement forestier la majeure partie de la forêt naturelle de la presqu'île sont des « forêts classées » (ONE, 2004), (Annexe IV) y compris les forêts de Bongomirahavavy, celle d'Andranomatavy, et celle de Betsitsika. A part ces forêts classées, une grande surface forestière reste encore au statut de forêts non classifiées.

Au niveau local, la protection traditionnelle est présente au niveau des massifs sacrés (Bongomirahavavy et Andranomatavy). Cette protection traditionnelle se fait par les tabous ou « Fady » comme l'interdiction de pratiquer le tavy dans les forêts sacrées, et autres. Le non respect des tabous peut être sanctionné par un emprisonnement ou une mise à l'amende (par exemple payer un zébu).

### **III-2 FAUNE**

Les données faunistiques de la presqu'île d'Ampasindava restent limitées faute de recherche menée dans la région. Dans cette partie, les espèces citées sont des espèces rencontrées sur le terrain ou des espèces décrites dans les ouvrages et articles scientifiques où leur aire de répartition est mentionnée.

**Primates** : *Microcebus sambiranensis*, *Eulemur fulvus*, *Eulemur macaco*, *Mirza conquleri*, *Phaner dorsalis*, *Lepilemur occidentalis*, *Hapalemur occidentalis*, *Daubentonia madagascariensis*. (LEMURS NEUWS)

**Carnivores** : *Galida elegans*,

**Oiseaux** : *Falco* sp., *Coua* sp., *Coracopsis* sp., *Foudia madagascariensis*, *Berniera* sp., *Vanga curvirostris*, *Accipiter* sp., *Ninox* sp..

**Amphibiens** : *Mantidactylus* sp., *Aglyptodactylus* sp.

**Reptiles** : *Furcifer* sp., *Uroplatus* sp., *Brookesia minima*, *Brookesia stumpffii*, *Geckolepsis maculata*, *Phelsuma abottii*, *Paroedura stumpffi*, *Lioneterodon madagascariensis*

### III-3 MILEU HUMAIN

La presqu'île d'Ampasindava, ou « Antanibeandrefa » d'après l'appellation régionale présente une valeur culturelle et spirituelle considérable dans le nord ouest de la grande île. C'est un endroit où le sacré a conservé une place importante, avec beaucoup de tabous respectés par tous les paysans locaux et les visiteurs. Sa valeur spirituelle a de multiples répercussions sur les activités anthropiques et l'occupation humaine du milieu.

#### III-3-1 Occupation humaine

Grâce à son attrait économique, cette région abritait des ports islamiques entre les XI<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> siècles, représentant un poste d'échange important entre le Moyen-Orient, l'Océan Indien et l'Extrême Orient (BURNEY, 1999). C'est l'endroit qui a vraisemblablement connu la première implantation de l'homme à Madagascar. Ce fait a été vérifié par la découverte des restes archéologiques les plus anciens de Madagascar dans la ville de Mahilaka (près de l'exutoire d'une des branches de Sambirano, sur la côte de la baie d'Ampasindava) (DEWAR & WRIGHT, 1993 ; RADIMILAHY, 1997). La densité de population varie de 20 à 25 habitants/km<sup>2</sup>, répartis dans trois communes : Ambaliha, Bemanevika et Anorotsanga. Le sont des Sakalava, des Makoa et des Tsimihety qui composent la population locale. Les Sakalava sont les premiers arrivés dans la presqu'île après un long déplacement depuis le Menabe (Région Sofia) au cours du XVII<sup>e</sup> siècle. Ensuite, par l'existence d'un grand port maritime dans la région (Maromandia), les africains attirés par la présence d'un grand terrain favorable pour la culture

vont s'implanté dans la région. Ce sont les Makoa. Enfin, les Tsimihety sont des émigrés venant de la région de Mandritsara et d'Antsohihy.

### III-3-2 Activités humaines

Comme dans toutes les zones forestières à Madagascar, les populations sont traditionnellement tournées vers l'agriculture itinérante de subsistance, l'exploitation forestière, la pratique extensive de l'élevage et d'autres petites activités.

- Agriculture itinérante

Faute de plaines et de surfaces irrigables, les populations locales se tournent vers la pratique du Tavy ou Tetiky (appellation locale). Les champs sont conquis sur la forêt primaire ou secondaire et choisis suivant le type de sol. Ce système cultural traditionnel consiste à abattre tous les individus ligneux dans la parcelle choisie pendant la saison sèche et de les brûler. C'est au début de la saison de pluie que les paysans commencent à cultiver le riz. Afin d'assurer un bon rendement et d'éviter la prolifération des espèces adventices, la majorité des agriculteurs change de champ chaque année en reproduisant le procédé.

- Exploitation forestière

L'exploitation forestière a lieu surtout pendant la période de soudure (Février-Avril), et c'est un enjeu de survie pour attendre la saison de récolte. Les paysans exploitent les grands arbres pour avoir des planches utiles à la construction des cabanes, ou pour fabriquer des pirogues. *Parkia madagascariensis* (FABACEAE) *Albizia* sp. (FABACEAE), *Dalbergia* sp (FABACEAE) et *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE),...sont les essences les plus utilisées. A part ces arbres, ils abattent aussi diverses espèces de palmiers dont le stipe écrasé et battu fournit des planches pour leurs cases. On note que la presque île d'Amipasindava est un grand fournisseur en bois de construction et en charbon de bois pour Ambanja et Nosy be. De l'autre côté, la récolte de miel est aussi très importante pour la fabrication d'une boisson traditionnelle alcoolisée appelée « Betsa ».

- Elevage

L'élevage extensif se fait simultanément avec l'agriculture. Les éleveurs laissent leur bétail dans la forêt, sans surveillance journalière. Le bétail n'est utilisé que pour les cérémonies sacrées (offrandes..), des funérailles, ou les jours de fêtes. L'activité agricole (Tetiky) ne demande aucune intervention des zébus.

- Pêche

La pêche est une activité principale pour les gens de la côte (Ampasibe, Ambaliha). C'est une pêche traditionnelle qui utilise des pirogues à voiles et des rotins pour l'édification des pièges à poissons. La majorité de production est ensuite ramenée à Ambanja, ou à Nosy be pour être vendue. Pour les autres paysans des autres villages, les produits obtenus sont destinés pour l'autoconsommation.

### **CONCLUSION PARTIELLE**

La presqu'île d'Ampasindava présente une diversité d'écosystèmes. On y trouve des forêts denses humides sempervirentes de basse altitude, des formations mixtes dans les zones subhumides ou des forêts de transition et des mangroves. Par l'attrait économique de la région (plaine alluviales fertiles), l'implantation humaine a conditionné l'extension de formations anthropiques mixtes. Dans la région, l'activité quotidienne des paysans dépend totalement des ressources forestières. Par contre, le taux de déforestation dans la région est relativement bas vu la faible densité de la population et le temps de jachère très long.

## **Partie 2 : METHODES D'ETUDE**

Cette deuxième partie comporte les études préliminaires, les collectes des données sur terrain et les traitements et analyses des données.

### **I- ETUDES PRELIMINAIRES**

Elles ont commencé par des recherches bibliographiques, indispensables dans la connaissance du milieu, les méthodes à utiliser et la prospection préliminaire pour identifier les sites d'étude.

#### **I-1 Recherches bibliographiques**

La consultation des ouvrages et les recherches sur internet ont permis d'enrichir la connaissance du milieu d'étude et la maîtrise des méthodes de collecte des données. La recherche bibliographique a été faite non seulement avant la descente sur terrain mais aussi pendant la phase de traitement des données et durant la rédaction.

#### **I-2 Prospection préliminaire**

Une prospection de dix jours a été faite par les équipes des Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève (CJBG) et du Département de Biologie et Ecologie Végétales (DBEV) en novembre 2007. Elle a eu pour but de découvrir l'état des forêts de la presqu'île d'Ampasindava et ensuite de focaliser les zones d'étude afin de pouvoir faire une caractérisation écologique, et un inventaire floristique de la végétation existante. Les images satellitaires ont été utilisées comme support principal pour cette prospection. La prospection a également permis d'identifier des personnes-contact afin de faciliter la logistique des prochaines missions. Ces personnes ont également été utiles pour rassembler des informations ethnographiques sur la valeur culturelle des forêts sacrées qui pourraient être incluses dans les sites d'étude.

#### **I-3 Choix des sites d'étude**

Le choix des sites d'étude s'est basé principalement sur les résultats de la prospection préliminaire, confrontés aux informations données par la superposition des cartes de végétation, de la carte topographique et des images satellitaires. Le critère du choix des sites d'étude est un endroit couvert de formation forestière fermée à superficie importante, représentative de la flore et végétation existantes et en bon état, que l'on pourra essayer de conserver.

## II- COLLECTE DES DONNEES ECOLOGIQUES

Cette partie traitera les méthodes et principes de collecte des données.

### II-1- Relevés linéaires

Selon GODRON et al (1983) « un relevé est un ensemble d'observations écologiques effectuées sur une unité élémentaire du milieu qui doit être le plus homogène possible ». Le choix d'un endroit pour l'emplacement d'un relevé sera toujours guidé par les critères d'homogénéité: homogénéité floristique, homogénéité physionomique et homogénéité des conditions écologiques apparentes. La végétation dans un site de relevé doit être représentative de la formation végétale présente dans le milieu.

Pour la caractérisation écologique de la végétation d'Ampasindava, la méthode de relevé linéaire de GAUTIER & al (1994) a été adoptée. C'est une méthode qui consiste à collecter des données qualitatives et quantitatives de la formation étudiée.

Le principe de la méthode de relevé linéaire de GAUTIER consiste à identifier, à mesurer avec précision, à nommer toutes les masses végétales entrant en contact avec des lignes verticales imaginaires disposées tous les 2 m sur une ligne de transect de 100 m de long dans une zone homogène (Figure 6). La ligne de transect présente 50 points de lecture. Les lignes verticales sont matérialisées par un jalon de 8 m, gradué tous les 20 cm. Au-delà de 8 m, les hauteurs de contact sont estimées. Les espèces en contact sont identifiées dans la mesure du possible sur place, ou sont prélevées et montées en herbier afin de pouvoir être déterminée par la suite en herbier ou envoyées à des spécialistes.

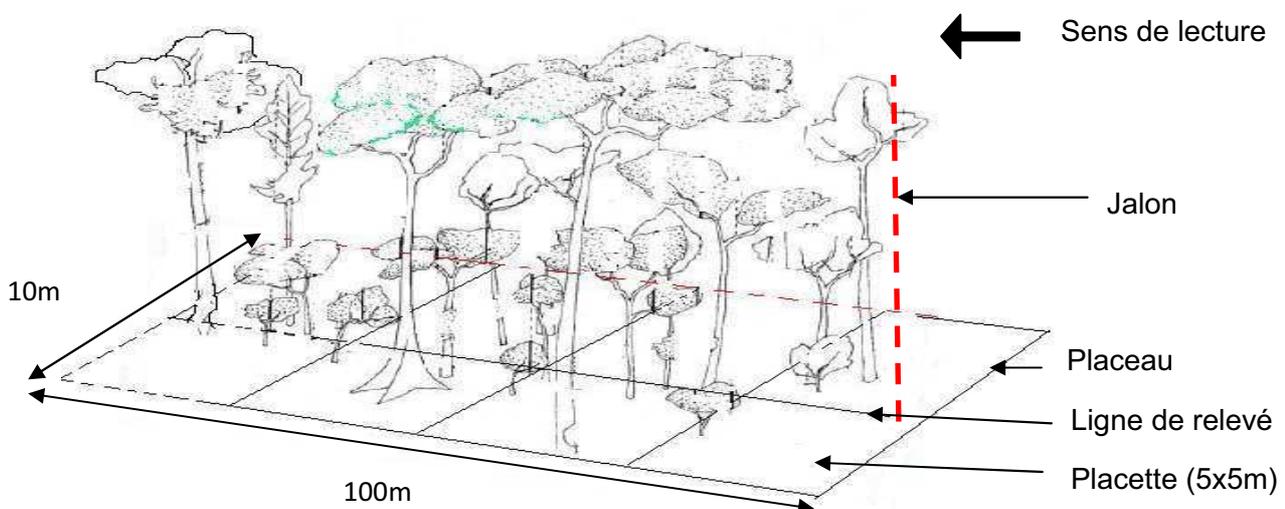


Figure 6: Disposition du relevé linéaire superposé avec le plateau de BRAUN BLANQUET

**Les paramètres écologiques** stationnels propres à chaque relevé sont à mesurer. Ce sont :

- les coordonnées géographiques ;
- l'altitude ;
- l'orientation du relevé ;
- la position topographique.

De plus, tous les 10 m, on mesure:

- la valeur de la pente (inclinaison et orientation)
- l'élévation (différence de hauteur du sol par rapport au point de mesure précédent)

Ces paramètres écologiques sont considérés pour identifier leur relations avec le type de la couverture végétale et de connaître les facteurs écologiques prépondérants pour l'installation d'un type de formation végétale sur un site déterminé.

**Les paramètres floristiques** considérés sont :

- le nom scientifique de la plante ;
- la hauteur des contacts entre la plante et la ligne verticale ;
- le type biologique : ce sont les dispositions morphologiques par lesquelles les végétaux manifestent leur adaptation au milieu où ils vivent (DAJOZ, 1975). Les types biologiques sont déterminés conformément à la classification de RAUNKIAER (1905), modifiée par LEBRUN (1974) pour les pays tropicaux. On distingue :
- Les Phanérophytes : ce sont des plantes pérennes ayant des bourgeons situés au dessus de 50cm du sol. Elles sont subdivisées en :
  - Mésophanérophytes : (Mp) : dont la hauteur dépasse les 8m ;
  - Microphanérophytes : (mp) qui ont une hauteur comprise entre 2 et 8 m ( $2\text{ m} < h \leq 8\text{ m}$ ) ;
  - Nanophanérophytes : (np) : qui ont une hauteur comprise entre 0,5 à 2 m ( $0,5 < h \leq 2\text{ m}$ ).
- Les chaméphytes (Ch) : plante à bourgeon situé entre 0 et 50cm ;
- Les Hemicryptophytes (Hc) : plante à bourgeon persistant situé au ras du sol ;
- Les Cryptophytes : se subdivisent-en :
  - Géophytes (G) : plantes à organe persistant dans le sol
  - Hydrophytes (Hd) : plantes à appareil végétatif immergé ou émergé au dessus de l'eau.
- Les Thérophytes (Th) : plantes non pérennes dont la continuité est assurée uniquement par les graines.

- Les Epiphytes (E) : plantes fixées sur une plante hôte servant uniquement de support, non enracinée dans le sol.
- Les Lianes (L) : plantes enracinées dans le sol mais dépourvue de tronc s'appuyant sur des plantes.

La considération de ces paramètres floristiques permet de déterminer l'affinité biogéographique d'une espèce, le Spectre biologique d'une formation, la diversité spécifique d'une unité de végétation et la similarité floristique entre les unités de végétations considérées.

## **II-2 Placeau de BRAUN BLANQUET**

Pour compléter les données du relevé linéaire de GAUTIER, le placeau de BRAUN-BLANQUET permet de faire une étude quantitative de la végétation. Comme principe, on a choisi de faire superposer les deux méthodes sur un même endroit. Le placeau mesure 0,1 ha soit 10 m x 100 m est traversé au milieu par la ligne de relevé linéaire de GAUTIER suivant sa longueur (Figure 6). Ce placeau a été divisé en 40 placettes de 5 m x 5 m. Dans chaque placette le travail consiste à mesurer le Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP) de tous les individus semenciers (DHP supérieur ou égal à 10 cm) et leur hauteur maximale, sans tenir compte de leur identité.

## **II-3 Étude de sol**

A chaque relevé linéaire, une fosse pédologique a été faite pour collecter des informations sur la nature des substrats. C'est une fosse de 50 cm x 50 cm x 50 cm, qui a permis de caractériser chaque horizon par sa couleur, son épaisseur et sa texture.

## **III- ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES**

L'analyse des données ou traitement des données est l'ensemble des opérations qui consistent à transformer les données brutes en données élaborées ou analysées (GODRON et al, 1968).

### **III-1 DETERMINATION DES ECHANTILLONS**

Pour mémoire, les espèces inconnues des relevés sont récoltées et séchées pour une identification ultérieure. On notera toute information utile facilitant l'identification ultérieure et en particulier les noms vernaculaires donnés par les agents.

Arrivé à l'herbarium du DRFP/FOFIFA d'Ambatobe et du PBZT à Tsimbazaza, la technique de la détermination est basée sur l'observation et l'étude comparative des échantillons d'herbiers récoltés avec les herbiers existants. Elle est orientée en rapprochant les caractéristiques

taxonomiques (présence de latex ou non, la phyllotaxie, les types de feuilles, les types de nervation, les caractéristiques de l'appareil reproducteur : fleurs, fruits..) et les autres caractéristiques supplémentaires comme la localité, le nom vernaculaire... entre les deux échantillons d'herbiers.

Malgré tout il reste toujours des spécimens d'herbiers indéterminés quand les caractéristiques biologiques de l'herbier à déterminer ne ressemblent pas à ceux trouvés sur les échantillons des herbaria. Par conséquent, la notion de morpho- espèce sera utilisée pour tenir compte des espèces indéterminées.

### III-2 QUALITE D'ECHANTILLONNAGE

La qualité d'échantillonnage permet de déduire si les sites de relevé ou les unités de végétation étudiées peuvent représenter l'ensemble de la formation végétale d'un site d'étude. D'après DAGET et GODRON (1969), la qualité d'échantillonnage (QE) est exprimée par le rapport entre la valeur de l'entropie du profil d'ensemble effectuée (Hr) et l'entropie maximale de l'échantillon (Hmax).

$$QE = \frac{Hr}{Hmax}$$

Avec : Hmax= log<sub>2</sub> N(K) ;

N(K)= nombre de surfaces d'échantillonnage ;

Hr= somme des produits en fonction du nombre de surfaces d'échantillonnage ainsi que du nombre de relevés effectués dans chacune de ces surfaces.

$$Hr = \sum_1^{N(K)} \frac{N(SI)}{NS} * \log_2 \frac{N(S)}{N(SI)}$$

N(SI) : nombre des relevés dans la surface I ;

N(S) : nombre total des relevés sur toutes les surfaces d'échantillonnage.

**REMARQUE :** Si la valeur de QE est voisine de 1, la qualité d'échantillonnage est suffisante pour représenter la communauté végétale sous ses deux aspects fondamentaux, structuraux et floristiques.

### III-3 ETUDE STRUCTURALE

La structure de la végétation est la disposition des individus des diverses espèces les unes par rapport aux autres dans le plan vertical et horizontal (DAJOZ, 1975). La structure totale d'un peuplement peut être approchée par la répartition des tiges de ce peuplement suivant les classes de diamètre (ROLLET, 1979).

#### III-3-1 Structure horizontale

La structure horizontale est obtenue par la représentation des espèces dans le plan horizontal. Elle concerne l'évaluation de la densité de la population et l'étude de la distribution des individus.

- **Densité du peuplement**

Elle exprime le nombre total des individus recensés et le taux de remplissage pour une station donnée. D'après la définition donnée par GOUNOT (1969), la densité linéaire c'est le nombre d'individus par unité de longueur.

- **Analyse dendrométrique**

L'analyse dendrométrique exprime le potentiel en bois de la formation étudiée. Elle est basée sur le calcul de la surface terrière et du biovolume.

La surface terrière G est le recouvrement basal représenté par la surface occupée par les parties aériennes des individus de l'espèce au niveau du sol, ou dans le cas des arbres à la hauteur de poitrine (GOUNOT, 1969). Elle est donnée par la formule:

$$G_i = \sum \pi/4 \times d_i^2$$

**G<sub>i</sub>**= La surface terrière en m<sup>2</sup> de chaque individu semencier i ;

**d<sub>i</sub>**= Diamètre à hauteur de poitrine de chaque individu semencier i.

Le biovolume V est le volume estimatif de bois fourni par une végétation dans une surface donnée et permettant d'estimer la productivité de la formation forestière. Il est obtenu par la formule de DAWKINS (1958) :

$$V_i = 0,53 \sum G_i \times H_i$$

Avec V<sub>i</sub> : biovolume en m<sup>3</sup> de chaque individu i ;

0,53 : le coefficient de la forme ;

$G_i$  : surface terrière de chaque individu  $i$  ;

$H_i$  : hauteur de chaque fut (m)

A partir de cette analyse on peut connaître la dominance absolue qui est représentée par la surface terrière à l'hectare.

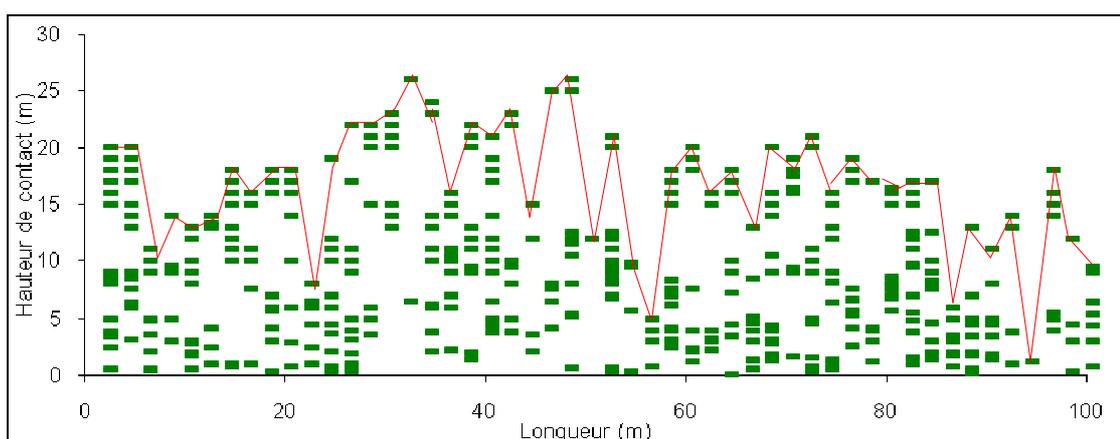
### III-3-2 Structure verticale

La structure verticale est l'agencement des végétaux suivant le plan vertical (GOUNOT, 1969). C'est la structure verticale qui peut mettre en évidence la présence des différentes strates. Une strate est définie comme le niveau de concentration maximale de la masse foliaire (GODRON, 1968). Trois types d'informations peuvent être tirés dans une analyse de la structure verticale : le profil structural, le recouvrement et la rugosité.

- **Profil structural**

Par la méthode de relevé linéaire de GAUTIER et al (1994), on peut représenter le profil structural de la végétation (Figure 7). C'est une représentation sur un plan vertical de toutes les données concernant les contacts entre les lignes verticales et les masses végétales à travers la ligne de relevé, ce qui permet d'obtenir une représentation visuelle de la distribution de la végétation.

Sur le profil structural de la végétation, la Ligne des Hauteurs maximales de contact (LHmax) est la somme des distances qui séparent la hauteur maximale entre les points de lecture successifs.



Légende : \_\_\_\_\_ LHmax : Ligne des hauteurs maximales de contact

■ Point de contact entre le jalon et la masse végétale

**Figure 7: Profil structural de la végétation**

- **Rugosité**

La longueur de la ligne de tous les points de mesure met en évidence ce qu'on appelle « rugosité » de la structure (GAUTIER & al., 1994 ; CHATELAIN, 1996) qui révèle le degré d'homogénéité et de perturbation de la végétation.

Elle est présentée par le rapport entre la longueur de la Ligne des Hauteurs maximales de contact (LHmax) et la longueur du relevé (100 m) (Figure 7). La longueur de LHmax est fonction de l'état de la canopée ; plus la ligne est longue plus la canopée est hétérogène (RANIRISON, 2010). Elle est obtenue par l'utilisation d'un tableur Excel spécifié pour le traitement de données obtenues par la méthode de relevé linéaire de GAUTIER & al. ,1994.

Trois informations peuvent être obtenu :

- Ce rapport est égale à 1 si la canopée est régulière et relativement plate, c'est le cas de formations secondaires dominées par un nombre peu élevé d'espèces ;
- Ce rapport est élevé (entre 1 et 2) dans le cas d'une forêt primaire bien structurée et mature avec ses différentes strates ;
- Ce rapport est très élevé (supérieur à 2) pour de formations très dégradées où les cîmes des arbres sont très ouvertes ou en présence de chablis.

- **Recouvrement**

La distribution verticale de la végétation est approchée par le pourcentage de recouvrement dans différents intervalles de hauteur (Figure 8). Pour notre cas, on a choisi de suivre les six classes de hauteurs retenues par EMBERGER & al (1968) pour caractériser les forêts tropicales : 0-2 m, 2-4 m, 4-8 m, 8-16 m, 16-32 m, >32 m. Les résultats sont représentés sous forme d'histogrammes horizontaux appelés « Diagrammes de recouvrement »

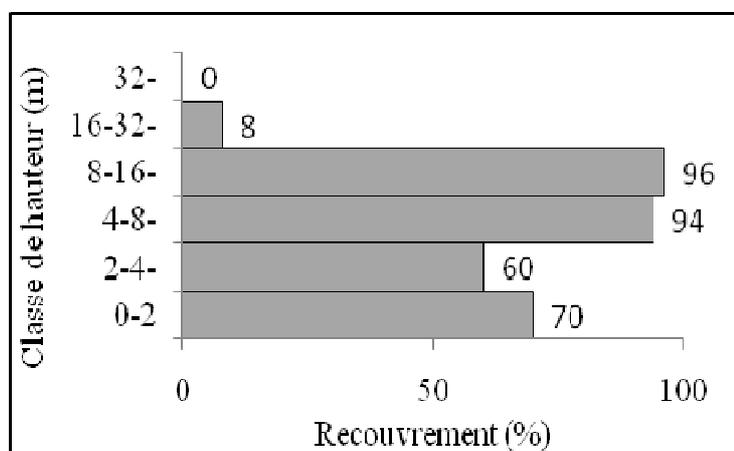


Figure 8: Diagramme de recouvrement de la végétation

Le recouvrement permet de déterminer le degré de dégradation d'une formation végétale. Une échelle de recouvrement a été élaborée par GODRON (1983), et considère :

- Recouvrement supérieur à 90%: Strate fermée ;
- Recouvrement compris entre 75 à 90%: Strate peu ouverte ;
- Recouvrement compris entre 50 à 75%: Strate semi-ouverte ;
- Recouvrement compris entre 25 à 50%: Strate ouverte ;
- Recouvrement compris entre 10 à 25%: Strate très ouverte.

#### **IV- ANALYSE NUMERIQUE DES DONNEES**

La caractérisation écologique de la végétation doit faire sortir les groupes structuraux qui la composent d'après les différents descripteurs prépondérants qui caractérisent chaque groupe structural. C'est une opération très complexe à cause de l'état des descripteurs qui sont multidimensionnels et demande l'utilisation de l'analyse multivariée menée grâce à un tableur Excel (XLSTAT 7.1 dans notre cas).

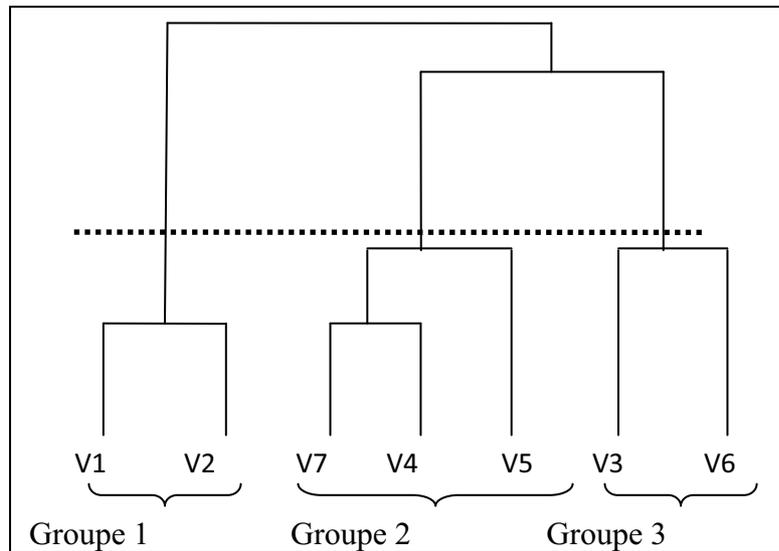
- **Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)**

Parmi les relevés effectués sur le terrain, quelques uns présentent des similarités entre eux, et sont identifiés en utilisant les coefficients de Similarité. La méthode de Classification Ascendante Hiérarchique est une méthode permettant de constituer des groupes homogènes d'objets sur la base de leur description par un ensemble de variables, ou à partir d'une matrice décrivant la similarité ou la dissimilarité entre ces objets. (LEGENDRE & LEGENDRE, 1979) Les variables à considérer pour chaque relevé pour ce type de traitement sont les données de végétation et les descripteurs dendrométriques. Ce sont :

- le nombre d'individus recensés sur la ligne de relevé (densité linéaire) ;
- le nombre d'espèces recensées sur la ligne de relevé (densité linéaire spécifique) ;
- la moyenne des hauteurs maximales de contact entre le jalon et la masse végétale ;
- la longueur de la ligne reliant les hauteurs maximales (LHmax) ;
- la surface terrière ;
- le biovolume ;
- le nombre d'individus par classe de diamètre ;
- le nombre d'individus par classe de hauteur.

Parmi ces descripteurs, il est important de garder seulement ceux qui sont les plus pertinents, et d'éliminer les descripteurs redondants. Pour cela, un **test de corrélation** permet de les détecter.

Le principe est qu'entre un couple de descripteurs qui a une forte corrélation, on ne considère que l'un des deux pour la Classification Ascendante Hiérarchique. Les résultats issus des différents relevés produisent un arbre dichotomique de classification ou dendrogramme, dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus. Ce dendrogramme représente une hiérarchie de partition et permet de visualiser le regroupement progressif des données (Figure 9).



Légende :       $V_i$     numéro de relevé  
 ■ ■ ■    niveau de dissimilarité pour la partition

**Figure 9: Exemple d'un dendrogramme d'agrégation des relevés en fonction de leur degré de similarité.**

- **Analyse en Composantes Principales (ACP)**

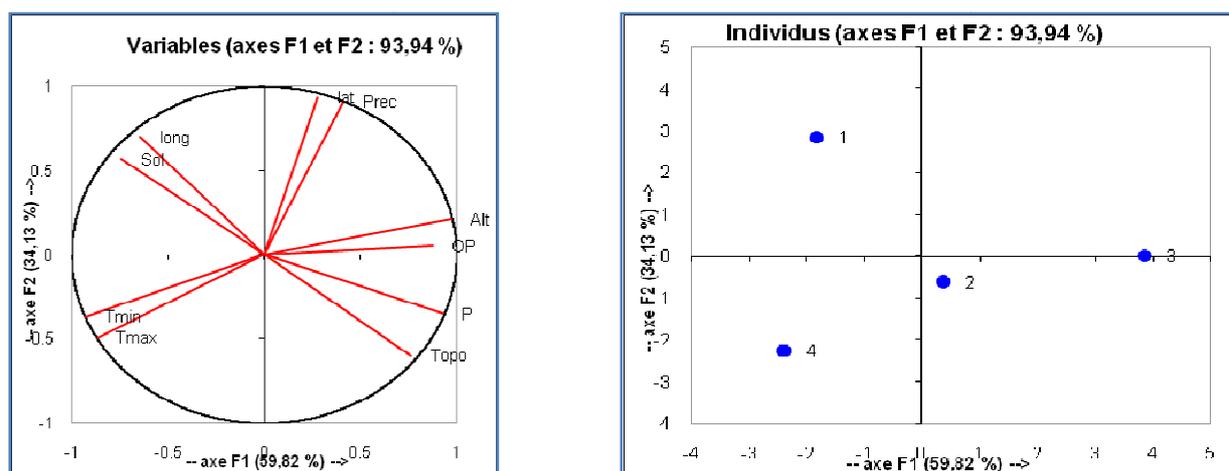
Les données brutes collectées sur le terrain sont des variables dispersées dans plusieurs dimensions. Les individus sont les relevés linéaires et les variables sont les paramètres qui ont été utilisés. Ces données doivent être transformées pour être interprétables. L'Analyse en Composantes Principales ou ACP permet de dégager les grandes tendances de la variabilité pour l'ensemble des descripteurs (LEGENDRE & LEGENDRE, 1979). C'est une méthode d'analyse des données de nature quantitative qui permet de dégager les relations entre les variables écologiques et aussi entre les individus (relevés), ou même entre ces deux entités. Avec l'ACP, il est donc possible de connaître les descripteurs qui contribuent et favorisent l'installation d'un groupement structural à son milieu. Son principe consiste à transposer un nuage de points-objets situé dans un espace initial (p. ex des relevés représentés dans l'espace des espèces), vers un sous espace où les ressemblances intéressantes entre objets sont visualisables sur un petit nombre

d'axes. L'interprétation d'une ACP doit être faite en fonction du type de matrice (covariance ou corrélation) (Figure 10).

Les paramètres écologiques à utiliser pour ce traitement sont triés par l'utilisation d'un test de corrélation. Le principe de ce test est : on ne considère pour l'ACP que les paramètres à fortes corrélations, c'est-à-dire supérieur à 80%.

Pour l'interprétation des figures on précise que :

- les deux axes F1 et F2 sont choisis car ils expliquent les relations entre descripteurs et objets à un taux très grand ;
- les descripteurs courts sont non significatifs et contribuent peu à la mise en place d'un groupe ;
- la projection d'un objet sur un axe descripteur donne une approximation de sa valeur pour ce descripteur ;
- la projection d'un descripteur sur un axe principal est proportionnelle à la covariance de ce descripteur avec l'axe.



**a- Cercle de corrélation des propriétés des facteurs écologiques**      **b- Projection des relevés et/ou groupes structuraux sur les plans factoriels F1 et F2**

*Alt : altitude, Long : longitude, Lat : latitude, OP : Orientation des pentes, Tmin : température maximale, Tmax : température maximale, Prec : précipitation, Topo : position topographique, P : pente*

*— : Axe déterminant la valeur du descripteur (latitude, longitude...) dans le cercle de corrélation*

**●** : Groupe structural

**Figure 10: Relations facteurs du milieu et de la végétation donnée par l'ACP**

## V- CARTOGRAPHIE DE LA VEGETATION

C'est une méthode qui consiste à projeter les groupes structuraux sur la carte de la végétation des zones étudiées. Pour ce faire le logiciel utilisé a été l'ARC GIS 9.1 avec les données ATLAS de végétation (Kew, 2009).

### Partie 3 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

#### I- SITES D'ETUDE

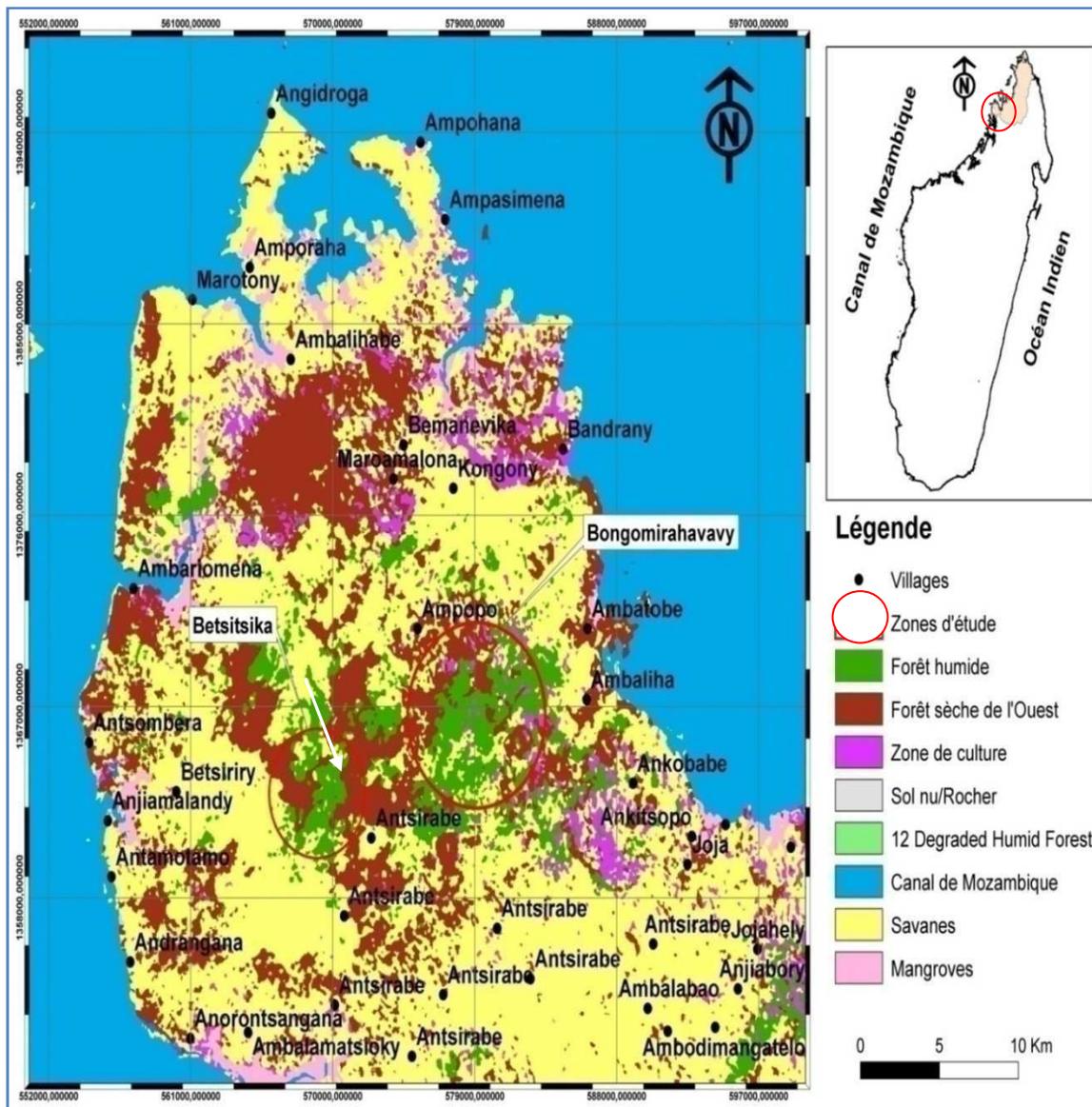
##### I-1 LOCALISATION DES SITES D'ETUDE

Lors de la prospection préliminaire, six sites ont été ciblés (Tableau 1) dont deux dans le massif de Bongomirahavavy, deux à Betsitsika et les deux versants du massif d'Andranomatavy. Trois sites sont maintenant étudiés: Tsarabanja, Ampôpô et Betsitsikahely (Carte 3) ; et les restes seront étudiés ultérieurement.

**Tableau 1 : Les sites d'étude**

SITES D'ETUDE	BONGOMIRAHAVAVY		BETSITSIKA		ANDRANOMATAVY	
	Tsarabanja	Ampôpô	Betsitsikahely	Betsitsikabe	Versant nord	Versant sud
	SITES ETUDIES			ETUDE EN COURS		

Dans chaque site, des relevés linéaires et des récoltes d'échantillons ont été effectués. Le nombre de relevés effectués varie suivant la nature de la formation (densité, hauteur des arbres, richesse spécifique) et l'accessibilité dans la forêt. Au total, vingt et six (26) relevés linéaires ont été réalisés dont sept (7) à Tsarabanja, neuf (9) à Ampôpô et dix (10) à Betsitsikahely



**Carte 3: Localisation des sites d'étude**

(Source : FTM, Kew, 2009)

## I-2 Caractéristiques des sites d'étude

### I-2-1 Tsarabanja

#### - Localisation

Le premier site est le versant sud-est du massif de Bongomirahavavy, dans le Fokontany de Tsarabanja, commune d'Ambaliha. Ce site est compris entre 13°75' et 13°78' de latitude sud et entre 48°06' et 48°10' de longitude Est.

### - Relief

Le relief est irrégulier et l'altitude varie de 180 à 650 m. Le sommet du grand massif du site est Bongomirahavavihely. La pente est très abrupte vers un niveau d'altitude de 500 m.

### - Substrat

Le substrat est formé par des sols ferralitiques résultant de l'altération des roches subvolcaniques comme syénites alcalines ; ainsi que par des sols à faciès pétrographiques spéciaux : quartzites. Le sol est profond et caractérisé par une épaisse couche d'humus obtenue après décomposition de la litière. Par contre ces caractères ne sont pas observés aux environs du point culminant; le sol y est mince et la roche mère est superficielle.

### - Végétation

La végétation est formée entièrement par des forêts denses humides sempervirentes. La cauliflorie, les contreforts, les racines échasses sont des caractères biologiques fréquemment observés. La hauteur maximale des arbres peut atteindre 30 m et le plus grand diamètre à hauteur de poitrine a été estimé entre 150 à 200 cm, observé chez *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE). La végétation est très dense à mi-versant, mais devient ouverte au sommet de Bongomirahavavihely où les arbres sont réduits de taille, avec la dominance de *Phyllartrou sp* (BIGNONIACEAE).

## I-2-2 Ampôpô

### - Localisation

Le deuxième site se trouve dans le versant nord-ouest de Bongomirahavavy. Il fait partie du Fokontany d'Ampôpô, commune de Bemanevika. Le site est délimité entre 13°75'-13°77' de latitude sud et 48°55'-48°48' de longitude est.

### - Relief

Le relief est accidenté, présentant quelques chutes d'eau et des escarpements rocheux. L'altitude varie de 200 à 760 m, où culmine le sommet de Bongomirahavavibe. Les pentes sont fortes et rendent difficile l'accès à la partie centre-ouest du massif.

### - Substrat

Le substrat résulte de l'altération des roches subvolcaniques : granites alcalines et syénites alcalines. En général, l'épaisseur du sol est moins importante par rapport au sol du versant est. Des blocs de rochers sont fréquents, surtout au niveau des bas fonds et des bas versants.

### - **Végétation**

La végétation est caractérisée par des forêts du type denses humides. La hauteur maximale des arbres peut atteindre 25 m et les plus grands diamètres à hauteur de poitrine observés sont de 150 à 180 cm chez *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE). Les caractères biologiques primitifs : cauliflories, contreforts, racines échasses sont fréquents. Dans ce site, à altitude de 500 m, la fréquence d'*Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE) est importante avec la dominance d'une BAMBUSOIDAE rampante qui arrive à couvrir entièrement la surface du sol.

### **Remarque :**

Le massif de Bongomirahavavy est un massif sacré. Les deux sites présentent les mêmes tabous à respecter. Parmi ces tabous, on peut citer qu'il est d'abord interdit pour les ressortissants des hauts plateaux d'entrer dans la forêt et pour les visiteurs et les paysans locaux, il est conseillé de ne pas porter des habits de couleur noir ou rouge dans la forêt, d'écouter la radio, de travailler les dimanches, mardis et jeudis, d'utiliser du savon dans les ruisseaux ou rivières et de ne pas défricher les forêts sacrées. En plus, à Ampôpô, il est exigé de porter des « lambaoany » autour de la taille lorsqu'on travaille dans la forêt et il est interdit de camper près des sources d'eau.

## **I-2-3 Betsitsikahely**

### - **Localisation**

Le troisième site se trouve plus à l'ouest. Il fait partie du Fokontany de Bandrakorony, commune de Bemanevika. Le site d'étude est compris entre 13°75' - 13°79' de latitude sud et 47°97' - 48°01' de longitude est.

### - **Relief**

Le relief est marqué par des chaînes de collines de 50 à 280 m d'altitude. L'altitude diminue faiblement d'est en ouest et les pentes sont généralement faibles.

### - **Substrat**

Le substrat est formé principalement par des terrains sédimentaires d'âge Jurassique moyen et trias supérieur.

### - **Végétation**

La végétation de Betsitsikahely est différente des deux autres sites. Il est rare de rencontrer des grands arbres qui peuvent atteindre 20 m de haut et le plus grand diamètre à hauteur de poitrine est de 80 à 100 cm, représenté par *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE) ou *Callophylum* sp. (CLUSIACEAE). La végétation est généralement basse: dans les positions topographiques supérieures (à partir du mi-versant) et la hauteur de la canopée

la plus faible est de 8 m; au niveau de quelques bas fonds et de bas versants elle peut atteindre les 16 m. Ce site présente différents types de formations végétales : des forêts subhumides et des forêts denses humides et sont entourées par des formations secondaires.

**Remarque** : La forêt de Betsitsikahely ne figure pas parmi les endroits sacrés de la presqu'île d'Ampasindava. Aucun tabou n'existe pour interdire telle activité par telle ou telle personne. C'est par ailleurs la zone où l'on observe un intense défrichement de la forêt par culture sur brûlis.

### I-3 Qualité d'échantillonnage

La qualité d'échantillonnage est calculée afin de connaître si l'échantillonnage fait est représentatif de l'ensemble de la formation étudiée. Nous appliquons la formule :

$$QE = \frac{Hr}{Hmax}$$

La valeur de QE est 0,95, proche de 1 ; donc l'échantillonnage fait est représentative de la communauté végétale dans les sites d'étude.

## II- RICHESSE ET COMPOSITION FLORISTIQUE

### II-1 Richesse et composition floristique globale

La liste floristique globale de la presqu'île d'Ampasindava basée sur les relevés effectués est présentée dans l'annexe I. Dans les trois sites d'étude, 665 espèces se répartissant en 270 genres et 90 familles ont été recensées (Tableau 2). La flore est dominée par les Dicotylédones et compte peu de Ptéridophytes.

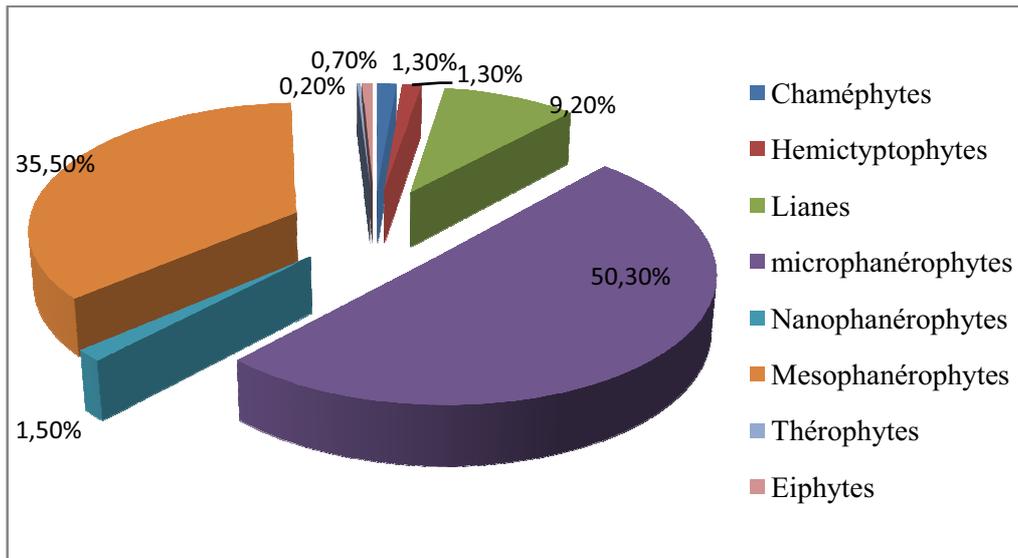
**Tableau 2 : Richesse floristique globale d'Ampasindava**

TAXA		FAMILLES	GENRES	ESPECES
ANGIOSPERMES	Dicotylédones	72	246	598
	Monocotylédones	12	17	59
PTERIDOPHYTES		6	7	8
<b>TOTAL</b>		<b>90</b>	<b>270</b>	<b>665</b>

## II-2 Diversité floristique de chaque site

### - Tsarabanja

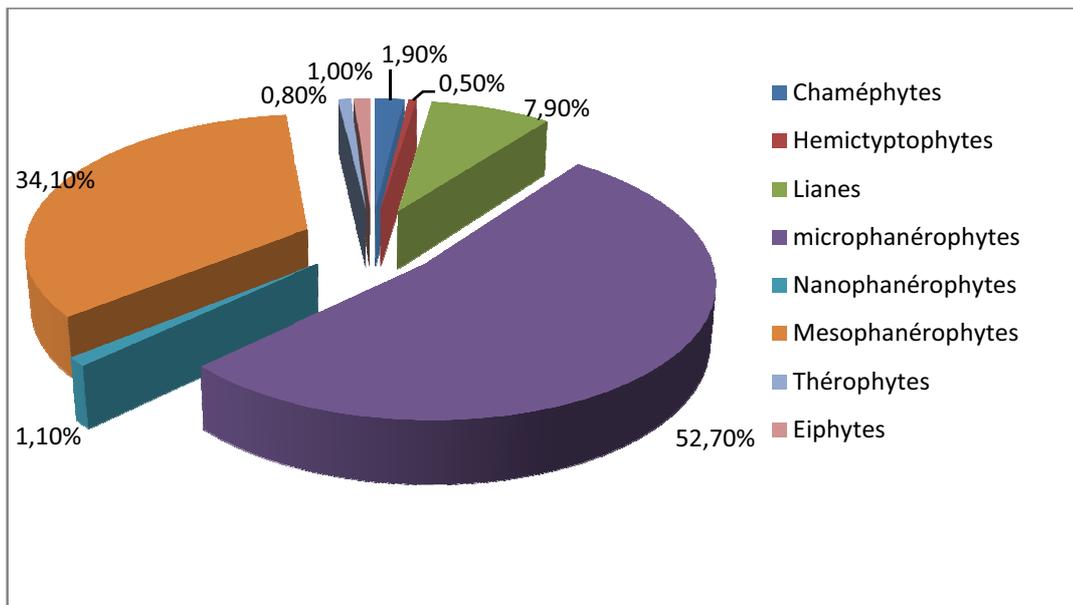
Dans la végétation sur le versant est de Bongomirahavavy, 390 espèces ont été recensées. Elles se répartissent en 220 genres et 81 familles. Les familles les mieux représentées sont les RUBIACEAE et les EUPHORBIACEAE. Le Spectre biologique montre que la flore est dominée par les microphanérophytes (50,30 % des espèces), les mésophanérophytes (35,50%) et les lianes (9,20 %) (Figure 11).



**Figure 11: Spectre biologique de la végétation de Tsarabanja**

### - Ampôpô

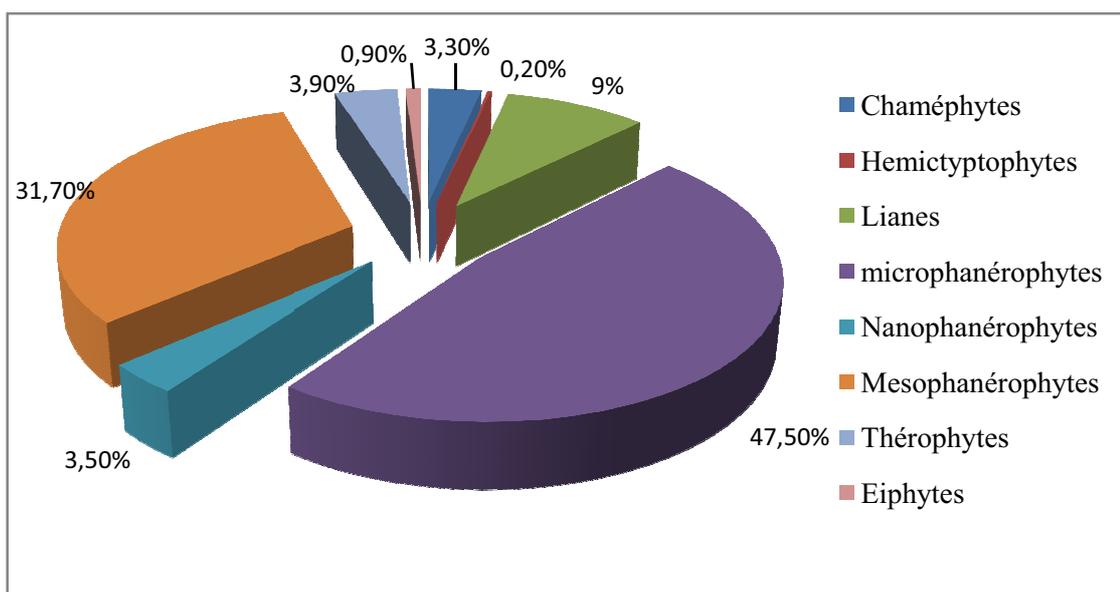
Dans ce site, trois cent quatre vingt trois espèces, 238 genres et 80 familles ont été recensées. Ces chiffres ne présentent pas une différence significative avec ceux de Tsarabanja malgré la différence du nombre de relevés effectués. La richesse floristique entre les deux versants (Est et Ouest) est similaire. Les familles les plus représentées sont encore les RUBIACEAE, EUPHORBIACEAE, MORACEAE, EBENACEAE, SALICACEAE. D'après le Spectre biologique (Figure12), la flore est dominée par les microphanérophytes (52,70%) et les mésophanérophytes (34,10 %), avec un accroissement en fréquence de lianes (7,90%) par rapport à Tsarabanja.



**Figure 12: Spectre biologique de la végétation d'Ampôpô**

**- Betsitsikahely**

La végétation dans le massif de Betsitsikahely est moins riche en diversité spécifique que la végétation du massif de Bongomirahavavy. Par la réalisation de dix relevés linéaires dans différentes unités de végétation, on a recensé 271 espèces réparties en 167 genres et 67 familles. Le spectre biologique (Figure 13) montre que les microphanérophytes sont les plus représentées avec un taux de 47,5 %, ainsi que les mésophanérophytes. Ce taux est un peu plus faible par rapport aux deux autres sites, mais on note que les lianes sont devenues beaucoup plus importantes, soit un taux de 9%.



**Figure 13: Spectre biologique de la végétation de Betsitsikahely**

## **Conclusion partielle**

La presque île d'Ampasindava présente une grande diversité spécifique. Le massif de Bongomirahavavy présente à lui seul plus de 65% des espèces recensées. En général, les microphanérophytes et les mésophanérophites sont abondantes. Par contre, les épiphytes sont rares lorsqu'on avance vers l'ouest.

## **III- CARACTERISTIQUES PHYSIONOMIQUES DE LA VEGETATION DES TROIS SITES**

### **III-1 Tsarabanja**

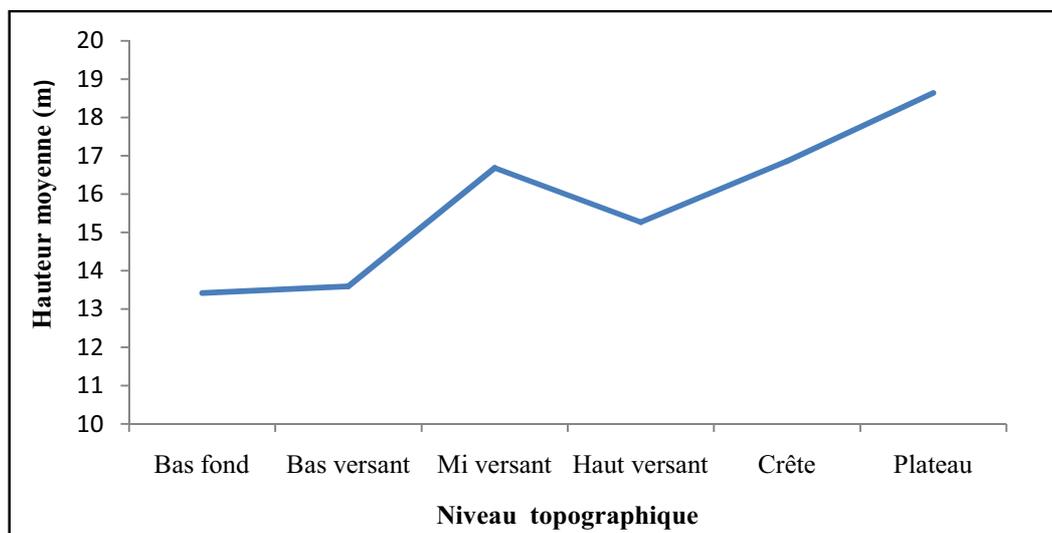
#### **III-1-1 Densité et diversité spécifiques**

La forêt de Tsarabanja est dense et cette densité de la végétation varie selon la position topographique. La densité linéaire spécifique est faible au niveau des bas fonds, avec 57 espèces recensées sur une ligne de 100 m. Par contre elle est élevée au niveau des mi versants, avec 106 espèces. En terme de densité linéaire de la végétation, elle est plus dense au niveau des plateaux sommitaux et représentées par 263 individus par 100 m de ligne de relevé. Il est remarqué que la végétation la plus dense n'est pas celle la plus riche en diversité spécifique.

#### **III-1-2 Aspect physionomique**

##### **➤ Hauteur moyenne de la forêt**

La moyenne des hauteurs maximales de contact entre le jalon et la masse végétale permet d'estimer la hauteur de la forêt. La végétation du site 1 est caractérisée par une augmentation en hauteur de la forêt lorsqu'on monte en position topographique (Figure 14). La forêt des bas fonds sont les plus basses ayant une hauteur moyenne 13,42 m, alors que la forêt la plus haute se trouve au niveau des plateaux sommitaux avec une hauteur moyenne de 18,42 m.



**Figure 14 : Variation de la hauteur moyenne de la végétation par niveau topographique**

### ➤ Stratification - recouvrement

Une variation physionomique de la végétation est observée en fonction des niveaux topographiques.

- Au niveau des bas fonds, la forêt est à quatre strates :
  - La strate inférieure (0-2 m) est composée par des herbacées : *Schizostachyum* sp. (POACEAE), *Selaginella lyalii* (SELAGINELLACEAE) et des plantules d'arbres. La strate est bien fermée avec un taux de recouvrement de 92%.
  - La strate moyenne inférieure (2-4 m) est riche en arbustes : *Psorospermum cerasifolium* (CLUSIACEAE), *Soreindeia madagascariensis* (ANACARDIACEAE), *Ixora platyphyrsa* (RUBIACEAE), *Erythroxylum excelsum* (ERYTHROXYLACEAE). C'est une strate peu ouverte, dont le taux de recouvrement est de 76%.
  - La strate moyenne supérieure (4-8 m) est composée principalement par des jeunes arbres et des arbustes: *Orfilea multispicata* (EUPHORBIACEAE), *Macphersonia gracilis*, *Molinaea sulcata* (SAPINDACEAE), *Dypsis ampasindavae* (ARECACEAE). La strate est peu ouverte, avec un taux de recouvrement de 84%.
  - La strate supérieure (8-16 m) caractérisée par des arbres et lianes : *Teclea unifoliolata* (RUTACEAE), *Diospyros glaucocarpa* (EBENACEAE), *Manilkara boivini* (SAPOTACEAE), *Brachylaena merana* (ASTERACEAE), *Astrotrichilia elegans* (MELIACEAE). C'est une strate bien fermée caractérisée avec un taux de recouvrement de 96%.
  - Les émergents (plus de 16-32 m) est peuplé par *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Symphonia macrocarpa* (CLUSIACEAE).
- Dans la végétation des bas versants : trois strates sont observées
  - La strate inférieure (0-2 m) est formée principalement par *Agelaea pentagyna* (CONNARACEAE), *Pandanus concretus* (PANDANACEAE), *Dichapetalum madagascariensis* (DICHAPETALACEAE). La strate est peu ouverte par un taux de recouvrement de 82%.
  - La strate moyenne (2-4 m) est formée par *Burasaia* sp. (MENISPERMACEAE), *Canthium* sp. (RUBIACEAE), *Lygodium lanceolatum* (LYGODIACEAE), *Eugenia* sp. (MYRTACEAE). C'est une strate semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 70%.
  - La strate supérieure (4-16 m) est composée par des jeunes et grands arbres comme *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Garcinia* sp., *Mammea bongo* (CLUSIACEAE), *Ravenea madagascariensis* (ARECACEAE), *Cleistanthus* sp.

(EUPHORBIACEAE). La strate est fermée et le taux de recouvrement est compris entre 90 à 100%.

- Les émergents sont *Calophyllum parvifolium* et *Garcinia madagascariensis* (CLUSIACEAE).

- La végétation des mi versants est composée de quatre strates :

- La strate inférieure (0-2 m) est formée *Leea madagascariensis* (LEEACEAE), *Pandanus* sp. (PANDANACEAE), *Selaginella* sp. (SELAGINELLACEAE), *Begonia* sp. (BEGONIACEAE). La strate est semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 70%.
- La strate moyenne inférieure (2-8 m) est composée par des arbustes : *Soreindeia madagascariensis* (ANACARDIACEAE), *Mascharenasia arborescens* (APOCYNACEAE), *Memecylon faucheri* (MELASTOMATAACEAE), *Cyathea* sp. (CYATHEACEAE) ; et des jeunes arbres comme *Calophyllum recedens* (CLUSIACEAE), *Diospyros vescoi* (EBENACEAE), *Maulouchia sambiranensis* (MYRISTICACEAE). La strate est peu ouverte avec un taux de recouvrement de 78 à 84%.
- La strate moyenne supérieure (8-16 m) est formée par *Rhopalocarpus louvelii* (SPHAEROSEPALACEAE), *Garcinia madagascariensis* (CLUSIACEAE), *Tina striata* (SAPINDACEAE). C'est une strate fermée avec un taux de recouvrement de 98%.

La strate supérieure est composée par des grands arbres comme *Calophyllum parvifolium* (CLUSIACEAE), *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Pseudopteris decipiens* (SAPINDACEAE), *Schrebera orientalis* (OLEACEAE). La strate est semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 68%.

- La végétation des hauts versants est formée de quatre strates :

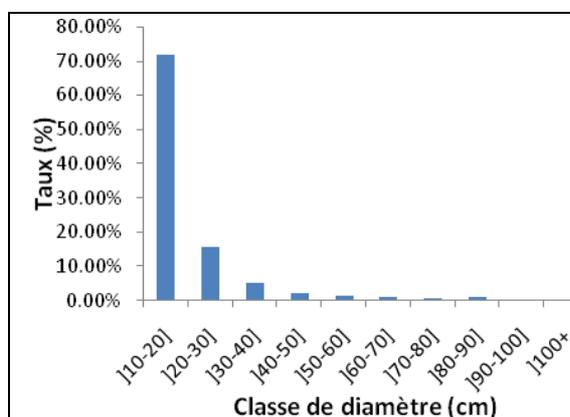
- La strate inférieure (0-2 m) est composée par *Cyperus* sp. (CYPERACEAE), *Selaginella lyalii* (SELAGINELLACEAE), *Smilax anceps* (SMILACACEAE), *Saccoloma herriettae* (DENNSTAETIACEAE). Elle est semi-ouverte, avec un taux de recouvrement de 74%.
- La strate moyenne inférieure (2-4 m) est riche en : *Ficus soroceroides* (MORACEAE), *Allophylus cobbe* (SAPINDACEAE), *Lygodium lanceolatum* (LYGODIACEAE), *Dracaena elliptica* (CONVALLARIACEAE). Le taux de recouvrement est de 66%, montrant une strate est semi ouverte.
- La strate moyenne supérieure (4-8 m) est composée par *Blotia tanalarum* (EUPHORBIACEAE), *Mollinae petiolaris* (SAPINDACEAE), *Potameia tomentela* (LAURACEAE), *Mammea sessiflora* (CLUSIACEAE), *Strychnopsis madagascariensis*

- (LOGANIACEAE), *Polyalthia sambiranensis* (ANNONACEAE). La strate est peu ouverte à fermée, avec un taux de recouvrement de 84 à 96%.
- La strate supérieure (16-32 m) est riche en *Mammea sessiliflora* (CLUSIACEAE), *Astrotrichilia elegans* (MELIACEAE), *Brachylaena merana* (ASTERACEAE), *Chrysophyllum boivianum* (SAPOTACEAE). La strate est semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 60%.
- La végétation des crêtes est composée de quatre strates bien individualisées :
    - La strate herbacée (0-2 m) est composée par *Leptospis cochelata* (POACEAE), *Ixora hookeri* (RUBIACEAE), *Cnestis polyphylla* (CONNARACEAE). C'est une strate peu ouverte, avec un taux de recouvrement de 88%
    - La strate moyenne inférieure (2-4 m) est formée par des arbustes dont : *Ficus lutea* (MORACEAE), *Coffea* sp. (RUBIACEAE), *Erythroxylum platycladum* (ERYTHROXYLACEAE), *Martellidendron* sp. (PANDANACEAE). La strate pauvre en espèces est semi-ouverte, avec un taux de recouvrement de 62%.
    - La strate moyenne supérieure (4-16 m) est composée par des arbustes et des jeunes arbres : *Homalium micanthum* (SALICACEAE), *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Rhopalocarpus alternifolius* (RHOPALOCARPACEAE), *Symphonia ambanjensis* (CLUSIACEAE). La strate est peu ouverte à fermée, où le taux de recouvrement varie de 84% à 92%.
    - La strate supérieure (16-32 m) présente des grands arbres comme *Teclea punctata* (RUTACEAE), *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Calophyllum parvifolium* (CLUSIACEAE). C'est une strate ouverte présentée avec un taux de recouvrement de 46%.
  - Au niveau des plateaux sommitaux, la végétation est composée de quatre strates :
    - La strate herbacée (0-2 m) est composée par des plantules et des jeunes arbustes. C'est une strate semi-ouverte, représentée avec un taux de recouvrement de 66%.
    - La strate moyenne inférieure (2-4 m) est composée par *Stychnos decussata* (LOGANIACEAE), *Peponidium* sp. (RUBIACEAE), *Pittosporum cerasifolium* (PITTOSPORACEAE), *Soreindeia madagascariensis* (ANACARDIACEAE). C'est une strate moins dense, ouverte, avec un taux de recouvrement de 50%.
    - La supérieure (4-16 m) est dense et riche. Elle est composée par des arbustes et des jeunes arbres comme *Cryptocarya ocoteifolia* (LAURACEAE), *Eugenia gavoala* (MYRTACEAE), *Dyopsis ampasindavae* (ARECACEAE), *Khaya madagascariensis*

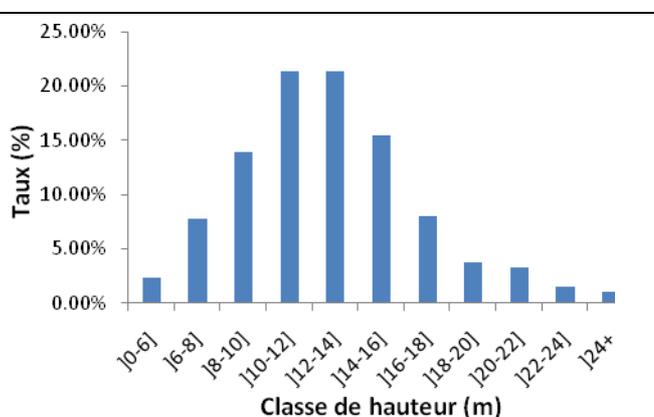
(MELIACEAE), *Tambourissa masoalensis* (MONIMIACEAE), *Mammea bongo* (CLUSIACEAE). C'est une strate bien fermée avec un taux de recouvrement de 90 à 100%.

### ➤ Analyse dendrométrique

La figure 15 montre que la végétation du site 1 est en bonne santé de régénération par la présence d'une courbe en forme de J inversé. La distribution des individus par classe de hauteur (Figure 16) montre que la formation est dominée par des arbres appartenant à la classe de hauteur 10 à 14 m. En plus, on recense aussi des grands arbres à hauteur élevée (plus de 20 m de haut). Cette distribution des individus par classe de hauteur est une distribution normale car la courbe présente une allure en cloche.



**Figure 15: Répartition des individus par classe de diamètre**



**Figure 16: Répartition des individus par classe de hauteur**

Par conséquent, la végétation est caractérisée par un potentiel en bois élevé de 153 m<sup>3</sup>/ hectare au niveau des bas fonds et peut atteindre une valeur de 431 m<sup>3</sup>/ hectare au niveau des mi versants.

## III-2 Ampôpô

### III-2-1 Densité et diversité spécifiques

La végétation est dense sauf dans les zones où les blocs de rochers sont fréquents et où les BAMBUSOIDAE étouffent la surface du sol. La densité linéaire de la végétation est de 170 à 269 individus par 100 m et la végétation est plus dense au niveau des hauts versants. La diversité spécifique est exprimée par une densité linéaire spécifique de 64 à 89 espèces par 100 m de la

ligne de relevé. Ce sont les bas fonds qui ont la plus grande diversité spécifique, contre les mi versants qui sont les plus pauvres.

### III-2-2 Aspect physiologique

#### ➤ Hauteur moyenne de la forêt

Pour la végétation du site 2, exposée au nord ouest, la hauteur de la forêt diminue lorsqu'on monte en altitude (Figure 17). La forêt des bas fonds est la plus haute avec une moyenne des hauteurs maximales de 14,83 m, contre 13,15 m pour la forêt au niveau des plateaux sommitaux.

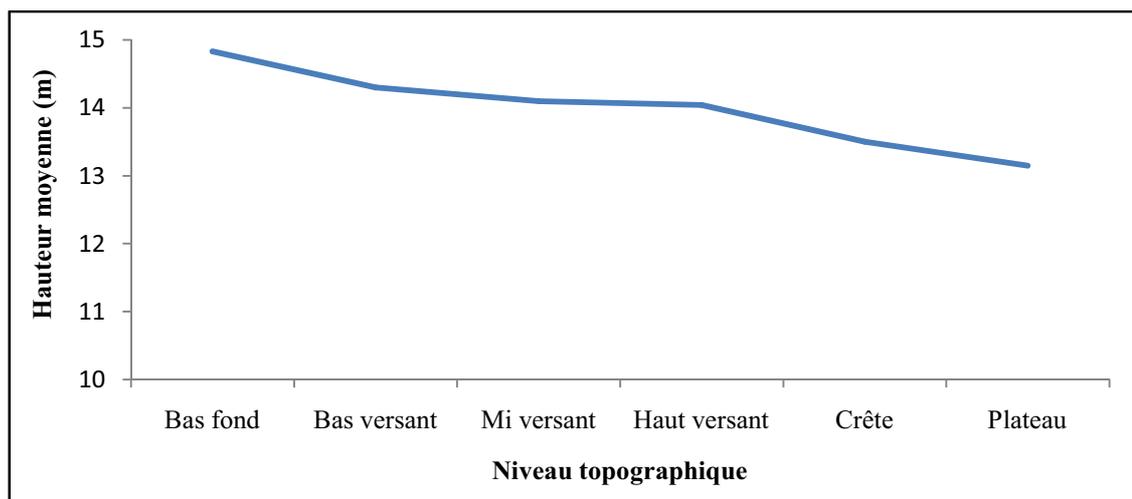


Figure 17 : Variation de la hauteur moyenne de la végétation par niveau topographique

#### ➤ Stratification- recouvrement

La physiologie de la végétation sur le versant nord ouest du massif de Bongomirahavavy diffère de l'autre versant (sud-est). Cette variation est observée par niveau topographique

- La forêt des bas fonds est composée de quatre strates :
  - La strate inférieure (0-2 m), composée par *Leea guinensis* (LEEACEAE), *Cyathea* sp. (CYATHEACEAE), *Davallia denticula* (DAVALLIACEAE), *Pandanus concretus* (PANDANACEAE), *Leptaspis cochealata* (POACEAE). La strate est peu ouverte, avec un taux de recouvrement de 78%.
  - La strate moyenne inférieure (2-4 m) est composée par des arbustes : *Soreindeia madagascariensis* (ANACARDIACEAE), *Canthium* sp. (RUBIACEAE), *Trophis montana* (MORACEAE), *Crataeva* sp. (CAPPARIDACEAE). La strate est semi-ouverte, avec un taux de recouvrement de 66%.
  - La strate moyenne supérieure (4-16 m) est riche en jeunes arbres et des arbustes comme *Petchia erythrocarpa* (APOCYNACEAE), *Trophis montana*, (MORACEAE), *Parkia madagascariensis* (FABACEAE), *Olea madagascariensis*

(OLEACEAE), *Dracaena* sp. (CONVALLARIACEAE), *Martellidendron* sp. (PANDANACEAE). La strate est peu ouverte à fermée, avec un taux de recouvrement de 82 à 98%.

- La strate supérieure (16-32 m) est composée principalement par des grands arbres et des lianes comme *Xylocarpus granatum* (MELIACEAE), *Chrysophyllum boivinianum*, *Labramia boivini* (SAPOTACEAE), *Diospyros vescoi* (EBENACEAE). C'est une strate ouverte avec un taux de recouvrement de 46%.
- Au niveau des bas versants, la forêt est à quatre strates ;
  - La strate inférieure (0-2 m) est composée par *Scleria longiflora*, *Leptospis cochealata* (POACEAE), *Selaginella lyalii* (SELAGINELLACEAE), *Saldinia axillaris* (RUBIACEAE), *Begonia* sp. (BEGONIACEAE). Cette strate peut être semi-ouverte ou fermée suivant les conditions du milieu (ex : présence des rochers). Le taux de recouvrement varie de 64 à 92%.
  - La strate moyenne inférieure (2-4 m) est riche en arbustes. Elle est formée par *Tannodia grandiflora* (EUPHORBIACEAE), *Stephanodaphne* sp. (THYMELECEAE), *Erythroxylum* sp. (ERYTHROXYLACEAE), *Coffea* sp., *Memecylon pterocladum* (MELASTOMATAACEAE). C'est une strate semi-ouverte à peu ouverte, où le taux de recouvrement varie de 60 à 82%.
  - La strate moyenne supérieure (4-16 m) est dense. Elle est formée par quelques arbustes et des jeunes arbres : *Bathiorhamnus louvelii* (RHAMNACEAE), *Breonia flagifera*, *Mantalanina sambiranensis* (RUBIACEAE), *Trophis montana* (MORACEAE), *Garcinia chapelierii* (CLUSIACEAE), *Anisophyllea fallax* (ANISOPHYLLEACEAE). C'est une strate fermée avec un taux de recouvrement de 94 à 98%.
  - La strate supérieure (16-32 m) est formée par *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE), *Ficus madagascariensis* (MORACEAE), *Parkia madagascariensis*, *Intsia bijuga* (FABACEAE), *Molinaea sulcata* (SAPINDACEAE). La strate est ouverte et le taux de recouvrement est de 38 à 49%.
- La forêt des mi-versants présente quatre strates :
  - La strate inférieure est dense ; elle est composée par *Davallia denticulata* (DAVALLIACEAE), *Pothos scandens* (ARACEAE), *Pandanus* sp. (PANDANACEAE), *Lygodium lanceolatum* (LYGODIACEAE), *Ixora* sp. (RUBIACEAE) et des Bambous rampantes. C'est une strate continue, avec un taux de recouvrement de 90%.

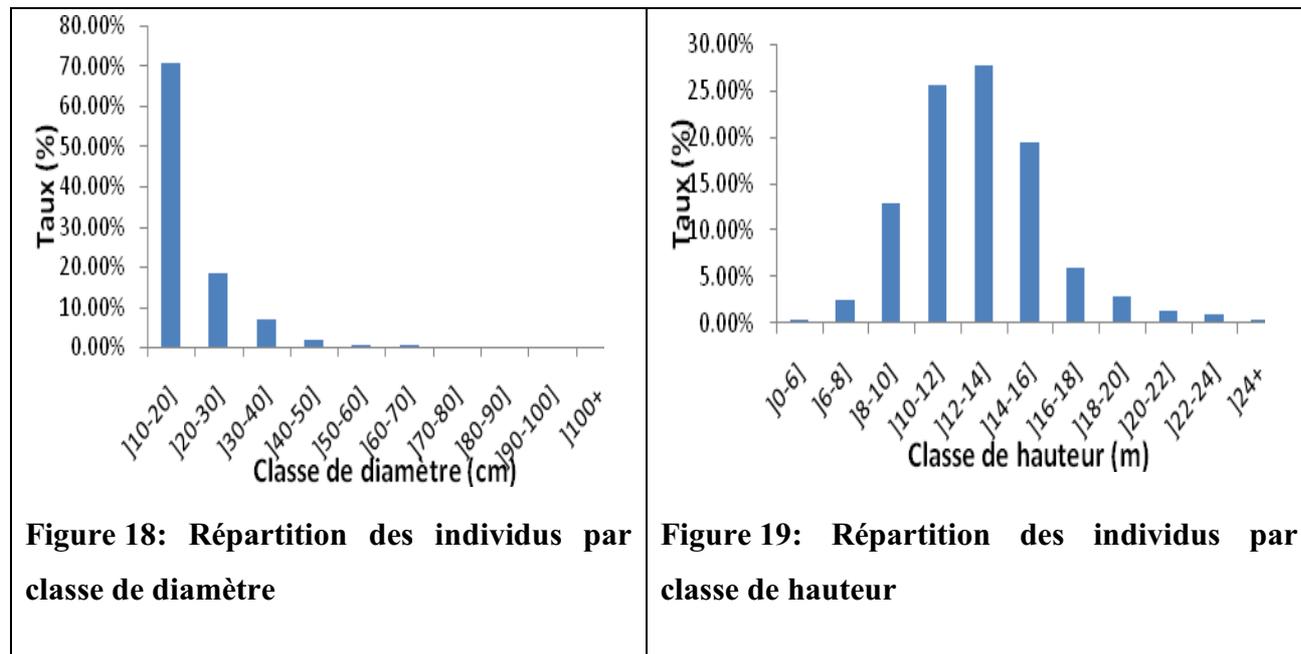
- La strate moyenne inférieure (2-4 m) est moins dense ; elle est formée par des arbustes : *Cinnamosma madagascariensis* (CANNELACEAE), *Macaranga decaryana* (EUPHORBIACEAE), *Dracaena elliptica* (CONVALLARIACEAE), *Aphloia theiformis* (APHLOIACEAE). C'est une strate semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 66%.
- La strate moyenne supérieure (4-8 m) est formée par *Albizia viridis* (FABACEAE), *Ravenala madagascariensis* (STRELITZEACEAE), *Macarisia pyramidata* (RHIZOPHORACEAE), *Orfilea multispicata* (EUPHORBIACEAE). La strate est peu ouverte, avec un taux de recouvrement de 80%.
- La strate supérieure (8-16 m) est composée de *Treculia madagascariensis* (MORACEAE), *Albizia guimmifera* (FABACEAE), *Bridelia tulasneana* (RUTACEAE), *Ravenea madagascariensis* (ARECACEAE), *Calophyllum parvifolium* (CLUSIACEAE), *Commiphora sp.* (BURSERACEAE). C'est une strate fermée avec un taux de recouvrement de 98%.
- Les émergents sont *Canarium madagascariensis* (BURSERACEAE).
- Au niveau des hauts versants, la forêt est composée de trois strates :
  - La strate inférieure (0-4 m) est dominée par les bambous rampants, sauf lors de la présence de chablis. Elle est peu ouverte à fermée. Son taux de recouvrement est de 76-92%.
  - La strate moyenne (4-8 m) est formée par *Polycardia lateralis* (CELASTRACEAE), *Martellidendron sp.* (PANDANACEAE), *Erythroxylum sp.* (ERYTHROXYLACEAE), *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Strychnos madagascariensis* (LOGANIACEAE), *Dyopsis sp.* (ARECACEAE). Elle est continue et a un taux de recouvrement de 92%.
  - La strate supérieure (8-16 m) est riche en *Vitex pulchra* (VERBENACEAE), *Symphonia ambanjensis* (CLUSIACEAE), *Polyalthia richardiana* (ANNONACEAE), *Dyopsis ampasindavae* (ARECACEAE), *Diospyros vescoi* (EBENACEAE). La strate est bien fermée, avec un taux de recouvrement de 100%.
  - Les émergents sont *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE) et *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE).
- Les crêtes sont caractérisées par des forêts à trois strates :
  - La strate inférieure (0-2 m) est composée des herbacées et des plantules comme par exemple *Scleria longiflora* (POACEAE) et *Agelaea pentagyna* (CONNARACEAE). La strate est semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 66%.

- La strate moyenne (2-4 m) est caractérisée par l'abondance des arbustes et des jeunes arbres comme *Stephanodaphne pulchra* (THYMELEACEAE), *Warneckea* sp. (MELASTOMATACEAE), *Trophis montana* (MORACEAE), *Strychnos madagascariensis* (LOGANIACEAE), *Benoista sambiranensis* (EUPHORBIACEAE). La strate est peu ouverte avec un taux de recouvrement de 78%.
- La strate supérieure (4-16 m) est dense. Elle est caractérisée par des arbres et des lianes : *Milletia orientalis* (FABACEAE), *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE), *Manilkara boivini* (SAPOTACEAE), *Dialyceras parvifolium* (SPHAEROSEPALACEAE), *Dichapetalum madagascariensis* (DICHAPETALACEAE), *Breonia flagifera* (RUBIACEAE). C'est une strate bien fermée, avec un taux de recouvrement de 98 à 100%.
- Les plateaux sommitaux sont caractérisés par des forêts à trois strates, avec une réduction du taux de recouvrement de la canopée :
  - La strate inférieure (0-2 m) est caractérisée par la présence de *Schizostachyum* sp. (POACEAE), *Davallia denticulata* (DAVALLIACEAE) et des plantules d'arbres. La strate est peu ouverte un taux de recouvrement de 80%.
  - La strate moyenne (2-4 m) est dense, et caractérisée par *Noronhia pervilleana* (OLEACEAE), *Pandanus* sp. (PANDANACEAE), *Canthium evenium*, *Ixora hookeri*, *Enterospermum sambiranense* (RUBIACEAE), *Drypetes thouarsii* (EUPHORBIACEAE). La strate est semi-ouverte, avec un taux de recouvrement de 64%.
  - La strate supérieure (4-16 m) est formée par des arbustes et des arbres dont *Vepris unifoliolata* (RUTACEAE), *Phyllartrou cauliflorum* (BIGNONIACEAE), *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE), *Maulouchia sambiranensis* (MYRISTIACEAE), *Codryla haraka*, *Albizia viridis* (FABACEAE), *Chrysophyllum boivianum* (SAPOTACEAE). La strate est fermée, caractérisée par un taux de recouvrement de 84 à 98%.
  - Les émergents sont *Rhopalocarpus louvelii* (SPHAEROSEPALACEAE), *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE), *Vepris unifoliolata* (RUTACEAE).

### ➤ Analyse dendrométrique

La répartition des individus par classe de diamètre (Figure 18) montre que la végétation d'Ampôpô est en bonne santé de régénération par l'allure d'une courbe en J inversé. Cette végétation présente une abondance des individus appartenant à la classe de hauteur de 10 à 14 m

(Figure 19). Les individus à classe de hauteur supérieure à 20 m sont moins nombreux et la hauteur maximale des arbres est de 24 m.



Grâce à ces caractéristiques dendrométriques, le potentiel en bois de ce site varie de 139 m<sup>3</sup>/hectare à 332 m<sup>3</sup>/hectare.

### III-3 Betsitsikahely

#### III-3-1 Densité et diversité spécifiques

A Betsitsikahely, la végétation est moins riche en espèces. Cependant, plusieurs espèces absentes dans le massif de Bongomirahavavy sont fréquentes dans ce site comme *Bleekrodea madagascariensis*, *Leptolaena* sp., *Sarcolaena* sp., *Mascharenasia* sp.. La densité linéaire spécifique varie de 41 à 74 espèces sur une ligne de relevé de 100 m de long. Les mi versants sont les plus riches en diversité spécifique. La végétation est caractérisée par une fréquence de 151 à 252 individus sur une ligne de relevé de 100 m. Ce sont au niveau des bas fonds que la végétation est la plus dense.

### III-3-2 Aspect physiologique

#### ➤ Hauteur moyenne de la forêt

A Betsitsikahely, il est rare de rencontrer des arbres pouvant atteindre 14 m de haut. En général, ce sont au niveau des faibles positions topographiques que se trouvent les forêts hautes (bas-fonds et bas-versants) (Figure 20) avec une moyenne de hauteurs maximales de 12,92 m. La forêt la plus basse a une moyenne de hauteurs maximales de 9,41 m (forêt des mi-versants) et les forêts des mi-versants et des crêtes ont une similarité en hauteur.

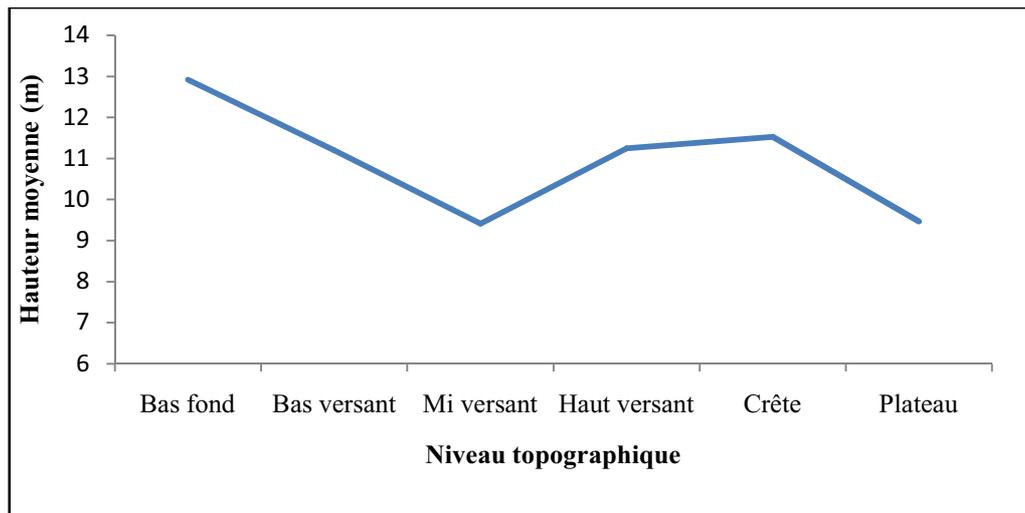


Figure 20 : Variation de la hauteur moyenne de la végétation par niveau topographique

#### ➤ Stratification- recouvrement

La végétation de Betsitsikahely présente une grande variation physiologique d'une localité à une autre. Cette variation peut être mise en évidence par la caractérisation de la végétation en fonction du niveau topographique.

- Au niveau des bas fonds, une forêt à trois strates est observée :
  - La strate inférieure (0-2 m) est dense ; elle est composée de *Cyperus* sp. (CYPERACEAE), *Leea guinensis* (LEEACEAE), *Ixora polyphyrsa*, *Polysphaeria* sp. (RUBIACEAE) et des plantules d'arbres. Cette strate est peu ouverte, son taux de recouvrement est de 82%.
  - La strate moyenne (2-8 m) est formée par des arbustes : *Macphersonia gracilis* (SAPINDACEAE), *Rothmannia* sp., *Gaertnera macrostipula*, *Breonia flagifera* (RUBIACEAE), *Erythroxylum nitilidum* (ERYTHROXYLACEAE), *Dypsis* sp. (ARECACEAE), *Beilchmiedia grandiflora* (LAURACEAE). C'est une strate peu ouverte, avec un taux de recouvrement de 75 à 80%.

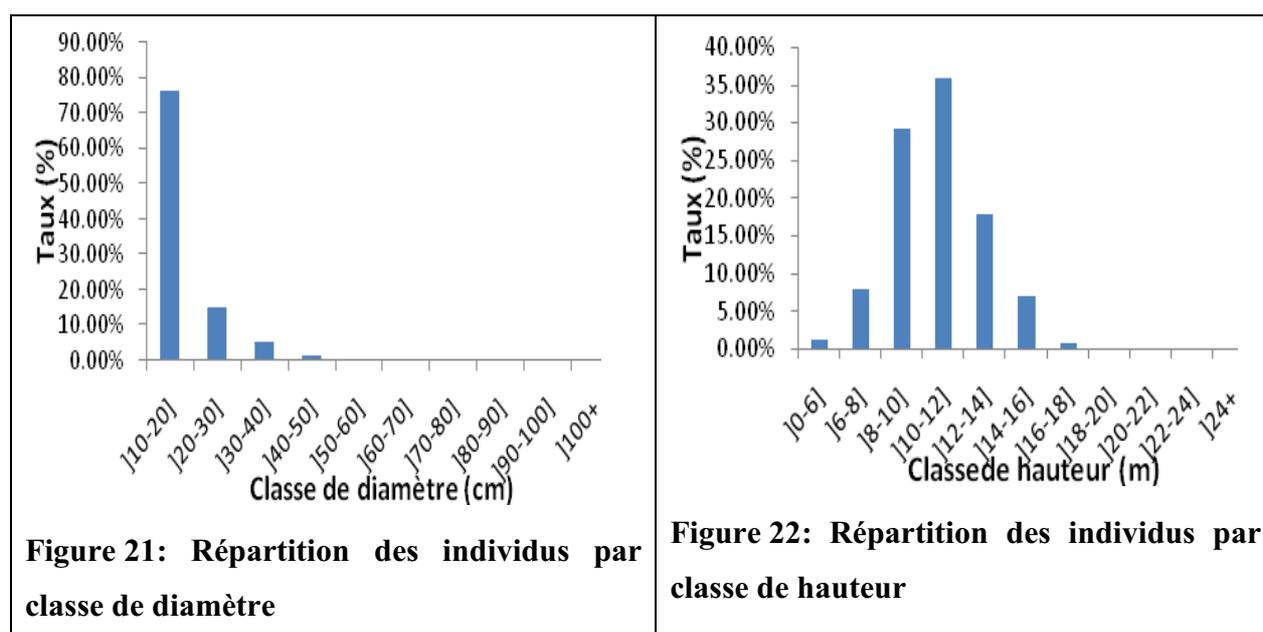
- La strate supérieure, (8-16 m) est formée par des arbres comme *Abrahamia* sp. (ANACARDIACEAE), *Diospyros vescoi* (EBENACEAE), *Garcinia madagascariensis* (CLUSIACEAE), *Bathiorhamnus louvelii* (RHAMNACEAE), *Strychnos madagascariensis* (LOGANIACEAE), *Albizia gummifera* (FABACEAE). C'est une strate dense et fermée, avec un taux de recouvrement de 98 à 100%.
- Au niveau des bas-versants, la forêt est toujours à trois strates :
  - La strate inférieure (0-2 m), est composée de *Cyperus* sp. (CYPERACEAE), *Selaginella lyalii* (SELAGINELLACEAE), *Schizostachyum* sp. (POACEAE) et de beaucoup de plantules. La strate est peu ouverte, avec un taux de recouvrement de 82 à 90%.
  - La strate moyenne (2-4 m) est formée par des arbustes et des jeunes arbres comme *Polyscias nossibensis* (ARALIACEAE), *Eugenia* sp. (MYRTACEAE), *Mallotus spinosilus*, *Tannodia grandiflora* (EUPHORBIACEAE), *Gaertnera macrostipula* (RUBIACEAE). Les lianes sont : *Dichapetalum madagascariensis* (DICHAPETALACEAE), *Agelaea pentagyna* (CONNARACEAE). La strate est semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 65 à 76%.
  - La strate supérieure (4-16 m) est dense et riche. Elle est composée de *Mammea bongo* (CLUSIACEAE), *Dalbergia baroni* (FABACEAE), *Faucherea manongarivensis* (SAPOTACEAE), *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Protorhus sericea* (ANACARDIACEAE), *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Dypsis* sp. (ARECACEAE). C'est une strate bien fermée, avec un taux de recouvrement de 95 à 98%.
- La végétation des mi-versants est caractérisée par trois strates. seulement la densité de la végétation varie d'un milieu à un autre pour chaque strate.
  - La strate inférieure (0-2 m) est formée par l'abondance des *Schyzostachium* sp., *Scleria longiflora* (POACEAE), *Cyperus* sp. (CYPERACEAE), *Lygodium lanceolatum* (LYGODIACEAE), *Phyllanthus* sp. (EUPHORBIACEAE). Elles ont formées une strate peu ouverte, avec un taux de recouvrement de 78 à 86%.
  - La strate moyenne (2-4 m) est pauvre en espèces. Elle est formée par *Mapouria parkeri* (RUBIACEAE), *Mascharenasia augustifolia* (APOCYNACEAE), *Dichaetantera altissima* (MELASTOMATAACEAE), *Phyllartrou* sp. (BIGNONIACEAE), *Terminalia tetrandra* (COMBRETACEAE). Suivant le milieu, la strate peut être ouverte à semi-ouverte. Son taux de recouvrement varie de 50 à 70%.

- La strate supérieure (4-8 m ou 4-16 m suivant le type de végétation) est dense et formée par *Mantalania sambiranensis* (RUBIACEAE), *Molinaea sulcata* (SAPINDACEAE), *Leptolaena multiflora*, *Sarcolaena sp.* *Xyloolena richardii* (SARCOLENACEAE), *Xylopi humblotiana* (ANNONACEAE). C'est une strate continue, avec un taux de recouvrement de 92 à 100%.
- Les émergents sont *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Brachylaena merana* (ASTERACEAE) et *Uapaca sp.* (EUPHORBIACEAE).
- Sur les hauts-versants, les forêts sont à trois strates :
  - La strate inférieure (0-2 m) est composée de *Bleekrodeia madagascariensis* (MORACEAE), *Phyllanthus sp.* (EUPHORBIACEAE), *Schyzostachium sp.* (POACEAE), *Dichapetalum madagascariensis* (DICHAPETALACEAE), *Lygodium lanceolatum* (LYGODIACEAE).
  - La strate moyenne (2-4 m) est formée par *Aphloia theiformis* (APHLOIACEAE), *Polysphaeria sp.* (RUBIACEAE), *Rinorea augustifolia* (VIOLACEAE), *Memecylon buxifolium* (MELASTOMATACEAE), *Diporidium ciliatum* (OCHNACEAE), *Mascharenasia arborescens* (APOCYNACEAE). C'est une strate semi-ouverte, avec un taux de recouvrement de 65 à 74%.
  - La strate supérieure (8-16 m) est composée par *Olea madagascariensis* (OLEACEAE), *Dalbergia baronii*, *Cordyla haraka* (FABACEAE), *Xylopi perrieri* (ANNONACEAE), *Bathiorhamnus louvelii* (RHAMNACEAE). La strate est fermée, avec un taux de recouvrement de 92 à 98%.
- Au niveau des crêtes, la forêt est à trois strates :
  - La strate inférieure (0-2 m) est composée par *Bleekrodeia madagascariensis* (MORACEAE), *Cyperus sp.* (CYPERACEAE), *Pandanus sp.* (PANDANACEAE) et beaucoup de plantules. Elle est semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 70%.
  - La strate moyenne (2-4 m) est caractérisée par l'abondance des arbustes : *Saldinia axillaris* (RUBIACEAE), *Eugenia sp.* (MYRTACEAE), *Burasaia madagascariensis* (MENISPERMACEAE), *Drypetes thouarsii* (EUPHORBIACEAE). Elle est semi-ouverte avec un taux de recouvrement de 62%.
  - La strate supérieure (4-16 m) est dense. Elle est formée par *Bathiorhamnus louvelii* (RHAMNACEAE), *Ambavia gerrardii* (ANNONACEAE), *Orfilea multispicata* (EUPHORBIACEAE), *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Olea madagascariensis* (OLEACEAE). C'est une strate continue, avec un taux de recouvrement de 90 à 100%.

- La forêt des plateaux sommitaux sont à trois strates :
  - La strate inférieure (0-2 m) est formée par *Scleria logifolia*, *Schyzostachium* sp. (POACEAE), *Cyperus* sp. (CYPERACEAE).
  - La strate moyenne (2-4 m) est caractérisée par la présence des *Gaertnera macrostipula*, *Ixora hookeri* (RUBIACEAE), *Terminalia terandra* (COMBRETACEAE), *Trilepisium madagascariense* (MORACEAE), *Dichaetantera altissima* (MELASTOMATACEAE), *Psorospermum cerasifolium* (CLUSIACEAE). Elle est ouverte à semi ouverte. Le taux de recouvrement varie de 48 à 58%.
  - La strate supérieure est dense. Elle est composée par *Leptolaena* sp. (SARCOLENACEAE), *Dypsis* sp. (ARECACEAE), *Symphonia* sp. (CLUSIACEAE), *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE). C'est une strate fermée, avec un taux de recouvrement de 88 à 95%.

### ➤ Analyse dendrométrique

La végétation de Betsitsikahely est caractérisée par des forêts moins basses que celles de Bongomirahavavy. La forêt est formée principalement par des arbres de 10 à 30 cm de diamètre (Figure 21) et de 8 à 12 m de haut (Figure 22). La répartition des individus par classe de diamètre montre que la végétation est en bonne santé de régénération par l'allure de la courbe en J inversé (Figure 21). Le potentiel en bois de la formation présente une grande différence d'un type de forêt à une autre. Au niveau des bas versants, le biovolume est faible, soit 65 m<sup>3</sup>/ha contre un biovolume de 213 m<sup>3</sup>/ha au niveau des crêtes.



## CONCLUSION PARTIELLE :

D'après les caractéristiques physiologiques des formations végétales dans les trois sites d'étude, une réduction de la hauteur de la canopée, de la densité de la végétation ainsi que de la potentialité en bois est observée d'Est en Ouest dans la presqu'île d'Ampasindava. A Bongomirahavavy, le versant sud-est (Tsarabanja) est à diversité spécifique élevée et à végétation dense et haute (Figure 23) et généralement à quatre strates. La strate herbacée est moins dense lorsqu'on monte en altitude, contre un accroissement en densité des individus de la strate supérieure (16-32 m). Sur le versant nord-ouest (Ampôpô), la végétation est généralement à trois strates. La strate inférieure est beaucoup plus dense en position topographique supérieure (Figure 23) contre la réduction de la densité des individus de la classe de hauteur de 16-32 m. A Betsitsikahely, la végétation est moins dense et moins haute par rapport à Bongomirahavavy. C'est une formation à trois strates (Figure 24) et présente une grande variation physiologique entre les différents niveaux topographiques.

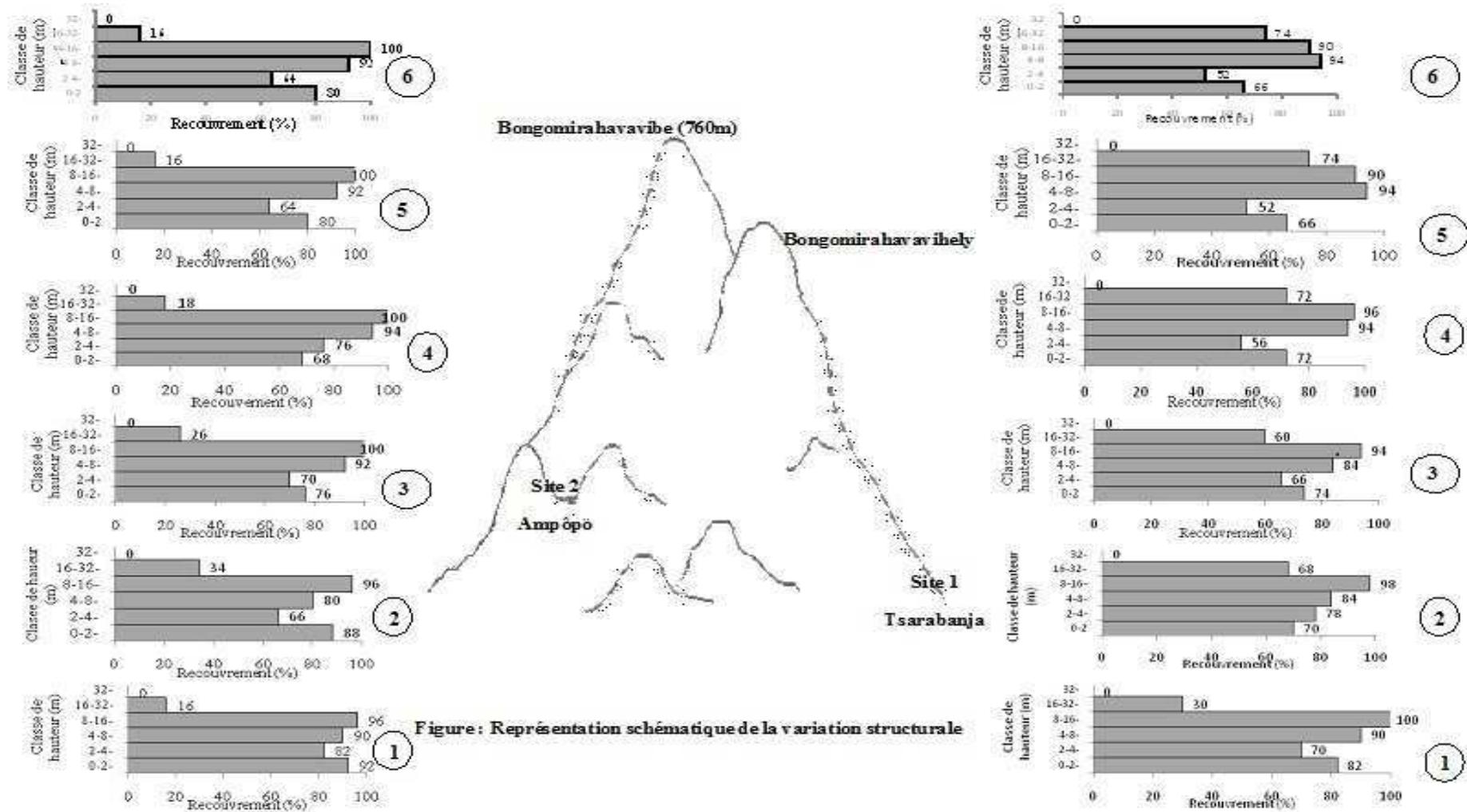


Figure 23 : Représentation schématique de la variation structurale de la végétation de Bongomirahavavy (Bas fond (1), Bas versant (2), Mi versant (3), Haut versant (4), Crête (5), Plateau sommital (6))

EST

OUEST

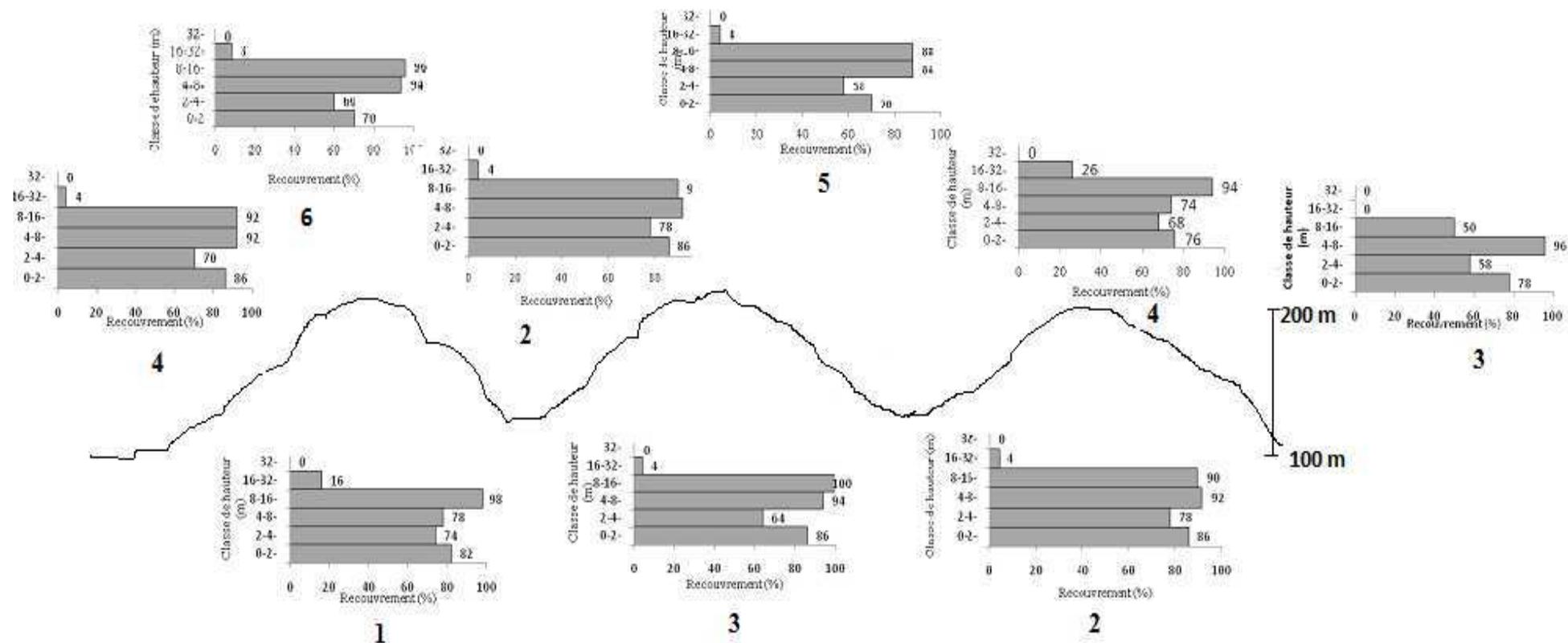


Figure 24 : Représentation schématique de la variation structurale de la végétation de Betsitsikahely (Bas fond (1), Bas versant (2), Mi versant (3), Haut versant (4), Crête (5), Plateau sommital (6))

## **IV- RESULTATS DE L'ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE**

Le traitement des données brutes est fait par l'utilisation d'un tableur Excel XLSTAT 7.1 et permet de dégager les groupes structuraux en fonction des descripteurs stationnels ainsi que les facteurs écologiques déterminants responsables.

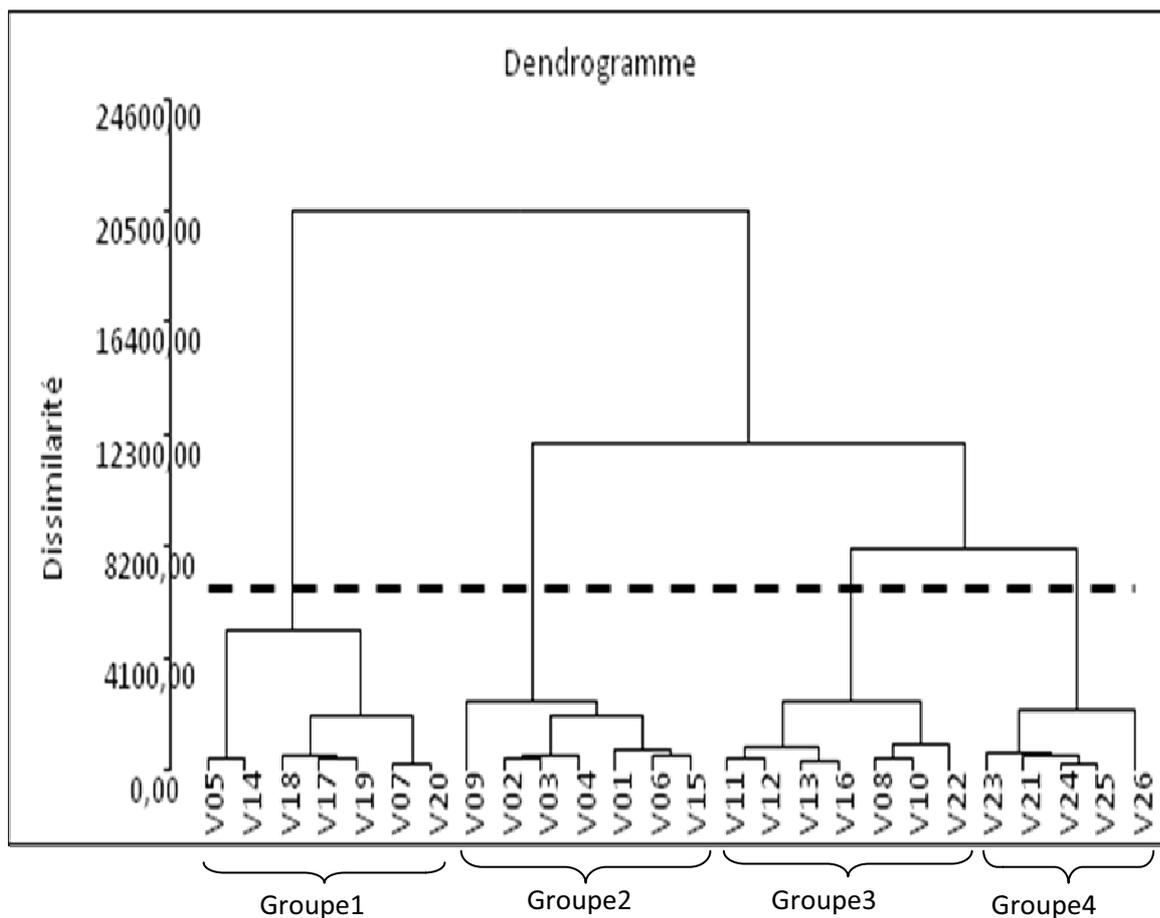
### **IV-1 TEST DE CORRELATION**

Par le test de corrélation, on analyse la corrélation entre tous les descripteurs (Annexe VIII). Les descripteurs qui ont de fortes corrélations entre eux (supérieure à 80%) sont dits colorés. L'information qu'ils apportent est redondante et il est préférable d'en éliminer un pour la suite des traitements. Les paramètres les plus pertinents retenus pour aboutir à la Classification Ascendante Hiérarchique sont : le biovolume, la densité linéaire, le recouvrement, la surface terrière, le nombre d'individus par classe de diamètre et la densité des individus semenciers par 0,1 ha.

### **IV-2 IDENTIFICATION DES GROUPES STRUCTURAUX**

Sur les différents relevés linéaires effectués aux différents niveaux topographiques et dans les différents types de forêts, ces relevés présentent des similarités entre eux. A partir des données de végétation récoltées et rassemblés, il a été possible de mettre en évidence plusieurs groupes structuraux après avoir fait un test de corrélation. Le résultat de ce groupement est présenté sous forme de dendrogramme (Figure 25). Les 26 relevés linéaires effectués dans les différentes unités de végétations représentent quatre groupes structuraux. Les unités de végétation ayant des caractéristiques similaires sur leurs données de végétation forment un groupe structural.

Les relevés linéaires effectués dans des stations et positions topographiques différentes peuvent former un groupe structural (Tableau 3) et le nombre de relevés constituant un groupe dépend de leur degré de similarité entre eux.



**Figure 25: Dendrogramme d'agrégation des 26 relevés linéaires en fonction de leurs similarités structurales**

**Tableau 3: Les relevés qui composent chaque groupe structural**

GRUPE STRUCTURAL	RELEVES CONSTITUTIFS	NOMBRE DE RELEVES/GROUPE
GRUPE 1	V05- V07- V14- V17- V18- V19- V20	7
GRUPE 2	V01- V02- V03- V04- V06- V09- V15	7
GRUPE 3	V08- V10- V11- V12- V13- V16- V22	7
GRUPE 4	V21- V23- V24- V25- V26	5

### IV-3 DESCRIPTION DES GROUPES STRUCTURAUX

Un groupe structural est caractérisé par ses richesses floristiques, caractéristiques physiologiques, structurales, et dendrométriques.

### IV-3-1 Groupe structural 1

#### a- Caractéristiques stationnelles

Ce premier groupe structural est formé par sept relevés linéaires dont trois sont effectués dans le massif de Bongomirahavavy (Tableau 4): deux à Tsarabanja (V05 et V07) et un à Ampôpô (V14) ; et quatre à Betsitsikahely (V17, V18, V19, V20) (Tableau 4). Ces entités de végétation recouvrent différents niveaux topographiques (bas fond, bas versant, mi versant, haut versant) et ne présentent ni la même pente ni la même exposition. Leur altitude est comprise entre 85 et 650 m.

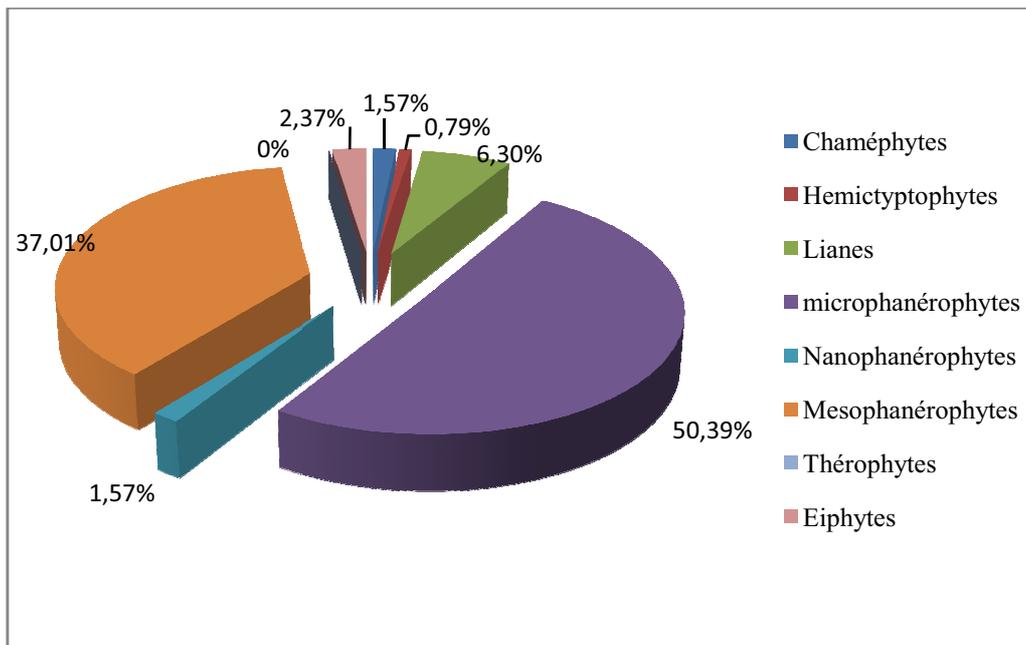
**Tableau 4: Les caractéristiques stationnelles du groupe structural 1**

RELEVES	SITES	ALTITUDE (m)	PENTE (°)	EXPOSITION (°)	POSITION TOPOGRAPHIQUE
V05	1	486	30	290	plateau sommital
V07	1	250	20	246	Bas fond
V14	2	650	34	116	Haut versant
V17	3	253	18	240	Haut versant
V18	3	284	28	125	Mi versant
V19	3	170	25	20	Bas versant
V20	3	85	10	170	Bas fond

#### b- Caractéristiques floristiques

On a recensé 121 espèces, 75 genres et 52 familles, dont 92,1% sont des DICOTYLEDONES, 7,0% des MONOCOTYLEDONES et 0,87% des PTERIDOPHYTES. Les familles les mieux représentées sont les RUBIACEAE (avec 18,6% des espèces recensées), les CLUSIACEAE (qui représentent le 15,9% des espèces recensées) et les ANACARDIACEAE (avec 14,2% des espèces recensées).

Le Spectre biologique (Figure 26) montre que ce sont les microphanérophytes qui sont les plus abondants dans la formation avec un taux de 50,4%. Viennent ensuite les mesophanérophytes (37%). Aucun thérophyte n'a été observé.



**Figure 26: Spectre biologique de la végétation du groupe structural 1**

### c- Analyse structurale

La forêt est moins basse et la moyenne des hauteurs maximales de contact varie de 11,8 m à 13,02 m. La densité linéaire spécifique est de 75 à 92 espèces par 100 m de ligne de relevé, représentées par 180 à 223 individus. La valeur de la rugosité est de 1,56 ; ce qui signifie la présence d'une forêt mature et bien structurée. Trois strates sont observées (Figure 27) :

- la strate inférieure (0-2 m) est composée principalement par *Schizostachium* sp. (POACEAE), *Scleria longiflora* (CYPERACEAE) ainsi que plusieurs plantules comme des *Agelaea pentagyna* (CONNARACEAE), *Mammea* sp. et *Garcinia* sp. (CLUSIACEAE). Cette strate est caractérisée par un taux de recouvrement de 86% : c'est une strate peu ouverte.

- la strate moyenne (2-4 m) est assez riche du point de vue densité spécifique et fréquence. Elle est formée par les arbustes comme *Mascharenasia arborescens* (APOCYNACEAE), *Polysphaeria* sp., *Gaertnera macrostipula* (RUBIACEAE), *Aphloia theiformis* (APHLOIACEAE), *Dracaena elliptica* (CONVALLARIACEAE), *Macphersonia gracilis* (SAPINDACEAE), *Tannodia grandiflora* (EUPHORBIACEAE). La strate est semi ouverte, avec un taux de recouvrement de 70%.

- la strate supérieure (4-16 m) est la plus dense de la formation. Elle est formée par de grands arbres comme *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Dypsisis* sp. (ARECACEAE), *Anisophyllea fallax* (ANISOPHYLLEACEAE), *Micronichia tsiramiramy* (ANACARDIACEAE), *Vepris* sp. (RUTACEAE). Son taux de recouvrement est élevé, soit 90% ;

- les émergents sont rares (plus de 16 m) et restent caractérisés par *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Dypsis ampasindavae* (ARECACEAE), *Potameia obtusifolia* (LAURACEAE). Leur taux de recouvrement est très faible : 4%.

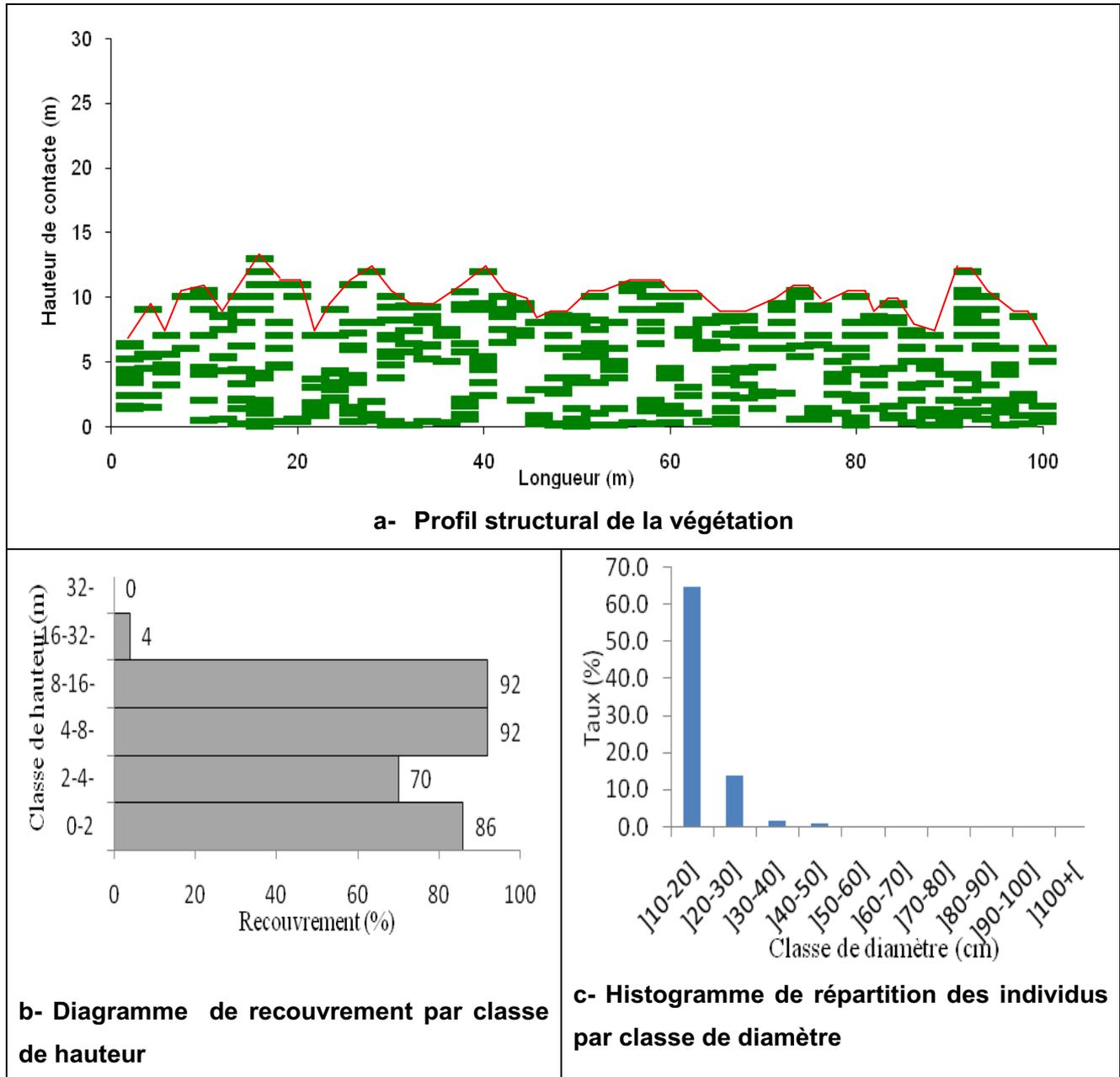
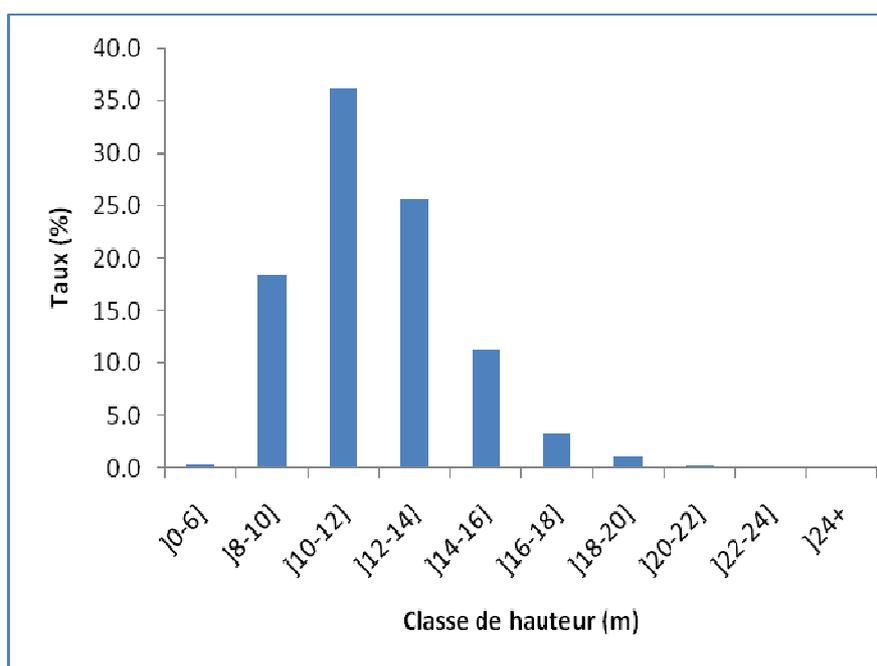


Figure 27: Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 1

#### d- Analyse dendrométrique

Dans une superficie de 0,1ha, 65% des individus appartiennent à la classe de diamètre de 10 à 20 cm (Figure 27-c), et 37% à la classe de hauteur de 10 à 12 m (Figure 28). On n'a pas recensé d'individus de plus de 20 m de haut. La valeur de la surface terrière est de 2,02 m<sup>2</sup>/0,1ha et le biovolume est de 149,3 m<sup>3</sup>/ha. Le potentiel en bois de la formation est élevé, mais inférieur à cel du groupe structural 1.



**Figure 28: Répartition des individus par classe de hauteur de la végétation du groupe structural 1**

### IV-3-2 Groupe structural 2

#### a- Caractéristiques stationnelles

Ce groupe structural est composé par sept relevés linéaires (Tableau 5). Ce sont des relevés linéaires uniquement réalisés dans le massif de Bongomirahavavy dont cinq à Tsarabanja et deux dans à Ampôpô. Les relevés se trouvent à une altitude assez élevée, comprise entre 310 à 606 m et plus de la moitié de ces relevés ont été effectués au niveau des crêtes. Le groupe est composé par des unités de végétation à différentes expositions, et généralement sur pente faible (10 à 30°).

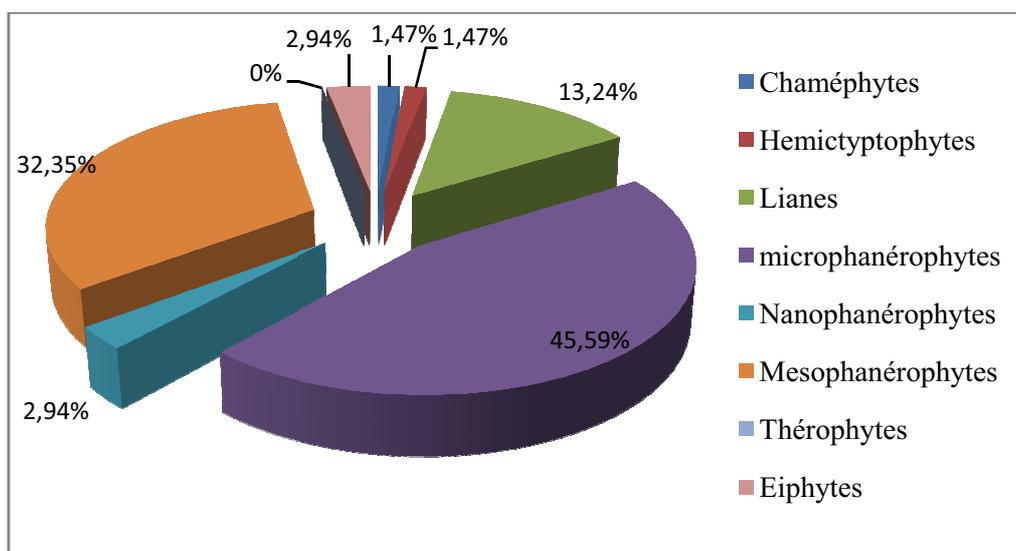
**Tableau 5: Les caractéristiques stationnelles du groupe structural 2**

RELEVES	SITES	ALTITUDE (m)	PENTE (°)	EXPOSITION (°)	POSITION TOPOGRAPHIQUE
V01	1	472	22	192	Crête
V02	1	606	10	45	Mi versant
V03	1	314	20	180	Bas versant
V04	1	380	30	320	Haut versant
V06	1	345	34	340	Crête
V09	2	510	30	280	Crête
V15	2	450	10	320	Crête

**b- Caractéristiques floristiques**

Ce groupe structural est formé par 164 espèces, 98 genres et 33 familles dont 91,50% sont des DICOTYLEDONES, 7,31% des MONOCOTYLEDONES et 1,18% des PTERIDOPHYTES ont été identifiés. Les familles les mieux représentées sont les RUBIACEAE avec 8,42% des espèces inventoriées, les EUPHORBIACEAE avec 6,31% et aussi les SAPINDACEAE représentées par 5,61% des espèces recensées

Le spectre biologique montre la dominance des microphanérophytes qui représentent les 45,59% des espèces, suivi par les mesophanérophytes. Par contre aucune thérophyte n'a été observée (Figure 29).



**Figure 29: Spectre biologique de la végétation du groupe structural 2**

### c- Analyse structurale

Dans ce groupe structural, la forêt est haute et la moyenne des hauteurs maximales de contact de 15,92 m et la valeur de la rugosité est de 2,19 ; ce qui vérifie la présence des cimes ouvertes à cause des blocs de rochers et/ou des chablis. La densité linéaire spécifique est élevée, soit 72 à 98 espèces par 100 m de ligne de relevé, représentées par 170 à 217 individus. La forêt est dense et abrite de grands arbres.

Le profil structural de la végétation (Figure 30-a), ainsi que le diagramme de recouvrement (Figure 30-b) montre la succession des quartes strates :

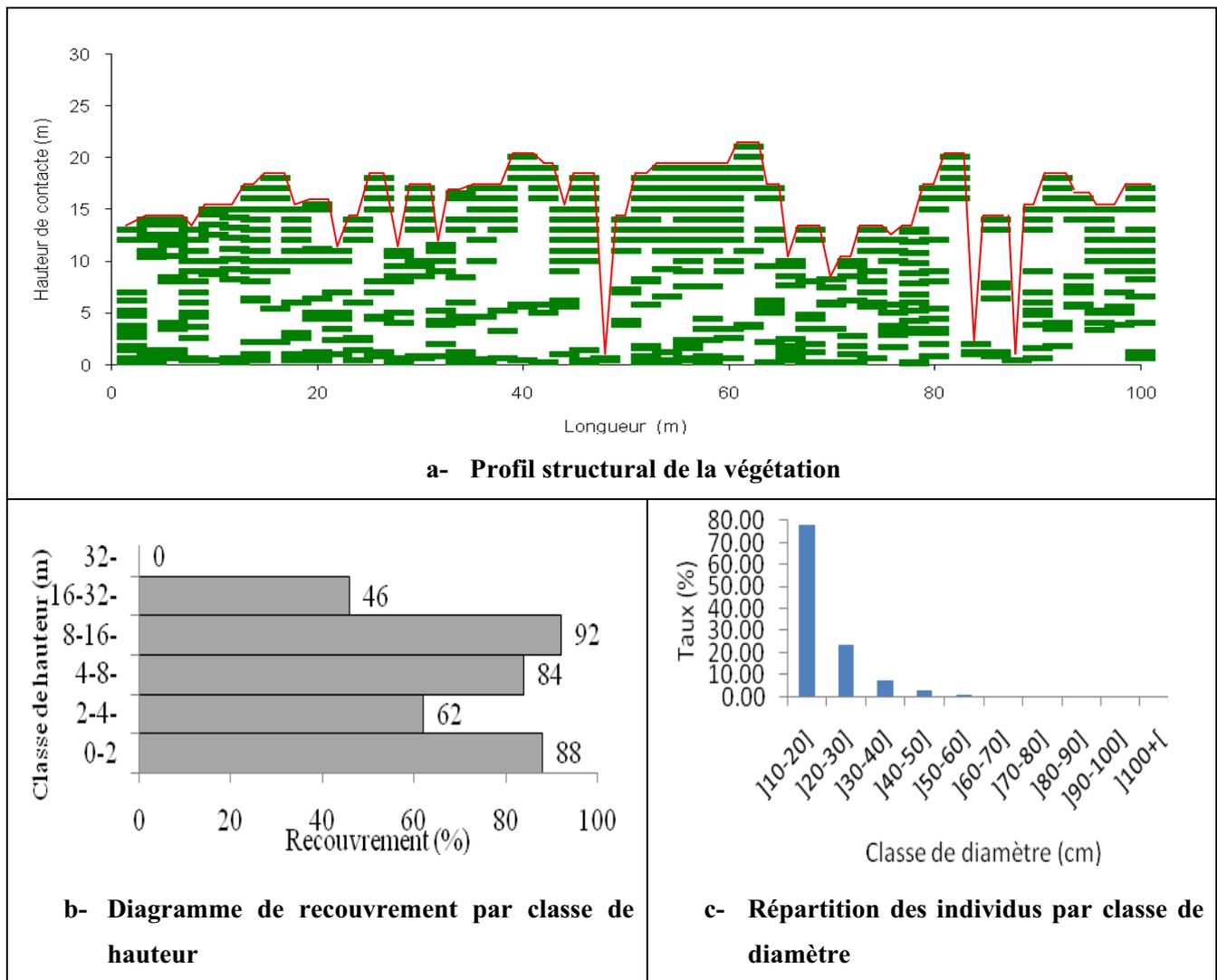
- la strate inférieure (0-2 m) est une strate herbacée à taux de recouvrement élevé, soit 88%. C'est une strate peu ouverte favorisée par les ouvertures de la strate supérieure. Elle est occupée par des herbacées dont les dominantes sont *Schizostachyum* sp., *Leptaspis cochelata* sp.(POACEAE); et aussi des jeunes plantules comme *Ficus lutea* (MORACEAE), *Canthium majus* (RUBIACEAE) ;

- la strate moyenne basse (2-4 m) est formée principalement par les arbustes et les jeunes arbres. Elle est dominée par *Saldinia axillaris*, *Canthium evenium* (RUBIACEAE) *Memecylon thouarsianum* (MELASTOMATACEAE), *Erythroxylum* sp. (ERYTHROXYLACEAE), *Eugenia emirnensis* (MYRTACEAE). Cette strate à un taux de recouvrement de 62%. C'est une strate semi ouverte ;

- la strate moyenne supérieure (4-8 m) est formée par des jeunes grands arbres. Elle est composée principalement par *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Albizia gummifera* (FABACEAE), *Diospyros* sp. (EBENACEAE), *Dypsisis* sp. et *Ravenea* sp. (ARECACEAE). Cette strate a un taux de recouvrement de 84% ; c'est une strate peu ouverte.

- la strate supérieure (8-16 m) est formée par *Diospyros vescoi* (EBENACEAE), *Garcinia verrucosa*, *Calophyllum parvifolium* (CLUSIACEAE), *Strychnos madagascariensis* (LOGANIACEAE), *Breonia* sp. (RUBIACEAE), *Chrysophyllum boivianum* (SAPOTACEAE). Cette strate est fermée, avec un taux de recouvrement de 92% ;

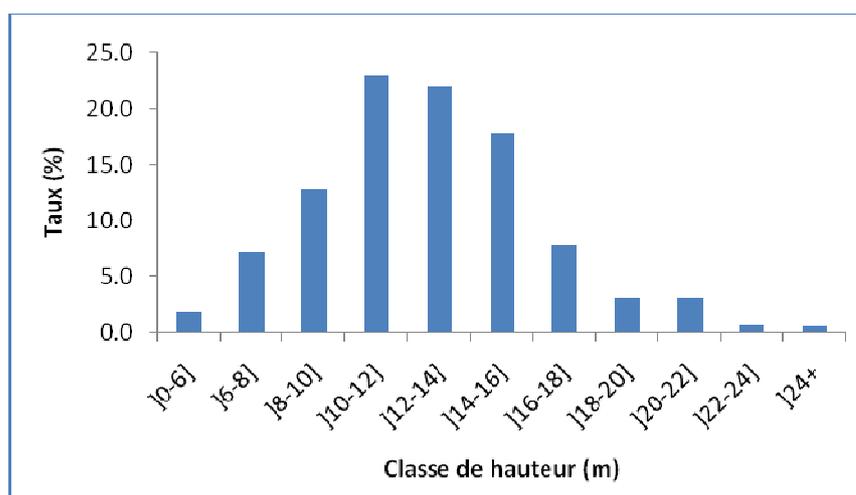
- les émergents (à plus de 16 m) sont moins nombreux que les individus des autres classes de hauteur. Les dominants sont *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Calophyllum parviflorum* (CLUSIACEAE), *Khaya madagascariensis* (MELIACEAE), *Brachylaena merana* (ASTERACEAE). Son taux de recouvrement est de 46% ; c'est une strat ouverte.



**Figure 30: Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 2**

**d- Analyse dendrométrique**

Dans une superficie de 0,1 ha, 110 individus semenciers ont été recensés. Parmi eux, les plus nombreux sont les individus ayant une classe de diamètre de 10 à 20 cm (Figure 30-c) et à hauteur comprise entre 10 à 16 m (Figure 31). Aucun individu n'a été recensé à partir de la classe de diamètre de 70 à 80 cm. Concernant la richesse en bois, les individus semenciers sont nombreux (110 individus/0,1 ha) donnant un potentiel en bois très élevé (224,6 à 415 m<sup>3</sup>/1ha). Les plus grands arbres dans le plateau arrivent à atteindre une hauteur maximale de plus de 25 m, mais rarement. Cette répartition de classe de diamètre conjuguée avec la répartition en classe de hauteur donne une surface terrière de 3,91 m<sup>2</sup>/0,1 ha, soit un biovolume de 326,6 m<sup>3</sup>/ha, qui est un potentiel en bois très élevé.



**Figure 31: Répartition des individus par classe de hauteur du groupe structural 2**

### IV-3-3 Groupe structural 3

#### a- Caractéristiques stationnelles

Les relevés constituant le groupe structural 3 se trouvent à une exception près dans le site 2, sur le versant nord-ouest du massif de Bongomirahavavy, et ce sont en général des forêts de bas-versant (Tableau 6). Ces unités de végétation se trouvent entre 210 à 500 m dans le massif de Bongomirahavavy et à 120 m d'altitude à Betsitsika.

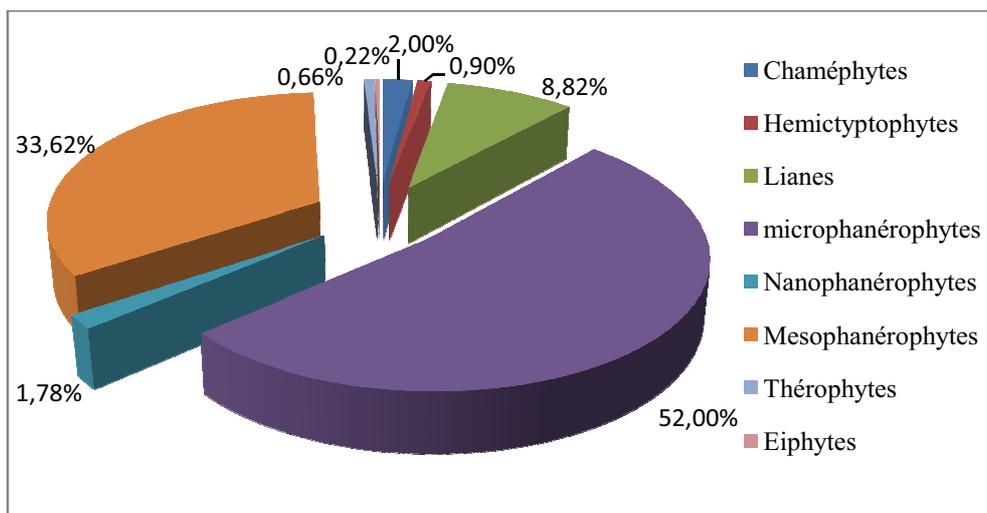
**Tableau 6: Les caractéristiques stationnelles du groupe structural 3**

RELEVES	SITES	ALTITUDE (m)	PENTE (°)	EXPOSITION (°)	POSITION TOPOGRAPHIQUE
V08	2	416	30	12	Plateau sommital
V10	2	320	20	330	Bas-versant
V11	2	500	18	70	Bas-versant
V12	2	210	10	280	Bas-versant
V13	2	410	22	60	Bas-versant
V16	2	320	20	170	Mi versant
V22	3	120	20	210	Bas-versant

#### b- Caractéristiques floristiques

Ce groupe est riche floristiquement avec 312 espèces, 217 genres et 102 familles. Ces espèces se répartissent en DICOTYLEDONES (82,34%), des MONOCOTYLEDONES (15,59%) et des PTERIDOPHYTES (2,01%).

Le Spectre biologique (Figure 32) montre que ce sont les microphanérophytes qui sont les plus abondants (52%) et les mesophanérophytes (33,62%).



**Figure 32 : Spectre biologique de la végétation du groupe structural 3**

### c- Analyse structurale

Le groupe structural 3 est caractérisé par une moyenne des hauteurs maximales de contacts de 14,5 m, une densité linéaire spécifique de 80 à 105 espèces par ligne de relevé de 100 m, représenté par 150 à 225 individus. Ce groupe a une rugosité de 1,57 qui vérifie la présence d'une forêt mature, bien structurée et non perturbée. La distribution verticale de la végétation est caractérisée par quatre strates (Figure 33) :

- la strate inférieure (0- 2 m) est formée par beaucoup de plantules et peu d'herbacées comme *Leea guinensis* (LEEACEAE), *Begonia* sp. (BEGONIACEAE), *Pandanus* sp. (PANDANACEAE), *Schizostachyum* sp. (POACEAE), *Selaginella lyalii* (SELAGINELLACEAE), et de nombreuses plantules. Cette strate a un taux de recouvrement de 84% : c'est une strate continue.

- la strate moyenne (2-8 m) est riche en arbustes et arbres de futur. Elle est composée principalement par *Cyathea madagascariensis* (CYATHEACEAE), *Pittosporum senacia* (PITTOSPORACEAE), *Noronhia linoceroides* (OLEACEAE), *Dracaena reflexa* (CONVALLARIACEAE), *Breonia fragifera* (RUBIACEAE), *Erythroxylum* sp. (ERUTRHOXYLACEAE), *Trophis montana* (MORACEAE), *Rinorea arborea* (VIOLACEAE) Cette strate présente un taux de recouvrement de 72% à 78% : c'est une strate semi-ouverte.

- la strate supérieure (8-16 m) est caractérisée par de grands arbres présentant les caractéristiques biologiques comme la présence de contreforts, de racines échasses et la mégaphyllie. Cette strate est composée principalement par *Astrotrichilia elegans* (ANACARDIACEAE), *Calophyllum parvifolium* (CLUSIACEAE), *Commiphora grandiflora*

(BURSERACEAE), *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE), *Orfilea multispicata* (EUPHORBIACEAE), *Faucherea manongarivensis* (SAPOTACEAE), *Vepris unifoliolata* (RUTACEAE), *Mauloutchia sambiranensis* (MYRISTICACEAE), *Polyalthia richardiana* (ANNONACEAE), *Grangeria porosa* (CHRYSOBALANACEAE), *Rhopalocarpus alternifolius* (SPHAEROSEPALACEAE). Cette strate a un taux de recouvrement maximal de 100% ; il s'agit d'une strate bien fermée.

- les émergents (16-32 m) sont: *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), *Ravenea madagascariensis* (ARECACEAE) et *Ficus madagascariensis* (MORACEAE), qui est connu sous le nom de Ficus étrangleur.

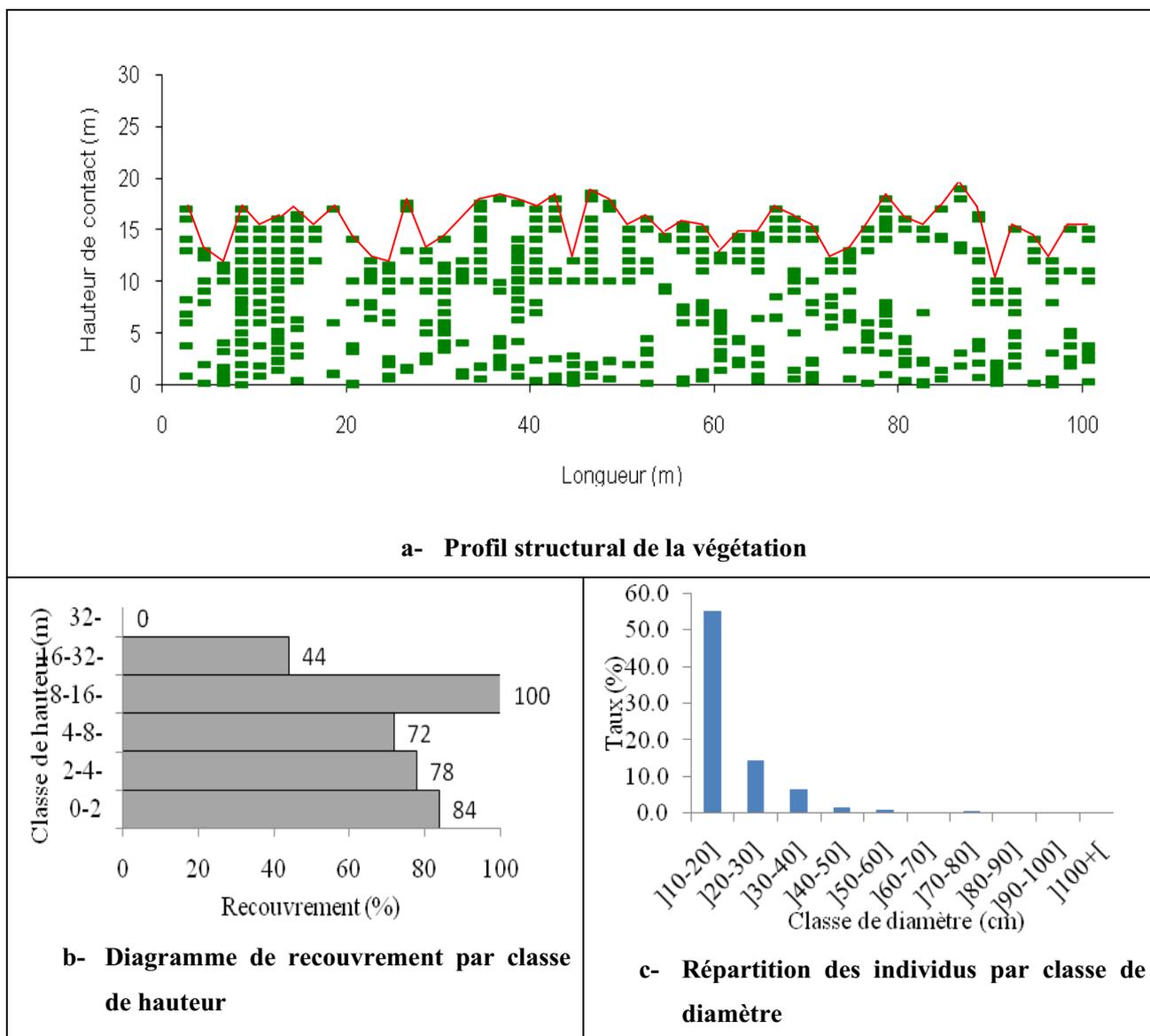


Figure 33 : Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 3

#### d- Analyse dendrométrique:

La répartition des individus par classe de diamètres (Figure 33-c) montre l'absence de gros arbres (DHP supérieur à 80 cm) dans la formation. La hauteur maximale des individus semenciers varie de 5 à 27 m (Figure 34). Les individus de classe de hauteur de 10-12 m et 12 -14 m sont les plus abondants. La surface terrière est de 1,84 m<sup>2</sup>/0,1ha, et le biovolume est de 184,54 m<sup>3</sup>/ha. Le potentiel en bois de la formation est moyennement élevé.

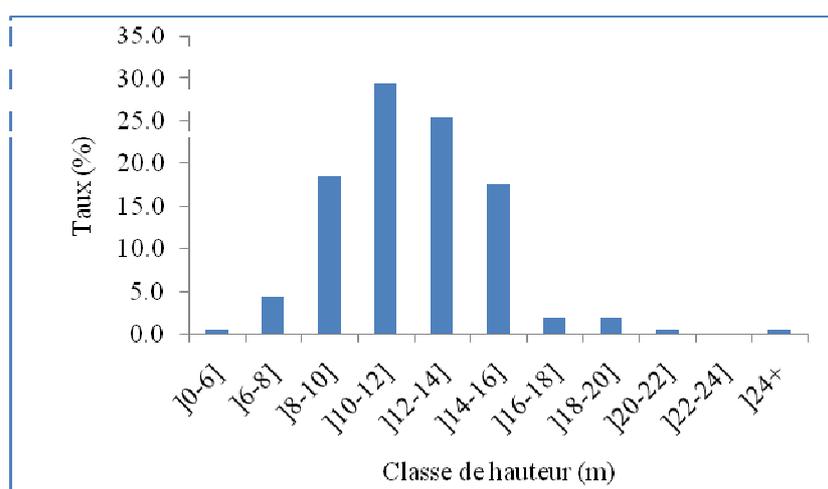


Figure 34: Répartition des individus par classe de hauteur du groupe structural 3

#### IV-3-4 Groupe structural 4

##### a- Caractéristiques stationnelles

Le groupe structural 4 regroupe cinq relevés linéaires effectués dans la forêt de Bestitsika (Tableau 7). Ce sont des forêts sur sol sédimentaire, situées dans la partie ouest de la presqu'île. L'altitude varie de 80 à 200 m et on peut rencontrer des sites de relevé à forte pente (34°). Les formations végétales sont placées sur différentes positions topographiques (mi-versant, haut-versant, crête, plateau).

Tableau 7: Les caractéristiques stationnelles du groupe structural 4

RELEVES	SITES	ALTITUDE (m)	PENTE (°)	EXPOSITION (°)	POSITION TOPOGRAPHIQUE
V21	3	180	20	310	Plateau sommital
V23	3	200	10	0	Crête
V24	3	100	16	160	Mi versant
V25	3	180	15	200	Haut versant
V26	3	150	34	220	Mi versant

### b- Analyse floristique

Ce dernier groupe structural est le plus pauvre au niveau diversité floristique. On a recensé 157 espèces, 117 genres et 54 familles. Ces dernières sont réparties en 73,41% de DICOTYLEDONES, 22,78% de MONOCOTYLEDONES et 3,79% de PTERIDOPHYTES. Parmi ces différentes familles, les dominantes sont les RUBIACEAE, avec 18,43% d'espèces recensées, les ANNONACEAE, avec 5,73% d'espèces recensées, les EUPHORBIACEAE et CLUSIACEAE, avec 5,09% d'espèces, et les SARCOLENACEAE avec 3,18% d'espèces recensées.

Pour les types biologiques, la figure 36 montre que ce sont les microphanérophytes (44,03%) qui sont les plus abondants. En plus, beaucoup de lianes ont été recensé avec un taux de 10,68% ; on remarque l'absence totale de thérophytes et d'hémicryptophytes.

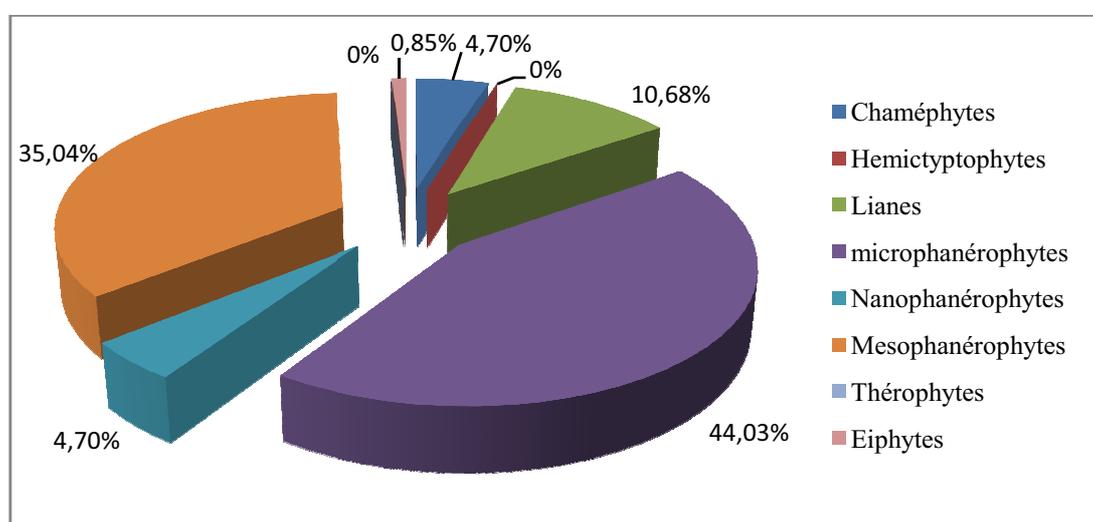


Figure 35: Spectre biologique de la végétation du groupe structural 4

### c- Analyse structurale

La forêt dans cette partie de la presqu'île est basse et la hauteur de la canopée est d'environ 12 m. La densité linéaire spécifique varie de 41 à 63 et il ya en moyenne 167 individus par 100 m de relevé. La rugosité est de 1,19 qui est proche de 1 et la canopée est assez régulière, avec peu d'émergents. La forêt est caractérisée par la présence des quatre strates (Figure 36) :

- la strate inférieure (0-2 m) est composée principalement par des CYPERACEAE (indéterminée au niveau genre), *Scleria longifolia* (CYPERACEAE) qui sont devenues de plus en plus abondantes, *Bleekrodea madagascariensis* (MORACEAE), *Schizostachyum* sp. (POACEAE). Elle est caractérisée par un taux de recouvrement de 80% ;

- la strate moyenne basse (2-4 m) est composée par *Psorospermum cerasifolium* (CLUSIACEAE), *Burasaia madagascariensis* (MENISPERMACEAE), *Terminalia tetrandra*

(COMBRETACEAE), *Breonadia salicina* (RUBIACEAE), *Mascharenasia arborecens* (APOCYNACEAE). La strate est moins riche en espèces et les individus sont beaucoup plus espacés par rapport aux autres strates. Son taux de recouvrement est de 66% ;

- la strate moyenne supérieure (4-8 m) est dominée par des *Dypsis* spp., *Macaranga decaryana* (EUPHORBIACEAE), *Strychnos decussata* (LOGANIACEAE), *Diporidium ciliatum* (OCHNACEAE), *Mauloutchia sambiranensis* (MYRISTICACEAE). La strate a un taux de recouvrement de 80% ;

- la strate supérieure (8-16 m) est composée par *Leptolaena multiflora*, *Xyloolaena richardii* (SARCOLENACEAE), *Molinaea sulcata* (SAPINDACEAE), *Olea madagascariensis* (OLEACEAE), *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE). Les arbres de cette strate ont une architecture adaptée à un climat chaud et sec : ils présentent des troncs bien ramifiés et une surface foliaire réduite. Le taux de recouvrement de la strate est de 92% ; c'est une strate fermée.

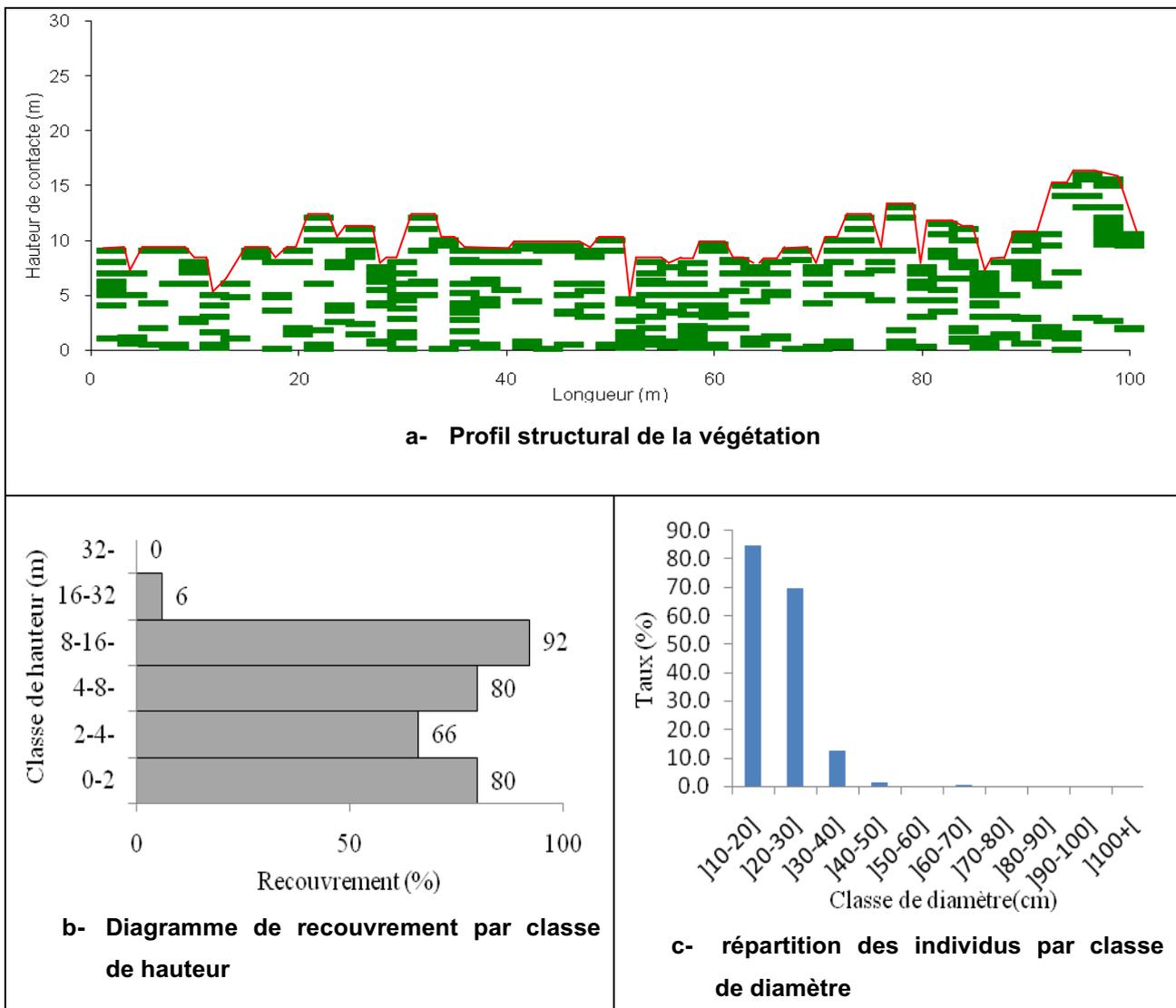
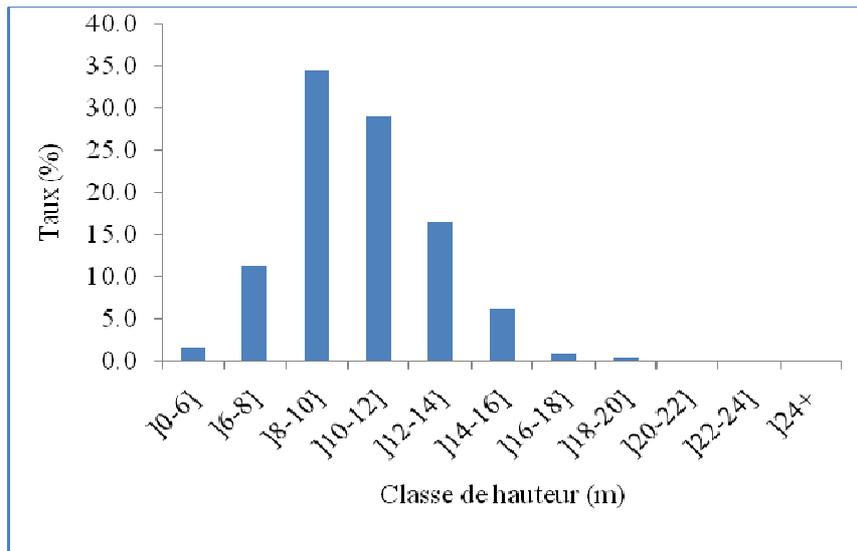


Figure 36: Caractéristiques structurales de la végétation du groupe structural 4

#### d- Analyse dendrométrique

Dans la parcelle de 0,1 ha, la hauteur maximale des individus peut atteindre 22 m (Figure 37). Par contre il est rare de rencontrer des individus ayant un diamètre à la hauteur de poitrine qui dépasse les 50 cm (Figure 36-c). En conséquence, la surface terrière moyenne pour ce groupe structural est de  $1,93 \text{ m}^2/0,1 \text{ ha}$ , et le biovolume atteint  $118,22 \text{ m}^3/\text{ha}$ . C'est le plus faible potentiel en bois rencontré dans la région.



**Figure 37: Répartition des individus par classe de hauteur du groupe structural 4**

#### Conclusion partielle

Quatre groupes structuraux sont identifiés par l'utilisation du Classification Ascendante Hiérarchique des caractères :

- Le groupe structural 1 est composé par les unités de végétations présentes dans les trois sites. La forêt est assez haute, à trois strates, moins riche en diversité spécifique, et à biovolume moyen.

- Le groupe structural 2 est composé par les unités de végétations présentes dans le massif de Bongomirahavavy en majorité dans son versant sud-est. Ce groupe est caractérisé par des forêts hautes, à quatre strates, dense, riche en diversité spécifique et à biovolume élevé.

- Le groupe structural 3 est composé essentiellement par des unités de végétations du versant nord-ouest du massif de Bongomirahavavy (Ampôpô). Les restes se trouvent à Betsitsikahely. Les forêts sont moyennement hautes, à quarte strates, à diversité spécifique élevée, et à biovolume moyen.

- Le groupe structural 4 est composé par des unités de végétation se trouvant à Betsitsikahely. Les forêts sont basses, avec une abondance des individus de petite taille (DHP 10-20 cm). La diversité spécifique est faible par rapport aux autres groupes et à faible biovolume.

#### IV-4 RELATION ENTRE FACTEURS ECOLOGIQUE ET GROUPEMENTS STRUCTURAUX

Dans cette partie, nous allons tenter de voir dans quelle mesure certains facteurs environnementaux peuvent expliquer la distribution des groupements structuraux. Dans un premier temps, nous allons chercher par un test de corrélation mené entre les facteurs pris deux à deux, à identifier les facteurs non redondants que nous retiendrons pour notre analyse (Tableau 8)

**Tableau 8 : Matrice de corrélation des facteurs du milieu**

	Alt	P	lat	long	Topo	EST	NORD
Alt	1	-0,337	<b>0,444</b>	<b>0,801</b>	0,245	-0,052	0,041
P	-0,337	1	0,187	-0,158	-0,061	0,299	0,065
lat	<b>0,444</b>	0,187	1	0,313	0,127	-0,112	0,215
long	<b>0,801</b>	-0,158	0,313	1	-0,003	0,008	0,090
Topo	0,245	-0,061	0,127	-0,003	1	-0,087	0,117
ESTITUDE	-0,052	0,299	-0,112	0,008	-0,087	1	0,152
NORDITUDE	0,041	0,065	0,215	0,090	0,117	0,152	1

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050*

*Alt : Altitude, long : Longitude, lat : latitude, Topo : position topographique, P : Pente, EST : Estitude, NORD : Norditude*

Pour l'Analyse en Composantes Principales (ACP), les facteurs du milieu à considérer sont ceux qui ont des fortes corrélations, ce sont :

- Altitude
- Latitude
- Longitude

Suite au traitement avec l'ACP, les axes F1 et F2 expliquent le 92,81% des relations entre les descripteurs et les objets (groupements structuraux) (Figure 38), soit l'axe F1 absorbe 69,44% de l'inertie totale, et 23,37% pour l'axe F2. Les axes F1 et F2 sont choisis vu que l'axe F3 n'est pas beaucoup plus explicatif que l'axe F2. Pour la contribution des descripteurs, on a remarqué que :

- La latitude est corrélée négativement à la longitude : Lors que la longitude augmente croit, la latitude diminue.
- La longitude est corrélée positivement avec l'altitude : plus la longitude augmente plus on monte en altitude.

La latitude est corrélée négativement avec l'altitude : plus la latitude augmente moins l'altitude diminue.

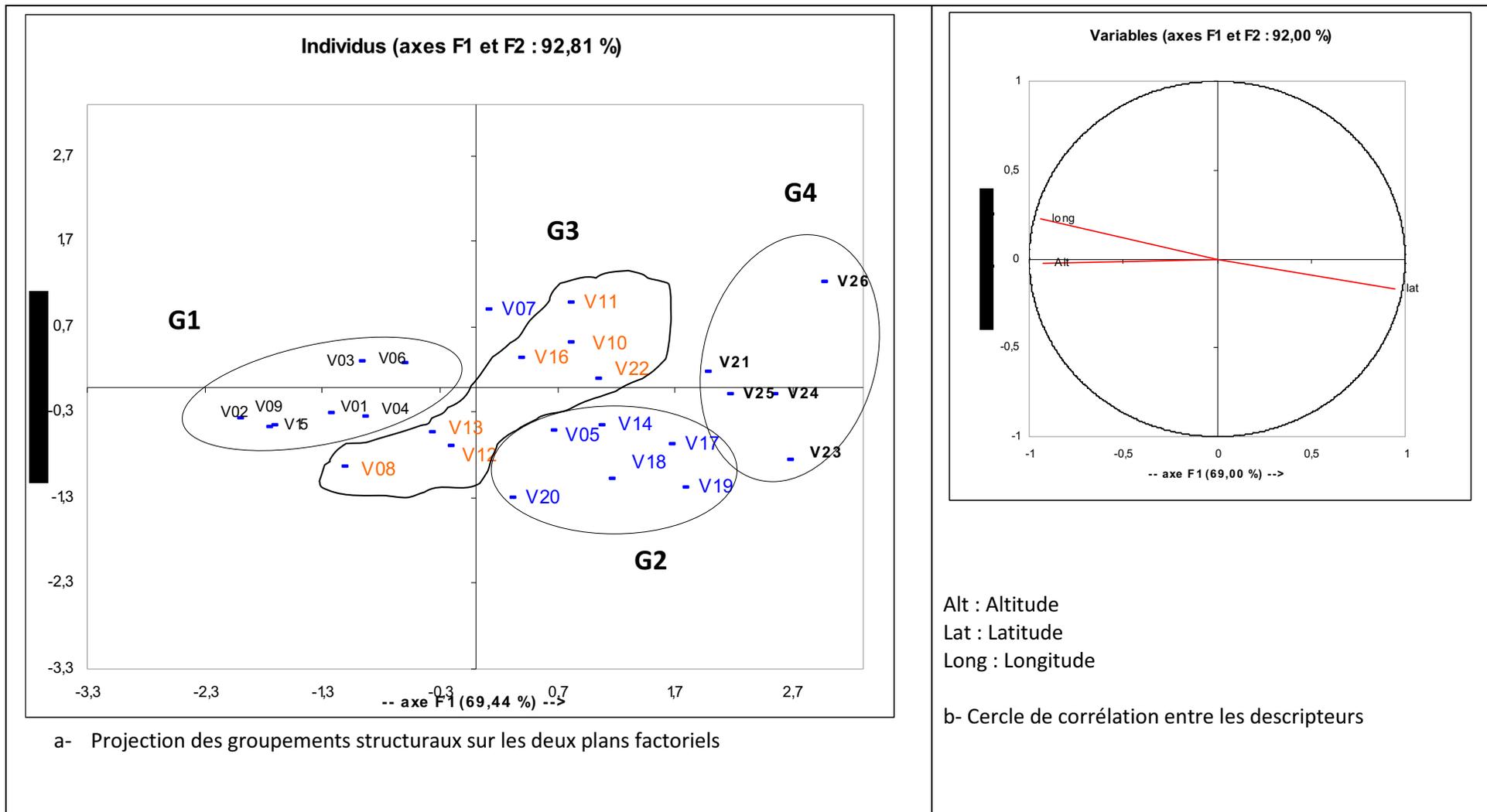


Figure 38 : Résultats du traitement par l'Analyse en Composantes Principales (ACP)

- Le groupe structural 1 est conditionné par une faible altitude, et latitude assez élevée. C'est à-dire localisé à l'ouest dans la presqu'île et à faible altitude.
- Le groupe structural 2 est conditionné par l'altitude et la longitude. La formation végétale : Forêt dense humide sempervirente se trouve surtout à l'est (versant sud-est du massif de Bongomirahavavy), dans l'étage subhumide, sous étage à saison sèche non atténué (CORNET, 1974).
- Le groupe structural 3 est soumis à la contribution des trois facteurs du milieu (altitude, latitude et longitude). L'influence de ces derniers n'est pas exhaustive pour l'installation de ce groupe. On peut dire que le groupe est placé en position intermédiaire entre les autres groupes, et a subis un effet moins important des trois facteurs du milieu.
- Le groupe structural 4 est composé principalement par des relevés effectués à Betsitsikahely est caractérisé par une latitude élevée, à faible longitude et à basse altitude. La formation végétale est située dans l'étage sec sous étage 3 (CORNET, 1974).

#### **IV-5 SYNTHÈSE DES RESULTATS**

La caractérisation écologique de la végétation dans la presqu'île d'Ampasindava, cas des massifs de Bongomirahavavy et de Betsitsikahely a permis d'effectuer 26 relevés linéaires où 665 espèces, 270 genres et 90 familles ont été recensés. La structure et la physionomie de la végétation des trois sites d'études présente des degrés de similarité entre elles et aussi des similarités avec les autres types de formation comme la forêt dense humide de basse altitude, et la forêt de transition. La variation structurale de la végétation est bien marquée entre les massifs de Bongomirahavavy et de Betsitsikahely. La première comporte une forêt dense avec des grands arbres présentant une diversité spécifique élevée dans le versant sud-est (Tsarabanja) du massif, la forêt est plus dense et plus riche que sur le versant nord-ouest (Ampôpô). Le second massif est formé par plusieurs types de forêt suivant les niveaux topographiques et les positions géographiques. La végétation est devenue plus basse et moins dense d'est en ouest.

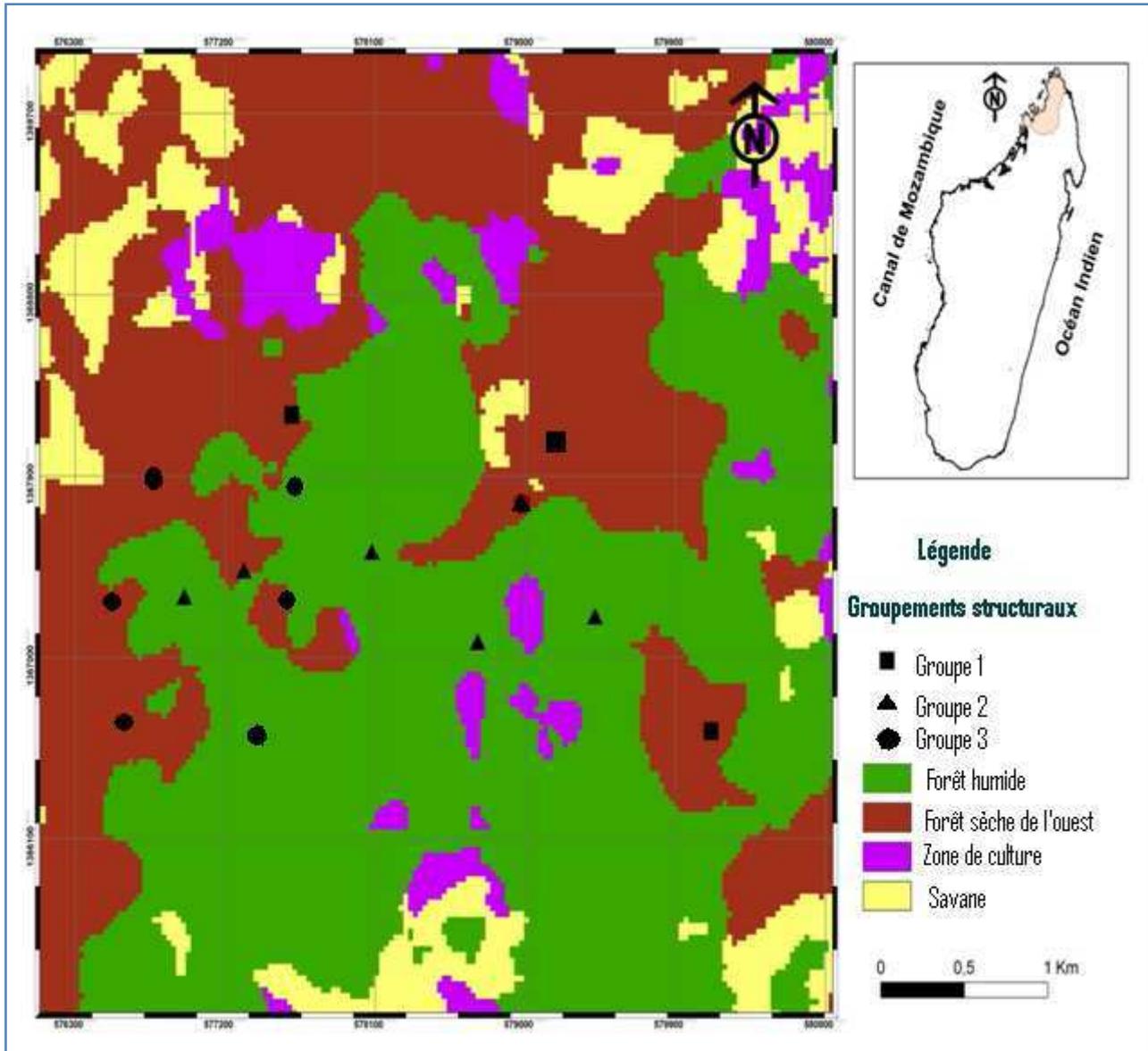
Par les analyses multidimensionnelles, quatre groupes structuraux ont été obtenus. Ce sont des groupes structuraux décrivant différents types de forêts :

- Le groupe structural 1 est caractérisé par une forêt assez haute, à trois strates, et avec un potentiel en bois de 149,26 m<sup>3</sup>/ha.
- Le groupe structural 2 est caractérisé par une forêt haute, à quatre strates et à potentiel en bois très élevé, soit 326,6 m<sup>3</sup>/ha.
- Le groupe structural 3 est caractérisé par une forêt assez haute, à quatre strates et à potentiel en bois de 184,54 m<sup>3</sup>/ha
- Le groupe structural 4 est caractérisé par une forêt assez basse, à quatre strates et avec un faible potentiel en bois, soit 118,22 m<sup>3</sup>/ha

Plusieurs types de forêts peuvent se rencontrer dans un même site (Cas de Betsitsikahely), mais un site peut être aussi caractérisé par un seul type de forêt (Cas du site 1 à forêt dense humide).

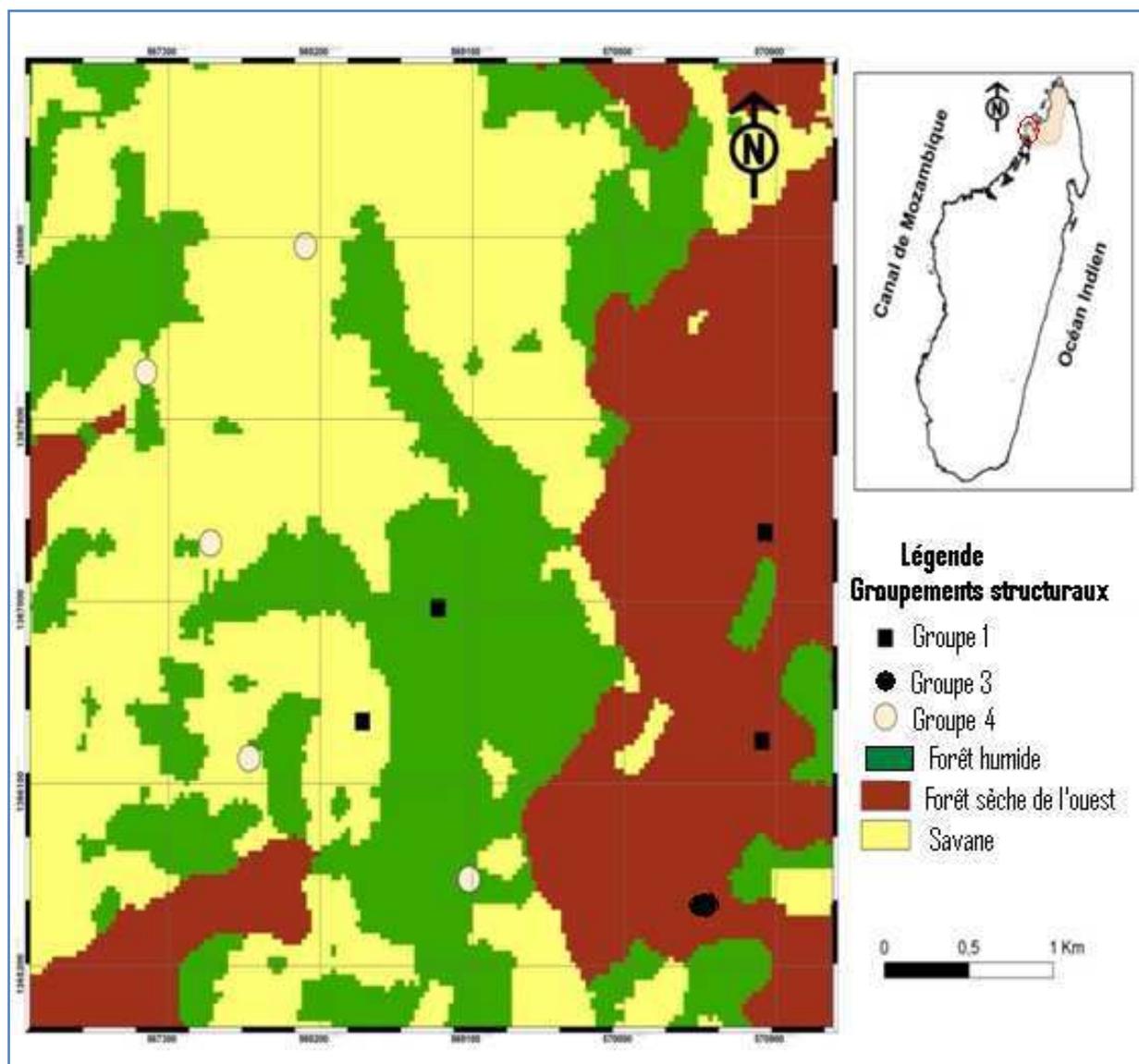
### **V-CARTOGRAPHIE DES GROUPEMENTS STRUCTURAUX**

Deux cartes ont été utilisées pour placer les groupes structuraux. La première (Carte 5) représente le massif de Bongomirahavay où se trouvent les Tsarabanja et Ampôpô, et sur la deuxième carte (Carte 6) se trouvent les groupes structuraux détectés dans la forêt de Betsitsikahely



**Carte 4 : Localisation des groupes structuraux dans le massif de Bongomirahavy**

(Source : FTM, Kew, 2009)



**Carte 5: Localisation des groupes structuraux dans la forêt de Betsistikahely**

(Source : FTM, Kew, 2009)

## **Partie 4 : DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS**

### **I- DISCUSSION SUR LES METHODES D'ÉTUDE ET LES RÉSULTATS**

Les informations et les données collectées sur le terrain sont obtenues par l'utilisation des méthodes permettant d'obtenir les résultats attendus selon les objectifs de l'étude. Pourtant, quelques points concernant la réalisation des méthodes, et les résultats méritent d'être discutés.

#### **I-1 REMARQUE SUR LES METHODES D'ETUDE**

La méthode de relevé linéaire de GAUTIER (1994) a été utilisée pour l'étude de la structure de la végétation. Le principal avantage de cette méthode est l'acquisition d'un maximum d'informations dans un bref délai (RAZANAJATOVO, 2009). Cette méthode arrive à décrire le profil structural de la végétation, le diagramme de recouvrement, la densité du peuplement et les composantes floristiques rencontrés dans le milieu. Pour compléter les données, la méthode de relevé de surface a permis de récolter les informations sur le potentiel en bois de la formation et l'équilibre de peuplement.

#### **I-2 DISCUSSION SUR LES RESULTATS**

Sur le plan de la conservation, les présomptions faites sur la base des images satellites ont été vérifiées sur le terrain. La forêt de Bongomirahavavy est une forêt sur un grand massif entouré complètement par des formations secondaires et des champs de culture ; il en est de même pour Betsitsika.

##### **I-2-1 Similarité avec la flore et la végétation de Manongarivo (Domaine du Sambirano)**

Les forêts de la presque île d'Ampasindava présentent des caractères physiologiques, floristiques et biologiques similaires avec la forêt de basse altitude du Manongarivo.

- Les familles abondantes sont les EUPHORBIACEAE, CLUSIACEAE, BURSERACEAE, SAPOTACEAE, RUBIACEAE, LAURACEAE, ANNONACEAE, MORACEAE.
- Les grands arbres sont formés par : *Brachylaena* sp. (ASTERACEAE), *Uapaca ambanjensis* (EUPHORBIACEAE), *Calophyllum* sp., *Symphonia* sp. (CLUSIACEAE). L'abondance des *Canarium madagascraiensis*, les plus grands arbres à contreforts, est remarquable.
- La hauteur de la canopée (14 à 23 m) et la présence de plusieurs strates sont similaires pour la végétation des deux stations.

- La similarité avec la végétation de basse altitude à Manongarivo est bien marquée seulement pour la végétation sur le versant sud-est du massif de Bongomirahavavy.

### I-2-2 Similarité avec la flore et la végétation dense humide de basse altitude

#### ➤ Caractéristiques floristiques

Parmi les forêts denses humides sempervirentes de basse altitude de Madagascar, trois sites ont été retenus (Tableau 9) pour servir de comparaison avec la flore d'Ampasindava.

- Les familles dominantes des forêts denses humides sempervirentes sont identiques à celles d'Ampasindava (CLUSIACEAE, SAPOTACEAE, RUBIACEAE, MYRTACEAE, MORACEAE, LAURACEAE).
- Une forte similarité est observée entre la flore de la presqu'île d'Ampasindava et la presqu'île de Masoala sur les familles abondantes.
- Plusieurs familles sont abondantes à Ampasindava mais non pour les autres localités (EUPHORBIACEAE, BURSERACEAE, ANNONACEAE, EBENACEAE, SAPINDACEAE).
- Les familles abondantes des forêts denses humides mais non abondantes à Ampasindava sont : MYRSINACEAE, ELAEOCARPACEAE, MONIMIACEAE.

**Tableau 9: Les familles dominantes dans les différentes localités à Forêt Dense Humide Sempervirente de basse altitude**

	<b>PN Andohahela</b> (RAKOTOMALAZA & MESSMER, 1999)	<b>PN Ranomafana</b> (SCHATZ & MALCOMBER, 1993)	<b>PN Masoala</b> (RABENATOANDRO, 2001)	<b>Ampasindava</b> (TAHINARIVONY, 2010)
EUPHORBIACEAE	-	-	+	+
CLUSIACEAE	+	+	+	+
BURSERACEAE	-	-	+	+
SAPOTACEAE	+	+	+	+
RUBIACEAE	+	-	+	+
MYRTACEAE	+	+	+	-
MYRISTICACEAE	-	-	-	-
ANNONACEAE	+	-	+	+
ELAEOCARPACEAE	+	+	-	-
CUNONIACEAE	-	+	-	-
MORACEAE	+	+	-	+
MONIMIACEAE	-	+	-	-
LAURACEAE	+	+	-	+
MYRSINACEAE	+	-	-	-

+ : abondante dans la localité, - : non abondante dans la localité.

### ➤ **Caractéristiques physiologiques**

La végétation de la presqu'île d'Ampasindava présente des similarités physiologiques avec la végétation du domaine orientale (Tableau 10).

- La densité de la végétation d'Ampasindava est similaire à celle de la forêt dense humide sempervirente de basse altitude.
- Suivant les localités à Ampasindava, il y a des endroits où la végétation est plus dense (1200 individus par hectare) par rapport aux autres localités du domaine oriental.
- La richesse en bois de la formation végétale d'Ampasindava présente une similarité avec les forêts denses humides sempervirentes.
- A Ampasindava, toutes les unités de végétation étudiées ne répondent pas aux caractéristiques des forêts denses humides de basse altitude. Ce fait est illustré par le cas de quelques unités de végétation de Betsitsika.

**Tableau 10: Comparaison des valeurs biométriques de la végétation d'Ampasindava avec d'autres formations**

SITES	Nombre d'individus/ha	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)
Masoala (RABENATOANDRO, 2001)	832-1130	48,5- 55,2
Andohahela (RAKOTOMALAZA & MESSMER, 1999)	739	22,4
Manongarivo (D'AMICO & GAUTIER, 2000)	728	34,10
<b>Ampasindava (TAHINARIVONY, 2010)</b>	<b>430- 1200</b>	<b>10,1- 47,6</b>

#### **I-2-3 Similarité avec les forêts sèches (domaine de l'ouest)**

Plusieurs caractéristiques floristiques et physiologiques de certaines localités à Ampasindava correspondent aux caractéristiques des forêts denses sèches.

##### **○ Caractéristiques floristiques**

- La famille des SARCOLAENACEAE est dominante, représentée par 5 genres ; c'est un taxon caractéristique du domaine de l'ouest.

### ○ **Caractéristiques physiologiques**

- La canopée basse de 8 à 12 m est similaire à celle des forêts de même type : Antrema (RAJAONARIVELO, 2004).
- La faible surface terrière (groupe structural 5) est similaire à celle des forêts sèches : Antrema (RAJAONARIVELO, 2004)
- La stratification et le recouvrement des forêts de l'ouest d'Amipasindava répondent aux caractéristiques des forêts sèches.
- La répartition complexe et irrégulière des différents types de forêts est caractéristique de la presqu'île. Plusieurs types de forêts (forêt dense humide, forêt de transition) peuvent se rencontrer côte à côte suivant les facteurs du milieu.

### **I-2-4 Pourquoi autant de variation physiologique et structurale au sein d'une même zone ?**

- Face au trajet parcouru par l'alizé et les rôles des massifs du centre qui viennent l'atténuer, il est possible que seule la partie orientale du massif de Bongomirahavavy bénéficie de l'effet humidifiant du vent. La conséquence est l'installation de forêts du même type que celle de la partie orientale de Madagascar.
- Face à l'altitude élevée de Bongomirahavavy et de sa large étendue, le vent de l'alizé n'atteint peut-être pas Betsitsika. Pour cela les zones qui ne connaissent pas l'influence de l'Alizé se contentent des précipitations apportées par la Mousson en saison humide et présentent des caractéristiques structurales qui les rapprochent un peu des forêts denses sèches de l'ouest.
- Le type de sol peut être un responsable du type de la végétation qui s'installe. En général, la zone de Betsitsika est formée principalement par des sols sédimentaires comme les bassins sédimentaires de Majunga et favorisent l'installation des forêts de transition. Par contre, les sols ferrallitiques de Bongomirahavavy abritent des forêts denses humides.
- L'effet de l'exposition est bien remarqué entre les deux versants de Bongomirahavavy. Le versant exposé à l'est favorise l'installation d'une forêt dense humide, contre le versant exposé à l'ouest à végétation moins dense et moins basse.
- Avec la carte bioclimatique de Madagascar (CORNET, 1972), la presqu'île d'Amipasindava est subdivisée en deux étages :
  - l'étage subhumide à sous étage à saison sèche moins atténuée : y compris la majeure partie du massif de Bongomirahavavy
  - l'étage sec à sous étage 3,  $D > 700$  mm ; où on compte sept mois écosécs.

Ces caractéristiques pourraient permettre l'installation de divers types de formations végétales comme les forêts denses humides de basse altitude, et forêts de transition.

- La première implantation humaine dans le domaine du Sambirano marque la présence de la pression anthropique dans la région. Il se peut que des forêts secondaires se rapprochant de son stade climacique se trouvent dans la presqu'île d'Ampasindava. Ce fait peut se vérifier par la présence de plusieurs *Mangifera indica* (ANACARDIACEAE) dans les forêts de Betsitsika, qui n'est pas du tout une espèce indigène.

### I-3 MENACES ET PRESSIONS

Les forêts primaires de la presqu'île d'Ampasindava diminuent de surface d'une année à une autre. La raison fondamentale est la pratique de la culture itinérante sur brûlis appelée « Tetiky » dans la région. Tous les paysans pratiquent cette culture traditionnelle, pour le riz. Il est observé actuellement que face à la réduction continue de la forêt primaire, les paysans arrivent même à immigrer pendant la période de culture pour aller chercher des endroits encore couverts de forêt et à sol fertile pour la plantation du riz (cas des paysans de Bandrakorony et Ampôpô qui immigreront vers Betsitsikahely). Cette immigration est temporaire car ils reviennent à leur village après la saison de récolte et aussi entre la phase de plantation et la récolte.

Cette menace est amoindrie pour le massif forestier de Bongomirahavavy en raison de sa valeur culturelle. C'est l'un des endroits sacrés de la presqu'île dont le tabou traditionnel interdit la pratique du Tetiky pour ses couvertures végétales. Par contre les forêts aux pieds du massif disparaissent petit à petit à cause des immigrants (comme les Tsimihety) qui ne respectent pas les tabous. On se trouve alors dans une situation plus grave que dans la forêt de Betsitsikahely. En effet les paysans défrichent une nouvelle parcelle chaque année parce que le sol n'est plus arable après un cycle de culture. En plus la période pour la régénération de la forêt devrait être très longue à cause de la nature du sol.

D'une vision générale, si en 1965 COURS DARNE et HUMBERT avaient estimé que la presqu'île était couverte de forêt à 33%, alors qu'à nos jours on estime qu'elle en conserve encore le 29%. Cela signifierait qu'en l'espace de 45 ans, la presqu'île n'aurait perdu que 4% de sa couverture forestière. On peut conclure alors que la déforestation est très faible dans la presqu'île par rapport au reste de Madagascar. Ce fait peut s'expliquer par la faible densité de la population et le temps de jachère assez long.

Une autre menace pour les forêts d'Ampasindava est l'exploitation illicite d'arbres à valeur commerciale. Il est fréquent d'observer des pieds coupés, des bois carrés, ou des troncs abattus de *Diospyros*, *Dalbergia*, *Albizia* dans les forêts primaires, vraisemblablement destinés à la fabrication

de planches ou de pirogues. Cette région est l'un des grands fournisseurs de bois de construction pour les deux grandes villes voisines (Nosy be et Ambanja), facilement atteignables en boutre ou en pirogue à voile. L'exploitation illicite est très accentuée pendant la période de soudure (Janvier-Avril).

## **I- RECOMMANDATIONS**

La caractérisation écologique de la végétation d'Ampasindava est loin d'être complète à cause de la présence de plusieurs types de forêts et des mangroves encore à surface importante. Pour notre étude, le travail réalisé sur le terrain est encore à mi-chemin.

### **II-1 Proposition pour le plan de conservation**

Parmi les forêts reliques existants encore à Ampasindava, plus de 60% sont des forêts sacrées (Andranomatavy, Bongomirahavavy, Ambodihazomamy...) et sont des forêts domaniales. Cette valeur culturelle des surfaces forestières pourra être un atout pour le plan de conservation de la nature dans la région. Il sera alors essentiel de valoriser la culture traditionnelle pour que les tabous restent respectés par les paysans. Parmi les tabous, le plus important est l'interdiction de défricher les forêts sacrées. Cette valorisation de la culture traditionnelle fait partie de l'objectif du projet FANAMBY dans la région qui a commencé à descendre sur le terrain le mois de mars 2009. C'est une recherche qui se rapporte sur l'étude socio-économique de la presqu'île d'Ampasindava afin de préserver les forêts sacrées : Andranomatavy et Bongomirahavavy.

### **II-2 Education- Sensibilisation**

Trois types d'éducation et sensibilisation pourraient être appliqués pour atteindre l'objectif:

- « Éducation formelle » : C'est un ensemble des moyens et techniques de l'éducation environnementale intégrée au milieu scolaire.
- De l'autre côté, peu des gens sont scolarisés dans beaucoup de villages de la presqu'île ; donc l'« éducation non formelle » mériterait aussi d'être appliquée afin de créer une prise de conscience de l'état de l'environnement et de changer le comportement.
- Pour élargir la cible, il est important de former la société entière à une « éducation informelle » qui vise à informer et sensibiliser les populations sur les problèmes de l'environnement et leurs impacts et de faire participer les populations à la protection de l'environnement.

## CONCLUSION GENERALE

Afin de compléter les bases de données sur la flore et les caractéristiques physionomiques et structurales de la végétation du domaine du Sambirano, une étude approfondie a été réalisée dans la presqu'île d'Ampasindava. C'est une pièce clé pour comprendre la biogéographie du nord ouest de Madagascar.

Les sites d'études ont été choisis à partir d'une prospection préliminaire ; ce sont le massif sacré de Bongomirahavavy et le massif de Betsitsika. En somme, vingt six unités de végétations homogènes ont été étudiées par l'utilisation de la méthode de relevé linéaire de GAUTIER et al (1994), et la méthode de relevé de surface. Ce sont des méthodes écologiques satisfaisant la récolte d'un maximum de données écologiques permettant d'atteindre l'objectif.

Une variation physionomique est observée entre les sites d'études : sur la hauteur du canopée, la densité de peuplement, la stratification, le recouvrement et la potentialité en bois. Au niveau d'un même site, une variation structurale est observée entre les différents niveaux topographiques. Il est remarqué que la végétation est beaucoup plus dense et haute à l'est qu'à l'ouest dans la presqu'île.

L'utilisation d'un tableur Excel XLSAT 7.1 a permis de détecter les relevés linéaires ayant des caractères physionomiques similaires par la méthode de Classification Hiérarchique Indépendante. Ainsi, quatre groupes structuraux ont été détectés. Ce sont des groupes structuraux représentant différents types de forêts : forêts denses humides sempervirentes de basse altitude, forêts denses sèches et des forêts de transition.

La présence de chaque type de forêt est favorisée principalement par l'influence de facteurs écologiques : altitude, latitude et longitude. Les forêts denses humides sempervirentes sont localisées en général sur le versant est de Bongomirahavavy. Cela peut s'expliquer par son exposition face à l'alizé et son sol profond. Les forêts denses sèches sont localisées plus à l'ouest (Betsitsikahely), faisant face à la mousson et sur des sols sédimentaires, à une altitude de 50 à 150 m. Pour les forêts de transition, elles peuvent se rencontrer à Bongomirahavavy sur le versant nord ouest ainsi qu'à Betsitsika mais uniquement à basse position topographique.

Les résultats des travaux jusqu'ici ne sont pas exhaustifs vu que seulement la moitié des sites d'étude décrite par les études préliminaires ont été caractérisés. Trois sites sont encore à étudier afin de donner la liste floristique complète de la presqu'île et d'approfondir la caractérisation écologique de la végétation. En plus, le statut de forêts classées, et la présence de multiples tabous

envers les forêts sacrées méritent d'être exploités pour conserver et valoriser la biodiversité de la région.

### **Quelques perspectives pour la continuité du travail**

- La valeur culturelle et la considération des massifs forestiers comme « sacré » ralenti le défrichage et aide à conserver la biodiversité de la région.
- La recherche immédiate des alternatives au « tetiky » et la reforestation des parties abandonnées sont primordiales pour lutter contre la déforestation intensive dans la région.
- La prise en charge des forêts primaires méritants d'être conservées devraient être une responsabilité des institutions ou organisations gouvernementales et non gouvernementales pour préserver la biodiversité, et pour que les résultats des études faites ne restent pas toujours dans des bases de données.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BESAIRIE, H., 1973. Précis de géologie malgache, Annales géologiques de Madagascar, Imprimerie Nationale, fascicule n° XXXVI, Antananarivo, 429p.
- BRAUN BLANQUET., 1965. Plant sociology. New York and London. 439p.
- BURNEY, D. A., 1996. Climate change and fire ecology as factors in the Quaternary
- CARE., 1993. Projet de conservation et de Développement Intégré de Masoala, Tananarive.
- CORNET, A., 1974. Essai cartographique Bioclimatique à Madagascar, carte à ½'000'000 et notice explicative N 55. Paris, ORSTOM, 28p.
- DAJOZ, R., 1975. Précis d'écologie, Gauthier-Villards. Paris, 549p.
- D'AMICO, C. & GAUTIER, L. (2000). L. Inventory of a 1-ha lowland rainforest plot in Manongarivo, (NW Madagascar) *Candollea*. Vol. 55(2000), 2, p. 319-340
- DAWKINS, H.C., 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda Imperial Forestry Institute Paper, N 34, 155p.
- DEWAR, R. E., WRIGHT, H. T., 1993. The culture history of Madagascar, in *Journal of World Prehistory* 7, 417- 466.
- DONQUE, G. 1972. The climatology of Madagascar. In *Biogeography and ecology of Madagascar*, eds. R. Battistini & G. Richard-Vindard, pp. 87–144. The Hague: W. Junk.
- DONQUE, G. 1975. Contribution à l'étude du climat de Madagascar. Nouvelle imprimerie des arts graphiques. Antananarivo. 468p.
- DUFILS, J.-M. 2003. Remaining forest cover. In *The natural history of Madagascar*, eds. S. M. Goodman & J. P. Benstead, pp. 88-96. Chicago, University of Chicago Press.
- DU PUY, D.J., LABAT, J.-N., RABEVOHITRA, R., VILLERS, J.-F., BOSSER, J. & MOAT, J., 2000. The Leguminosae of Madagascar, Royal Botanical Garden, Kew, Bookcraft, Bath, pp 136- 137 ; 167 ; 260-261 ; 520 ; 518.
- EMBERGER, L., GODRON, M., 1983. Le relevé méthodologique de la végétation (code et transpiration sur carte perforée). C.N.R.S. Paris. 283p.
- FARAMALALA, M. H., 1995. Formation végétale et Domaine forestier National à Madagascar, Conservation International, 1 map. Garden et Royal Botanic Garden.
- GAUSSEN, H., 1955. Détermination des climats par la méthode des courbes ombrothermiques. C.R/Acad.Sc.T.240 :643p.
- GAUTIER, L., CHATELAIN, C. & SPICHIGER, R., (1994). Presentation of a relevé method for vegetation studies based on fine scale satellite imagery. In Seyani, J. and Chikuni A., Proc XIII Plenary Meeting AETFAT. Malawi, Pp 1339-1350.

- GAUTIER, L., 2002. Etude de la structure et de la composition de la végétation de la Réserve spéciale de Manongarivo, Madagascar. *In* : GAUTIER, L. & GOODMAN, S. M. (eds) Inventaire floristique et faunistique de la réserve spéciale de Manongarivo (NW Madagascar). *Boissiera : Mémoires de botanique systématique*, vol. 59 : 241-309.
- GODRON, M. , 1968. Relevé méthodique de la végétation et du milieu. Centre nationale de la recherche scientifique. France. 292p
- GOUNOT, M., 1969. Methode d'étude quantitative de la végétation, Masson et compagnie, Paris. 314p.
- HAWKINS, A.F.A. & GOODMAN, S.M., 2003. Introduction to the Birds. *in* S.M. Goodman and J.P. Benstead (eds.). *The Natural History of Madagascar*. The University of Chicago Press, Chicago14
- HUMBERT, H. & COURS DARNE, G., 1965. Notice de la carte de Madagascar. Toulouse, France, CNRS, O.R.S.T.O.M
- KOECHLIN J., GUILLAUMET J-L. & MORAT P., 1974. Flore et végétation de Madagascar. Cramer ; Vaduz.
- LEBRUN, J. , (1947). A propos des formes biologiques en régions tropicales. Bull scie. Académie, Royal des sciences-Outre-mer. Bruxelles. 40p
- LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Ecologie numérique, 2. La structure des données écologiques. Masson, Paris. 274p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, UPDR., 2001. Monographie du Nord, in « MONOGRAPHIE DES DIRECTIONS (INTER) REGIONALES DE L'AGRICULTURE ». CD- ROM, 235p. Of the World: Priorities for Biodiversity Conservation. BirdLife International, Cambridge.
- MOAT, J. & P. SMITH, 2007. Atlas de la végétation de Madagascar. Eds the board of trustees of Royal Botanical Gardens, Kew, 122p.
- PERRIER de LA BATHIE, H., 1921. La végétation malgache. Annales du Musée colonial de Marseille, series 97 : 41- 104.
- RADIMILAHY, C., 1997. Mahilaka, an eleventh to fourteenth century Islamic port : the first impact of urbanism in Madagascar, in *Natural Change and Human*. pp: 52-64
- RABENATOANDRO, T. J. D., 2001. Analyse floristique, structurale et dendrométrique de la forêt dense humide de basse altitude du Parc National Masoala sur le versant occidental selon la méthode de la parcelle permanente. Mém. DEA, Ecologie Végétale. Univ. Antananarivo. 77p.

- RAHARIMALALA, F., 2000. Analyse et caractérisation de la biodiversité végétale dans la forêt primaire de la Réserve de biosphère de Mananara-nord. Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, Opt. Ecologie Végétale, 92p.
- RAJERIARSON, C. & FARAMALALA, M. H., 1999. Nomenclature des formations végétales de Madagascar. ANGAP et Conservation International, 43p.
- RAKOTOMALAZA, P. J.& MESSMER, N., 1999. A study of structural and floristic composition of the vegetation of the reserve Naturelle Intégrale d'Andohahela. In A floral and fauna inventory of the Réserve Intégrale d'Andohahela. GOODMAN, S. Madagascar.pp: 51-72.
- RAMANANTSOA, G., 1992. Méthodologie d'analyse sylvicole dans une forêt naturelle. AKON'NY ALA- Bulletin du département des eaux et forêts de l'ESSA N°8 :9-16.
- RAUNKIAER, C., 1905. Types biologiques pour la géographie botanique. Bull Académie Recherches scientifiques, 5 : 347-437.
- RAXWORTHY, C. J. & NUSSBAUM, R. A., 1994. "A rainforest survey of amphibians, reptiles and small mammals at Montagne d'Ambre, Madagascar." *Biological Conservation* 69: 65-73
- RAZANAJATOVO, M.H., 2009. Caractérisation écologique et analyse structurale des forêts humides de la Montagne d'Ambre. Mém DEA, opt. Ecologie Végétale, Univ. Antananarivo, 83p.
- ROLLET, B., 1979. Application des diverses méthodes d'analyse de données à des inventaires forestiers détaillés levés en forêt Tropicale. *Oecologia plantarum*, tome 14. Ed. Gauthier- Villars, pp. 295- 232.
- SCHATZ, G.E., 2001. Flore générique des arbres de Madagascar. Kew: Missouri Botanical.
- SCHATZ, G. E. & MALCOMBER, T. S., 1993. Recherches botaniques au Parc National de Ranomafana : Données de base pour un suivi écologique à long terme. MBG, St Louis. Missouri.USA. 10p.
- SCHATZ, G.E., 1996. Malagasy/Indo-Malesian phytogeographic connections. In: LOURENCO, W.R. (ed). *Biogéographie de Madagascar*. Edition de l'ORSTOM. Paris: 73-83.
- STATTERSFIELD, A.J., CROSBY, M.J. LONG, A.J. & WEGE, D.C., 1998. *Endemic Bird Areas of the World: Priorities for Biodiversity Conservation*. BirdLife International, Cambridge

- STRAKA, H., 1996. Histoire de la végétation de Madagascar oriental dans les derniers 100 millénaires. In *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 37-47. Paris: Editions ORSTOM.
- TURNEBULL., 1963. la forêt naturelle : biologie, régénération, croissance d'arbre in Ecosystème forestiers tropicaux d'Afrique. Texte mis au point par FOURRIER et A, SASSON, ORSTOM- UNESCO. Recherche sur les ressources naturelles XIX pp.163.

**WEBOGRAPHIES :**

[http://bft.cirad.fr/cd/BFT\\_106\\_56-65.pdf](http://bft.cirad.fr/cd/BFT_106_56-65.pdf).

[http://www.biodiv.be/madagascar/biodiversity/foi\\_mono\\_biodiv/Monogr1documentnationaux.PDF/](http://www.biodiv.be/madagascar/biodiversity/foi_mono_biodiv/Monogr1documentnationaux.PDF/)  
download.

**ANNEXE I: LISTE FLORISTIQUE GLOBALE DE BONGOMIRAHAVAVY ET DE BETSITSIKA**

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	
ACANTHACEAE	<i>Barleria humilis</i>		<i>Landolphia sp_V02-074</i>	
	<i>Barleria sp</i>		<i>Landolphia sp_V05-022</i>	
	<i>Hypoestes sp_V06-048</i>		<i>Landolphia sp_V10-011</i>	
	<i>Mendocia flagellaris</i>		<i>Landolphia sp_V23-021</i>	
ANACARDIACEAE	<i>Abrahamia sp_V01-025</i>		<i>Landolphia sp_V25-027</i>	
	<i>Abrahamia sp_V07-050</i>		<i>Landolphia sp1</i>	
	<i>Abrahamia sp_V18-009</i>		<i>Landolphia sp2</i>	
	<i>Abrahamia sp1_V02-096</i>		<i>Landolphia sphaerocarpa</i>	
	<i>Anacardium manguiifera</i>		<i>Mascarenasia lisianthiflora</i>	
	<i>Astrotrichilia elegans</i>		<i>Mascarenhasia arborescens</i>	
	<i>Calantica cerasifolia</i>		<i>Mascarenhasia augustifolia</i>	
	<i>Camptosperma lepidotum</i>		<i>Mascarenhasia lisianthiflora</i>	
	<i>Gluta tourtour</i>		<i>Pentopetia sp</i>	
	<i>Ixora hookeri</i>		<i>Petchia erythrocarpa</i>	
	<i>Micronychia tsiramiramy</i>		<i>Petchia madagascariensis</i>	
	<i>Paropsia sp</i>		<i>Petchia sp</i>	
	<i>Poupartia chapelieri</i>		<i>Plectaneaia thouarsii</i>	
	<i>Pouroptia orientalis</i>		<i>Plectania sp</i>	
	<i>Protorhus sericea</i>		<i>Rauwolfia obtusiflora</i>	
	<i>Soreindeia madagascariensis</i>		<i>Stephanostegia capuronii</i>	
<i>Soreindeia sp</i>	<i>Stephanostegia hildebrandtii</i>			
ANISOPHYLLEACEAE	<i>Anisophyllea fallax</i>			<i>Voacanga thouarsii</i>
ANNONACEAE	<i>Ambavia gernardii</i>		AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex mitis</i>
	<i>Annona senegalensis</i>		ARACEAE	<i>Pothos scandens</i>
	<i>Annona sp_V02-043</i>	<i>Polyscias nosibensis</i>		
	<i>Annona sp_V13-067</i>	<i>Gastonia duplicata</i>		
	<i>Annona sp_V23-045</i>	ARALIACEAE	<i>Polyscias ornifolia</i>	
	<i>Artabotrys madagascariensis</i>	ARECACEAE	<i>Dypsis ampasindavae</i>	
	<i>Isolona ghesquierei</i>		<i>Dypsis lutescens</i>	
	<i>Isolona madagascariensis</i>		<i>Dypsis madagascariensis</i>	
	<i>Isolona sp</i>		<i>Dypsis sp</i>	
	<i>Isolona sp1</i>		<i>Dypsis sp0</i>	
	<i>Monanhtotaxis sp</i>		<i>Dypsis sp1</i>	
	<i>Monanthotaxis boivinii</i>		<i>Dypsis sp2</i>	
	<i>Monanthotaxis louvelii</i>		<i>Dypsis sp3</i>	
	<i>Monanthotaxis pilosa</i>		<i>Dypsis sp4</i>	
	<i>Polyalthia ghesquieriana</i>		<i>Dypsis tsaravoasira</i>	
	<i>Polyalthia richardiana</i>		<i>Dypsis_LN</i>	
	<i>Polyalthia sambiranensis</i>		INDET	
	<i>Popowia sp1</i>		<i>Martellidendron_V11-089</i>	
	<i>Uvaria lemurica</i>		<i>Ravenea madagascariensis</i>	
	<i>Uvaria sp</i>	<i>Ravenea sambiranensis</i>		
	<i>Uvaria sp1</i>	ASCLEPIADACEAE	INDET	
	<i>Xylopia humblotiana</i>		<i>Pentopetia androsaemifolia</i>	
	<i>Xylopia perrieri</i>	ASPLENIACEAE	<i>Asplenium nidus</i>	
	APHLOIACEAE	<i>Aphloia theiformis</i>	ASTERACEAE	<i>Brachylaena merana</i>
	APOCYNACEAE	<i>Carissa edulis</i>		<i>Brachylaena ramyflora</i>
		INDET		<i>Oliganthes merenoides</i>
		<i>Landolphia madagascariensis</i>		<i>Psiadia altissima</i>
<i>Landolphia sp_V02-066</i>		<i>Senecio myricaefolius</i>		

**ANNEXE I: LISTE FLORISTIQUE GLOBALE DE BONGOMIRAHAVAVY ET DE BETSITSIKA**

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE
ASTERACEAE	<i>Vernonia carnotiana</i>		<i>Symphonia bojeri</i>
	<i>Vernonia sp</i>		<i>Symphonia macrocarpa</i>
BEGONIACEAE	<i>Begonia sp</i>		<i>Symphonia sambiranensis</i>
BIGNONIACEAE	<i>Colea muricata</i>		<i>Symphonia sp</i>
	<i>Ophiocolea ornithophylla</i>	COMBRETACEAE	<i>Combretum coccineum</i>
	<i>Phyllartrou cauliflorum</i>	<i>Combretum sp1</i>	
	<i>Phyllartrou sp</i>	<i>Combretum sp2</i>	
	<i>Rhodocolea sp</i>	<i>Psorospermum cerasifolium</i>	
BURSERACEAE	TAJ 270	<i>Terminalia crevata</i>	
	<i>Canarium madagascariensis</i>	<i>Terminalia sp1</i>	
	<i>Commiphora grandiflora</i>	<i>Terminalia tetrandra</i>	
CANELLACEAE	<i>Commiphora sp</i>	CONNARACEAE	<i>Agelaea pentagyna</i>
	<i>Cinnamosma madagascariensis</i>	<i>Agelaea sp</i>	
CAPPARIDACEAE	<i>Cinnamosma sp1</i>	<i>Cnestis polyphylla</i>	
	<i>Crataeva sp1</i>	<i>Cnestis sp1</i>	
	<i>Crataeva sp2</i>	<i>Cnestis sp2</i>	
CELASTRACEAE	<i>Thilachium panduriforme</i>	CONVOLVULACEAE	<i>Humbertia sp</i>
	<i>Elaeodendron sp1</i>	CUNNONIACEAE	<i>Tambourissa sp</i>
	<i>Mystroxydon aethiopicum</i>	<i>Weinmannia sp</i>	
	<i>Mystroxydon sp1</i>	CYATHEACEAE	<i>Cyathea sp1</i>
	<i>Polycardia lateralis</i>	<i>Cyathea sp2</i>	
	<i>Pseudopteris saccatus</i>	CYPERACEAE	<i>Actinoschoenus thouarsii</i>
	<i>Salacia leptoclada</i>	INDET	
<i>Salacia madagascariensis</i>	DAVALLIACEAE	<i>Davallia denticulata</i>	
CHRYSOBALANACEAE	<i>Grangeria porosa</i>	DENNSTAETIACEAE	<i>Saccoloma henriettae</i>
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum paniculatum</i>	DICHAPETALACEAE	<i>Dichapetalum bojeri</i>
	<i>Calophyllum parviflorum</i>	<i>Dichapetalum madagascariensis</i>	
	<i>Calophyllum recedens</i>	<i>Dichapetalum sp</i>	
	<i>Garcinia chapelieri</i>	DILLENACEAE	<i>Dillenia triquerta</i>
	<i>Garcinia glaucocarpa</i>	<i>Tetraceras madagascariensis</i>	
	<i>Garcinia madagascariensis</i>	DRACAENACEAE	<i>Dracaena sp</i>
	<i>Garcinia parviflora</i>	<i>Dracaena elliptica</i>	
	<i>Garcinia sp</i>	<i>Dracaena obovata</i>	
	<i>Garcinia sp1</i>	<i>Dracaena reflexa</i>	
	<i>Garcinia verrucosa</i>	<i>Dracaena sp</i>	
	INDET	MYA 028	
	INDET_V03-030	EBENACEAE	<i>Diospyros sakalavarum</i>
	<i>Mammea augustifolia</i>	<i>Dioispyros glaucocarpa</i>	
	<i>Mammea bongo</i>	<i>Diospyros gracilipes</i>	
	<i>Mammea cerasifolia</i>	<i>Diospyros haplostylis</i>	
	<i>Mammea cestrae</i>	<i>Diospyros platirachis</i>	
	<i>Mammea eugenioïdes</i>	<i>Diospyros sp1</i>	
	<i>Mammea punctata</i>	<i>Diospyros sp2</i>	
	<i>Mammea sessiflora</i>	<i>Diospyros sp3</i>	
	<i>Mammea sp</i>	<i>Diospyros sp4</i>	
	<i>Mammea sp1</i>	<i>Diospyros toxicaria</i>	
	<i>Mammea tessetala</i>	<i>Diospyros urschii</i>	
	<i>Psorospermum cerasifolium</i>	<i>Diospyros vescoi</i>	
<i>Psorospermum sp1</i>	<i>Elaeocarpus ansifolius</i>		
<i>Symphonia ambanjensis</i>	ELAEOCARPACEAE	<i>Elaeocarpus subseratus</i>	



**ANNEXE I: LISTE FLORISTIQUE GLOBALE DE BONGOMIRAHAVAVY ET DE BETSITSIKA**

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE
INDET	<i>INDET</i>		<i>Memecylon buxifolium</i>
KALIPHORACEAE	<i>Kaliphora madagascariensis</i>		<i>Memecylon eglandulosum</i>
KIGGELARIACEAE	<i>Prockiopsis sp</i>		<i>Memecylon cordiophyllum</i>
LAURACEAE	<i>Beilchmeidia oppositifolia</i>		<i>Memecylon faucheri</i>
	<i>Beilchmeidia velutina</i>		<i>Memecylon gracillipedicellatum</i>
	<i>Beilschmeidia cryptocaryoides</i>		<i>Memecylon pterocladum</i>
	<i>Beilschmeidia grandiflora</i>		<i>Memecylon sp1</i>
	<i>Cryptocaria</i>		<i>Memecylon sp2</i>
	<i>Cryptocaria ocoteifolia</i>		<i>Memecylon sp3</i>
	<i>Cryptocaria racemosa</i>		<i>Memecylon thouarsianum</i>
	<i>Cryptocaria retusa</i>		<i>Warneckea sp</i>
	<i>Cryptocaria sp</i>		<i>Warneckea sp1</i>
	<i>Ocotea cymosa</i>		INDET
	<i>Ocotea laens</i>	MELIACEAE	<i>Astrotrichilia asterotrica</i>
	<i>Ocotea louvelii</i>		<i>Astrotrichilia elegans</i>
	<i>Ocotea nervosa</i>		<i>Astrotrichilia sp</i>
	<i>Ocotea racemosa</i>		<i>INDET</i>
	<i>Ocotea sambiranensis</i>		<i>khaya madagascariensis</i>
	<i>Ocotea sp</i>		<i>Lepidotrichilia sp1</i>
	<i>Ocotea thouvenotii</i>		<i>Malleastrum antsingyensis</i>
	<i>Potameia crassifolia</i>		<i>Malleastrum obtusifolium</i>
	<i>Potameia obtusifolia</i>		<i>Malleastrum sp</i>
	<i>Potameia thouarsiana</i>		<i>Molinaea sulcata</i>
<i>Potameia thouarsii</i>		<i>Trichlisia sp</i>	
<i>Potameia tomentella</i>		<i>Xylocarpus granatum</i>	
<i>Ravensara accuminata</i>	MENISPERMACEAE	<i>Burassaia madagascariensis</i>	
<i>Ravensara gracilis</i>		<i>Cissampelos sp1</i>	
<i>Ravensara impressa</i>		<i>INDET</i>	
<i>Ravensara sp1</i>		<i>Sporospermum penduliflorum</i>	
LEEACEAE	<i>Leea guinensis</i>		<i>Strychnopsis thouarsii</i>
	<i>Leea madagascariensis</i>		<i>Trichlisia sp1</i>
LINACEAE	<i>Hugonia sp</i>	MONIMIACEAE	<i>Tambourissa masoalensis</i>
LOGANIACEAE	<i>Strychnos madagascariensis</i>		<i>Tambourissa religiosa</i>
	<i>Strychnos myrtoïdes</i>		<i>Tambourissa sp</i>
	<i>Strychnos panganensis</i>		<i>Tambourissa sp1</i>
	<i>Strychnos sp</i>		
LOMARIOPSISACEAE	<i>Lomariopsis sp</i>	MONTINIACEAE	<i>Grevea madagascariensis</i>
	<i>Lomariopsis sp1</i>	MORACEAE	<i>Bleekrodea madagascariensis</i>
LORANTHACEAE	<i>Bakerella sp</i>		<i>Ficus botrioïdes</i>
LYGODIACEAE	<i>Lygodium lanceolatum</i>		<i>Ficus amontana</i>
MALVACEAE	<i>Rulingia madagascariensis</i>		<i>Ficus sp</i>
MELANOPHYLLACEAE	<i>Melanophylla modesti</i>		<i>Ficus lutea</i>
	<i>Melanophylla sp</i>		<i>Ficus madagascariensis</i>
	<i>Melanophylla sp1</i>		<i>Ficus marmorata</i>
MELASTOMATAACEAE	<i>Clidemia hirta</i>		<i>Ficus montana</i>
	<i>Dichaethantera altissima</i>		<i>Ficus polita</i>
	<i>Dichaethantera arborea</i>		<i>Ficus politoria</i>
	<i>Dichaethantera sp</i>		<i>Ficus sp</i>
	<i>Dichaethantera sp1</i>		<i>Ficus sp1</i>
	<i>Memecylon brahense</i>		<i>INDET</i>
			<i>Maillardia orientalis</i>

**ANNEXE I: LISTE FLORISTIQUE GLOBALE DE BONGOMIRAHAVAVY ET DE BETSITSIKA**

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	
MORACEAE	<i>Pachytrophe sp</i>	ORCHIDACEAE	<i>Angraecum chloranthum</i>	
	<i>Pachytrophe sp1</i>	PANDANACEAE	<i>Martellidendron sp V14-034</i>	
	<i>Streblus dimepate</i>		<i>Martellidendron V05-096</i>	
	<i>Streblus mauritania</i>		<i>Martellidendron V06-064</i>	
	<i>Streblus sp</i>		<i>Martellidendron V09-036</i>	
	<i>Treculia africana</i>		<i>MYA 233</i>	
	<i>Treculia madagascariensis</i>		<i>Pandanus concretus</i>	
	<i>Treculia perrieri</i>		<i>Pandanus sp</i>	
	<i>Trichilia cauliflora</i>		<i>Pandanus sp1</i>	
	<i>Trilepisium madagascariensis</i>		<i>Pandanus V14-021</i>	
	<i>Trophis montana</i>		<i>Pandanus V17-044</i>	
MYRISTICACEAE	<i>Brochoneura sp</i>		<i>Pandanus V17-051</i>	
	<i>Brochoneura vouri</i>	<i>Pandanus V18-038</i>		
	<i>Mauloutchia chapelieri</i>	<i>Pandanus V19-018</i>		
	<i>Mauloutchia sambiranensis</i>	<i>Pandanus V21-041</i>		
MYRISTICACEAE	<i>Mauloutchia sp V13-064</i>	<i>Pandanus V22-060</i>		
	<i>Mauloutchia sp V13-065</i>	<i>Pandanus V23-022</i>		
	<i>Mauloutchia sp V20-040</i>	<i>Pandanus V23-038</i>		
	<i>Mauloutchia V01-027</i>	<i>Pandanus V24-017</i>		
MYRSINACEAE	<i>Myrsine madagascariensis</i>	PANDANACEAE	<i>Pandanus V24-039a</i>	
	<i>Oncostemum botryoides</i>		PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora sp</i>
	<i>Oncostemum sp</i>		PITTOSPORACEAE	<i>MYA 066</i>
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i>		<i>Pittosporum cerasifolium</i>	
	<i>Eugenia emirnensis</i>		<i>Pittosporum senacia</i>	
	<i>Eugenia gavoala</i>	POACEAE	<i>INDET</i>	
	<i>Eugenia grossepunctata</i>		<i>Leptospiocochleata V13-029</i>	
	<i>Eugenia guinensis</i>		<i>Leptospiocochleata cochleata</i>	
	<i>Eugenia jambolana</i>		<i>Leptospiocochleata sp</i>	
	<i>Eugenia lokohensis</i>		<i>Leptospiocochleata V14-074</i>	
	<i>Eugenia sp</i>		<i>Leptospiocochleata V16-002</i>	
	<i>Eugenia sp2</i>		<i>Leptospiocochleata V18-053</i>	
	<i>Eugenia tropophylla</i>		<i>Leptospiocochleata V22-044</i>	
	<i>Syzygium sakalavarum</i>		<i>Leptospiocochleata V23-034</i>	
	<i>Syzygium sp</i>		<i>Schizostachyum sp</i>	
	<i>Syzygium sp1</i>		<i>Scleria longiflora</i>	
	OCHNACEAE		<i>Campylospermum sp1</i>	PTERIDACEAE
<i>Diporidium ciliatum</i>			PTERIDOPHYTE	<i>INDET</i>
<i>Diporidium sp</i>				<i>Pletium sambiranensis</i>
<i>Ochnella sp</i>		RHAMNACEAE	<i>Bathioramnus louvelii</i>	
OLACACEAE	<i>Olax imernensis</i>		<i>Colubrina faralaotra</i>	
	<i>Olax madagascariensis</i>		<i>Colubrina sp</i>	
OLEACEAE	<i>INDET</i>		<i>Lasciodiscus pervillei</i>	
	<i>Jasminium</i>		<i>Lasciodiscus articulatus</i>	
	<i>Norhonia emarginata</i>	RHIZOPHORACEAE	<i>Macarisia pyramidata</i>	
	<i>Norhonia linicerioides</i>		<i>Macarisia sp</i>	
	<i>Norhonia pervilleana</i>	RHOPALOCARPACEAE	<i>Dialyceras discolor</i>	
	<i>Norhonia sambiranensis</i>		<i>Dialyceras parvifolium</i>	
	<i>Norhonia sp1</i>		<i>Rhopalocarpus alternifolius</i>	
	<i>Olea madagascariensis</i>		<i>Rhopalocarpus louvelii</i>	
	<i>Schrebera orientalis</i>	RUBIACEAE	<i>Bertiera longithyrsa</i>	
		<i>Breonadia salicina</i>		

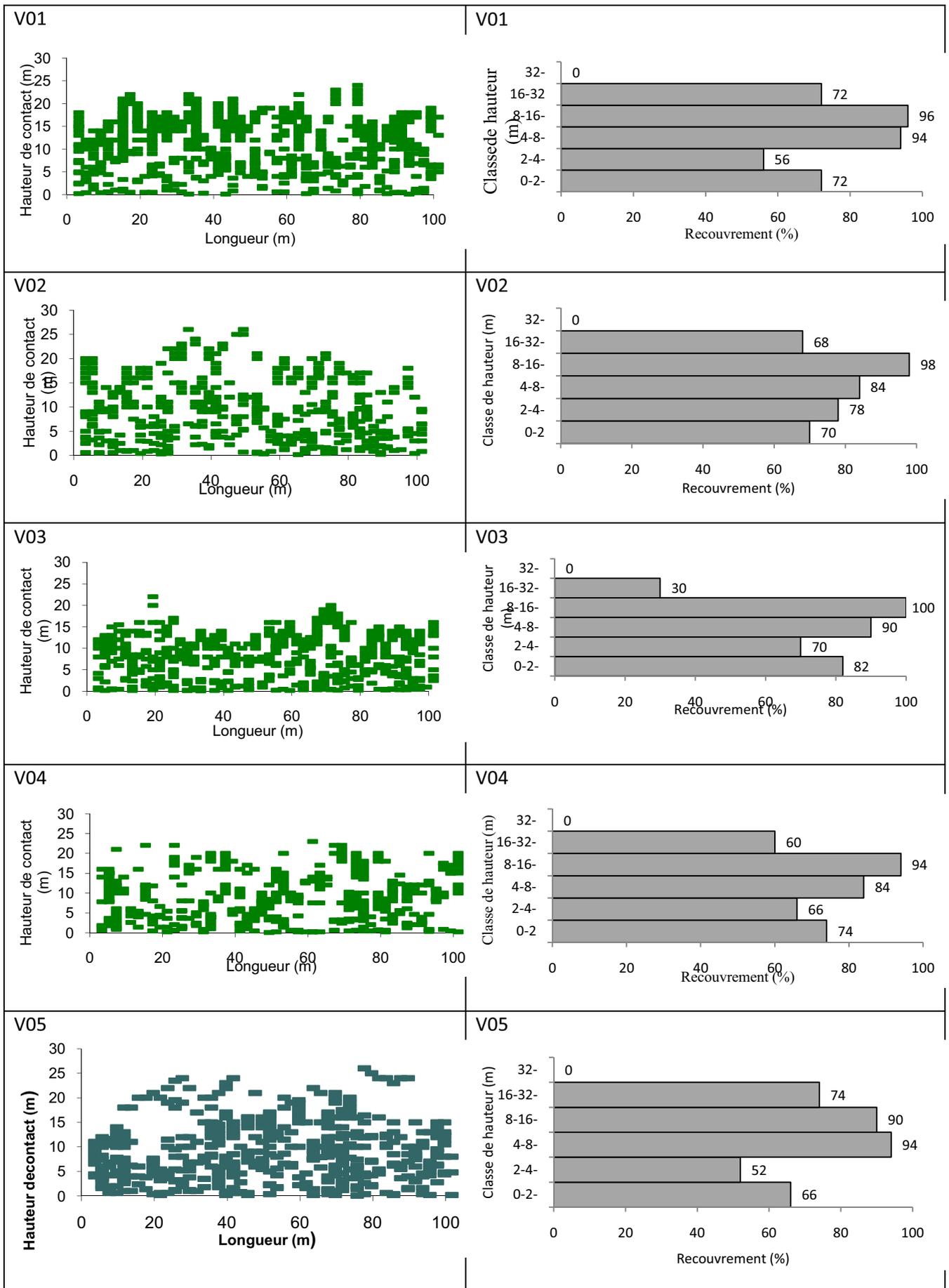
**ANNEXE I: LISTE FLORISTIQUE GLOBALE DE BONGOMIRAHAVAVY ET DE BETSITSIKA**

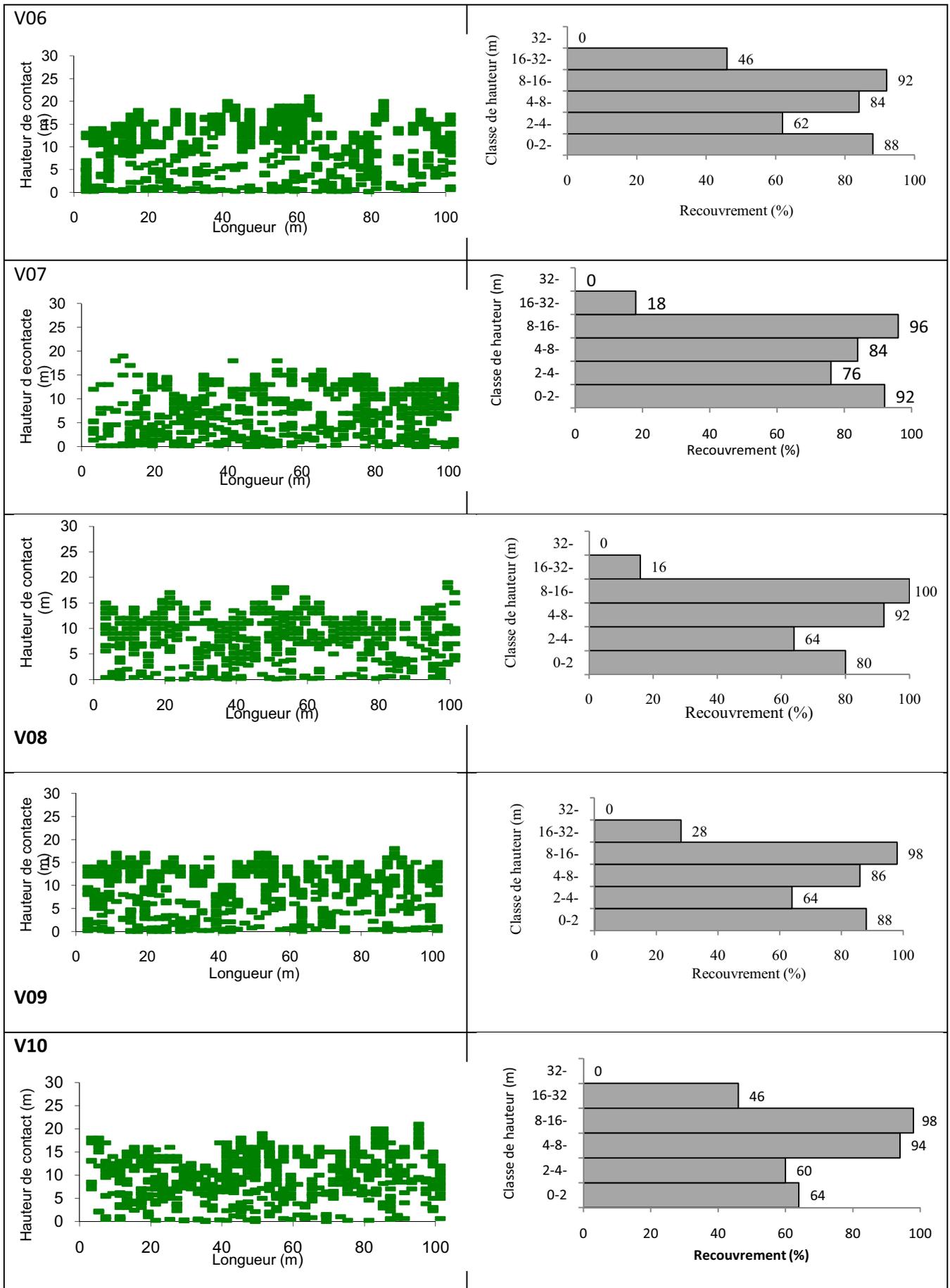
FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	
RUBIACEAE	<i>Breonia parvifolia</i>		<i>Morinda sp1</i>	
	<i>Breonia emirnensis</i>		<i>Pauridiantha paucinervis</i>	
	<i>Breonia fragifera</i>		<i>Peponidium sp1</i>	
	<i>Breonia parviflora</i>		<i>Polysphaeria sp</i>	
	<i>Breonia parvifolia</i>		<i>Pseudomantalania macrophylla</i>	
	<i>Breonia perrieri</i>		<i>Pseudopteris decipiens</i>	
	<i>Breonia salicina</i>		<i>Psychotria expansissima</i>	
	<i>Breonia sp</i>		<i>Psychotria parkeri</i>	
	<i>Breonia sp1</i>		<i>Psychotria polygrammata</i>	
	<i>Campylospermum sp2</i>		<i>Pyrostria major</i>	
	<i>Canthium evenium</i>		<i>Rhotmania poivreii</i>	
	<i>Canthium majus</i>		<i>Rhotmania sp</i>	
	<i>Canthium sp</i>		<i>Rhotmania sp1</i>	
	<i>Chassalia sp1</i>		<i>Rubiaceae sp1</i>	
	<i>Chassalia ternifolia</i>		<i>Saldinia axillaris</i>	
	<i>Coffea</i>		<i>Saldinia sp</i>	
	<i>Coffea sp</i>		<i>Tarrena sp</i>	
	<i>Coffea sp1</i>		<i>Tricalysia ovalifolia</i>	
	<i>Coptosperma sp1</i>		RUTACEAE	<i>Teclea punctata</i>
	<i>Coptosperma sp2</i>		RUTACEAE	<i>Teclea unifoliolata</i>
	<i>Coptosperma sp3</i>	<i>Vepris calcicola</i>		
	<i>Coptosperma sp4</i>	<i>Vepris nitida</i>		
	<i>Danaïa rubra</i>	<i>Vepris unifoliolata</i>		
	<i>Enterospermum bernieranum</i>		<i>Zanthoxylon sp</i>	
	<i>Enterospermum calcyculatum</i>	SALICACEAE		
	<i>Enterospermum sambiranense</i>		<i>Bembicia axillaris</i>	
	<i>Enterospermum sp</i>		<i>Calantica cerasifolia</i>	
	<i>Enterospermum sp1</i>		<i>Calantica sp</i>	
	<i>Euclinia suavissima</i>		<i>Homalium micranthum</i>	
	<i>Fernelia grandiflora</i>		<i>Homalium sp</i>	
	<i>Fernelia sp</i>		INDET	
	<i>Gaertnera fragifera</i>		<i>Ludia scolopioides</i>	
	<i>Gaertnera macrostipula</i>		<i>Tisonia humbertii</i>	
	<i>Gaertnera obovata</i>		SAPINDACEAE	<i>Allophylus cobbe</i>
	<i>Gaertnera phyllostachia</i>		<i>Allophylus nigrens</i>	
	<i>Gardenia rutembergiana</i>		<i>Astrotrichilia asterotrica</i>	
	<i>Hymenodictyon lohavato</i>		<i>Buguea apetal</i>	
	INDET		<i>Chouxia sorinderoides</i>	
	INDET_V04-87		<i>Deinbollia macrocarpa</i>	
	<i>Ixora hookeri</i>		<i>Deinbollia pervillei</i>	
<i>Ixora platyphyrsa</i>	<i>Doratoxylon apetalum</i>			
<i>Ixora sp</i>	<i>Filicium decipiens</i>			
<i>Mantalania sambiranensis</i>	<i>Macphersonia gracilis</i>			
<i>Mapouria parkeri</i>	<i>Macphersonia sp1</i>			
<i>Mapouria sp</i>	<i>Majidea zanguebarica</i>			
<i>Mapouria sp1</i>	<i>Molineaea sulcata</i>			
<i>Mapouria sp2</i>	<i>Molineaea petiolaris</i>			
<i>Morinda citrifolia</i>	<i>Molineaea retusa</i>			
<i>Morinda rigida</i>	<i>Neotina isoneura</i>			

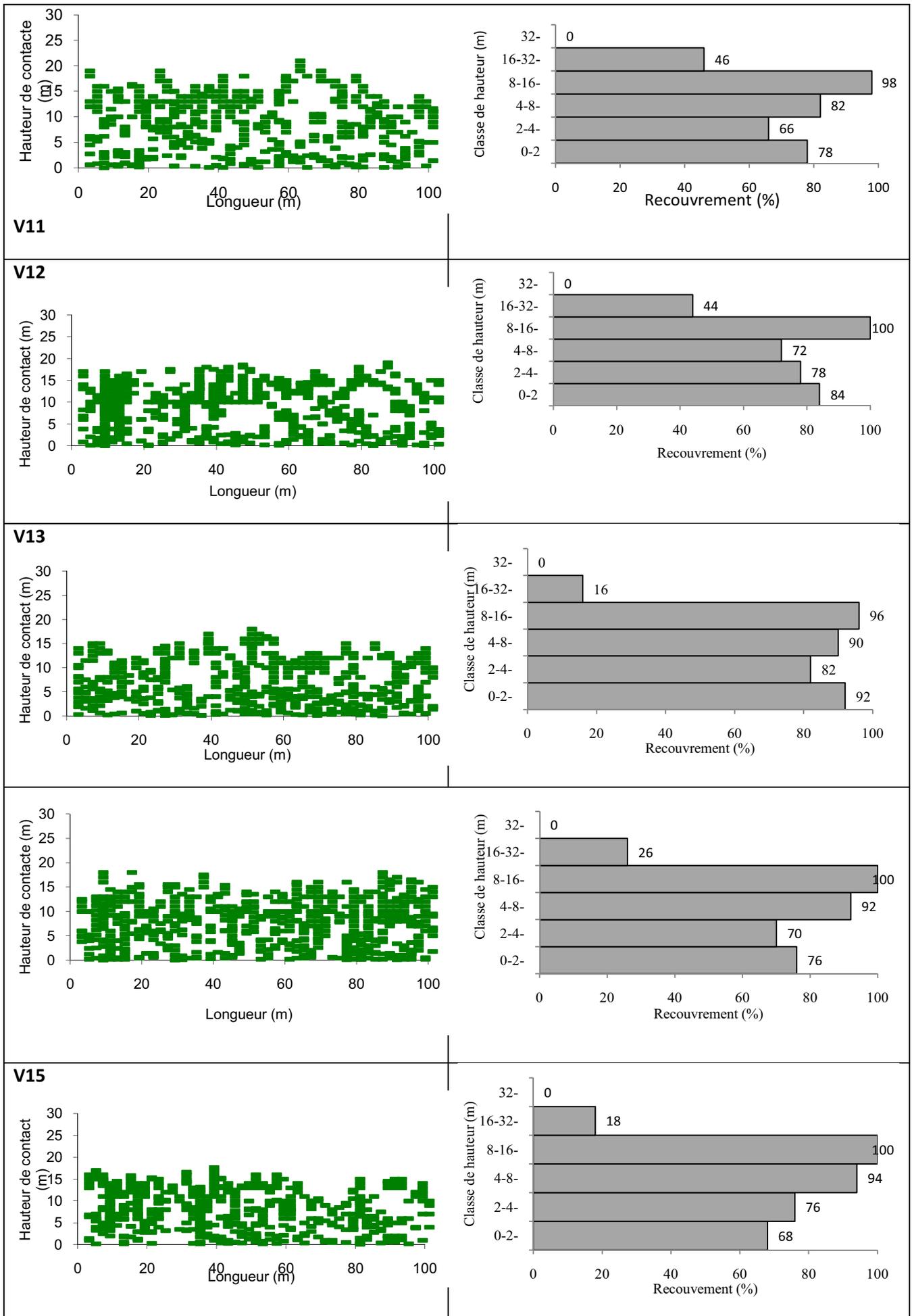
**ANNEXE I: LISTE FLORISTIQUE GLOBALE DE BONGOMIRAHAVAVY ET DE BETSITSIKA**

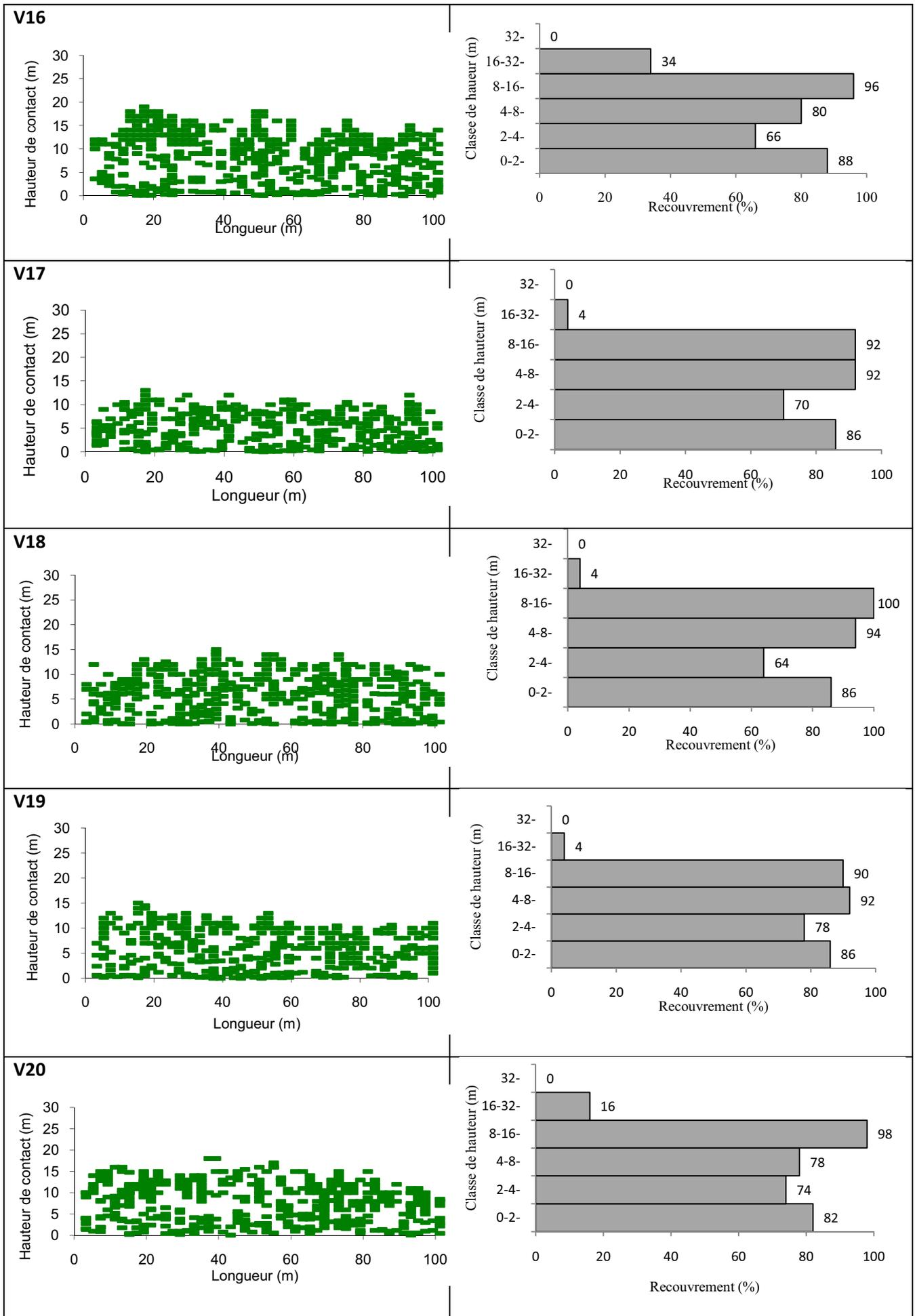
FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE
	<i>Plagioscyphus sp1</i>	STRELITZIACEAE	<i>Ravenala madagascariensis</i>
	<i>Plagioscyphus sp2</i>	THELIPTERIDACEAE	<i>Thelipteris sp</i>
	<i>Plagioscyphus jumellei</i>	THYMELIACEAE	MYA 136
	<i>Plagioscyphus sambiranensis</i>		<i>Stephanodaphne</i>
	<i>Pseudopteris arborea</i>		<i>Stephanodaphne capuronii</i>
	<i>Pseudopteris decipiens</i>		<i>Stephanodaphne peficallata</i>
	<i>Tina thouarsiana</i>		<i>Stephanodaphne pulchra</i>
	<i>Tina striata</i>		<i>Stephanodaphne</i>
	<i>Tina thouarsiana</i>	TILIACEAE	<i>Grewia lavanalensis</i>
	<i>Tinopsis apiculata</i>	VERBENACEAE	<i>Clerodendron lauxiflorum</i>
	<i>Tinopsis vadoni</i>		<i>Vitex pulchra</i>
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum boivianum</i>	VIOLACEAE	<i>Rinorea arborea</i>
	<i>Chrysophyllum sp</i>		<i>Rinorea augustifolia</i>
	<i>Faucherea madagascariensis</i>		<i>Rinorea pugionifera</i>
	<i>faucherea manongarivensis</i>	VISCACEAE	<i>Viscum</i>
	<i>Faucherea sp</i>		<i>Viscum sp</i>
	<i>Labramia boivini</i>	VITACEAE	<i>Cissus</i>
	<i>Labramia bojeri</i>		INDET
	<i>Labramia costata</i>		
	<i>Manilkara boivinii</i>		
	<i>Manilkara sp</i>		
	<i>Syderoxylon sp</i>		
SARCOLAENACEAE	<i>Leptolaena multiflora</i>		
	<i>sarcolaena sp</i>		
	<i>sarcolaena sp1</i>		
	<i>Xyloolaena richardii</i>		
	<i>Xyloolaena sp</i>		
SELAGINELLACEAE	<i>Selaginella lyalii</i>		
SIMAROUBACEAE	<i>Quassia indica</i>		
SMILACACEAE	<i>Smilax anceps</i>		
	<i>Smilax sp</i>		
SPHAEROSEPALACEAE	<i>Dialyceras parviflorum</i>		
	<i>Dyaliceras discolor</i>		
	<i>Dyaliceras parviflorum</i>		
	<i>Dyaliceras parvifolium</i>		
	<i>Rhopalocarpus alternifolius</i>		
	<i>Rhopalocarpus louvelii</i>		
	<i>Rhopalocarpus sp</i>		
	<i>Rhopalocarpus sp1</i>		
STERCULIACEAE	<i>Dalechampia clematidifolia</i>		
	<i>Grewia</i>		
	<i>Nesogordinia sp</i>		
	<i>Nesogordonia macrophylla</i>		
	<i>Rulingia madagascariensis</i>		
	<i>Sterculia tavia</i>		

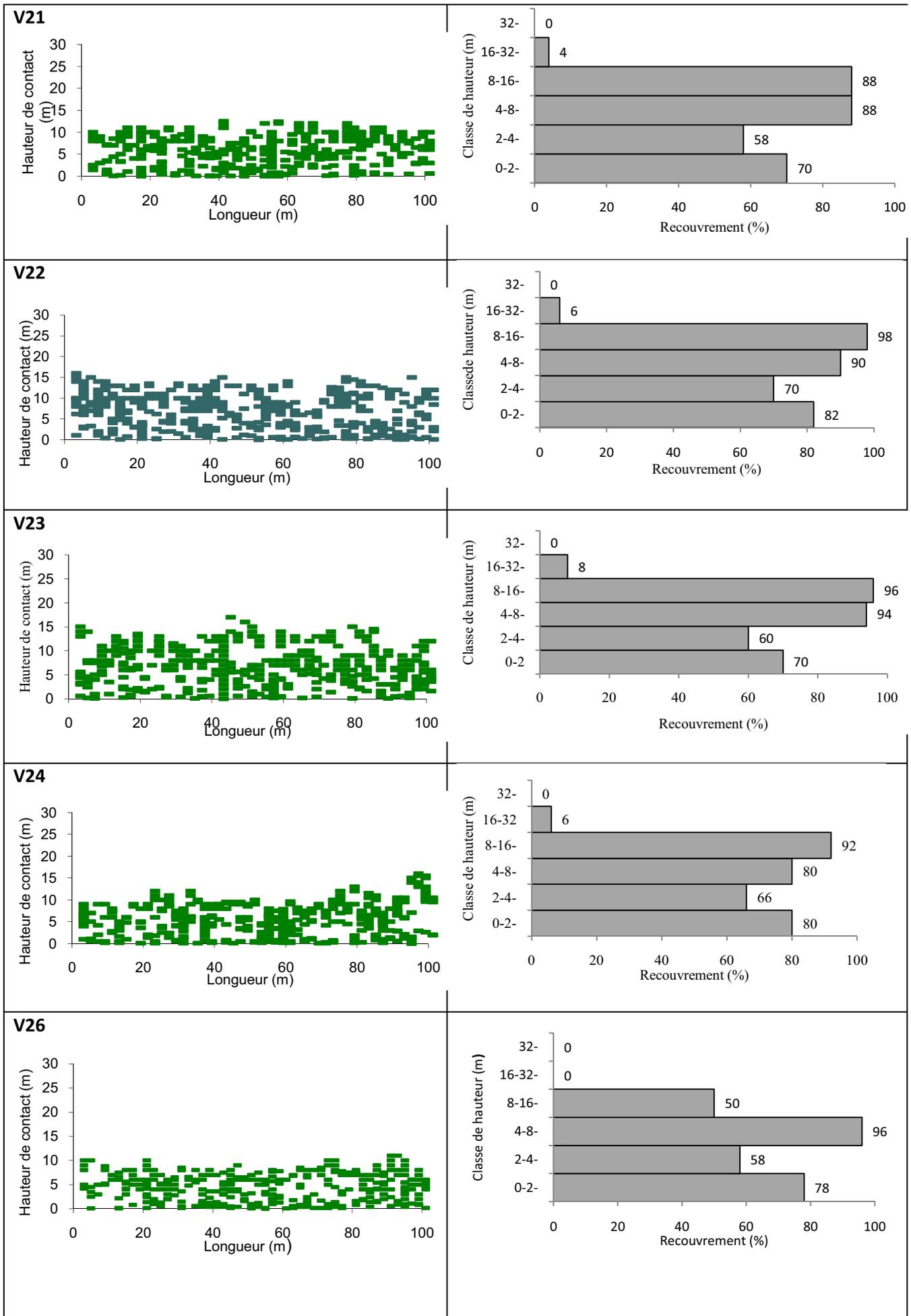
ANNEXE II : PROFILS STRUCTURAUX DE LA VEGETATION DANS LES 26 RELEVÉS LINEAIRES (V)



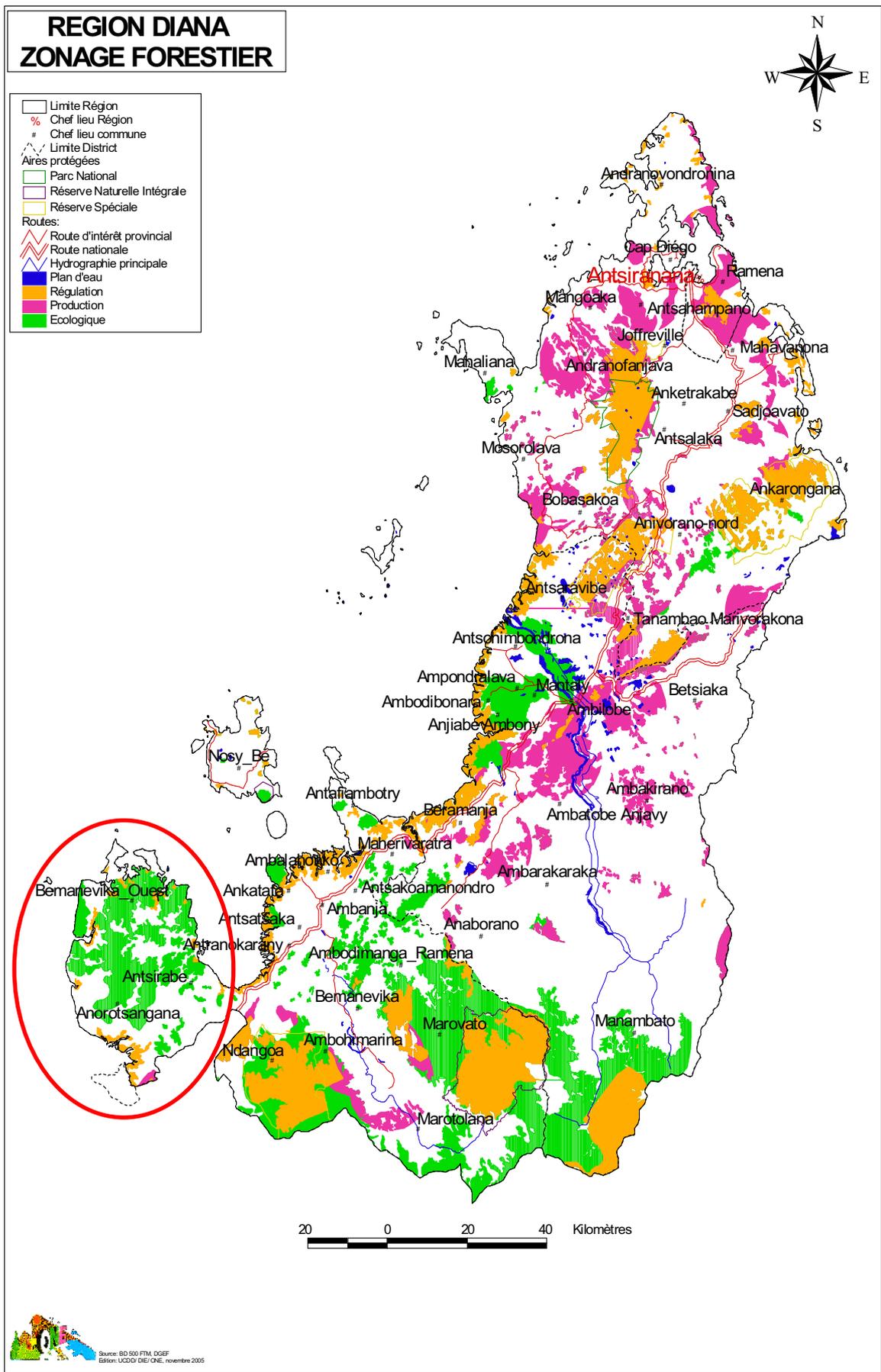




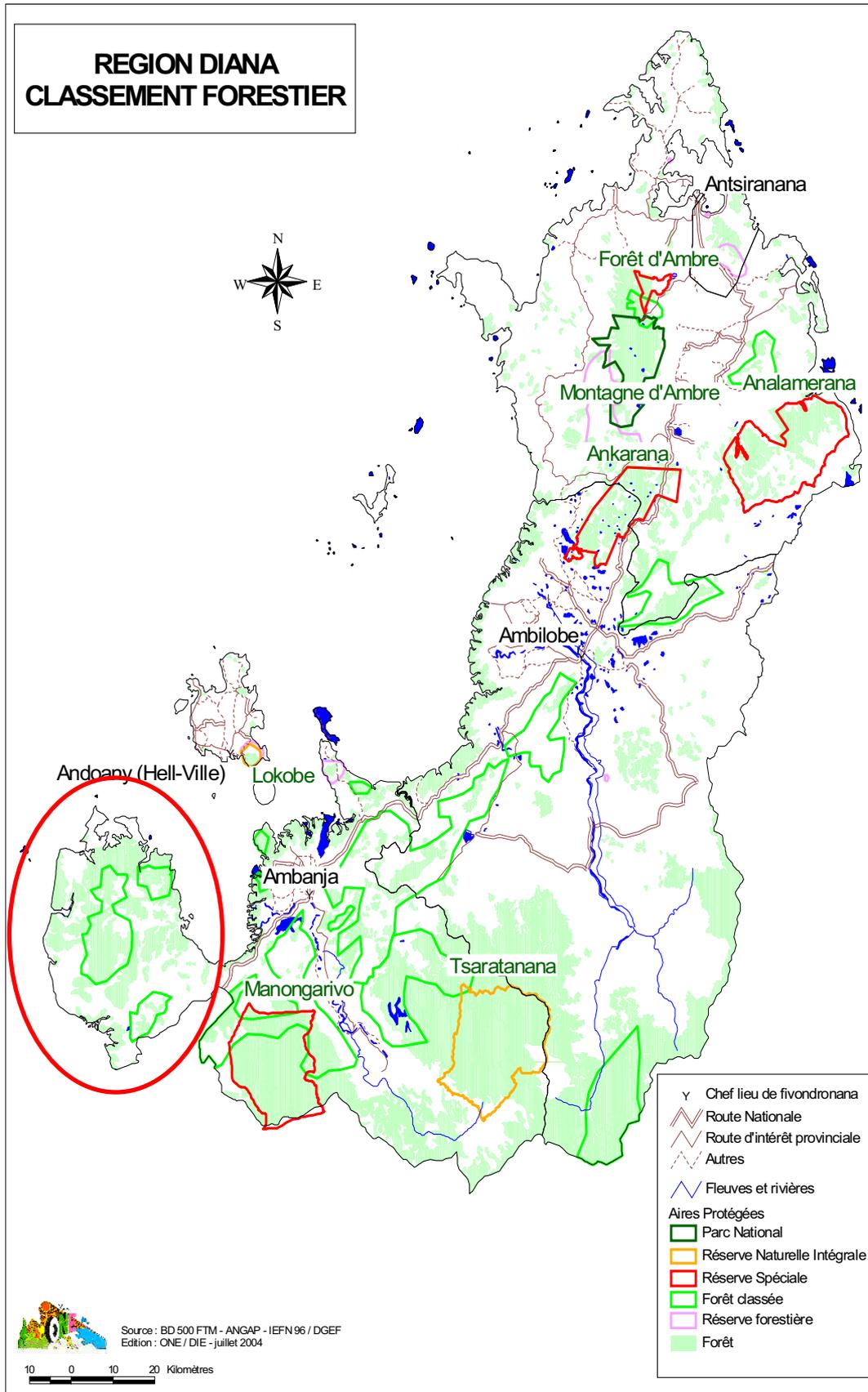




# ANNEXE III : REGION DIANA- ZONAGE FORESTIER

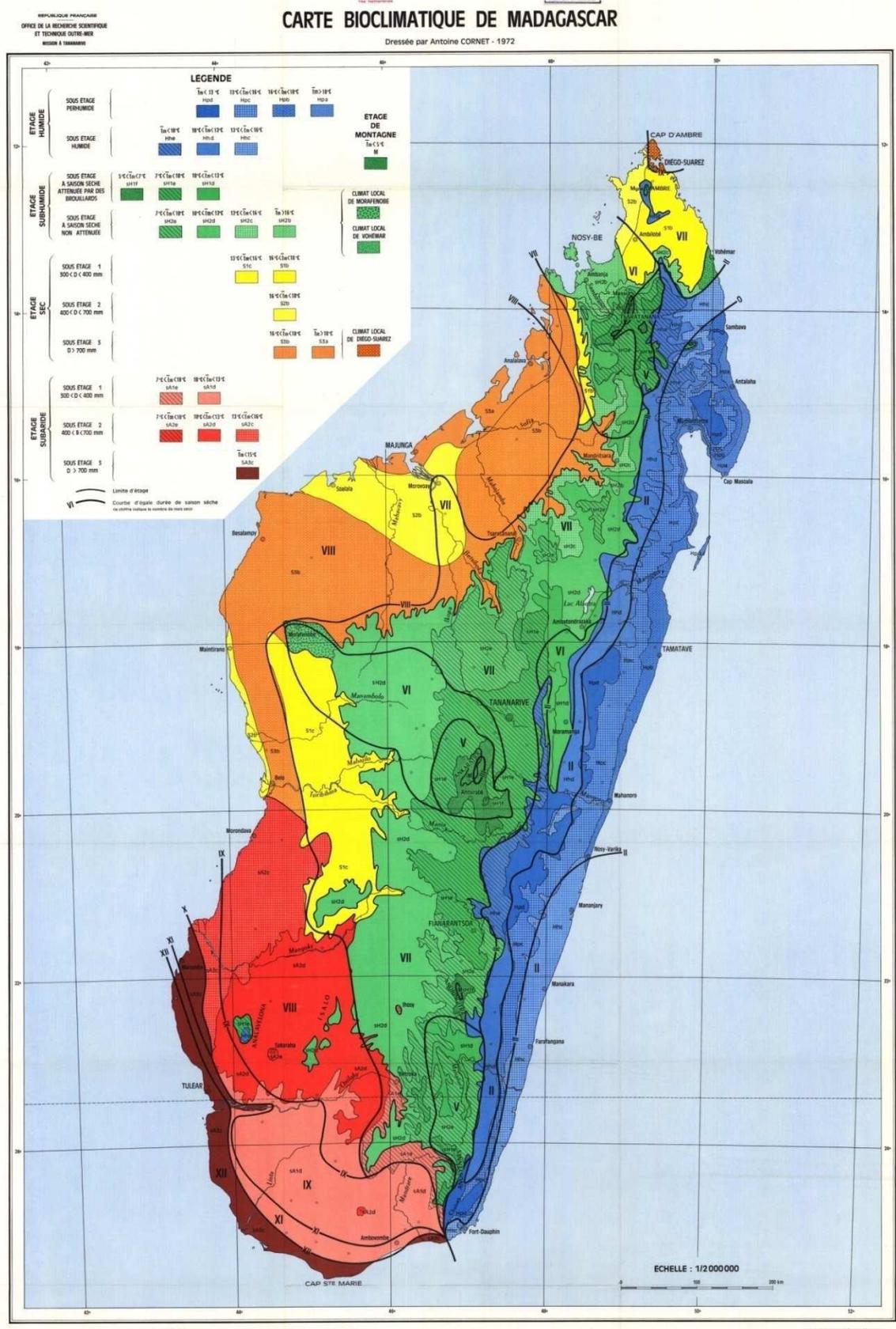


# ANNEXE IV : REGION DIANA- CLASSEMENT FORESTIER

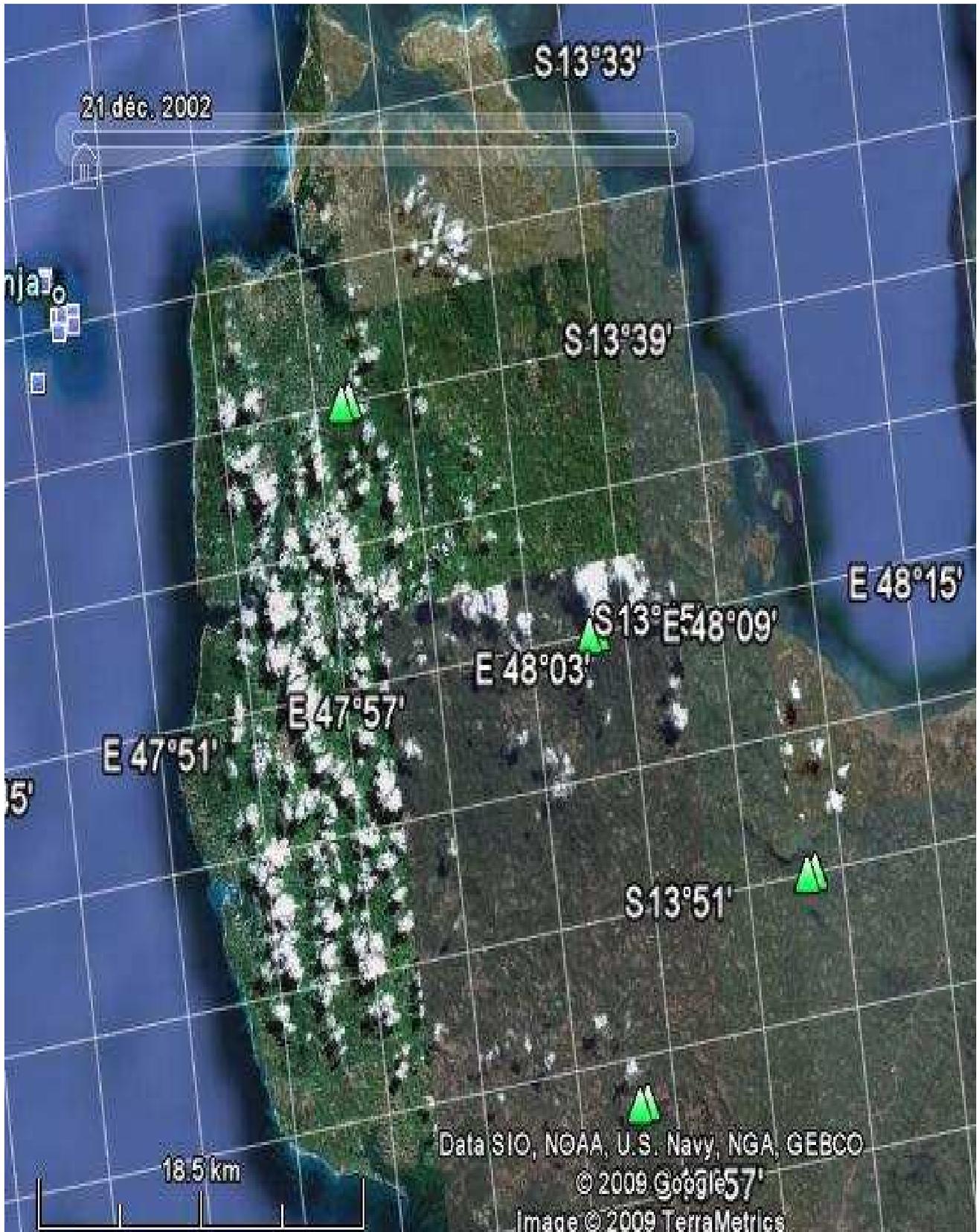




# ANNEXE VI : CARTE BIOCLIMATIQUE DE MADAGASCAR



ANNEXE VII: IMAGE SATELLITAIRE- GOOGLE EARTH 2002, 2009



## ANNEXE VIII : RESULTATS DU TEST DE CORRELATION (pour les paramètres structuraux)

Matrice de corrélation :

	H max	Vi (m3/0,1ha)	Nbr sp/100m	N ind/100m	Nb sem/0,1ha	Ø]10-20]	Ø]20-30]	Ø]30-40]	Ø]40-50]	Ø]50-60]	Ø]60-70]	Ø]70-80]	Ø]80-90]	Ø]90-100]	Ø]100+]	Gi m2	rec ]0-2]	rec ]2-4]	rec]4-8]	rec]8-16]
H max	1	<b>0,830</b>	<b>0,796</b>	0,196	<b>0,410</b>	0,159	<b>0,500</b>	<b>0,695</b>	<b>0,513</b>	0,218	0,083	0,248	0,163	0,256	<b>0,435</b>	<b>0,774</b>	-0,300	-0,078	-0,174	<b>0,473</b>
Vi (m3/0,1ha)	<b>0,830</b>	1	<b>0,837</b>	0,119	<b>0,614</b>	0,365	<b>0,563</b>	<b>0,772</b>	<b>0,716</b>	<b>0,462</b>	0,319	0,298	0,279	0,284	0,370	<b>0,975</b>	-0,321	-0,072	-0,096	0,344
Nbr sp/100m	<b>0,796</b>	<b>0,837</b>	1	0,231	0,300	0,023	<b>0,447</b>	<b>0,649</b>	<b>0,585</b>	0,323	0,121	0,371	0,214	0,258	0,313	<b>0,758</b>	-0,275	0,154	0,010	<b>0,486</b>
Nbr ind/100m	0,196	0,119	0,231	1	0,070	0,070	0,168	-0,181	0,128	-0,229	-0,222	-0,012	0,221	-0,009	0,355	0,099	0,239	0,234	0,089	0,288
Nbr ind dbh+10/0,1ha	<b>0,410</b>	<b>0,614</b>	0,300	0,070	1	<b>0,915</b>	<b>0,733</b>	<b>0,618</b>	<b>0,547</b>	0,186	0,150	-0,125	0,066	-0,128	0,198	<b>0,736</b>	-0,191	-0,217	-0,026	0,094
Ø]10-20]	0,159	0,365	0,023	0,070	<b>0,915</b>	1	<b>0,459</b>	0,306	0,315	0,074	0,064	-0,190	-0,056	-0,130	0,237	<b>0,499</b>	-0,175	-0,238	0,033	-0,122
Ø]20-30]	<b>0,500</b>	<b>0,563</b>	<b>0,447</b>	0,168	<b>0,733</b>	<b>0,459</b>	1	<b>0,658</b>	<b>0,492</b>	0,051	0,097	-0,134	0,053	-0,251	0,159	<b>0,644</b>	-0,049	-0,139	-0,112	0,333
Ø]30-40]	<b>0,695</b>	<b>0,772</b>	<b>0,649</b>	-0,181	<b>0,618</b>	0,306	<b>0,658</b>	1	<b>0,666</b>	0,304	0,164	0,007	0,323	0,007	0,005	<b>0,774</b>	-0,206	-0,078	-0,108	0,358
Ø]40-50]	<b>0,513</b>	<b>0,716</b>	<b>0,585</b>	0,128	<b>0,547</b>	0,315	<b>0,492</b>	<b>0,666</b>	1	<b>0,403</b>	0,087	0,060	0,387	0,034	0,085	<b>0,772</b>	<b>-0,413</b>	-0,090	0,279	0,306
Ø]50-60]	0,218	<b>0,462</b>	0,323	-0,229	0,186	0,074	0,051	0,304	<b>0,403</b>	1	<b>0,435</b>	0,222	0,126	0,126	-0,140	<b>0,498</b>	-0,234	0,068	0,031	0,279
Ø]60-70]	0,083	0,319	0,121	-0,222	0,150	0,064	0,097	0,164	0,087	<b>0,435</b>	1	0,328	-0,141	0,225	-0,098	0,353	0,126	-0,141	-0,078	0,157
Ø]70-80]	0,248	0,298	0,371	-0,012	-0,125	-0,190	-0,134	0,007	0,060	0,222	0,328	1	-0,079	0,262	-0,055	0,209	-0,131	0,094	-0,198	0,074
Ø]80-90]	0,163	0,279	0,214	0,221	0,066	-0,056	0,053	0,323	0,387	0,126	-0,141	-0,079	1	-0,083	-0,058	0,240	0,031	0,252	-0,239	0,174
Ø]90-100]	0,256	0,284	0,258	-0,009	-0,128	-0,130	-0,251	0,007	0,034	0,126	0,225	0,262	-0,083	1	-0,058	0,192	-0,006	0,176	-0,239	0,089
Ø]100+]	<b>0,435</b>	0,370	0,313	0,355	0,198	0,237	0,159	0,005	0,085	-0,140	-0,098	-0,055	-0,058	-0,058	1	0,345	-0,332	<b>-0,406</b>	0,198	-0,089
Gi m2	<b>0,774</b>	<b>0,975</b>	<b>0,758</b>	0,099	<b>0,736</b>	<b>0,499</b>	<b>0,644</b>	<b>0,774</b>	<b>0,772</b>	<b>0,498</b>	0,353	0,209	0,240	0,192	0,345	1	-0,351	-0,140	-0,036	0,333
rec ]0-2]	0,300	-0,321	-0,275	0,239	-0,191	-0,175	-0,049	-0,206	<b>-0,413</b>	-0,234	0,126	-0,131	0,031	-0,006	-0,332	-0,351	1	<b>0,462</b>	-0,294	0,051
rec]2-4]	0,078	-0,072	0,154	0,234	-0,217	-0,238	-0,139	-0,078	-0,090	0,068	-0,141	0,094	0,252	0,176	<b>-0,406</b>	-0,140	<b>0,462</b>	1	-0,354	0,344
rec]4-8]	0,174	-0,096	0,010	0,089	-0,026	0,033	-0,112	-0,108	0,279	0,031	-0,078	-0,198	-0,239	-0,239	0,198	-0,036	-0,294	-0,354	1	-0,239
rec]8-16]	<b>0,473</b>	0,344	<b>0,486</b>	0,288	0,094	-0,122	0,333	0,358	0,300	0,274	0,157	0,072	0,178	0,087	-0,088	0,334	0,051	0,344	-0,232	0,288
rec]16-32]	<b>0,918</b>	<b>0,817</b>	<b>0,754</b>	0,065	<b>0,430</b>	0,205	<b>0,454</b>	<b>0,705</b>	<b>0,462</b>	0,180	0,033	0,314	0,095	0,302	<b>0,415</b>	<b>0,748</b>	<b>-0,396</b>	-0,215	-0,163	0,205

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050

ANNEXE IX : CARTE INTERNATIONALE DU TAPIS VÉGÉTAL  
ET DES CLIMATS ÉCOLOGIQUES

BAIE D'AMPASINDAVA  
REPUBLIQUE MALGACHE

S. HURDY et S. LOUIS DANE

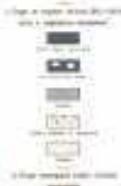
1. ÉCHELLE : 1:100 000  
2. PROJECTION : UTM  
3. DATUM : WGS 84  
4. COORDONNÉES : 13° 15' S, 48° 15' E  
5. ÉLÉVATION : 0 à 1000 m  
6. DATE : 2010

1. ÉCHELLE : 1:100 000  
2. PROJECTION : UTM  
3. DATUM : WGS 84  
4. COORDONNÉES : 13° 15' S, 48° 15' E  
5. ÉLÉVATION : 0 à 1000 m  
6. DATE : 2010

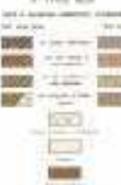
A. ÉLÉMENTS GÉOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES



B. RÉLIEF ET LITTORAUX



C. 2010



D. CLIMATS



CLIMAT	PROPORTION (%)
1	10
2	20
3	30
4	40



E. TYPES DE VÉGÉTATION



TYPES DE VÉGÉTATION	PROPORTION (%)
1	10
2	20
3	30
4	40



F. ANNUALITÉ



PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES



Photo 1 : *Brookesia minima*



Photo 2: *Furcifer* sp



Photo 3: *Tenrec caudatus* et ses prigénitures



Photo 4: *Eulemur macaco*



Photo 5 : *Galida elegans*



Photo 6 : *Geckolepsis maculata*



## PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES



Photo 7: Exploitation de bois (*Albizia* sp) pour la fabrication de pirogue



Photo 8 : Champ de culture après la saison récolte



Photo 9 : Savoka à *Ravenala* après passage du feu



Photo 10 : Forêt défrichée par la pratique du Tetiky

## PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES



Photo 11: La végétation de Bongomirahavavy



Photo 12: Les BAMBUSOIDAE de la strate inférieure de la végétation d'Ampôpô



Photo 13 : Racines échasses de *Martellidendron* sp (PANDANACEAE)



Photo 14: Contre fort de *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE)



Photo 15 : Irvière temporaire de Betsitsika (mois de décembre)



Photo 16: La végétation de Betsitsikahely

**Titre** : CARACTERISATION ECOLOGIQUE DE LA VEGETATION DANS LA PRESQU'ILE D'AMPASINDAVA, CAS DE LA FORET DES MASSIFS DE BONGOMIRAHAVAVY ET DE BETSITSIKA (DOMAINE DU SAMBIRANO), REGION DIANA

**Auteur** : Jacques Andonahary TAHINARIVONY

**Résumé** :

Dans le domaine du Sambirano, la presqu'île d'Ampasindava est largement méconnue au niveau flore et végétation car aucune étude n'a été faite dans la région. La caractérisation écologique de la végétation de la presqu'île a pour but d'étudier la structure de la végétation, de faire sortir les différents groupements structuraux y présents et de les mettre en relation avec les descripteurs écologiques. Pour y arriver, la méthode de relevé linéaire de Gautier et al (1994) et le placeau de Braun Blanquet sont adoptées. Dans les trois sites d'études : Tsarabanja, Ampôpô et Betsitsikahely, 26 relevés écologiques ont été réalisés et permettent de recenser 665 espèces, 270 genres et 90 familles. Par l'analyse multidimensionnelle, 4 groupements structuraux sont obtenus. Le groupe structural 1 est caractérisé par une formation assez haute (13 m), à trois strates, riche en potentiel en bois. Le groupe structural 2 comprend des formations denses humides de 16 m de haut, à quatre strates et à potentiel en bois très élevé ; située à une faible altitude et sur le versant sud-est du massif de Bongomirahavavy. Le groupe structural 3 comprend des formations assez hautes (13,5 m), denses, à quatre strates localisées sur le versant nord-ouest du massif de Bongomirahavavy. Le groupe structural 4 comprend les formations de Betsitsikahely, à trois strates, faible potentiel en bois et sur sol sédimentaire. Le statut légal de la forêt de la presqu'île d'Ampasindava qui place les massifs forestiers en forêt classée ainsi que la valeur spirituelle de ces massifs pour la population locale forment des avantages pour la mise en place des techniques de gestion et de conservation de la biodiversité dans la région.

**Mots clés** : Ampasindava, domaine du Sambirano, Caractérisation écologique, groupe structural.

**Encadreurs** : Pr Charlotte RAJERIARISON

Dr Edmond ROGER

Dr Laurent GAUTIER

**Title:** ECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE VEGETATION IN THE AMPASINDAVA PENINSULA, CASE OF THE MASSIF OF BONGOMIRAHAVAVY AND BETSITSIKA (DOMAIN OF SAMBIRANO), REGION DIANA

**Author:** Jacquis Andonahary TAHINARIVONY

**Abstract**

In the Sambirano domain, Ampasindava peninsula is largely unknown in flora and vegetation as no study has been made in the region. Ecological characterization of the vegetation of the peninsula is in order to study the structure of vegetation, to remove the various structural groups and put them in contact with environmental descriptors. To achieve this, the method of structural profil according to Gautier (1994) and the Braun Blanquet quadrat are adopted. 26 linear sample mixed with surface plots have been made in the three study sites: Tsarabanja, Ampôpô Betsitsikahely and 665 species, 270 genera and 90 families are identified. By multivariate analysis, four structural groups are obtained. The structural group 1 formed of 13 m tall, with three strata rich in wood potential. The structural 2 group includes training wet dense 16 m high, with four strata and a very high wood potential, located at a low elevation and in the south-eastern slope of the Massif of Bongomirahavavy. The structural group 3 is formed of 13,5 m tall and dense, with four strata located in the northwest side of the Massif of Bongomirahavavy. The structural group 4 includes formations Betsitsikahely, with three strata, low wood potential and on sediment soil. The legal status of the forest of the peninsula Ampasindava that puts forests in gazette forest and the spiritual value of these forests for local people to benefit from the implementation of management techniques and conservation biodiversity in the region.

**Key words:** Ampasindava; Sambirano domain, structural group, ecological characterization.

**Advisors:** Pr Charlotte RAJERARISON

Dr Edmond ROGER

Dr Laurent GAUTIER