



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies
(DEA)

Option: Ecologie Végétale



Rédigé par RANDIMBIARISON Christian Hantamaherison

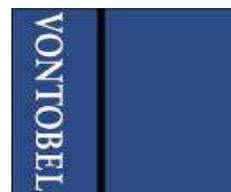
Soutenu publiquement le 24 Mars 2014 devant les membres de jury composés de

Président du jury : Pr RAMAVOVOLOLONA**Rapporteurs** : Dr ROGER Edmond

Dr RANIRISON Patrick

Examineurs : Dr RABARISON Harison

Dr GAUTIER Laurent





FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies
(DEA)

Option: Ecologie Végétale

**ANALYSES STRUCTURALE ET FLORISTIQUE DE LA
VEGETATION SUR COULEES DE LAVÉ DE LA MONTAGNE
D'AMBRE
(REGION DIANA)**

Rédigé par RANDIMBIARISON Christian Hantamaherison

Soutenu publiquement le 24 Mars 2014 devant les membres de jury composés de

Président du jury : Pr RAMAVOVOLOLONA**Rapporteurs** : Dr ROGER Edmond

Dr RANIRISON Patrick

Examineurs : Dr RABARISON Harison

Dr GAUTIER Laurent



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier le Département de Biologie et Ecologie Végétales ainsi que les Conservatoires et Jardin Botanique de la Ville de Genève, de nous avoir donné l'opportunité de réaliser cette étude.

Nos sincères reconnaissances s'adressent également aux personnes suivantes:

Professeur RAMAVOVOLOLONA, Professeur titulaire au sein du Département de Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, qui, malgré ses nombreuses responsabilités, nous a fait part de ses conseils pour la finalisation de ce travail et qui nous fait un grand honneur en acceptant de presider le jury

Dr ROGER Edmond, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, Enseignant Chercheur au Département de Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo, qui, malgré ses lourdes tâches, nous a prodigué ses conseils et ses connaissances, durant la rédaction de ce mémoire et d'avoir accepté d'être le rapporteur de ce travail.

Dr GAUTIER Laurent, Conservateur au Jardin Botanique de la ville de Genève, examinateur, qui nous a encadré et conseillé durant la rédaction de ce présent mémoire.

Dr RANIRISON Patrick, Coordinateur Technique et Scientifique de l'Association Famelona, Co-rapporteur, qui n'a pas ménagé ses efforts dans le partage de ses connaissances et ses conseils pour bien mener ce travail.

Dr RABARISON Harison, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, Enseignant chercheur au Département de Biologie et Ecologie Végétales, Examinateur, pour nous avoir aidé durant la pré-détermination de nos échantillons, et d'avoir accepté de siéger parmi les membres de jury de cette soutenance.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à ;

- Louis NAUSBAUMER pour son encadrement durant certains travaux de terrain ;
- RAMANDIMBIMANANA Solotiana Deraharilanto qui, malgré ses occupations, m'a encadré durant tous les travaux de terrain et conseillé durant la rédaction de ce mémoire ;
- toutes l'équipe de l'Association Famelona : TAHINARIVONY Jacquis, RASOANAIVO Niry Solofonianja, HANITRARIVO Rimbola Mitia, RAKOTOZAFY Brice Funk Lee, MADIOMANANA Cathy, RANAIVOARISOA Luc :

- tous les enseignants du Département de Biologie et Ecologies Végétales de la Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, pour la formation acquise au sein du Département,
- aux collègues de la promotion SATRANA pour cette unité inégalée;
- la famille RAMAROSON qui nous a généreusement accueillis à Diégo-Suarez;
- toute l' équipe de terrain : Dan, Justin, et les porteurs ;
- mes parents, à toute ma famille et à mes amis de m'avoir soutenu et de m'avoir encouragé durant les périodes difficiles de ma vie.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont prêté leur main à la réalisation et à la finalisation de ce travail.

Un grand merci à tous !

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
Première partie : MILIEU D'ETUDE	3
I.1. MILIEU ABIOTIQUE.....	4
I.1.1. Localisation.....	4
I.1.2. Géomorphologie et géologie.....	4
I.1.3. Pédologie	4
I.1.4. Hydrographie	5
I.1.5. Climat.....	5
I.2. MILIEU BIOTIQUE.....	8
I.2.1. Flore et végétation.....	8
I.2.2. Faune.....	9
I.2.3. Population humaine et ses activités.....	10
Deuxième partie : METHODES D'ETUDE	11
II.1. Etudes préliminaires	12
II.1.1. Recherches bibliographiques.....	12
II.1.2. Prospection	12
II.2. Méthode de collecte des données.....	12
II.2.1. Choix et localisation des sites d'études	12
II.2.2. Récoltes itinérantes	14
II.2.3. Etude structurale de la végétation.....	14
II.2.4. Etude dendrométrique de la végétation	17
II.3. Traitement des données	17
II.3.1. Détermination des échantillons.....	18
II.3.2. Etude floristique.....	18
II.3.3. Etude structurale	22
II.3.4. Obtention des groupes	26
II.3.5. Paramètres considérés pour l'analyse de relation entre facteurs écologiques et les groupes	26
II.3.6. Test de corrélation	27
II.4. Analyses des données	27
II.4.1. Identification des groupements végétaux	27
II.4.2. Etude des groupements végétaux.....	28
II.4.3. Relation entre groupes floristiques, structuraux et les facteurs écologiques	29
Troisième partie: RESULTATS ET INTERPRETATIONS	31
III.1. Caractéristiques stationnelles des relevés.....	32

III.2. Richesse et diversité floristiques	32
III.2.1. Richesses taxonomiques	33
III.2.2. Diversité spécifique des relevés.....	33
III.2.3. Endémisme au niveau des sites d'études	34
III.3. Caractères biologiques généraux de la flore.....	35
III.4. Spectre biologique global.....	37
III.5. Affinités biogéographiques	37
III.5.1. Affinités biogéographiques mondiales	37
III.5.2. Distribution des espèces à Madagascar	39
III.6. Identification et description des groupements végétaux.....	40
III.6.1. Identification des groupes structuraux.....	40
III.6.2. Identification des groupes floristiques.....	51
Quatrième partie: DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	75
IV.1. Résultats obtenus.....	76
IV.1.1 Aspects floristiques	76
IV.1.2. Aspect général de la structure de la végétation	82
IV.2. Menaces et pressions.....	84
IV.3. Recommandations	85
CONCLUSION GENERALE	87
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	90
ANNEXES	96

Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau de distribution des relevés dans les sites d'étude.....	13
Tableau 2: Caractéristiques stationnelles des relevés.....	32
Tableau 3 : Diversité des relevés linéaires	34
Tableau 4: Distribution des relevés au niveau des sous-groupes A1 et A2.....	41
Tableau 5 : Distribution des relevés des sous-groupes B1 et B2.....	44
Tableau 6: Nombre de relevés constitutifs des groupes floristiques	51
Tableau 7 : Les familles les mieux représentées au sein des espèces indicatrices des groupes	52
Tableau 8 : Nomenclature des groupes floristiques à partir des espèces caractéristiques.....	52

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des groupements végétaux.....	55
Tableau 10 : Comparaison du nombre des groupes taxonomiques de la forêt sèche de la Montagne d'Ambre avec quelques sites.	77
Tableau 11 : Comparaison du taux d'endémisme de quelques sites avec la forêt sèche de la Montagne d'Ambre	78
Tableau 12 : Tableau comparatif de la diversité des cinq groupes floristiques.....	81
Tableau 13 : Distribution phytogéographique des espèces de chaque groupe floristique.....	82
Tableau 14 : Tableau comparatif de la structure de la forêt sèche de la Montagne d'Ambre et celle des massifs de Loky-Manambato	84

Liste des figures

Figure 1: Courbe ombrothermique selon la méthode de Gaussen de la Montagne d'Ambre (valeurs enregistrées à la station des Roussettes, world.Clim :1950-2000)	8
Figure 2 : Schéma d'un dispositif de relevé linéaire et d'un relevé de surface	17
Figure 3: Profil structural d'une végétation (: hauteurs maximales de contact, : LHmax : Ligne reliant les hauteurs maximales de contact).....	22
Figure 4: Représentation schématique du calcul de la L-Hmax	23
Figure 5: Exemple d'un diagramme de recouvrement des espèces.....	24
Figure 6: Exemple d'un dendrogramme d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)	28
Figure 7:Exemple d'un cercle de corrélation des facteurs écologiques	30
Figure 8:Exemple d'une projection des relevés sur un plan factoriel F1 et F2	30
Figure 9 : Répartition des espèces selon les groupes taxonomiques	33
Figure 10 : Spectre biologique des espèces de la forêt sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre .	38
Figure 11: Distribution biogéographique des espèces de la forêt sur coulées de lave	38
Figure 12: Distribution phytogéographique des espèces endémiques.....	39
Figure 13 : Dendrogramme de regroupement des relevés (groupe structural)	41
Figure 14 : Diagramme de recouvrement des sous-groupes A1 et A2.....	42
Figure 15 : Distribution par classes de diamètre des sous-groupes A1 et A2	43
Figure 16 : Diagramme de recouvrement des sous-groupes B1 et B2	45
Figure 17 : Distribution par classe de diamètre des sous-groupes B1 et B2	46

Figure 18 : (a) Cercle de corrélation entre les paramètres environnementaux ; (b) Plan factoriel des individus des groupes structuraux A et B.....	48
Figure 19: Plan factoriel de distribution des individus des sous-groupes structuraux	48
Figure 20 : Représentation schématique de la variation structurale suivant l'altitude et le type de substrat et profil de la végétation (A,B,C,D) sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre	50
Figure 21: Dendrogramme de regroupement des relevés (groupe floristique).....	51
Figure 22 : (a) Cercle de corrélation des paramètres écologiques, (b) Plan factoriel de distribution des individus des groupes floristiques	53
Figure 23: Spectre biologique du groupement à <i>Polyscias</i> sp_SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>	57
Figure 24 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à <i>Polyscias</i> sp_SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>	57
Figure 25: Distribution phytogéographique des espèces endémique du groupement à <i>Polyscias</i> sp_SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>	58
Figure 26 : Profil structural de la forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à <i>Polyscias</i> sp_SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>	58
Figure 27 : Diagramme de recouvrement de la forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à <i>Polyscias</i> sp_SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>	59
Figure 28: Spectre biologique du groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	60
Figure 29 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	60
Figure 30: Distribution phytogéographique des espèces endémique du groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	61
Figure 31 : Profil structural d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	62
Figure 32 : Diagramme de recouvrement (b) d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	63
Figure 33: Profil structural d'une forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent du groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	63
Figure 34 : Diagramme de recouvrement d'une forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent du groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	63
Figure 35: Spectre biologique du groupement à <i>Terminalia</i> sp_A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	64

Figure 36 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à <i>Terminalia</i> sp_A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	65
Figure 37: Distribution phytogéographique des espèces endemiques du groupement à <i>Terminalia</i> sp. A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	65
Figure 38 : Profil structural d'un bas fourré arbustif du groupement à <i>Terminalia</i> sp_ A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	66
Figure 39: Diagramme de recouvrement des espèces d'un bas fourré arbustif du groupement à <i>Terminalia</i> sp_A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	66
Figure 40: Profil structural d'une forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à <i>Terminalia</i> sp_ A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	66
Figure 41 : Diagramme de recouvrement des espèces d'une forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à <i>Terminalia</i> sp_ A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	67
Figure 43 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>	68
Figure 42: Spectre biologique du groupement à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>	68
Figure 44: Distribution phytogéographique des espèces endemique du groupement à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>	69
Figure 45 : Profil structural d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>	70
Figure 46 : Diagramme de recouvrement des espèces d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>	70
Figure 47: Spectre biologique du groupement à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i> ..	71
Figure 48 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	72
Figure 49: Distribution phytogéographique des espèces endemiques du groupement à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	72
Figure 50: Profil structural d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	73
Figure 51 : Diagramme de recouvrement d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	74
Figure 52 : Profil structural des espèces d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	74
Figure 53 : Diagramme de recouvrement des espèces d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	74

Figure 54 : Répartition des espèces par tranche altitudinale 78

Figure 55: Classification Hiérarchique (distance euclidienne) basée sur la similarité entre les listes d'espèces de la forêt sèche de la Montagne d'Ambre et celles de trois massifs du nord. 79

Liste des cartes

Carte 1 : Localisation de la Montagne d'Ambre 7

Carte 2: Localisation des sites d'études..... 15

Carte 3 : Répartition des relevés..... 16

Liste des acronymes

AFC Analyse en Composante Principale

CAH Classification Ascendante Hiérarchique

DBEV: Département de Biologie et Ecologie Végétales

FoFiFa: Foibe Fikaroahana ampiarina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra

MdA : Montagne d'Ambre

PBZT : Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à <i>Polyscias</i> sp. SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>	I
Annexe 2 : Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à <i>Hildegardia erythrosyphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	I
Annexe 3: Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	I
Annexe 4 : Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>	II
Annexe 5: Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à <i>Terminalia</i> sp. A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	II
Annexe 6: Liste floristique des espèces endémiques locales de la Montagne d’Ambre	II
Annexe 7 : Liste floristique global de la forêt sur coulée de lave de la Montagne d’Ambre	IV
Annexe 8 : Profils structuraux et diagrammes de recouvrement d’une forêt très basse à sous-bois bien fournis du groupe <i>Polyscias</i> sp. SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>	XI
Annexe 9: Profils structuraux et diagrammes de recouvrement d’une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d’émergent du groupe <i>Hildegardia erythrosyphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	XIII
Annexe 10: Profil structural et diagramme de recouvrement d’une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d’émergent du groupe <i>Hildegardia erythrosyphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>	XIV
Annexe 11 :Profil structural et diagramme de recouvrement d’une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d’émergent du groupe <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	XIV
Annexe 12: Profil structural et diagrammes de recouvrement d’une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d’émergent du groupe <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>	XV
Annexe 13 :Profils structuraux et diagramme de recouvrement d’une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d’émergent du groupe <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>	XV
Annexe 14: Profil structural et diagramme de recouvrement d’une forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupe <i>Terminalia</i> sp. A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	XVII
Annexe 15: Profil structural et diagramme de recouvrement d’un bas fourré arbustif du groupe <i>Terminalia</i> sp. A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>	XVII

INTRODUCTION

La diversité de ses communautés végétales et de sa flore font de Madagascar une île exceptionnelle. Madagascar possède une diversité spécifique élevée et un fort taux d'endémisme. Cette richesse floristique rencontrée sur cette île est la conséquence de plus de cent millions d'années d'évolution dans un isolement relatif (GOODMAN & BENSTEAD, 2003) et l'originalité de sa flore résulte de la variété des milieux naturels (BATTISTINI, 1996). En effet, ces derniers combinés avec des facteurs écologiques particuliers ; favorisent l'installation de diverses formations végétales au sein de l'île ou au sein même d'un massif, c'est comme le cas de la Montagne d'Ambre.

Situé au Nord de Madagascar, la Montagne d'Ambre présente des particularités floristiques remarquables. Son isolement par rapport aux autres massifs du Nord (Daraina, Marojejy, Manongarivo, Tsaratanana) aurait favorisé le développement des espèces endémiques (TRIGUI, 2010). Les études réalisées par RAKOTOARIMANANA (1997) sur l'analyse structurale des forêts les plus accessibles de la Montagne d'Ambre, ont permis de connaître leurs caractéristiques physiologiques et la flore en général. Mais, les expéditions récentes réalisées par RAMANDIMBIMANANA (2009), RAZANAJATOVO (2009) et TRIGUI (2010) ont augmenté la connaissance de la flore et les particularités de la végétation d'altitude (890 à 1430 m) dans les zones moins accessibles.

Malgré tous ces travaux de recherches, certaines zones du massif restent encore peu explorées, en particulier la partie occidentale où la végétation sur coulées de lave s'est installée. En effet, les recherches réalisées sur cette végétation sont encore peu nombreuses, une étude plus approfondie est donc nécessaire pour compléter les recherches déjà réalisées sur le massif. Grâce au soutien des Conservatoires et Jardin botaniques de la Ville de Genève (CJB), de l'Association Vahatra et du Département de Biologie et Ecologie Végétales de l'Université d'Antananarivo sous le financement de la fondation Vontobel que ce travail a pu être réalisé.

La Montagne d'Ambre est en effet un massif forestier qui abrite particulièrement des forêts humides. Le changement de substrat rencontré au niveau de sa partie occidentale a engendré l'apparition d'un nouveau type de végétation différente de celle rencontrée sur la totalité du massif. En effet, les coulées de lave réduisent l'humidité du sol qui par conséquent provoque l'implantation d'une végétation beaucoup plus sèche.

Le présent travail a donc comme objectif principal de caractériser la végétation sur coulées de lave à travers une analyse structurale et floristique. Comme objectifs spécifiques, ce travail vise à :

- dégager les principaux groupements végétaux et exposer leurs caractères physiologiques, structuraux et floristiques ,
- étudier les facteurs écologiques qui influent la végétation,
- faire une étude comparative sur l'affinité phytogéographique des espèces rencontrées dans cette zone de la Montagne d'Ambre.

Pour bien cadrer cette étude deux hypothèses ont été émises, la première est que l'existence de la forêt sèche est conditionnée par les coulées de lave et la seconde est que les coulées de lave influencent la structure et la composition floristique de la végétation

Ce travail a été divisé en quatre parties. La première est consacrée à la présentation générale de la Montagne d'Ambre; la deuxième est réservée à l'exposé des méthodes d'étude de la végétation; la troisième partie est focalisée sur la présentation des résultats; et la dernière est destinée à la discussion des résultats, aux conclusions et aux recommandations qui en découlent.

Première partie : MILIEU D'ETUDE

I.1. MILIEU ABIOTIQUE

I.1.1. Localisation

Le massif forestier de la Montagne d'Ambre est localisé dans la partie septentrionale de Madagascar dans l'ex-province d'Antsiranana, Région DIANA. Situé entre 12°25' et 12°43' de latitude Sud et 49°03' et 49°15' de longitude Est (Carte 1), la Montagne d'Ambre a été le premier parc national, créé en 1958. En effet, l'existence d'une certaine endémicité spécifique a été l'une des raisons qui a amené sa création comme Parc National. Elle a été partagée en deux catégories dont un Parc National formé essentiellement par les forêts denses humides sempervirentes couvrant une superficie de 18200 ha et la Réserve Spéciale composée par les forêts de transition entre la forêt dense humide sempervirente et la forêt sèche décidue, s'étendent sur 4810 ha (RAKOTOARIMANANA, 1997) et l'ensemble couvre une superficie de 23010 ha.

I.1.2. Géomorphologie et géologie

La synthèse schématique de la Montagne d'Ambre proposée par BARAT (1958) montre un profil asymétrique d'Est en Ouest. La pente est plus douce à l'Est d'environ 5% par rapport à l'Ouest qui est beaucoup plus raide allant de 15 à 20%. Le massif d'Ambre présente également une variation altitudinale entre 600 m (Ouest) à 1475 m (sommet d'Ambre). Le substrat est de nature basaltique résultant d'une éruption volcanique datant du pliocène (BATTISTINI, 1996). C'est l'un des plus grands et anciens massifs volcaniques de Madagascar (BRENON, 1972).

I.1.3. Pédologie

Le massif d'Ambre présente un type de sol latéritique humifère de couleur brune (SEGALEN, 1956) généralement riche en matière organique et très fertiles.

Un profil pédologique entre la station des Roussettes et le Grand Lac, a été réalisé par SEGALEN (1956) pour caractériser l'ensemble du massif:

- 0 - 10 cm, code de couleur : J 62, 10 YR 3/3= Brun foncé, très doux au toucher, racines nombreuses, assez fines, entrelacées; quelques débris de végétaux en surface, limoneux, grumeleux très fin.
- 10 - 50 cm, code de couleur : H 63, 10 YR 4/3= Brun foncé, argilo-limoneux, grumeleux à grumeleux fin, quelques racines fines, poreux.
- 50 -270 cm, code de couleur : F 63, 10 YR 4/4= Brun-jaune foncé, argilo-limoneux, grumeleux, racines rares, poreux.

- 270 cm, Cendres altérées rouge-brun.

1.1.4. Hydrographie

Par son altitude au voisinage de la mer et surtout par sa couverture forestière, la Montagne d'Ambre constitue un condensateur d'humidité. De nombreux cours d'eau y prennent naissance et se dirigent en rayonnant vers la mer (SEGALIN, 1951). Ce massif compte au total 32 cours d'eau permanents, 36 cours d'eau saisonniers, 6 lacs de cratères et 9 cascades majeures (RAMANDIMBIMANANA, 2009). Grâce à ses rivières et ses lacs, le massif assure l'irrigation des rizières avoisinantes. Par ailleurs, le massif joue un rôle de réservoir d'eau et d'approvisionnement en eau potable des villages environnants et de la ville de Diégo-Suarez.

1.1.5. Climat

Selon la carte bioclimatique de CORNET (1972), la Montagne d'Ambre appartient à un type bioclimatique per-humide froid, mais qui présente une variation suivant l'altitude. En effet, les altitudes inférieures sont rattachées à l'étage sec, par contre les altitudes intermédiaires font partie de l'étage humide et les hautes altitudes à l'étage subhumide, sous-étage à saison sèche atténuée par des brouillards (TRIGUI, 2010).

Vent

Dans la partie Nord de Madagascar, la saison des pluies est fortement influencée par l'action de la Mousson, vent humide de secteur Nord à Nord-Ouest, qui apporte les fortes précipitations au début de janvier (RAZANAJATOVO, 2010) car l'action de l'Alizé diminue considérablement dans la partie Nord de Madagascar. En effet, l'Alizé devient parallèle à la limite de la côte Est et son humidité est déversée dans l'océan, par conséquent elle ne devient plus un générateur de pluie.

Température

Les données climatiques utilisées sont celles enregistrées au niveau de la Station des Roussettes située dans la partie centrale de la Montagne d'Ambre.

La Montagne d'Ambre présente une température moyenne annuelle est de 22,8° C au niveau de 400 m d'altitude, alors qu'au niveau des altitudes supérieures (1000 m), la température moyenne annuelle enregistrée est de 19,6°C. Le maximum y a été atteint au mois de Février avec 29,8°C et le minimum au mois de Juillet avec 9°C (ROSSI & ROSSI, 1998). A cette altitude, le mois de février est le mois le plus chaud et le mois de juillet est le mois le

plus frais enregistrés. L'amplitude thermique annuelle enregistrée sur la totalité du massif est de 4°C et l'amplitude diurne est de 10 à 12°C selon la saison (ROSSI & ROSSI, 1998).

- **Précipitations**

Le massif forestier de la Montagne d'Ambre est soumis à des fortes précipitations durant l'année. Au niveau des basses altitudes du massif, la précipitation moyenne enregistrée est de 1500 mm/an alors qu'au niveau des altitudes supérieures (1000 m), la précipitation moyenne est égale à 3500 mm/an. En effet, l'augmentation de l'altitude implique une augmentation des précipitations de 292,5 mm à chaque tranche altitudinale de 100 m au sein du massif (ROSSI & ROSSI, 1998). Au fur et à mesure que l'on monte à partir du niveau de la mer, la pluviométrie augmente et la température diminue (SEGALEN, 1951) et par conséquent la couverture forestière est beaucoup plus importante au centre du massif par rapport à la périphérie.

Par ailleurs, les masses d'air humide et l'évaporation venant de l'océan se refroidissent en altitude et perdent leur humidité, impliquant ainsi une forte précipitation en haute altitude (1000 m). Mais en redescendant à l'ouest, les vents se réchauffent et s'assèchent, ce qui renforce l'aridité du versant ouest.

- **Courbe ombrothermique**

Les températures moyennes et les précipitations relevées de 1950 à 2000 (Word Clim) au niveau de la station des Roussettes sont représentées sur un diagramme ombrothermique (P=2T) selon le principe de GAUSSEN (1955) (figure 1).

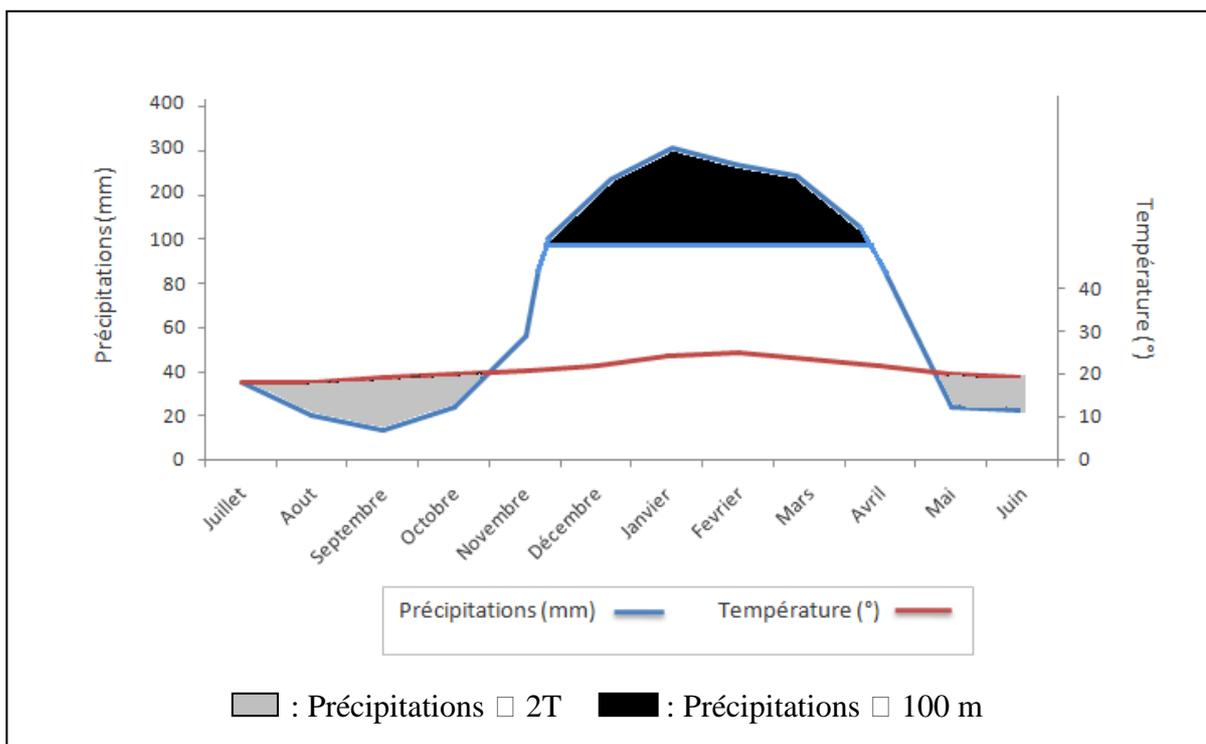


Figure 1: Courbe ombrothermique selon la méthode de Gausson de la Montagne d'Ambre (valeurs enregistrées à la station des Roussettes, world.Clim :1950-2000)

Pour la Montagne d'Ambre, la saison des pluies dure 6 mois, de novembre jusqu'en avril. Les mois de décembre, janvier, février et mars sont les mois où les précipitations sont importantes mais le mois de janvier est le mois où elle est maximale. A partir du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre, les précipitations diminuent atteignant des valeurs mensuelles inférieures à 50 mm de mai à octobre, avec un minimum de 13 mm le mois d'août.

I.2. MILIEU BIOTIQUE

I.2.1. Flore et végétation

D'après HUMBERT (1955), la partie supérieure du massif d'Ambre est rattachée au Domaine du Centre; sous-domaine du Centre-nord, secteur de moyenne montagne. Sa variation altitudinale de 800 à 1425 m et la présence de forêt dense humide sempervirente a permis de la classer dans l'étage de végétation de moyenne altitude de la série à *Tambourissa* et *Weinmannia*. Les formations sèches situées à son piedmont sont rattachées au Domaine de l'Ouest, secteur Nord, dans la série à *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia*.

En général, le massif d'Ambre est dominé par une forêt dense humide sempervirente entourée par des forêts sèches caducifoliées.

- Flore

D'après les travaux effectués par TRIGUI (2010), les parties supérieures à 800 m de la Montagne d'Ambre comptent 912 espèces de Phanérogames et de Ptéridophytes réparties dans 564 genres et dans 151 familles. Les familles les mieux représentées sont les RUBIACEAE et les ORCHIDACEAE. L'espèce *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE) est l'espèce la plus représentée au sein du massif.

La Montagne d'Ambre présente également un fort taux d'endémisme local avec 46 taxa dont 1 genre monospécifique endémique (*Ambrella* sp., ORCHIDACEAE) (TRIGUI, 2010).

I.2.2. Faune

A part sa richesse floristique, la Montagne d'Ambre présente aussi une richesse faunistique remarquable. Le massif abrite diverses espèces dont 46 espèces de reptiles, 24 espèces d'amphibiens (GLAW & VENCES, 1994 et RAXWORTHY & NUSSBAUM, 1994), 77 espèces d'oiseaux (LANGRAND, 1995), 6 espèces des musaraignes dont la plus répandue est l'espèce *Microgale drouhardi* (JENKINS, 2003).

Les mammifères sont également bien représentés ; MITTERMEIER & al (2007) et GLAW & VENCES (1994) ont dénombré 7 espèces de lémuriens dont *Phaner electromontris*, *Cheirogaleus major*, *Eulemur sanfordi*, *Eulemur coronatus* (photo n°1), *Daubentonia madagascariensis* et *Lepilemur septentrionalis*. Les espèces de carnivores quand à elles sont au nombre de deux dont *Galidia elegans* subsp *ambrensis* (photo n°2) et *Cryptoprocta ferox* (RASOLONANDRASANA, 1994).



Photo n°1 : *Eulemur coronatus*
(LEMURIDAE)



Photo n°2 *Galidia elegans*
(EUPLERIDAE)

I.2.3. Population humaine et ses activités

La majorité des villages avoisinants le massif est dominée par les groupes ethniques Antakarana et Sakalava, mais des éléments immigrés comme les Antandroy et les Antaimoro peuplent également une partie notable du versant Est du massif (SEGALEN, 1956).

L'élevage et l'agriculture constituent les principales activités des populations environnantes. La riziculture se pratique dans la plupart des plaines de la périphérie et sur certaines pentes, le maïs est cultivé sur les bas-plateaux; le maraîchage se pratique de 100 à 600 m d'altitude.

A part l'agriculture et l'élevage, la culture du kathe (*Catha edulis*, CELASTRACEAE) est également une source de revenus importante pour la population. Malheureusement elle constitue une menace pour la forêt, car les habitants défrichent une partie de la forêt pour étendre leur zone de culture. A part cela, la coupe des bois précieux illicite en particulier le palissandre (*Dalbergia* spp., FABACEAE) a pris également une ampleur au sein du massif.

Deuxième partie : METHODES D'ETUDE

II.1. Etudes préliminaires

II.1.1. Recherches bibliographiques

Les travaux de terrain de la présente étude ont duré quatre mois, de décembre 2011 à mars 2012. L'étude bibliographique (ex: RAKOTOARIMANANA, 1997 ; RAMANDIMBIMANANA, 2009; RAZANAJATOVO, 2009,...) et le plan d'échantillonnage ont été faits avant la descente sur terrain. Ces derniers ont été réalisés pour connaître davantage la zone d'étude et pour tirer des conclusions préalables sur les différents types de formations végétales existantes (stratification préliminaire pour orienter l'échantillonnage).

II.1.2. Prospection

Pour mieux observer l'ensemble de la végétation, une prospection a été réalisée. Grâce à cette dernière, les zones potentielles de relevés ont été ciblées. Les zones ont été choisies afin de mieux représenter l'ensemble de la végétation, et le choix de ces zones repose sur certains critères notamment l'altitude, l'homogénéité physiognomique et floristique ainsi que l'uniformité des conditions écologiques apparentes.

II.2. Méthode de collecte des données

II.2.1. Choix et localisation des sites d'études

Pour la réalisation de cette étude, deux sites ont été choisis, le premier site est localisé à l'ouest du massif à 800 m d'altitude (Bemanevika), et le second dans la partie Sud-ouest à 881 m d'altitude (Ampatinambohitra) (Carte n°2).

❖ **Site n°1: Bemanevika**

Le premier site est localisé entre la latitude 12°34' Sud et la longitude 49°06' Est et se trouvant à 800 m d'altitude. Ce site se caractérise par deux longs plateaux inclinés en direction de l'ouest avec quelques collines aux alentours. Le substrat est généralement rocailleux, formé par des coulées de laves (photo n°3a et 3b) le long des plateaux et des versants du cratère mais il existe parfois une couche importante de sol au niveau de certains versants, vallons et collines avoisinantes. Ce premier site est également caractérisé par la présence d'un cratère sec. La végétation qui se développe est généralement basse, de hauteur moyenne de 9 m et généralement encore intacte.

Pour ce premier site, quatorze (14) relevés compris entre 452 m et 1090 m d'altitude, ont été réalisés.

❖ **Site n°2: Ampatinambohitra**

Situé à 881 m d'altitude, Ampatinambohitra se localise entre 12°41' de latitude Sud et 49°09' de longitude Est. Il est avant tout constitué de collines. La majorité de la végétation repose sur des sols ferrallitiques mais certaines se développent également sur les coulées de lave avec des scories volcaniques. Tenant compte de la nature du substrat (coulées de lave), seuls deux relevés ont été considérés et sont localisés dans la partie Sud-ouest du massif vers 472 m et 673 m d'altitude. La végétation y est encore intacte et est haute de 14 m.



a



b

Photo n° 3a et 3b: Substrat de coulées de lave de la partie occidentale de la Montagne d'Ambre

La distribution des relevés et la position des relevés au niveau des deux sites sont indiquées respectivement par le tableau 1 et la carte n°3.

Tableau 1: Tableau de distribution des relevés dans les sites d'étude

Site d'étude	Nombre de relevés	Relevés	Altitude (m)
Bemanevika	14	A068	1024
		A069	863
		A070	1090
		A071	806
		A072	581
		A073	452
		A074	621
		A075	717
		A076	793
		A077	631
		A078	928
		A079	855
		A080	927
		A081	463
Ampatinambohitra	02	A086	472
		A088	673

II.2.2. Récoltes itinérantes

La récolte itinérante est un moyen permettant de collecter les espèces fertiles (comportant des fleurs et/ou des fruits) dans le but de compléter la base de donnée floristique du massif d'une part et d'autre part de servir de référence pour l'identification des espèces stériles récoltées durant les relevés. En effet, les espèces fertiles prélevées sont au nombre de 6 spécimens. Les informations accompagnant chaque récolte (caractères morphologiques et informations stationnelles) ont été notées dans un carnet de récolte.

II.2.3. Etude structurale de la végétation

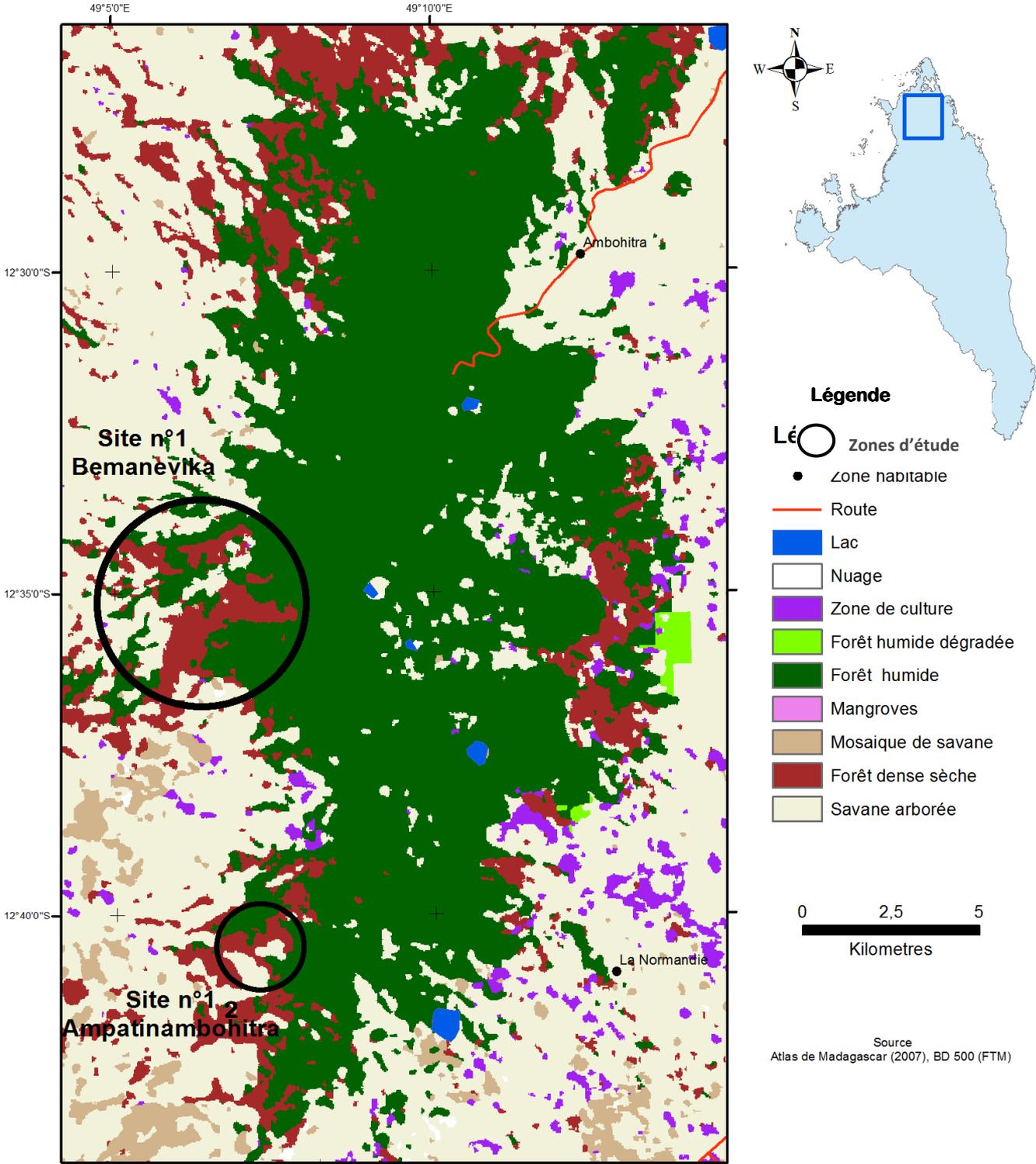
Pour mieux caractériser la végétation sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre, des relevés ont été réalisés. En effet, un relevé se définit comme étant un ensemble d'observations écologiques effectuées sur une unité élémentaire du milieu qui doit être le plus homogène possible (GODRON & al. 1983). Pour cela, la méthode de relevé linéaire de GAUTIER & al. 1994) a été adoptée. Cette méthode a été choisie car elle permet d'obtenir en même temps des données floristiques et des données structurales d'une formation donnée.

Par ailleurs, cette méthode consiste à identifier, mesurer et nommer toutes les masses végétales entrant en contact avec une ligne verticale tous les 2 m le long d'une ligne horizontale de 100 m placée dans une surface de végétation homogène.

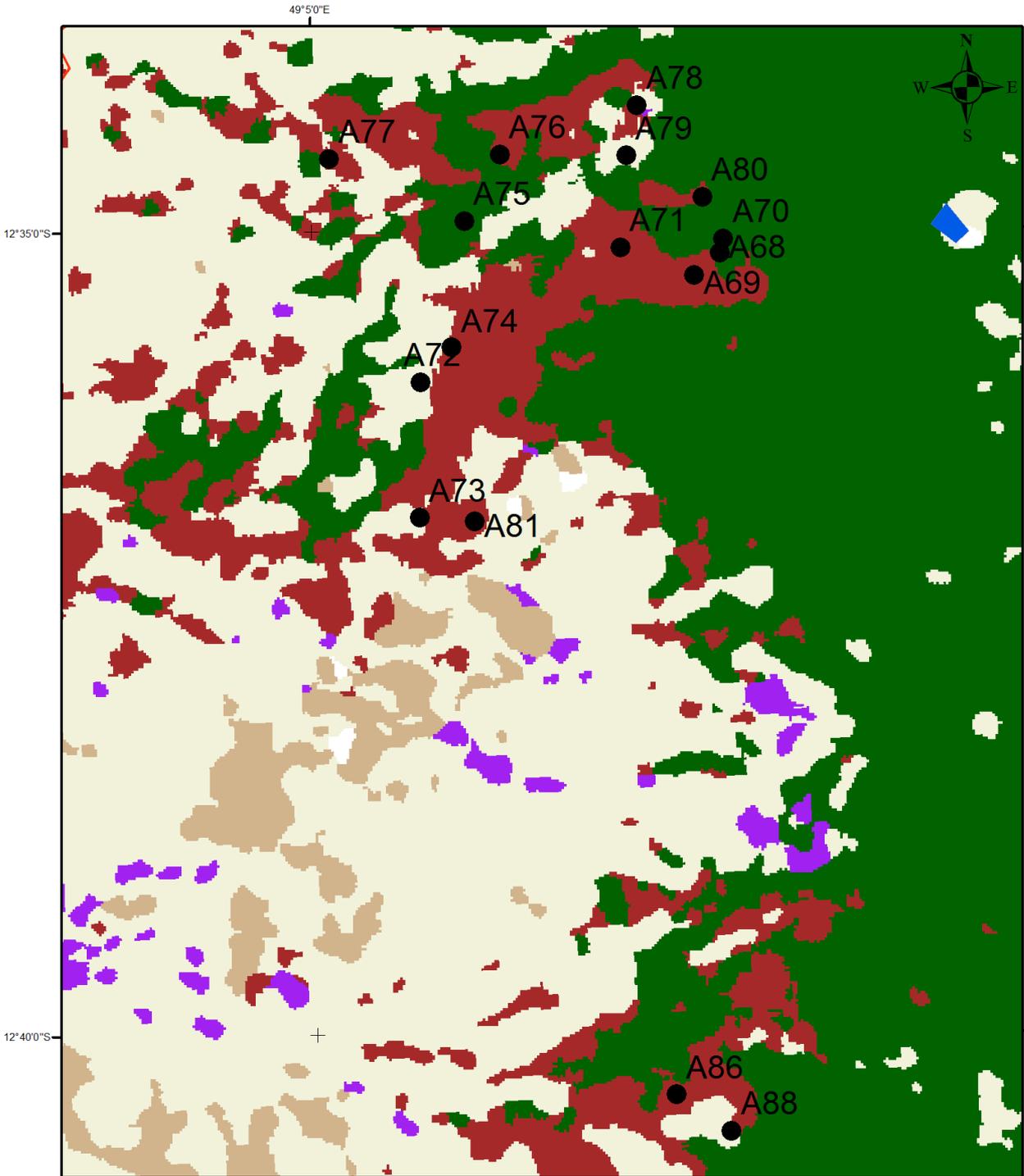
Dans la pratique, une chevillière est tirée sur une longueur de 100 m pour former la ligne de base du relevé. Un jalon de 8 m de long, gradué tous les 20 cm, est placé verticalement à partir du début de la ligne et déplacé tous les 2 m (point de lecture) le long du transect de 100 m (figure 2). Les plantes qui se mettent en contact avec le jalon sont notés avec un numéro correspondant, ainsi que la hauteur de contact.

Notons que, la hauteur des points de contact est lue sur le jalon jusqu'à 8 m, mais elle est estimée au-delà de cette hauteur.

La réalisation d'un relevé est toujours accompagnée de la consignation d'un certain nombre de paramètres écologiques stationnels comme les coordonnées géographiques tels que l'altitude, l'orientation du relevé, la position topographique et la valeur de la pente (inclinaison et orientation).



Carte 2: Localisation des sites d'étude



Source: Atlas de Madagascar (2007), BD 500 (FTM)

Légende

- Sites de relevés
- Lac
- Nuage
- Zone de culture
- Forêt humide
- Mosaïque de savane
- Forêt dense sèche
- Savane arborée



Carte 3 : Répartition des relevés dans la zone d'étude

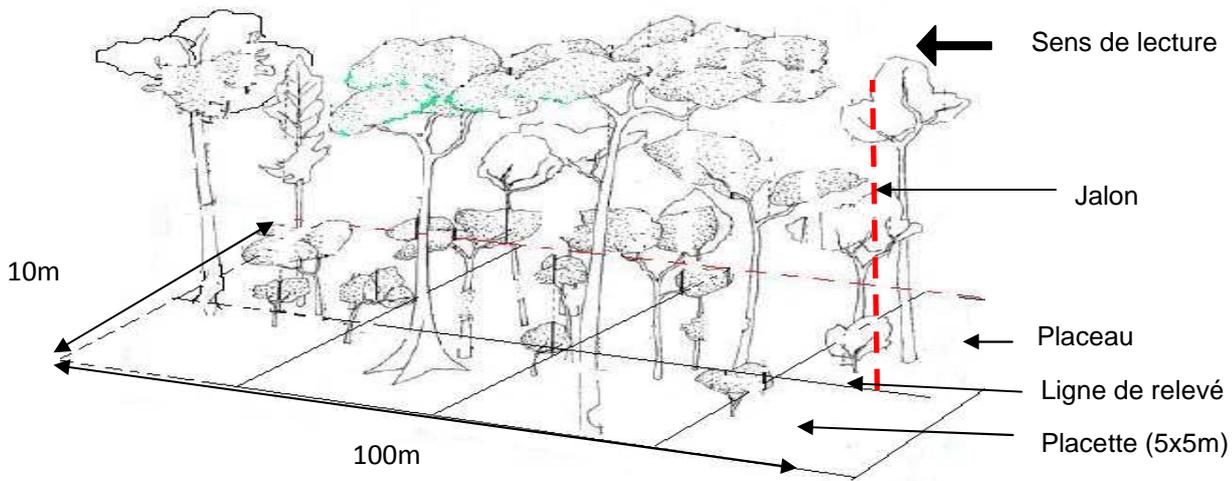


Figure 2 : Schéma d'un dispositif de relevé linéaire et d'un relevé de surface

Les données obtenues à partir des relevés linéaires permettent de réaliser une étude structurale (verticale) de la végétation. Par ailleurs, ces données permettent également d'établir un profil structural de la végétation qui illustre l'aspect général de la canopée et d'obtenir des informations sur le taux de recouvrement, la stratification, le degré d'homogénéité et la rugosité de la canopée.

II.2.4. Etude dendrométrique de la végétation

Pour compléter les données obtenues des relevés linéaires, un relevé de surface selon la méthode de BRAUN BLANQUET (1965) a été également réalisé en parallèle avec ce dernier.

Cette méthode permet d'obtenir des données biométriques (biovolume, surface terrière) de la végétation basées sur le dénombrement des individus ayant un diamètre supérieur ou égal à 10 cm avec leur hauteur de fût respective, dans une surface de 0,1ha.

La ligne centrale du placeau a été formée à partir de la ligne du relevé linéaire (figure 2), une largeur de 5 m a été prise de part et d'autre de la ligne de relevé pour former un rectangle de 10 m x 100 m ou 0,1ha. Le placeau ainsi formé a été divisé en 40 placettes de 5 m x 5 m.

II.3. Traitement des données

Les données obtenues à travers ces diverses méthodes ont été traitées afin de faire ressortir un certain nombre de paramètres, qui ont fait l'objet d'analyses statistiques. Grâce à

ces traitements, les données obtenues ont été transformées en résultats et par la suite interprétés et discutés.

II.3.1. Détermination des échantillons

Les critères d'identification des échantillons stériles portent sur la totalité des spécimens (feuilles, fleurs et fruits). Une détermination des échantillons a été effectuée préalablement au sein de l'herbier du DBEV. Par la suite, les échantillons ont été comparés avec les herbiers de références : ceux du DRFP/FoFiFa (TEF) d'Ambatobe et l'herbier du PBZT Tsimbazaza (TAN). Dans le cas des espèces indéterminées, ces dernières garderont leur numéro même durant le traitement, ce sont des morpho-espèces. Pour le cas des échantillons fertiles (fleurs ou fruit), ces derniers ont été comparés avec les récoltes fertiles réalisées sur le terrain.

II.3.2. Etude floristique

II.3.2.1. Richesse floristique

La richesse floristique d'une végétation a été obtenue par calcul de l'abondance numérique et de la fréquence des espèces.

La fréquence relative est le pourcentage de présence d'une espèce dans un relevé par rapport au nombre total de relevés.

$$F (\%) = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Avec n_i = nombre de relevés où l'espèce est présente

N = nombre total de relevés.

II.3.2.2. Indice de diversité et indice de similarité

➤ *Indice de diversité générique*

La diversité générique, au sein d'une famille donnée, est le rapport du nombre total des espèces par celui des genres (AKE ASSI, 1984). Elle est donnée par la formule.

$$I_g = E/G$$

Avec : I_g : Indice générique

E : nombre total d'espèces

G : nombre total de genres

Cet indice permet d'apprécier la diversité floristique d'un milieu. Sa valeur est d'autant plus faible quand la flore est diversifiée, et dans le cas contraire où sa valeur est élevée, la flore est moins diversifiée (AKE ASSI, 1984). La valeur seuil en dessous de laquelle l'indice est qualifiée de faible est égale à 4 (AKE ASSI, 1984).

➤ **Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')**

L'indice de diversité de SHANNON-WEAVER (1949) a été utilisé pour faire une analyse de la diversité en espèce. Il tient compte du nombre d'espèces présentes au sein de la communauté végétale ainsi que leur fréquence relative. Il est exprimé par la formule suivante:

$$H' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (-(\text{Log } N_i - \text{Log } N) \times N_i)$$

Avec H' : indice de diversité de Shannon

N_i : nombre d'individus représentant l'espèce i

N : nombre total d'individus de l'échantillon.

En effet, cet indice tient compte en même temps de la richesse et de la distribution des individus de chaque espèce pour un échantillonnage donné. Elle est d'autant plus grande si la richesse est importante et si les individus sont également répartis entre les espèces.

➤ **Indice d'Équitabilité ou Régularité (E).**

L'indice de régularité est un indice utilisé pour connaître la répartition des individus au niveau des espèces. Cet indice représente le rapport de la diversité de Shannon-Weaver H' et la diversité maximale (H_{\max} ou effectif total des espèces) (FRONTIER & PICHOD-CHOD-VIALE, 1991). Cet indice est donné par la formule développée par PIELOU (1966) :

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} \text{ ou } \frac{H'}{\text{Log } N}$$

Avec : E : équitabilité ou régularité

H' : l'indice de diversité de Shannon ;

H'_{\max} : la valeur théorique maximale de H' ;

N : effectif total des espèces.

H'_{\max} est atteint quand toutes les espèces sont représentées par le même nombre d'individus. La valeur de l'équitabilité E d'une population d'un groupement végétal varie de 0

à 1. Elle est maximale si les individus sont équitablement répartis dans chaque espèce (PIELOU, 1966).

➤ **Indice de similarité de Sorensen**

La similarité floristique entre deux sites ou plusieurs sites peut être calculée grâce à une analyse de similitude. L'indice de similarité de Sorensen a été utilisé pour mesurer la similarité entre la forêt sur coulées de lave et celle des sites avoisinants en utilisant la liste floristique de chaque site. Il est donné par la formule suivante :

$$P_s = 2c/a+b$$

Avec P_s : Indice de similarité de Sorensen

c ; nombre d'espèces commune entre deux sites

a : nombre total des espèces du site A

b ; nombre total des espèces du site B

II.3.2.3. Types biologiques

Un spectre biologique représente le pourcentage de répartition des espèces d'une formation ou d'un groupement végétal selon leurs types biologiques.

Les types biologiques: sont les dispositions morphologiques par lesquelles les végétaux manifestent leur adaptation au milieu où ils vivent (DAJOZ, 1975). La classification utilisée est celle établie par RAUNKIAER (1905) et qui a été adaptée par LEBRUN (1947) pour être appliquée dans les pays tropicaux. Dans cette classification, les végétaux sont groupés selon la position des bourgeons qui assureront la reprise de la végétation après la mauvaise saison.

- Les Phanérophytes (Ph): arbres ou arbustes ayant des bourgeons situés au-dessus de 50 cm du sol. Ils sont subdivisés en :
 - Mésophanérophytes : (mePh) : $h > 8$ m ;
 - Microphanérophytes : (miPh) $2 \text{ m} < h \leq 8$ m ;
 - Nanophanérophytes : (naPh) : $0,5 < h \leq 2$ m.
- Les Chaméphytes (Ch) : plante à bourgeons situé entre 0 et 50 cm;
- Les Hemicryptophytes (Hc) : plante à bourgeon persistant situé au ras du sol ;
- Les Cryptophytes : subdivisés 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 enracinées dans le sol.
- Les Lianes (L): plantes enracinées dans le sol mais dépourvues de tronc et s'appuyant sur d'autres plante

II.3.2.4. Affinité biogéographique

L'origine d'une espèce donnée ainsi que sa répartition mondiale peut être définie à partir d'une analyse biogéographique. Des bases de données nationales et internationales comme Tropicos (www.tropicos.org) sont utilisées pour connaître la distribution et la localisation des espèces.

Les espèces non endémiques de Madagascar sont codées de la manière suivante:

- Aft: Afrique tropicale;
- As: Asie ;
- Cos: Cosmopolite ;
- Oc: Océanie;
- Pan: Pantropical ;
- RM: Région Malgache (Mascareignes, Comores[C], Seychelles).

Pour le cas des espèces endémiques malgaches, ces dernières sont codées suivant leur domaine d'appartenance et leur distribution. Les sigles utilisés sont :

- M: Endémique à distribution large ;
- M[W]: Domaine de l'Ouest ;
- M[E]: Domaine de l'Est ;
- M[C]: Domaine du Centre ;
- M[S]: Domaine du Sud ;
- M [Sam]: Domaine du Sambirano;
- M[C, E]: Domaine du Centre + Est ;
- M [C, W]: Domaine du Centre + Ouest ;
- M [C, S]: Domaine du Centre + Sud ;
- M [E, W]: Domaine de l'Est + Ouest ;
- M [W, S]: Domaine de l'Ouest+ Sud.

II.3.3. Etude structurale

II.3.3.1. Structure verticale

- **Profil structural**

Un profil structural est une représentation schématique des hauteurs de contact des plantes avec le jalon. Les points de contact sont représentés en ordonnés et les points de lecture en abscisse (Figure 3). Ce profil permet de visualiser aisément la répartition verticale de la végétation. La variation du niveau supérieur de la canopée est construite en traçant une ligne qui relie les points de contact maxima de chaque point de mesure le long de la ligne de 100 m.

- **Hauteur moyenne de la canopée**

La hauteur moyenne de la canopée est la moyenne des hauteurs maxima relevées tous les 2 m le long de la ligne de relevé 100 m.

Ainsi une hauteur maximale de faible valeur correspond à une forêt à canopée basse. Une valeur moyenne peut être obtenue dans une forêt de stature moyenne et aussi dans une forêt à canopée haute avec un certain nombre de trouées.

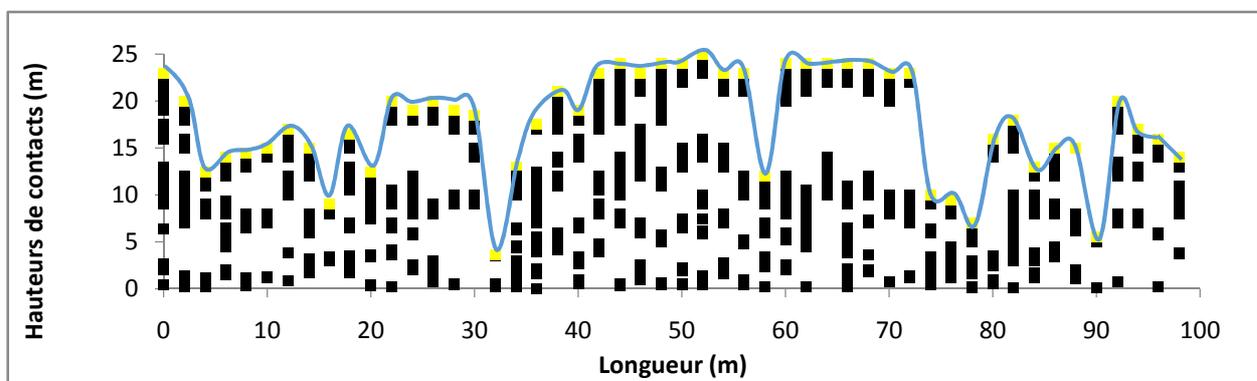


Figure 3: Profil structural d'une végétation (■ : hauteurs maximales de contact, — : LHmax : Ligne reliant les hauteurs maximales de contact)

- **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. Ces dernières peuvent être mises en évidence par le rapport entre la longueur de la Ligne des Hauteurs maximales de contact (LHmax) et la longueur du relevé (100 m).

La Ligne des Hauteurs maximales de contact est la somme des distances qui séparent la hauteur maximale entre les points de lecture successifs (figure 4). Elle est fonction de l'état de la canopée; plus la ligne est irrégulière plus la canopée est hétérogène

La valeur de la Ligne des Hauteurs maximales de contacts (cf figure 4) est obtenue à partir de la formule de Pythagore :

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Avec **a**: distance entre chaque point de mesure au sol (2 m pour notre cas)

b: différence de niveau des Hmax des deux points de mesure successifs

c: longueur de la ligne reliant les Hmax de chaque point de mesure

La valeur de LHmax obtenu est ensuite divisée par la longueur du relevé (100 m) pour que cette dernière ne soit pas dépendant de la longueur du relevé. Le résultat obtenu de ce rapport déduit que :

- si la valeur est égale à 1, la canopée est régulière et relativement plate,
- si elle est comprise entre 1 et 2, il s'agit d'une forêt primaire bien structurée et mature ou une formation secondaire jeune,
- si elle est supérieure à 2, c'est une formation très dégradée ouverte avec des chablis.

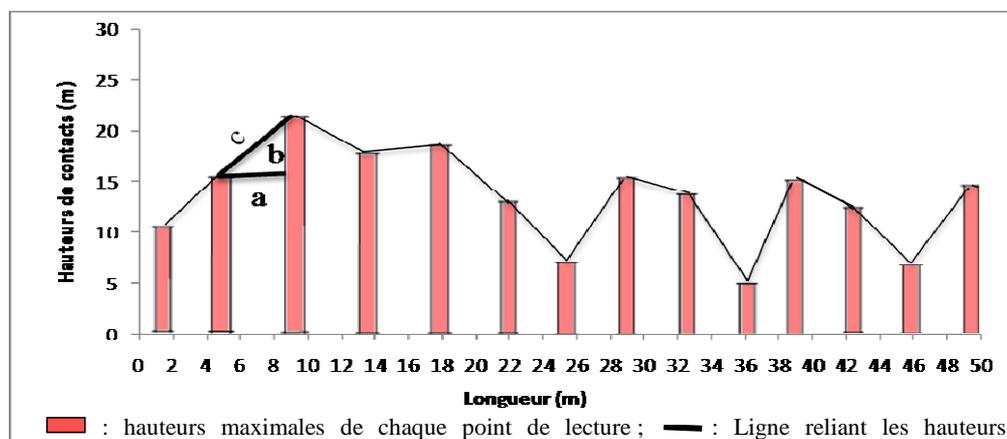


Figure 4: Représentation schématique du calcul de la L-Hmax

• Recouvrement

Le recouvrement est défini comme étant la projection verticale des couronnes des arbres sur la ligne de relevé. Il est représenté sous forme de diagrammes appelé « diagramme de recouvrement » et exprimé en pourcentage (%) (exemple : figure 5).

Le recouvrement peut être calculé séparément par intervalles de hauteur, afin de donner une vue synthétique de la répartition verticale de la végétation. Les intervalles de

hauteur retenus par EMBERGER & al (1968) ont été choisies pour caractériser les forêts tropicales: 0-2 m, 2-4 m, 4-8 m, 8-16 m, 16-32 m, >32 m.

Le taux de recouvrement peut être aussi utilisé pour caractériser les différentes strates d'une végétation grâce à des échelles de recouvrement comme celle proposée par GODRON & al. (1983) :

- Recouvrement supérieur à 90%: IDH fermé ;
- Recouvrement compris entre 75 à 90%: IDH peu ouvert ;
- Recouvrement compris entre 50 à 75%: IDH semi-ouvert ;
- Recouvrement compris entre 25 à 50%: IDH ouvert ;
- Recouvrement compris entre 10 à 25%: IDH très ouvert.

GOUNOT (1956) a défini une strate comme le niveau de concentration maximale de la masse foliaire. La stratification d'une formation végétale peut être différenciée à partir du taux de recouvrement.

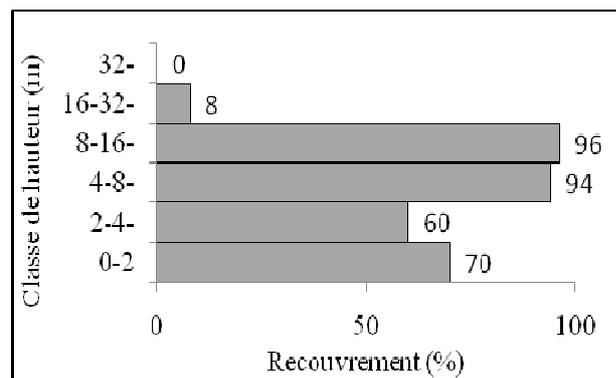


Figure 5: Exemple d'un diagramme de recouvrement des espèces

II.3.3.2. Structure horizontale

La structure horizontale permet de faire une évaluation de la distribution des individus d'une formation suivant le plan horizontal.

Les résultats obtenus de l'analyse biométrique (densité du peuplement et analyse dendrométrique) contribuent à l'évaluation quantitative de la végétation. Les données issues des placeaux permettent d'acquérir ces différents résultats.

a. Densité du peuplement

La densité du peuplement exprime le nombre total d'individus ayant un diamètre à hauteur de poitrine (DHp) ≥ 10 cm, d'une surface donnée. Elle est souvent ramenée à une valeur à l'hectare.

b. Distribution par classes de diamètre

Les individus ayant un diamètre supérieur ou égal à 10 cm ont été groupés dans les intervalles suivants : [10 - 20[, [20 - 30[, [30 - 40[, [40 - 50[, [50 - 60[, [60 - 70[, [70...[. Le résultat obtenu au niveau de chaque classe de diamètre est exprimé en pourcentage.

c. Analyse dendrométrique

Le calcul de la surface terrière et du biovolume peuvent mettre en évidence le potentiel en bois d'une formation donnée. Les résultats venant de ces calculs contribuent à l'analyse quantitative de la végétation.

o La surface terrière

La surface terrière (G) est la somme des sections des troncs d'arbres supérieurs à 10 cm mesurés à 1,30 m du sol (Diamètre à Hauteur de Poitrine ou DHP). Il permet d'évaluer le potentiel en bois d'une forêt à partir des relevés de surfaces et d'évaluer le degré de remplissage de la forêt. La surface terrière est obtenue à partir de la formule suivante :

$$G = \sum G_i \text{ où } G_i = \pi/4 \times d_i^2$$

Avec G= Surface terrière occupée par tous les individus sur la parcelle ()

G_i = Surface terrière occupée par chaque individu (

d_i = DHp (≥ 10 cm) de chaque individu (m).

$i \in \mathbb{N} \text{ } 1 \leq i \leq n$

o Le biovolume

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. La formule de DAWKINS (1958) est utilisée pour obtenir le biovolume :

$$V = \sum V_i \text{ où } V_i = 0,53 \sum G_i \times H_i$$

Avec : V= biovolume occupé par tous les individus de la surface donnée (m^3/ha) ;

V_i = biovolume occupé par chaque individu (m^3) ;

G_i = Surface terrière occupé par chaque individu (m^2/ha) ;

H_i = Hauteur de fût de chaque individu (m) ;

0,53= Coefficient de forme (cas de la forêt sèche).

$i \in \mathbb{N} \text{ } 1 \leq i \leq n$

Selon ROGER & RABARISON (2000), le biovolume est élevé quand il est supérieur à $250\text{m}^3/\text{ha}$, moyen quand il est compris entre 50 et $250\text{m}^3/\text{ha}$, et faible, quand il est inférieur à $50\text{m}^3/\text{ha}$.

II.3.4. Obtention des groupes

Les groupes floristiques et les groupes structuraux sont obtenus à partir d'une méthode bien définie.

- *Groupe floristique*

Un groupe floristique se définit comme étant un ensemble d'individu d'association* ayant à peu près la même composition floristique et conditionnée par les mêmes facteurs écologiques. Les groupes floristiques sont obtenus par comparaison deux à deux des relevés sur la base floristique, ceci grâce au calcul de l'indice de similarité Ro de HORN (1966).

- *Groupe structural*

Un groupe structural est un ensemble d'individu d'association présentant les mêmes aspects physiologiques régis par les mêmes conditions écologiques. Les groupes structuraux sont obtenus par assemblage des relevés ayant une similarité structurale grâce à certains paramètres tels que la hauteur de la canopée, la longueur de la ligne maximale, la densité du peuplement, le recouvrement, la surface terrière, le biovolume. Mais ces paramètres ont été d'abord soumis à un test de corrélation.

II.3.5. Paramètres considérés pour l'analyse de relation entre facteurs écologiques et les groupes

L'analyse de corrélation entre les facteurs écologiques et les groupes (floristique et structural) a été réalisée à l'aide de la méthode d'Analyse en Composante Principale (ACP). Cette méthode permet de déterminer les facteurs écologiques qui influencent le plus les groupes. Pour cette analyse, neuf paramètres ont été considérés :

- l'altitude (Alt.),
- la pente (P),
- l'orientation de la pente (OP) par rapport aux points cardinaux,
- l'orientation du relevé (OR) par rapport aux points cardinaux,
- la localisation : latitude (Lat) et longitude (Long).
- la situation topographique (ST),
- l'humidité apparente du sol (Hum),
- le type de substrat (Sub).

(*) **Individu d'association** : surface de végétation représentative sur le terrain d'une association végétale, est le seul objet concret de la phytosociologie (GUINOCHET, 1973) : Individu d'association sera décrit par le relevé.

Les paramètres tels que la situation topographique, l'humidité apparente du sol, le type de substrat ont été codés de façon quantitative (1, 2, 3...) afin de pouvoir les insérer dans l'ACP. Pour l'orientation (pente, relevé) les valeurs sont rapportées en sinus (est) et cosinus (nord) afin d'éviter la confusion sur l'exposition du relevé. Pour le type de substrat, il a été codé suivant l'épaisseur du sol. Le codage 1 est attribué au substrat composé uniquement par des roches, le codage 2 a été donné pour les sols peu profonds ayant une épaisseur inférieure à 50 cm et le 3 a été attribué aux sols profonds d'épaisseur supérieure à 50 cm (annexe 15).

II.3.6. Test de corrélation

Le test de corrélation est un test qui permet de minimiser la redondance d'information porté par les variables. En effet, les variables soumises à un test de corrélation sont dites corrélées si elles présentent une forte valeur entre elles ($|r| > 0,5$). Seules les variables qui présentent des informations pertinentes sont considérées. Une seule variable est donc gardée pour représenter les autres variables qui lui sont corrélées. Dans le cas où ils ne le sont pas, les variables sont toujours conservées.

II.4. Analyses des données

Durant les traitements de données, deux logiciels ont été utilisés: le logiciel R.2 et le logiciel XL-STAT. Ces derniers ont été utilisés respectivement pour la méthode de Classification Ascendante Hiérarchique et pour faire l'analyse de la relation entre des paramètres écologiques et les groupes obtenus.

II.4.1. Identification des groupements végétaux

Dans le cadre de cette étude, la méthode de la Classification Ascendante Hiérarchique a été utilisée pour déterminer les affinités floristiques entre les relevés réalisés d'une part et les affinités structurales d'autre part.

Le but de cette méthode est de regrouper les relevés ayant un niveau de similarité proche floristiquement et structurellement.

Le regroupement des relevés est ensuite représenté sur un dendrogramme par la méthode de CAH (figure 6). Dans ce dendrogramme, le niveau de ramification révèle la force de liaison qui unit les éléments formant chaque groupe. Plus le degré de dissimilarité est fort, plus les relevés se ramifient tout au début du dendrogramme.

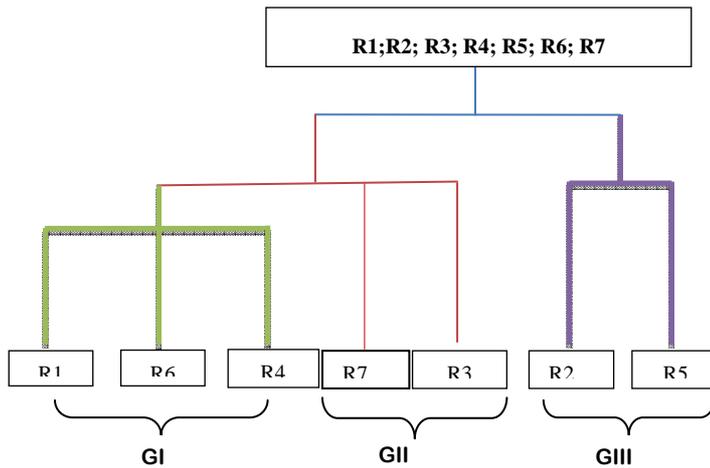


Figure 6: Exemple d'un dendrogramme d'une Classification Ascendante Hiérarchique

II.4.2. Etude des groupements végétaux

a. Groupes floristiques

➤ *Indice de similarité de Horn*

L'indice de similarité de Horn (HORN, 1966) a pour but de grouper les relevés présentant un certain nombre d'espèces communes. Il est donné par la formule :

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^p (x_i + y_i) \log(x_i + y_i) - \sum_{i=1}^p x_i \log x_i - \sum_{i=1}^p y_i \log y_i}{(X+Y) \log(X+Y) - X \log X - Y \log Y}$$

Avec X et Y : population X et population Y ;

x_i et y_i : fréquence de l'espèce i dans la population X et dans la population Y.

Cet indice permet d'établir une matrice qui indique le degré de liaison des relevés pris deux à deux. En effet, la fréquence et l'abondance des espèces communes entre les relevés sont les paramètres floristiques utilisés pour ce calcul. La matrice de similarité obtenue après le calcul est rapportée dans la méthode de CAH afin de mieux regrouper les relevés. Ainsi, les relevés ayant un grand nombre d'espèces communes sont rassemblés à l'extrémité du dendrogramme pour former un groupe.

➤ *Espèces indicatrices*

L'identification des espèces indicatrices, ou des espèces caractéristiques, est une opération classique en écologie. On parle d'espèces indicatrices, si ces dernières sont fréquentes et se trouvent en abondance dans une formation donnée (DUFRENE & LEGENDRE, 1997). Les espèces indicatrices donnent un sens écologique à une typologie de site, elles fournissent des critères pour comparer des typologies différentes obtenues par

analyse des données (groupement) d'une part et d'autre part d'identifier les niveaux intéressants dans un dendrogramme.

Pour déterminer les espèces indicatrices d'un groupe, une analyse sur la fréquence et l'abondance relative des espèces dans un groupe a été réalisée par le biais de la méthode INDVAL (DUFRÊNE & LEGENDRE, 1997). Le calcul des espèces indicatrices est donné par la formule suivante.

$$\text{Ind-Val} = A \times B \times 100$$

Avec A : Abondance relative d'une espèce dans un groupe A
B : Abondance relative d'une espèce dans un groupe B

Ainsi, pour un groupe donné, les espèces présentant une valeur supérieure ou égale à 25% ont été considérées comme indicatrices du groupe (DUFRÊNE & LEGENDRE, 1997). Parmi ces espèces, celles ayant des valeurs indicatrices élevées sont appelées espèces caractéristiques et portent le nom du groupe.

b. Groupes structuraux

Pour les groupes structuraux, le dendrogramme obtenu par la méthode de CAH affiche les relevés ayant la même affinité structurale. Les relevés ayant une similarité structurale sont regroupés dans un seul groupe

II.4.3. Relation entre groupes floristiques, structuraux et les facteurs écologiques

En général, ce paragraphe est destiné à expliquer le principe d'étude de relation entre les groupes et les facteurs écologiques, mais les résultats obtenus pour chaque groupe (floristique et structural) ont été traités séparément.

- Analyse de relation entre facteurs écologiques et groupements végétaux

L'Analyse des facteurs influents la végétation à été réalisée à l'aide d'un ACP. C'est une méthode descriptive multidimensionnelle appelée aussi méthode factorielle. Cette méthode d'analyse est de nature quantitative et elle permet de dégager les relations entre les variables écologiques et les relevés. Elle a pour objectif de déterminer le niveau de corrélation des divers facteurs écologiques (altitude, pente,...) afin de pouvoir définir les facteurs prépondérants qui influent la répartition des groupements végétaux.

Pour cela un cercle de corrélation est établi. Le niveau de corrélation de chaque facteur dépend de l'angle α et de la longueur de la ligne de chaque paramètre; plus elle est courte plus elle est moins significative. Son interprétation sera liée avec une carte factorielle composée de deux axes (F1 et F2).

A titre d'exemple, les deux figures représentées ci-dessus indiquent un cercle de corrélation (figure 7) et une carte factorielle de distribution des individus (figure 8). Le cercle de corrélation montre la liaison entre les variables. D'après la figure 7, l'angle α formé entre la pente et l'altitude d'une part et entre la température minimale et maximale d'autre part est faible. La faible valeur de l'angle α entre ces quatre paramètres implique que la pente et l'altitude sont corrélées positivement entre eux et négativement avec la température minimale et maximale. En ce qui concerne la proximité (longueur de la flèche) des variables par rapport au cercle, la pente et l'altitude sont beaucoup plus proche du cercle que la température minimale et maximale, de ce fait, la pente et l'altitude sont les variables qui ont une influence importante que la température minimale et maximale. Pour la figure 8, la carte factorielle des individus reflète l'influence des paramètres sur la distribution de ces derniers. La distribution des cinq relevés dépend des quatres paramètres. Le relevé Ry et Rv sont des relevés présentant une influence plus importante avec la pente et l'altitude, alors que le relevé Rw, Rx et Rz sont des relevés liés à la condition thermique.

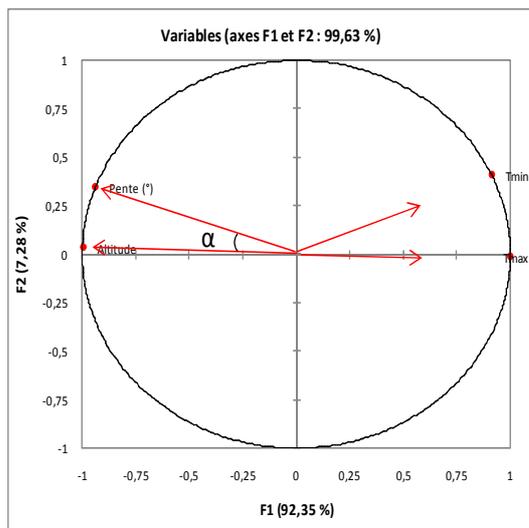


Figure 7: Exemple d'un cercle de corrélation des facteurs écologiques

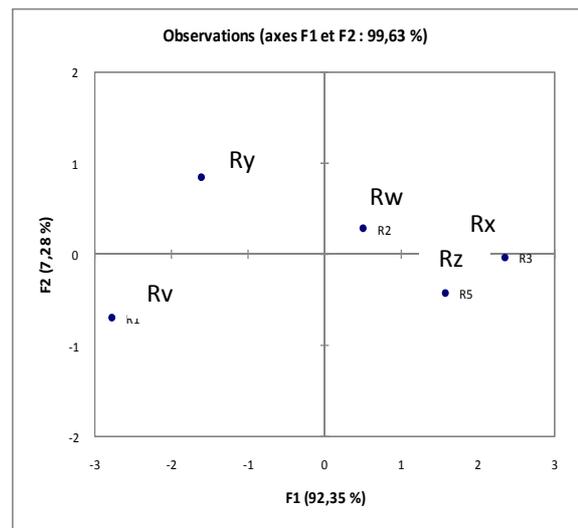


Figure 8: Exemple d'une projection des relevés sur un plan factoriel F1 et F2

Troisième partie:
RESULTATS ET INTERPRETATIONS

La caractérisation floristique et structurale de la végétation sur coulées de lave est mise en évidence grâce aux divers traitements statistiques de données. Cette partie du travail expose les résultats obtenus de ces traitements.

III.1. Caractéristiques stationnelles des relevés

Les caractéristiques des 16 relevés linéaires réalisés sont donnés dans le tableau 3. Les relevés ont été effectués au niveau des altitudes comprises entre 452 et 1090 m. La majeure partie des relevés est située au niveau du plateau à pente faible. Le type de substrat est très varié d'un relevé à l'autre allant de coulées de lave à un sol profond.

Tableau 2: Caractéristiques stationnelles des relevés

Relevés	Pente (°)	Altitude (m)	Situation topographique	Type de substrat
A068	18	1024	Haut-versant	Coulées de lave
A069	16	863	Bas-versant	Coulées de lave
A070	6	1090	Crête	Coulées de lave
A071	7	806	Bas versant	Coulées de lave
A072	3	581	Plateau	Sol profond
A073	4	452	Plateau	Sol peu profond
A074	5	621	Plateau	Sol profond
A075	6	717	Bas-versant	Sol profond
A076	4	793	Plateau	Coulées de lave
A077	7	631	Plateau	Coulées de lave
A078	6	928	Plateau	Coulées de lave
A079	8	855	Plateau	Sol peu profond
A080	16	927	Mi-versant	Sol profond
A081	1	463	Plateau	Sol profond
A086	5	472	Plateau	Coulées de lave
A088	22	673	Mi-versant	Sol profond

III.2. Richesse et diversité floristiques

La détermination des spécimens stériles collectés lors des relevés de végétation a permis de regrouper les échantillons dans les différents rangs taxonomiques. La liste floristique ainsi obtenue permet d'avoir une vision globale de la composition floristique de la végétation, mais aussi de donner des renseignements sur les rangs taxonomiques les mieux représentés.

Quatre cent seize (416) espèces et morpho-espèces se répartissent dans 220 genres appartenant à 87 familles ont été collectés au niveau des 16 relevés. Une grande partie des espèces appartient aux Angiospermes, dont 91% sont des Dicotylédones et 7% sont des Monocotylédones. Les 2% restants appartiennent aux Ptéridophytes (Figure 9).

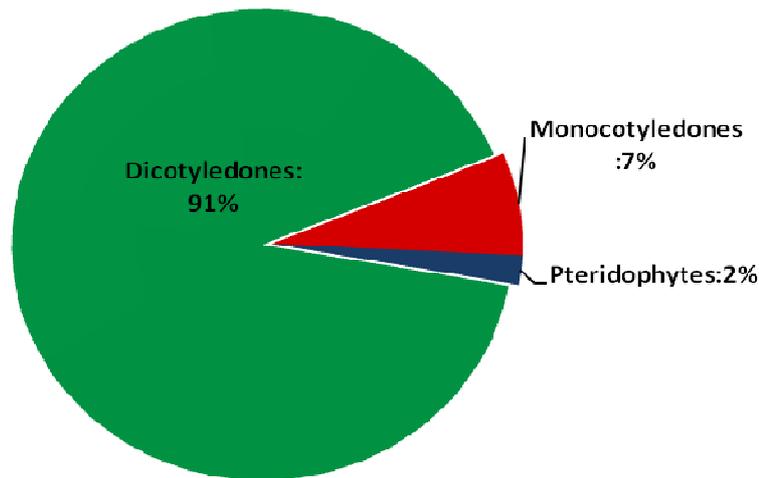


Figure 9 : Répartition des espèces selon les groupes taxonomiques

III.2.1. Richesses taxonomiques

La représentativité d'une famille a été évaluée suivant le nombre d'espèces. Les familles les plus riches au niveau spécifique sont surtout représentées par les :

- **RUBIACEAE** avec 27 genres et 41 espèces;
- **FABACEAE** avec 17 genres et 28 espèces ;
- **EUPHORBIACEAE** avec 11 genres et 21 espèces;

Concernant la diversité générique des familles présentes au sein de la végétation. Soixante dix huit familles présentent une faible valeur d'indice (<4), qui se définit par une distribution équitable de genres et d'espèces. Par contre, huit familles ont une forte valeur (>4) d'indice de diversité floristique ce qui indique une distribution beaucoup plus élevée de leurs espèces par rapport au nombres de genres.

Mais dans l'ensemble, la valeur moyenne de l'indice générique des genres de toutes les familles présentes est de 1,9. Cette faible valeur de l'indice générique, selon AKE ASSI (1984), indique une diversification de la flore qui se définit notamment au niveau des genres, et cette valeur montre une distribution assez équitable du nombre de genres et du nombre d'espèces au niveau du peuplement.

III.2.2. Diversité spécifique des relevés

Le tableau 3 indique la valeur de la richesse spécifique, la diversité de Shannon et l'indice de régularité de chaque relevé. Les valeurs sont classées dans l'ordre décroissant suivant l'indice de diversité de Shannon. Les valeurs marquées en gras représentent la valeur maximale et minimale pour chaque paramètre.

Tableau 3 : Diversité des relevés linéaires

Relevés	Richesse spécifique	Diversité de Shannon (H')	Indice de Régularité
A77	64	3,89	0,94
A71	68	3,80	0,90
A75	62	3,80	0,92
A69	61	3,66	0,89
A74	58	3,64	0,90
A88	53	3,64	0,92
A76	59	3,63	0,89
A80	63	3,62	0,87
A73	57	3,51	0,87
A81	53	3,50	0,88
A79	50	3,49	0,89
A78	50	3,32	0,85
A86	47	3,26	0,85
A72	41	3,24	0,87
A70	35	3,09	0,87
A68	32	3,05	0,88

Les relevés présentent à peu près les mêmes valeurs d'indice de diversité de Shannon (H') comprises entre 3,05 et 3,89. Les relevés A068 et A070 sont ceux qui ont une faible valeur de H' résultant de la faible abondance des espèces présentes au sein de ce relevé. Concernant la répartition des espèces, les relevés présentent une valeur de régularité voisine de 1 qui indique une distribution équilibrée des espèces au sein du peuplement.

III.2.3. Endémisme au niveau des sites d'études

- *Endémisme familial*

Madagascar possède cinq familles endémiques qui sont les ASTEROPELIACEAE, BARBEUIACEAE, SARCOLENACEAE, SPHAEROSEPALACEAE et PHYSENACEAE. La forêt sur coulée de lave de la Montagne d'Ambre abrite une seule famille endémique : la famille des SPHAEROSEPALACEAE représenté par le genre *Rhopalocarpus*.

- *Endémisme au niveau des genres*

Dix sept (17) genres endémiques malgaches appartenant à 15 familles ont été trouvés dans la partie occidentale du massif, à savoir les genres *Oliganthes*^(*) (ASTERACEAE), *Phylloctenium* (BIGNONIACEAE), *Cinnamosma* (CANELLACEAE), *Brexiella* (CELASTRACEAE), *Colvillea* (FABACEAE), *Malleastrum* (MELIACEAE), *Burassaia* (MENISPERMACEAE), *Norhonia* (OLEACEAE), *Comoranthus* (OLEACEAE), *Uncarina* (PEDALIACEAE), *Cedrelopsis* (RUTACEAE), *Tisonia* (SALICACEAE), *Plagioscyphus* (SAPINDACEAE), *Pseudopteris* (SAPINDACEAE), *Labramia* (SAPOTACEAE), *Rhodocolea* (BIGNONIACEAE) et *Rhopalocarpus* (SPHAEROSEPALACEAE).

(*) : La nomenclature utilisée est celle du Catalogue des Plantes Vasculaires de Madagascar.

- *Endémisme spécifique*

La forêt sur coulées de lave comporte trois espèces endémiques exclusives, à savoir *Coffea augagneuri*, *Secamone pinnata* subsp. *septentrionalis* et *Aspidostemon reticulatum*.

III.3. Caractères biologiques généraux de la flore

La nature particulière du substrat ainsi que la modification de certains paramètres écologiques (diminution de l'humidité et diminution de la précipitation) notées au niveau de la partie occidentale de la Montagne d'Ambre, a causé l'apparition des formes biologiques adoptées par les différentes espèces au sein de la végétation. Les diverses formes biologiques rencontrées au niveau de cette végétation sont :

- ❖ **l'épiphytisme**: cette forme s'observe surtout au niveau de certaines espèces de la famille des ORCHIDACEAE (*Bulbophyllum occultum*) et quelques espèces de ptéridophytes (photo n°4a et 4b).
- ❖ **la lianescence**: les lianes sont des végétaux grimpants ayant un système d'accrochage (vrille,...) qui leur permettent de se fixer au niveau des plantes pour pouvoir capter la lumière. C'est le cas de certaines espèces comme *Ceropegia racemosa* (APOCYNACEAE) et *Dioscorea* sp.SDR 277 (DIOSCOREACEAE) (photo n°5a et 5b)



a



b

Photo n°4: a : *Bulbophyllum occultum* (ORCHIDACEAE) ; b :
PTERIDOPHYTA



a



b

Photo n°5 : a : *Ceropogia racemosa* (APOCYNACEAE) ; b : *Dioscorea* sp. SDR
277 (DISOCOREACEAE)

- ❖ **l'aphyllie** : certaines espèces comme *Euphorbia* sp. ont remplacé ses feuilles par des tiges vertes appelées « cladode » qui assurent un rôle dans la photosynthèse.
- ❖ **la spinescence** : observée chez l'espèce *Zanthoxylum tsihanimposa* dont les feuilles et les tiges sont couvertent d'épines.
- ❖ **la crassulescence des feuilles**: cette forme d'adaptation est observée au niveau de l'espèce *Aloe* sp. Ce dernier déploie ce système d'adaptation afin de mieux s'adapter au milieu sèche. (photo n°6a et 6c).
- ❖ **la pachycaulie** : les espèces telles que *Pachypodium* sp., *Adenia* sp. A063-019 présentent ce système d'adaptation. En effet, c'est un moyen permettant aux espèces de conserver l'eau à l'intérieur des tissus de leur tronc (photo n°7a et 7b).



a



b

Photo n°6: a : *Aloe* sp SDR 274 (XANTHOCERACEAE) ; b : *Aloe* sp RCH 149 (XANTHOCERACEAE)



a



b

Photo n° 7: a *Pachypodium* sp. (APOCYNACEAE), b : *Adenia* sp. A063-019 (PASSIFLORACEAE)

III.4. Spectre biologique global

Dans l'ensemble, la végétation sur coulées de lave est dominée par des Phanérophytes (78%). Environ 41% des espèces sont des Mesophanérophytes, 21% des Microphanérophytes, 16% des Mégaphanérophytes et 2% des Nanophanérophytes. Les espèces lianescentes sont représentées par 13% , suivie par les Chaméphytes (4%), les Epiphytes (2%), les Hemicryptophytes (2%) et les Géophytes (1%) (Figure 10). Tenant compte de ces valeurs, la forêt sur coulées de lave est fortement dominée par des espèces ligneuses.

III.5. Affinités biogéographiques

III.5.1. Affinités biogéographiques mondiales

L'analyse biogéographique des espèces porte au niveau des 60% des échantillons identifiées jusqu'au niveau espèce. La figure 11 indique que 67% des espèces sont endémiques de Madagascar et 32% sont partagées avec les autres régions biogéographiques.

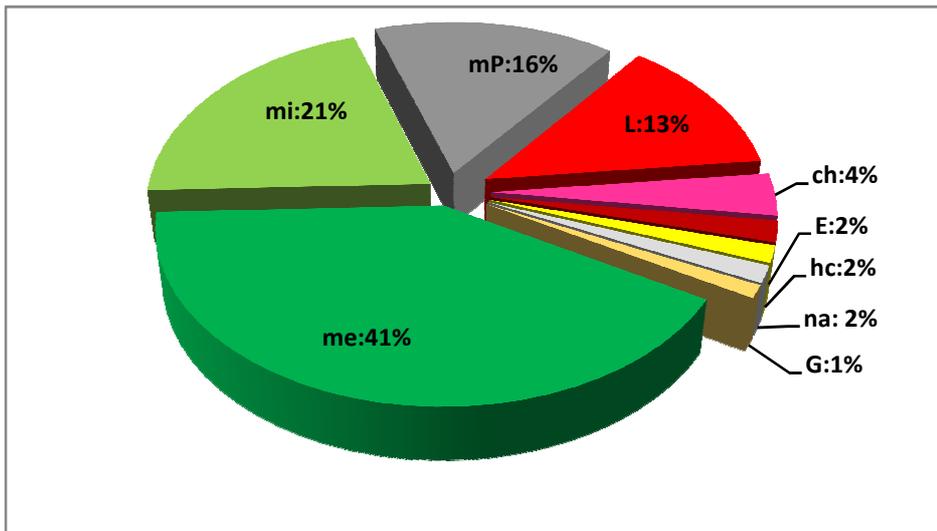


Figure 10 : Spectre biologique des espèces de la forêt sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre

Légende : mP : Mégaphanérophytes ; me : Mesophanérophytes ; mi : Microphanérophytes ; na : Nanopranérophytes ; L : Lianes, ch : Chaméphytes ; G : géophytes ; E : épiphytes.

Cette analyse montre également que la partie occidentale du massif partage une grande partie de sa flore avec l'Afrique (9%), les Comores (8%) et les Régions Malgaches et l'Afrique (8%).

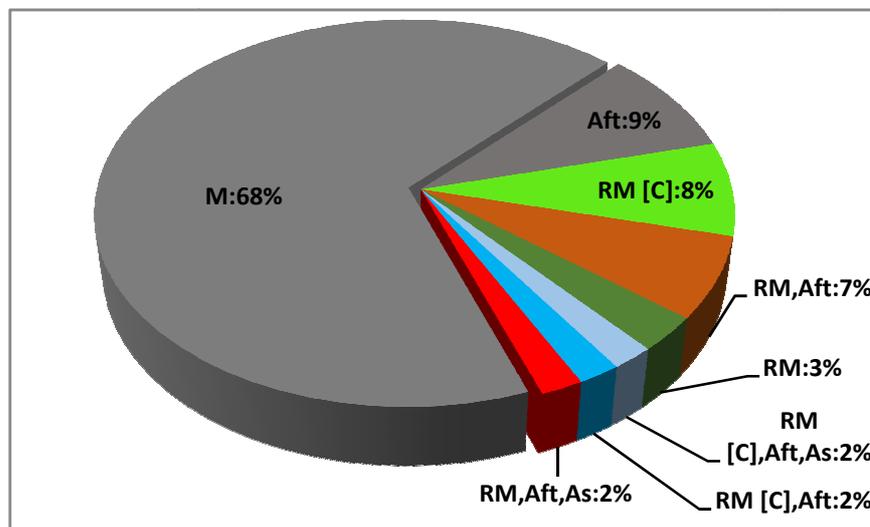


Figure 11: Distribution biogéographique des espèces de la forêt sur coulées de lave

Légende : M : espèces malgaches, RM : Régions Malgaches (Comores) ; Aft : Afrique Tropicale, As : Asie,

III.5.2. Distribution des espèces à Madagascar

En ce qui concerne la distribution des espèces malgaches. La figure 12 indique que les espèces à distribution large à Madagascar sont fortement représentées au sein de la forêt sur coulées de lave et couvrent 33% des espèces.

Les 67% des espèces restantes sont partagées avec les zones sèches, dont 21% sont exclusives du Domaine de l'Ouest; 1% du Domaine du Sud et 5% d'espèces communes à ces deux domaines (Ouest-Sud). Pour les zones humides, 11% sont rencontrées dans le Domaine de l'Est ; 6% dans le domaine du Centre et 17% d'espèces communes entre les deux domaines. Mais les espèces partagées en même temps dans deux domaines différents (humide et sèche) sont de faibles pourcentage, car 4% des espèces sont rencontrées dans le domaine de l'ouest et du centre et 1% entre l'ouest et l'est. Cette analyse permet de dire que, la flore de la partie occidentale de la Montagne d'Ambre a plus d'affinité avec les espèces du domaine de l'Ouest qu'avec d'autres domaines.

Notons que, la présence considérable d'espèces appartenant en même temps aux deux végétations différentes pourrait aussi indiquer la présence d'une zone de transition entre la végétation humide et la végétation sèche.

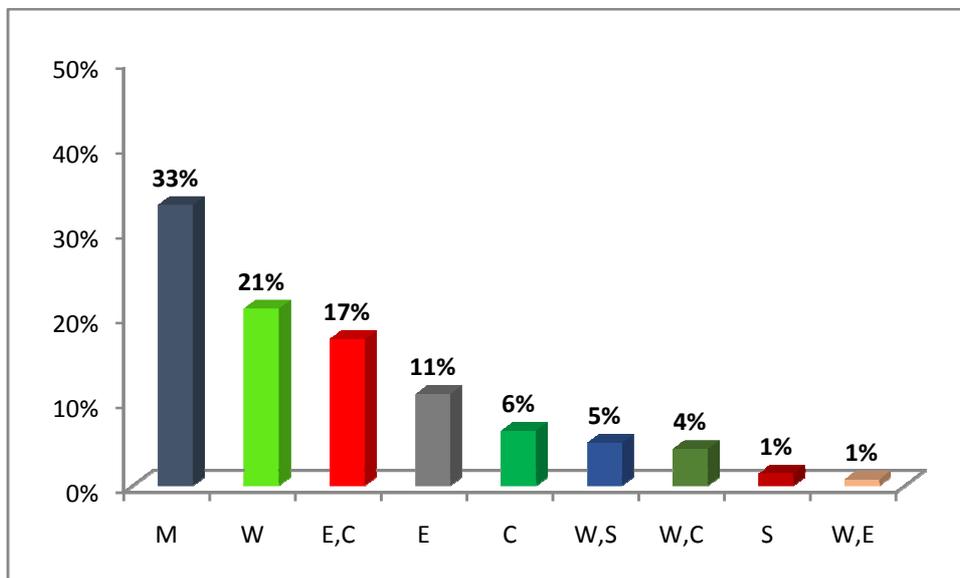


Figure 12: Distribution phytogéographique des espèces endémiques

Légende : M : Large distribution à Madagascar, E : Est ; C : Centre; W : Ouest ; S : Sud

Conclusion partielle

La forêt sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre présente une richesse floristique importante, son taux d'endemisme atteint 68% des espèces récoltées, le reste étant partagé

principalement avec l'Afrique. La majorité de ces espèces endémiques ont une large répartition à Madagascar, le reste montre une grande appartenance au domaine phytogéographique de l'Ouest. Le climat plus sec et le changement de substrat noté au niveau de cette partie du massif à favoriser les espèces des milieux secs.

III.6. Identification et description des groupements végétaux

Le traitement des données a permis de regrouper les relevés suivant leurs affinités floristiques d'une part et structurales d'autre part. Quelques descriptions générales des groupes structuraux et floristiques obtenus ont été effectuées en premier lieu et une description des groupements végétaux est réalisée par la suite.

III.6.1. Identification des groupes structuraux

Les groupes structuraux se définissent comme étant l'ensemble des relevés présentant les mêmes aspects et similarités structurales.

Les paramètres structuraux sont les variables considérées pour mettre en évidence les groupes structuraux mais un test de corrélation a été tout d'abord effectué. Parmi les paramètres structuraux considérés (cf p.26) , seuls quatre ont été gardés après le test, et ces derniers sont : la hauteur moyenne, le biovolume, la densité linéaire et le taux de recouvrement des espèces au niveau de chaque strate. Avec ces paramètres, le dendrogramme de la Classification Ascendante Hierarchique a mis en évidence deux grands groupes structuraux dont un groupe A et un groupe B séparé l'un de l'autre par la hauteur et le biovolume (figure 13). En effet, le groupe A regroupe les relevés ayant une hauteur moyenne basse de 4,4 m ($\pm 1,5$ m) et une valeur du biovolume faible , alors que le groupe B rassemble les relevés ayant une hauteur moyenne de la canopée haute de 12,5 ($\pm 2,8$ m) et une valeur du biovolume élevée.

Chaque groupe est constitué par des sous-groupes suivant la différence du taux de recouvrement et la densité linéaire. Le groupe A est formé par deux sous-groupes qui sont : le sous-groupe A1 et le sous-groupe A2, le groupe B est également composé de deux sous-groupes ; un sous-groupe B1 et un sous-groupe B2 (figure 14).

En effet, les groupes structuraux ont été hiérarchisés en groupe et en sous-groupe pour mieux observer la différence et la variation de structure au sein de la formation.

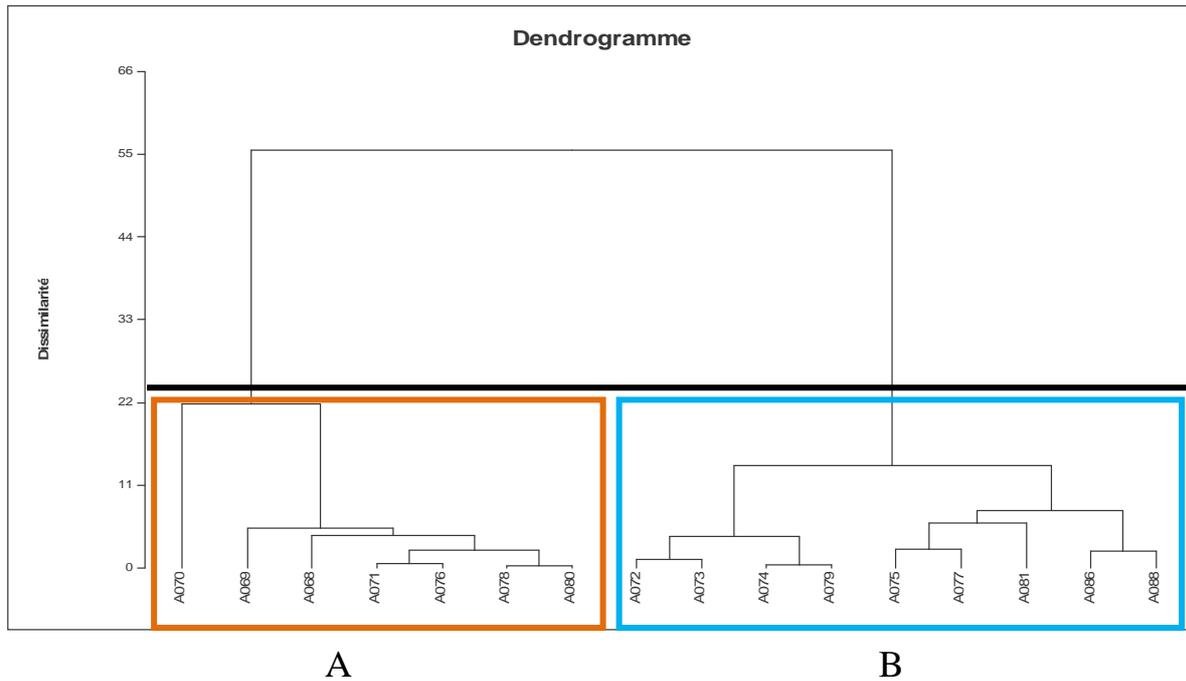


Figure 13 : Dendrogramme de regroupement des relevés (groupe structural)

III.5.1.1 Description des groupes structuraux

a. Groupe structural A

Le groupe structural A est constitué par des relevés ayant comme hauteur moyenne faible 4,4 m ($\pm 1,5$) et une valeur du biovolume faible 34,4 m³/ha. Le groupe A est composé de deux sous-groupes entre autres le sous-groupe A1 et le sous-groupe A2. Les relevés constitutifs des sous-groupes sont indiqués par le tableau 4.

Tableau 4: Distribution des relevés au niveau des sous-groupes A1 et A2

Sous-groupes	Nombre de relevés	Codes relevés
A1	01	A070
A2	06	A068, A069, A071, A076, A078, A080

❖ *Structure verticale des sous-groupes*

Le sous-groupe A1 présente une hauteur moyenne très basse de 1,2 m de haut alors que le sous-groupe A2 présente une hauteur moyenne maximale de 5 m ($\pm 0,7$ m). Pour la valeur de la rugosité de la végétation, les sous-groupes A1 et A2 montrent une valeur de rugosité faible (1) qui indique particulièrement une canopée régulière, plate et lisse. La formation n'est donc pas bien structurée et elle est dominée par un nombre peu élevé

d'espèces. Au niveau de chaque sous-groupe, en moyenne 157 et 175 individus appartenant respectivement au sous-groupe A1 et A2 ont été recensés le long du relevé linéaire de 100 m.

En ce qui concerne le taux de recouvrement des espèces, la figure 15 indique que, le taux de recouvrement des espèces du sous-groupe A1 est très élevé (100%) au niveau des hauteurs inférieures à 2 m, mais une diminution brusque (2%) du taux de recouvrement est observée au niveau des hauteurs comprises entre 2 à 4 m. Ainsi le sous-groupe A1 est donc un groupe formé par des espèces de faible hauteur. Pour le sous-groupe A2, le taux de recouvrement est important au niveau des hauteurs inférieures à 8 m et les émergents occupent un faible pourcentage au niveau des intervalles de hauteurs de 8 m à 16 m. Le sous-groupe A2 est donc formé par une végétation ayant comme strates herbacées et sous bois importants.

❖ *Structure horizontale des sous-groupes*

- Distribution des individus par classe de diamètre

Pour la distribution par classe de diamètre, le sous-groupe A1 ne présente aucun individu de taille mature (diamètre ≥ 10 cm) et il est formé uniquement par des arbustes de faible diamètre et de faible hauteur. Le sous-groupe A2 quant à lui, est majoritairement dominé par des espèces de diamètre compris entre 10 cm à 20 cm, les individus de gros diamètre (>20 cm) sont très faibles et même inexistants au-delà de 60 cm (figure 16).

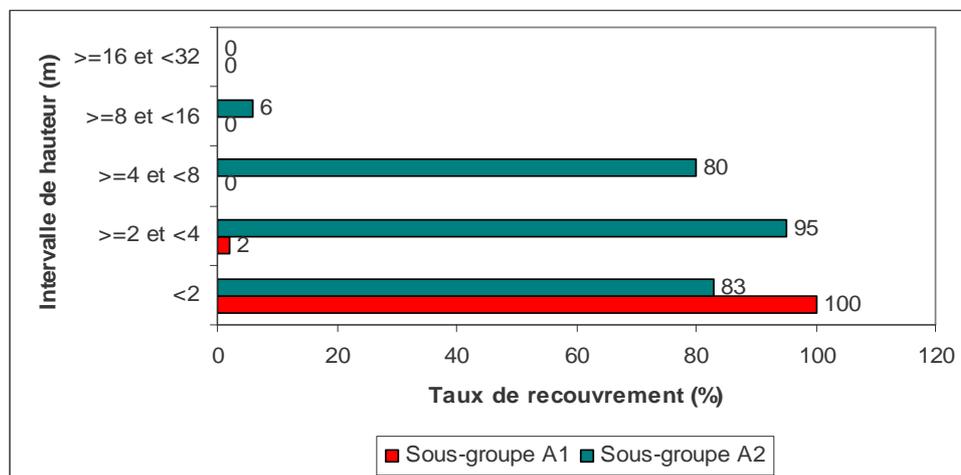


Figure 14 : Diagramme de recouvrement des sous-groupes A1 et A2

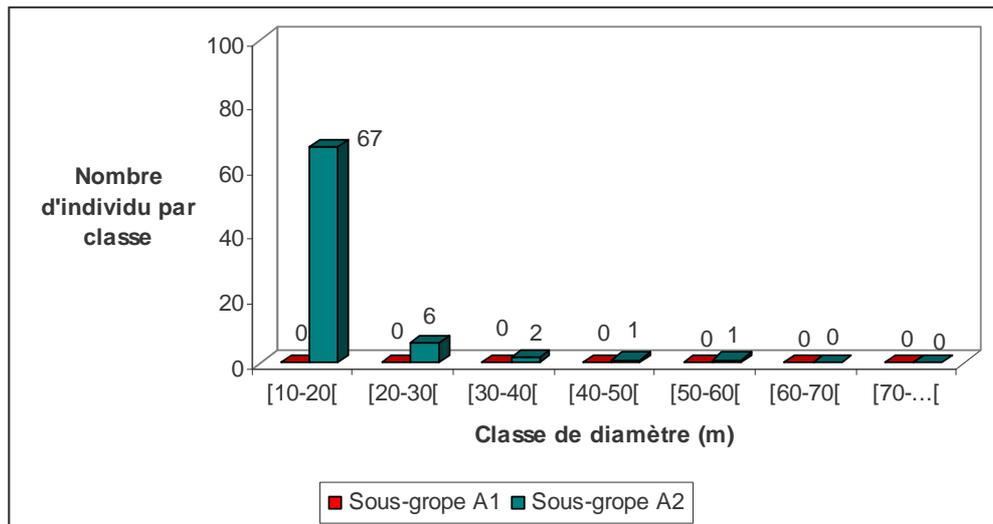


Figure 15 : Distribution par classes de diamètre des sous-groupes A1 et A2

- Analyse dendrométrique

La valeur nulle du biovolume et de la surface terrière du sous-groupe A1 est liée à l'absence d'individu mature au sein du peuplement, car il est constitué uniquement par des arbustes de faible hauteur et de faible taille. Pour le sous-groupe A2, la valeur de la surface terrière est très faible ($16 \text{ m}^2/\text{ha}$) et par conséquent la valeur du biovolume est également faible de l'ordre de $34 \text{ m}^3/\text{ha}$. Cette faible valeur biométrique du sous-groupe A2 résulte de la faible hauteur et diamètre des arbres qui le constitue.

Conclusion partielle

D'après les descriptions réalisées au niveau des sous-groupes, il est difficile de classer le sous-groupe A1 comme étant une forêt car l'aspect structural de ces derniers se rapproche beaucoup plus d'un fourré. En effet, l'absence de stratification bien nette, la faible hauteur des arbres se rapprochent plus de la description d'un fourré (GUILLAUMET et KOEHLIN, 1971). De ce fait, il est donc préférable de classer le sous-groupe A1 comme étant un fourré et ce dernier peu être considéré comme étant un bas fourré arbustif vu que la hauteur des arbres est très basse ($<2\text{m}$) (photo n°8). Pour le sous-groupe A2, il s'agit d'une forêt très basse ($<8\text{m}$) à sous-bois bien fournis.

Le résultat de cette analyse structurale des sous-groupes du groupe structural A indique la présence de deux types de formations: un bas fourré arbustif et une forêt très basse à sous bois bien fourni (photo n°9).



Photo n°8 : Bas fourré arbustif



Photo n°9 : Forêt très basse à sous-bois bien fournis

b. Groupe structural B

Les relevés constitutifs du groupe structural B sont des relevés ayant comme hauteur moyenne élevée et une valeur du biovolume important. Dans ce groupe, deux sous-groupes ont été considérés : le sous-groupe B1 et le sous-groupe B2. Les relevés constitutifs de chaque sous-groupe sont indiqués dans le tableau 5.

Tableau 5 : Distribution des relevés des sous-groupes B1 et B2

Sous-groupes	Nombre de relevés	Codes de relevés
B1	04	A072, A073, A074, A079
B2	06	A075, A077, A081, A086, A088

❖ *Structure verticale des sous-groupes*

Le groupe structural B est représenté par deux sous-groupes ayant comme hauteur moyenne maximale 12 m ($\pm 2,8$). Mais cette dernière varie d'un sous-groupe à l'autre. En effet, le sous-groupe B1 est différent du sous-groupe B2 par la hauteur de la canopée. Le sous-groupe B1 présente une hauteur moyenne maximale de 10 m (± 1) alors que pour le sous-groupe B2, la hauteur moyenne maximale est de 15 m ($\pm 1,6$).

Par ailleurs, le taux de recouvrement des espèces permet également de différencier les deux sous-groupes. Le sous-groupe B1 présente un taux de recouvrement élevé par rapport au sous-groupe B2 dans les intervalles de hauteurs inférieures à 4 m. Mais une diminution brusque du taux de recouvrement des espèces est observée à partir de la hauteur supérieure à 8 m pour le sous-groupe B1 alors qu'une augmentation est constatée pour le sous-groupe B2. La partie émergente pour les deux sous-groupes se voit à partir de 16 m de haut et le sous-groupe B2 présente un fort taux de recouvrement de ses espèces émergentes par rapport au sous-groupe B1 (figure 17).

Pour la valeur de la rugosité au niveau de chaque sous-groupe, le sous-groupe B1 présente une valeur de rugosité faible de l'ordre de 1 qui indique une canopée régulière. La formation n'est donc pas bien structurée. La valeur de la rugosité du sous-groupe B2 est égale à 2 ce qui indique une canopée rugeuse formée par une forêt bien structurée.

Pour la densité linéaire des sous-groupes, ces derniers présentent une valeur identique de 159 individus pour chaque sous-groupe.

De ce fait, les deux sous-groupes diffèrent l'un de l'autre non seulement par la hauteur moyenne maximale mais également par le taux de recouvrement des espèces. Le sous-groupe B1 est une forêt basse à sous bois bien fourni mais à faible taux d'émergent alors que le sous-groupe B2 est constitué par une forêt haute à sous-bois claire mais à fort taux d'émergent.

❖ *Structure horizontale des sous-groupes*

- Distribution des individus par classe de diamètre

Au niveau des deux sous-groupes, les individus de taille comprise entre 10 cm à 20 cm sont de proportion importante par rapport aux individus de taille comprise entre 20 cm à 40 cm. Pour les individus de gros diamètre (>50 cm), ces derniers sont faiblement représentés. L'allure générale de la figure 18 en forme de « J » inversé, indique que la population au niveau des deux sous-groupes est en équilibre et que chaque classe de diamètre a été représentée par des individus.

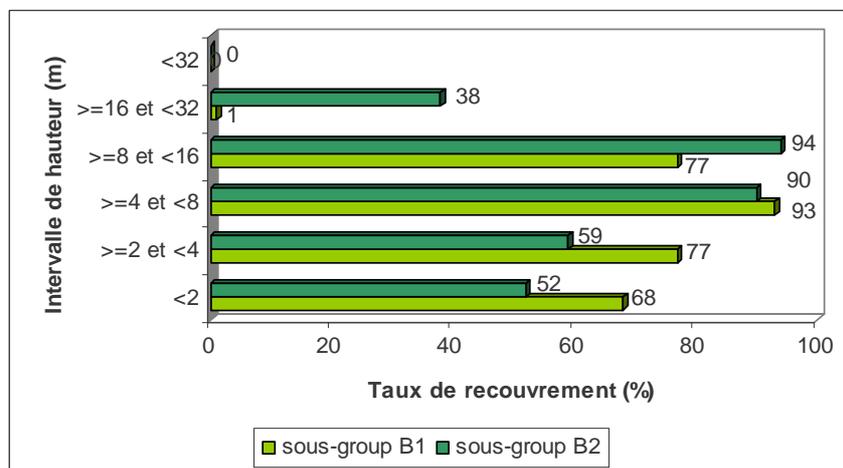


Figure 16 : Diagramme de recouvrement des sous-groupes B1 et B2

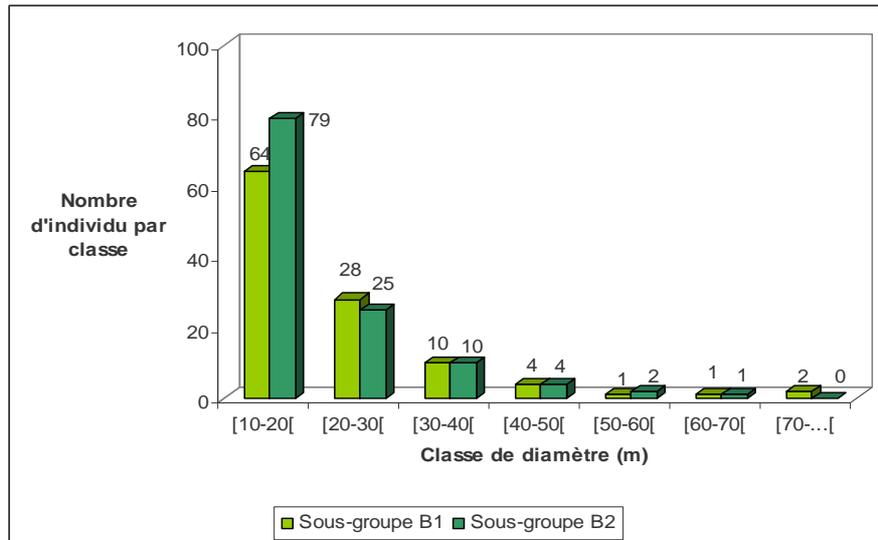


Figure 17 : Distribution par classe de diamètre des sous-groupes B1 et B2

- Analyse dendrométrique

L'analyse biométrique du groupe B montre en général une valeur de biovolume et de la surface terrière moyennement élevée qui est surtout liée à la forte hauteur et diamètre des arbres. Le sous-groupe B1 indique une valeur de surface terrière élevée égale à 51 m²/ha et une valeur moyenne de biovolume de 190 m³/ha. Pour le sous-groupe B2, la surface terrière est de 60 m²/ha et un biovolume élevé de 259 m³/ha.

Conclusion partielle

D'après l'analyse structurale des deux sous-groupes du groupe B. Le groupe structural B est constitué par deux types de forêts qui diffèrent l'une à l'autre par la hauteur et le taux de recouvrement des espèces émergentes. Le groupe B est donc formé de deux types de forêts dont une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent et une forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent.

III.6.1.2 Relation entre facteurs écologiques et groupes structuraux

Les variations structurales rencontrées au niveau de la végétation sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre sont souvent liées à diverses conditions écologiques. Pour cela, il est important de faire une analyse entre les groupes structuraux et les paramètres écologiques afin de déterminer les facteurs influençant la structure du peuplement.

a. Détermination des facteurs écologiques prépondérants sur la répartition des groupes

De nombreux facteurs peuvent prendre part dans la distribution des groupes structuraux. C'est ainsi qu'il est important de déterminer les principaux facteurs influençant plus la répartition des groupes. Au préalable, un test de corrélation entre les variables est indispensable (annexe 16). Six paramètres écologiques ont été considérés lors du test à savoir l'altitude, les coordonnées géographiques (latitude et longitude), la pente, le type de substrat et la situation topographique.

Le test de corrélation a permis de conserver trois paramètres qui sont :

- l'altitude,
- la pente,
- le type de substrat.

Notons que, les trois paramètres considérés ci-dessus sont toujours conservés tout au long de l'Analyse en Composante Principale des groupes obtenus (structural et floristique)

b. Analyse des plans factoriels

Le cercle de corrélation indiqué par la figure 18a permet de fournir des informations sur la contribution des variables à la formation des axes d'une part et d'autre part de faire l'analyse de corrélation qui existe entre les paramètres écologiques.

Dans la figure 18a, les axes F1 et F2 ont été sélectionnés car ces derniers expliquent 87,5% de la variabilité totale. L'axe F1 absorbe 53,11% de l'inertie totale tandis que l'axe F2 absorbe 33,34%. Pour l'axe F1, l'altitude est le paramètre qui contribue le plus à la formation de cet axe. Par contre, la pente et le type de substrat sont les variables qui contribuent de façon significative à la formation de l'axe F2.

- *Corrélation entre paramètres écologiques et groupes structuraux*

Sur le plan factoriel de la figure 18b, l'axe F1 oppose deux grands groupes structuraux. Le premier groupe est situé dans les basses altitudes comme la majorité des relevés constitutifs du groupe structural B à l'exception de A079 et A075. Le second groupe est localisé au niveau des hautes altitudes comme la majorité des relevés du groupe A. Sur l'axe F2, les relevés constitutifs des groupes sont disposés de part et d'autre de l'axe vertical suivant la nature du substrat et la valeur de la pente. En effet les relevés A088 et A080 des groupes A et B sont éloignés des autres relevés car ils reposent sur du sol profond présentant une pente beaucoup plus forte par rapport aux autres.

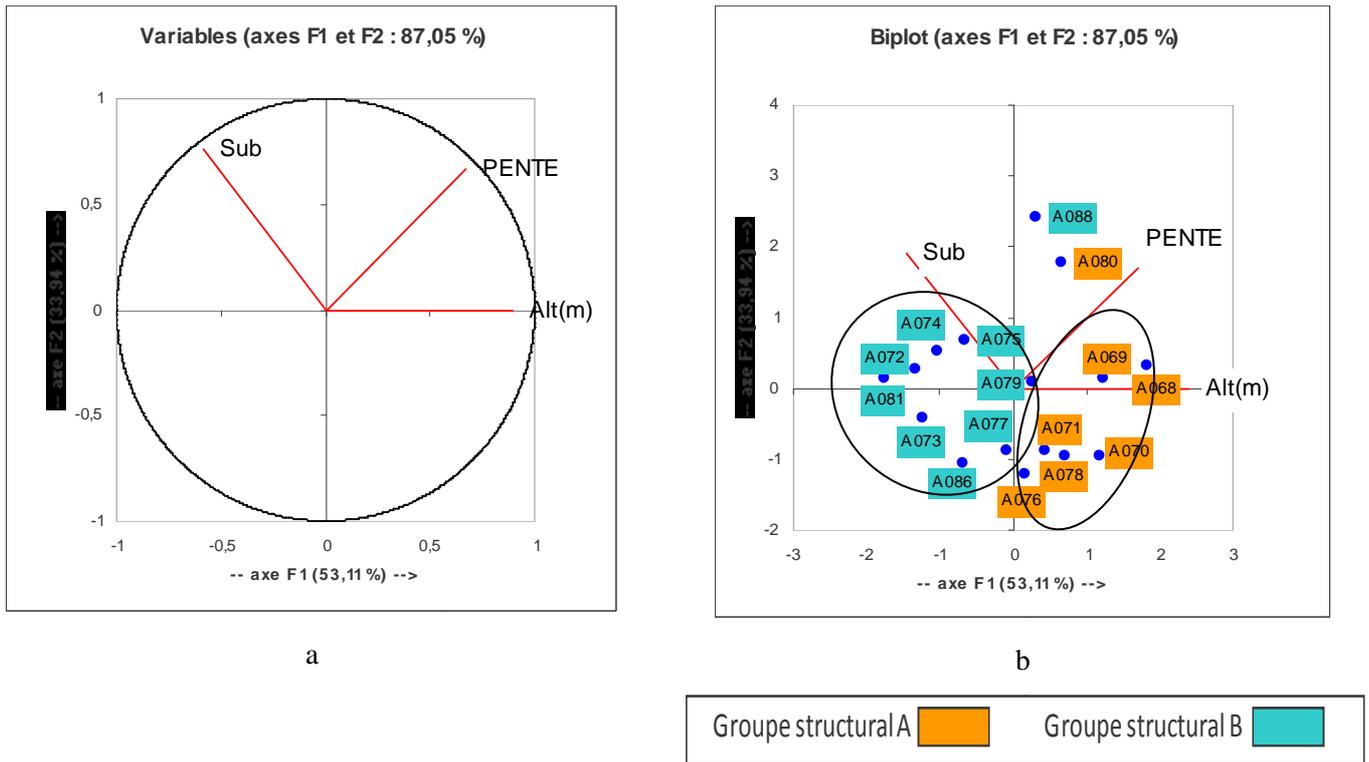


Figure 18 : (a) Cercle de corrélation entre les paramètres environnementaux ; (b) Plan factoriel des individus des groupes structuraux A et B

En ce qui concerne les sous-groupes, la figure 19 b indique l'influence des paramètres écologiques sur la distribution des sous-groupes.

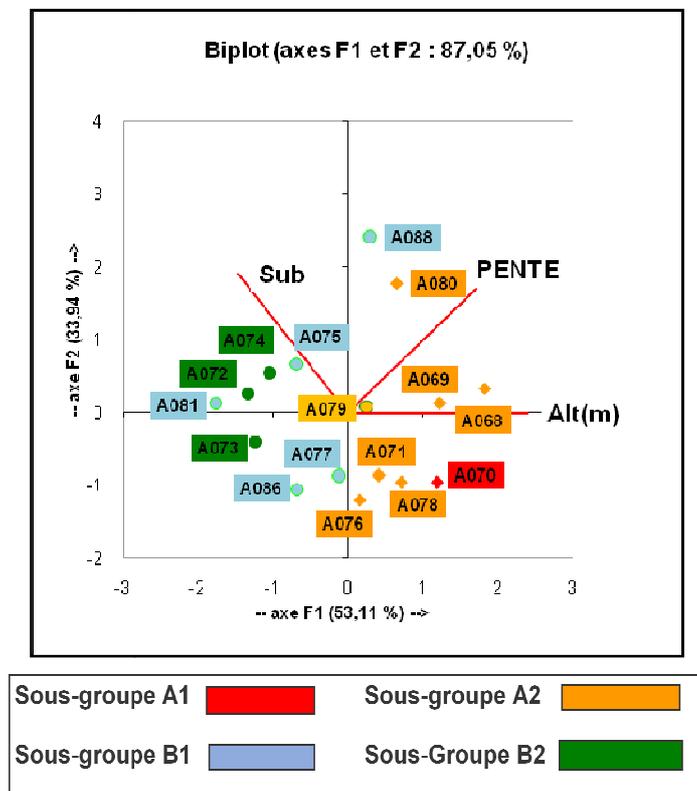


Figure 19: Plan factoriel de distribution des individus des sous-groupes

Pour le groupe A, le sous-groupe A1 est constitué par un relevé réalisé au niveau d'une altitude élevée reposant sur du substrat rocailleux et sur une pente faible (6°). En effet, la différence de structure observée de ce sous-groupe par rapport au sous-groupe A2 est liée à sa situation topographique (figure 19). Il est localisé au niveau de la partie sommitale du Cratère sec (site Bemanevika) à une altitude élevée (1090 m). Par conséquent, il est donc le plus exposé aux divers paramètres climatiques (vent, température, chaleur, pluie) et la nature du substrat (rocailleux) sur lequel les espèces croissent contribue également au non développement des espèces hautes. Ainsi la végétation qui se développe présente une structure très basse (fourré) formée par des espèces de petite taille et de faible hauteur.

Pour le sous-groupe A2, il est formé par des relevés réalisés généralement à des altitudes élevées de 793 à 1024 m, à pente faible à l'exception des relevés A068 et A069 qui ont été réalisés sur une pente forte. Mais les relevés constitutifs du sous-groupe A2 sont regroupés selon le type de substrat (rocailleux). Le sous-groupe A2 est un groupe lié au type de substrat. Pour le sous-groupe A2, les relevés sont situés dans des situations topographiques différentes avec des altitudes et des pentes variées, mais ils sont regroupés suivant la nature du substrat qui est la coulée de lave mis à part le relevé A080 qui repose sur un sol peu profond. La nature du substrat et l'altitude influencent donc en même temps la structure et le biovolume du sous-groupe A2 représenté par une forêt très basse.

Pour le groupe B, les sous-groupes B1 et B2 sont éparpillés de part et d'autre des axes. D'une manière générale, les relevés sont regroupés par un seul paramètre qui est l'altitude, mais le type de substrat ainsi que la pente les ont dispersés. Par conséquent, les deux sous-groupes du groupe B ont été regroupés par l'altitude. Mais la variation du type de substrat allant d'un sol rocailleux (A077, A086), au sol peu profond (A073, A079) jusqu'au sol profond (A072, A074, A075, A081, A088) n'a pas beaucoup modifié la structure de la végétation vu que la majorité des relevés sont localisés au niveau des basses altitudes. Mais c'est surtout l'effet conjugué de l'altitude et la variation de la nature du substrat qui ont permis d'obtenir des espèces ayant un enracinement beaucoup plus profond par rapport aux sous-groupes A1 et A2. Ainsi, le développement d'une forêt de haute stature est donc lié à la bonne croissance des espèces.

À l'issue de cette analyse, le type de substrat et l'altitude sont les paramètres qui influencent la structure de la forêt. Les différents types de forêts sur coulées de lave sont indiqués par la figure 20.

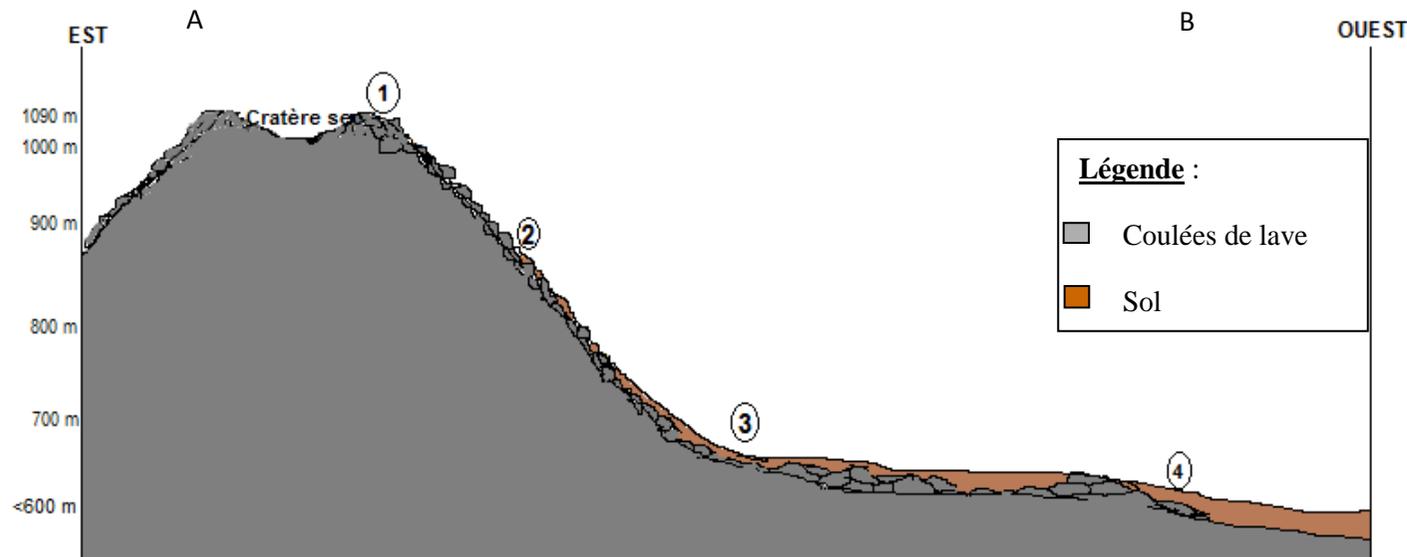
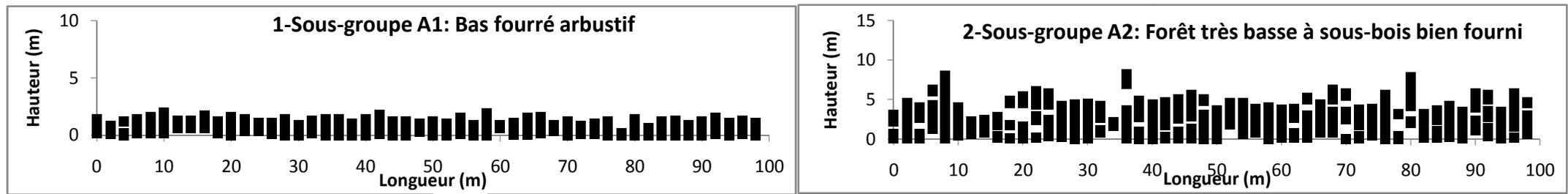
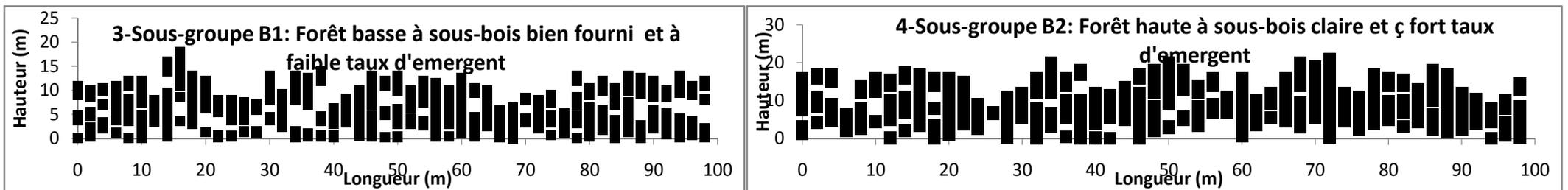


Figure 20 : Représentation schématique de la variation structurale suivant l'altitude et le type de substrat et profil de la végétation (A,B,C,D) sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre



C

D

III.6.2. Identification des groupes floristiques

La Classification Ascendante Hierarchique (CAH) appliquée à la similarité floristique (indice de Horn) a mis en évidence les groupes floristiques. Une coupure entre 0,5 et 1,0 au niveau du dendrogramme (figure 21) a permis d'obtenir cinq (5) groupes floristiques. La répartition des relevés constitutifs de chaque groupe est indiquée par le tableau 6.

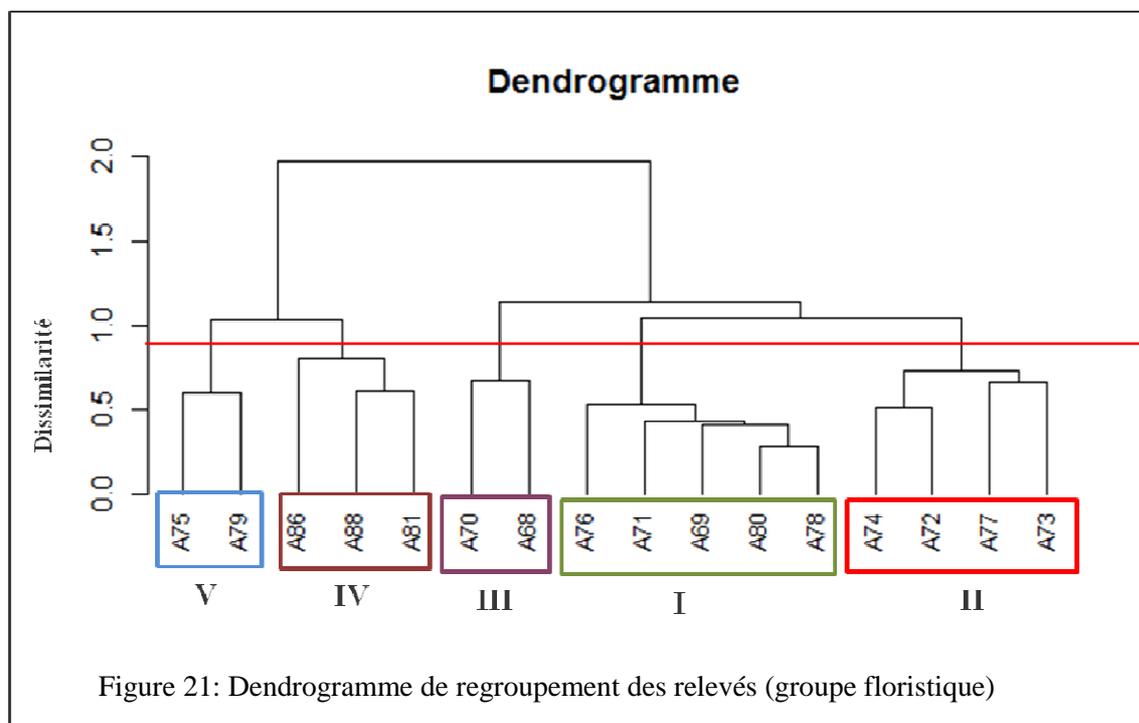


Tableau 6: Nombre de relevés constitutifs des groupes floristiques

Groupes floristiques	G I	G II	G III	G IV	G V
Relevés	A076, A071, A069, A080, A078	A074, A072, A077, A073	A070, A068	A086, A088, A081	A075, A079
Nombre de relevés	5	4	2	3	2

III.6.2.1. Espèces indicatrices

Au niveau de chaque groupe floristique obtenu, les espèces présentant une valeur indicatrice supérieure ou égale à 25%, constituent les espèces indicatrices du groupe. Les cinq groupes floristiques comptent au total 38 espèces indicatrices réparties dans 27 familles (annexe 1, 2, 3, 4, 5). Les familles les mieux représentées au niveau des espèces indicatrices des groupes sont indiqués sur le tableau 7 par ordre décroissant.

Tableau 7 : Les familles les mieux représentées au sein des espèces indicatrices des groupes

Famille	EUPHORBIACEAE	SALICACEAE	EBENACEAE	ASTERACEAE	BIGNONIACEAE	RUBIACEAE
Nombre d'espèces	5	3	3	2	2	2

III.6.2.2. Nomenclature des groupes floristiques

Le choix de la nomenclature de chaque groupe est basé sur les deux espèces indicatrices ayant la plus forte valeur indicatrice, appelées aussi espèces caractéristiques. Elles sont présentées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Nomenclature des groupes floristiques à partir des espèces caractéristiques

Groupes floristiques	Espèces caractéristiques	FAMILLE	Valeur indicatrice (%)	Nomenclature du groupe
I	<i>Polyscias</i> sp. SDR 307	ARALIACEAE	100	Groupe à <i>Polyscias</i> sp. SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>
	<i>Croton jennyanus</i> Baill.	EUPHORBIACEAE	83	
II	<i>Hildegardia erythrosiphon</i> (Baill.) Kosterm	MALVACEAE	71	Groupe à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>
	<i>Stereospermum longiflorum</i> Capuron	BIGNONIACEAE	70	
III	<i>Terminalia</i> sp A68-064	COMBRETACEAE	100	Groupe à <i>Terminalia</i> sp. A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>
	<i>Vernonia secundifolia</i> DC.	ASTERACEAE	84	
IV	<i>Warneckea sansibarica</i> (Taub.)Jacq.-Fél	MELASTOMATACEAE	100	Groupe à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>
	<i>Cinnamosma fragrans</i> Baill.	CANELLACEAE	66	
V	<i>Wielandia fadenii</i> (Radcl.-Sm.) Petra Hoffm. & McPherson	PHYLLANTHACEAE	100	Groupe à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>
	<i>Fernandoa madagascariensis</i> (Baker) A.H. Gentry	BIGNONIACEAE	100	

III.6.2.3. Relation entre facteurs écologiques et groupes floristiques

L'analyse de la relation entre les facteurs écologiques et les groupes floristiques a été réalisé avec les paramètres déjà définis auparavant entre autres : le type de substrat, la pente et l'altitude.

a. Analyse des plans factoriels

❖ Corrélation entre les paramètres écologiques

Le premier plan factoriel de la figure 22a reflète la corrélation entre les variables. Dans cette figure, les axes F1 et F2 ont été choisis car ces derniers reflètent 86,96% des informations et chaque axe absorbe respectivement 53,77% (F1) et 33,19% (F2) de l'inertie totale.

Sur le second plan factoriel (figure 22b), l'axe F1 oppose deux grands groupes. Le premier groupe est localisé au niveau des hautes altitudes à pente faible comme le cas des relevés constitutifs des groupes I, III et V. Le second groupe est formé par les relevés situés au niveau des basses altitudes à pente faible comme les relevés constitutifs du groupe II et IV. Pour l'axe F2, ce dernier regroupe les relevés placés sur du substrat plus rocailleux d'une part et les relevés reposant sur du sol peu profond et du sol profond d'autre part. Ainsi, les relevés du groupe I, III et quelques relevés du groupe II (A077) et IV (A086) sont des relevés reposant sur du substrat rocailleux, alors que les groupes II, V et quelques relevés du groupe IV (A081, A088) reposent sur du sol peu profond et du sol profond.

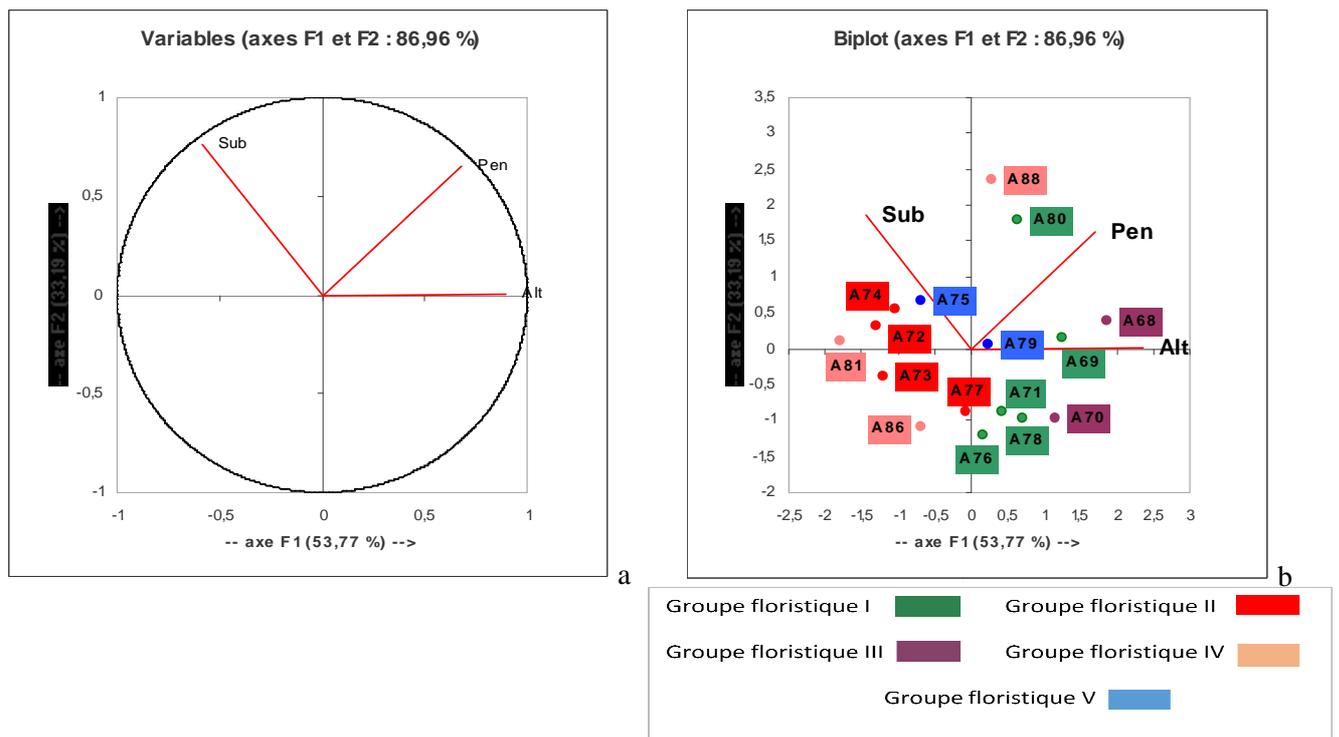


Figure 22 : (a) Cercle de corrélation des paramètres écologiques, (b) Plan factoriel de distribution des individus des groupes floristiques

D'après cette analyse, les facteurs qui influencent les groupes floristiques varient d'un groupe à l'autre. Pour le groupe floristique I, les relevés sont localisés à des altitudes différentes variant de 793 à 927 m, mais c'est la nature du substrat qui a séparé le relevé A080 de l'ensemble. Ainsi, le type de substrat (coulée de lave) est le facteur qui affecte le plus la composition floristique.

Pour le groupe floristique II, les relevés constitutifs du groupe est localisé dans les basses altitudes de substrats variés, mais c'est l'altitude qui a permis leur regroupement. L'altitude a été le paramètre qui contribue le plus au regroupement des relevés.

Le groupe floristique III quant à lui est constitué de deux relevés situés en même temps à une altitude élevée sur du substrat très rocailleux, mais à pente variée et c'est ce dernier qui a séparé les deux relevés. Le relevé A068 présente une valeur de pente forte (18°) par rapport au relevé A070 (6°), malgré cette différence de valeur entre les deux relevés, ces derniers présentent une similarité floristique. Par conséquent, l'altitude et le substrat sont les paramètres qui conditionnent le groupe floristique III

Pour le groupe floristique IV, les relevés sont éparpillés de part et d'autre de l'axe, c'est surtout la valeur élevée de la pente qui a séparé le relevé A088 du reste du groupe. Mais d'une manière générale, les relevés sont localisés sur les basses altitudes et sur du substrat varié (sol profond et coulées de lave). Pour le groupe floristique IV, l'altitude et la nature du substrat ont influencé la composition floristique du groupe.

En ce qui concerne le groupe floristique V, ce dernier est conditionné en même temps par l'altitude et la nature du substrat.

Conclusion partielle

L'Analyse en Composante Principale, indique en premier lieu que la majeure partie des groupes floristiques sont des groupes conditionnés en même temps par deux facteurs dont le facteur édaphique et l'altitude. En effet, la nature du substrat engendre la variation de la composition floristique d'un groupe à l'autre et l'altitude assure la répartition des espèces.

III.6.3. Description des groupement végétaux

La description des groupements végétaux a été faite à partir d'une analyse combinée de la flore et de la structure. Ainsi, les groupes floristiques sont décrits avec leur variante structurale. Le tableau 9 résume les groupements végétaux.

La description des groupements végétaux comporte deux aspects bien définis dont une description floristique et une description structurale. La description floristique a été réalisée à partir d'une analyse de la richesse et composition floristique, du spectre biologique et de l'affinité biogéographique des espèces. Pour la structure, la description met en évidence l'occupation des espèces dans chaque intervalle de hauteur et leur taux de recouvrement respectif.

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des groupements végétaux

Groupes floristiques	Relevés constitutifs	Groupes structuraux	Variante structurales	Nom du groupe
I	A069, A071, A076, A078, A080	A2	Forêt très basse à sous-bois bien fourni	Groupement à <i>Polyscias</i> sp. SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i>
II	A072, A073, A074	B1	Forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent	Groupement à <i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i>
	A077	B2	forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent	
III	A068	A2	Forêt très basse à sous-bois bien fourni	Groupement à <i>Terminalia</i> sp. A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i>
	A070	A1	Bas fourré arbustif	
IV	A081, A086, A088	B2	forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent	Groupement à <i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i>
V	A075	B2	forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent	Groupement à <i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i>
	A079	B1	Forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent	

III.6.3.1. Groupement à *Polyscias* sp_SDR 307 et *Croton jennyanus*

a. Caractéristiques stationnelles

Le groupement à *Polyscias* sp. SDR 307 et *Croton jennyanus* est composé de cinq relevés repartis entre 793 à 927 m d'altitude. La majorité des relevés est situé au niveau du plateau et sur bas versant et reposant sur du sol rocailleux à l'exception du relevé A080 qui repose sur du sol profond.

b. Aspect floristique

Dans l'ensemble, le groupement à *Polyscias* sp SDR 307 et *Croton jennyanus* compte au total 147 espèces réparties dans 55 familles. Les familles ayant un nombre élevé d'espèces sont :

- RUBIACEAE avec 20 espèces réparties dans 18 genres (*Alberta*, *Apomuria*, *Canthium*, *Carphalea*, *Coptosperma*, *Danais*, *Euclinia*, *Hyperacanthus*, *Neoleroia*, *Paracephaelis*, *Peponidium*, *Pseudopeponidium*, *Psychotria*, *Pyrostria*, *Rothmannia*, *Rytigynia*, *Saldinia*, , *Triainolepis*) ;
- FABACEAE avec 15 espèces appartenant à 11 genres (*Acacia*, *Baphia*, *Baudouinia*, *Bauhinia*, *Canavalia*, *Dalbergia*, *Delonix*, *Gagnebina*, *Mimosa*, *Phyllanthus*, *Viguiersanthus*)
- EUPHORBIACEAE avec 8 espèces réparties dans 6 genres (*Acalypha*, *Alchornea*, *Margaritaria*, *Croton*, *Euphorbia*, *Givotia*).

➤ *Spectre biologique des espèces*

D'après la figure 23, le groupement à *Polyscias* sp SDR 307 et *Croton jennyanus* est dominé par des Microphanérophytes qui occupent 37,3% des espèces à savoir *Grewia antsiranensis*, *Centauroopsis rhaponticoides*,... Les Mesophanerophytes sont représentés par les espèces comme *Commiphora arafy*, *Lepidotrichilia ambrensis* avec un pourcentage de 30,5 %. Les Lianes (*Rhipsalis baccifera*, *Cissus glossopetala*,...) sont également bien représentées au niveau du peuplement. Mais les Mégaphanérophytes (*Hildegardia erythrosiphon*, *Strychnos madagascariensis*,...). Les Chaméphytes (*Agarista salicifolia*), les Epiphytes (*Bulbophyllum occultum*, *Angraecum urschianum*,...), et les Géophytes (*Dioscorea* sp., *Tacca pinnatifida*) sont faiblement représentés au sein du groupe.

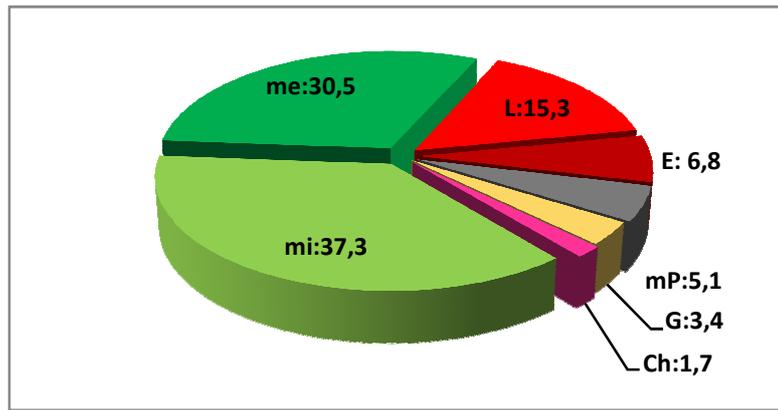


Figure 23: Spectre biologique du groupement à *Polyscias sp_SDR 307 et Croton jennyanus*

Légende : mP : Mégaphanérophytes ; me : Mesophanérophytes ; mi : Microphanérophytes ; na : Nanopranérophytes ; L : Lianes, ch : Chaméphytes ; Th : Thérophytes ; G : Géophytes ; E : Epiphytes

➤ *Affinités biogéographiques des espèces*

Le résultat obtenu de l'analyse biogéographique des espèces renforce les affinités des espèces malgaches avec d'autres pays. Au niveau du groupe, les espèces partagées avec l'Afrique (7 %) et la Régions Malgache-Afrique (7 %), sont plus importantes qu'avec d'autres régions du monde (figure 24).

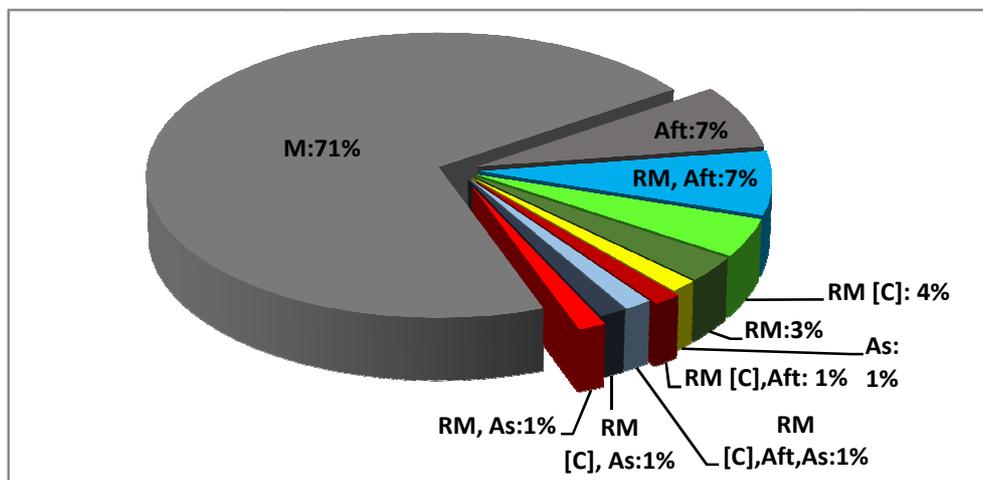


Figure 24 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à *Polyscias sp_SDR 307 et Croton jennyanus*

Légende : M : espèces malgaches; Aft : Afrique tropical; As : Asie ; RM: Régions Malgache (Comores).

En ce qui concerne les espèces malgaches, sur les 71% des ces derniers, 37% des espèces sont de large distribution à Madagascar. Pour la répartition phytogéographique au niveau des domaines phytogéographiques, les espèces localisées au niveau du domaine

phytogéographique de l'Ouest (24%) sont beaucoup plus importantes par rapport aux domaines de l'Est, du Centre (figure 25). Mais les espèces distribuées en même temps entre deux domaines phytogéographiques Centre et Est sont bien représentées (18%) par rapport aux domaines Ouest et Sud.

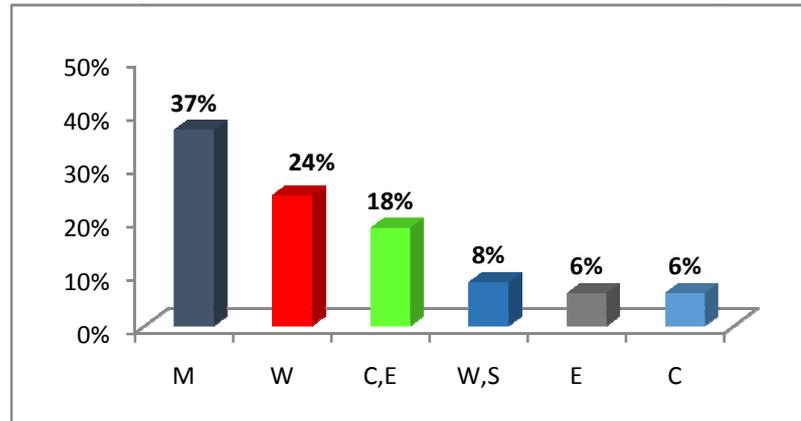


Figure 25: Distribution phytogéographique des espèces endémique du groupement à *Polyscias* sp_SDR 307 et *Croton jennyanus*

Légende : M : Large distribution à Madagascar, E : Est ; C : Centre; W : Ouest ; S : Sud

c. Aspect structural

Le groupement à *Polyscias* sp. SDR 307 et *Croton jennyanus* est représenté par une forêt très basse à sous-bois bien fourni (figure 26 et 27). Les intervalles de hauteur inférieures à 4 m sont occupées par les espèces comme *Alchornea alnifolia*, *Euphorbia* cf. *ankaranae* (EUPHORBIACEAE), *Kalanchoe* sp. A78-003 (CRASSULACEAE), *Oxalis corniculata* (OXALIDACEAE), *Croton jennyanus* (EUPHORBIACEAE), *Erythroxylum ferrugineum* (ERYTHROXYLACEAE),....Les hauteurs comprises entre 4 à 8 m sont dominées par les espèces telles que *Bauhinia* sp. A69-053 (FABACEAE), *Croton jennyanus* EUPHORBIACEAE), *Lepidotrichilia ambrensis* (MELASTOMATACEAE), *Cedrelopsis* aff. *trivalvis* (RUTACEAE). La partie émergente est dominée par *Rhus perrieri* (ANACARDIACEAE), *Cinanchum* sp. A69-040 (APOCYNACEAE), *Drypetes capuronii* (PUTRUNJIVACEAE).

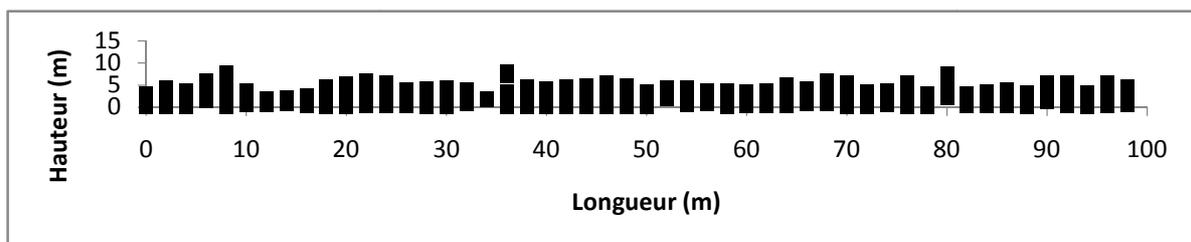


Figure 26 : Profil structural de la forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à *Polyscias* sp_SDR 307 et *Croton jennyanus*

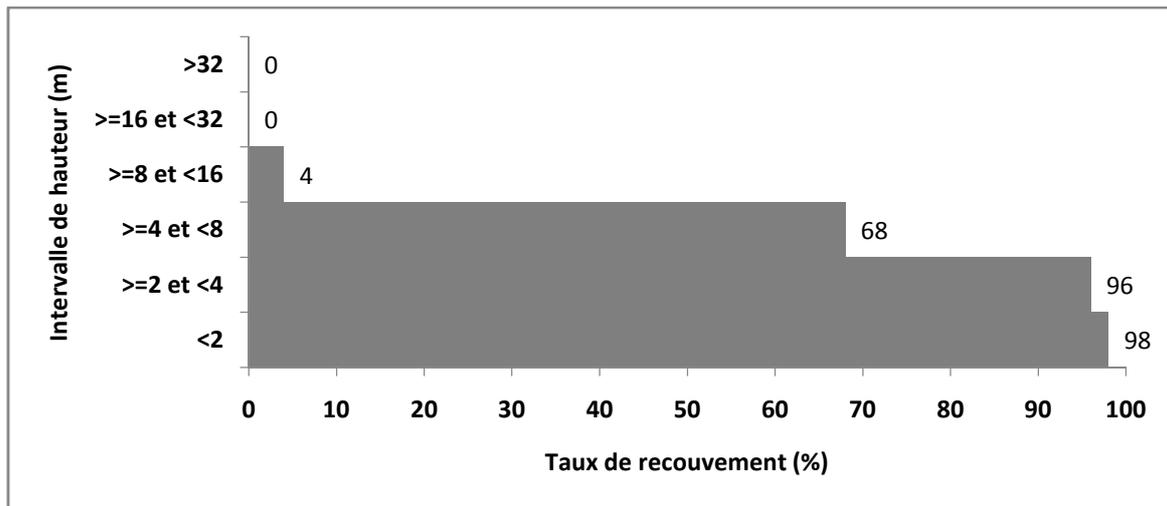


Figure 27 : Diagramme de recouvrement de la forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à *Polyscias* sp _SDR 307 et *Croton jennyanus*.

III.6.3.2. Groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

a. Caractéristiques stationnelles

Le groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum* est constitué par quatre relevés, répartis entre 452 à 631 m d'altitude et situé au niveau du plateau. La majeure partie des relevés reposent sur du substrat très varié d'un relevé à l'autre, allant de la coulée de lave, au sol peu profond et à un sol profond.

b. Aspect floristique

Le groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum* compte au total 156 espèces réparties dans 50 familles, et les familles présentant un nombre élevés d'espèces sont:

- RUBIACEAE avec 19 genres et 21 espèces (*Apomuria*, *Canthium*, *Coffea*, *Coptosperma*, *Danais*, *Enterospermum*, *Euclinia*, *Hyperacanthus*, *Ixora*, *Neoleroya*, *Peponidium*, *Polysphaera*, *Pseudopeponidium*, *Pyrostria*, *Rothmannia*, *Rytigynia*, *Saldinia*, *Tarenna*, *Triainolepis*)
- FABACEAE avec 12 genres et 16 espèces (*Acacia*, *Albizia*, *Apaloxylon*, *Baudouinia*, *Bauhinia*, *Canavalia*, *Colvilea*, *Cordyla*, *Dalbergia*, *Delonix*, *Hymenaea*, *Mimosa*)
- EUPHORBIACEAE avec 8 genres et 9 espèces (*Alchornea*, *Bivinia*, *Cleisthantus*, *Croton*, *Euphorbia*, *Givotia*, *Margaritaria*, *Tannodia*)

➤ *Spectre biologique des espèces*

Au niveau de ce groupe, les Mesophanérophytes sont les types biologiques les mieux représentés (46%) avec les espèces comme *Erythroxylum coffeifolium*, *Baudouinia*

fluggeiformis, *Macphersonia gracilis*, les Mégaphanérophytes sont désignés par les espèces comme *Burasaia madagascariensis*, *Aphloia theiformis*. Les Lianes sont représentées par 8% à savoir : *Adenia* sp. A63-019, *Arthobotrys madagascariensis*. Les autres types biologiques sont présentes mais à faible pourcentage comme les Epiphytes avec 3% (*Platycerium quadridichotomum*,...), les Chaméphytes avec 2% (*Kalanchoe* sp. A78-003,...) et les Nanophanérophytes avec 1% (*Saldinia subacuminata*) (figure 28).

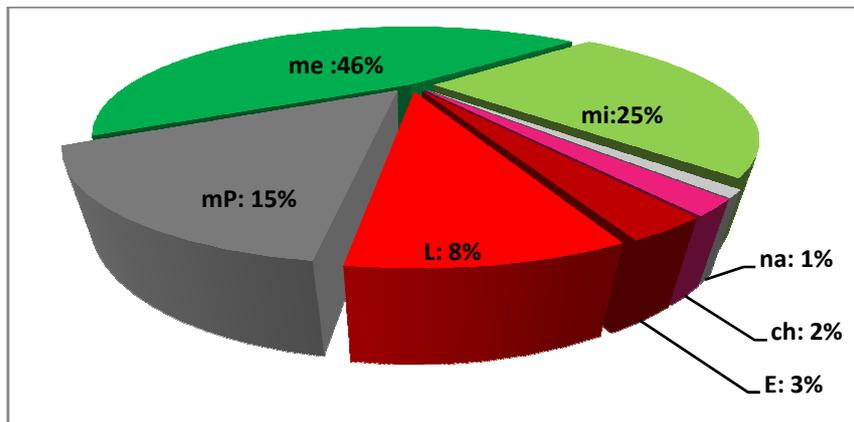


Figure 28: Spectre biologique du groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

Légende :mP : Mégaphanérophytes ; me : Mesophanérophytes ; mi : Microphanérophytes ; na : Nanophanérophytes ; L : Lianes, ch :Chaméphytes ; E : Epiphytes.

➤ *Affinités biogéographiques des espèces*

L'analyse biogéographique des espèces montre que le groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum* partage une grande partie de sa flore avec l'Afrique (13%) tropicale et faiblement avec l'Asie (1%), le Comores-Afrique (1%) (figure 29). Les espèces malgaches sont fortement représentées au sein du groupe (69%).

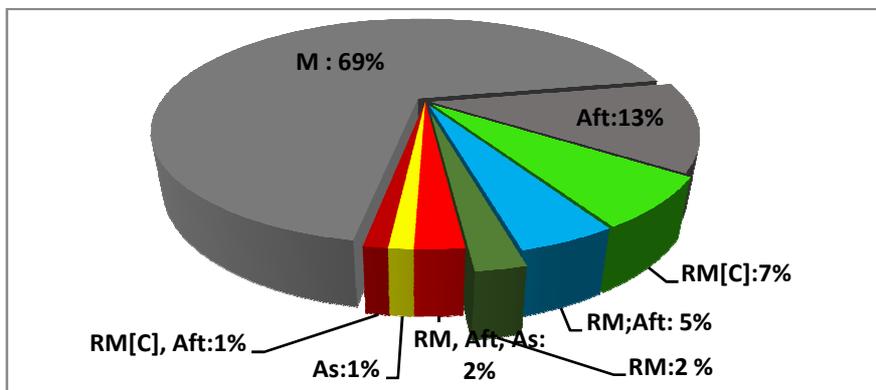


Figure 29 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

Légende : M : espèces malgaches; Aft : Afrique tropical; As : Asie ; RM: Régions Malgaches (Comores).

Pour les 69% des espèces malgaches, 36% des espèces présentent une distribution large au niveau de Madagascar, tandis que 19% des espèces appartiennent aux forêts sèches. Par ailleurs, les espèces distribuées en même temps dans le Domaine de l'Est et du Centre sont importantes avec 17% des espèces par rapport aux espèces distribuées dans d'autres domaines phytogéographiques de Madagascar (figure 30).

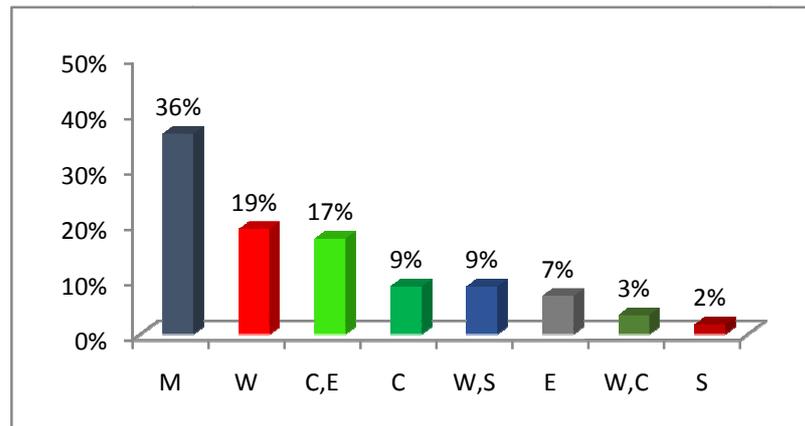


Figure 30: Distribution phytogéographique des espèces endémique du groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

Légende : M : Large distribution à Madagascar, E : Est ; C : Centre; W : Ouest ; S : Sud

c. Aspect structural

Du point de vue structural, le groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum* est constitué par deux types de forêts :

- une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent
- une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent

L'analyse des profils structuraux de ce groupement met en évidence une végétation relativement haute. La strate inférieure (<4 m) est très éparse et le taux de recouvrement des espèces est faible. Mais, un accroissement du taux de recouvrement des espèces est noté à partir de 4 à 15 m de haut.

Pour la forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent ((figures 31 et 32), les hauteurs inférieures à 4 m est occupées par *Erythroxylum coffeifolium* (ERYTHROXYLACEAE), *Grevea madagascariensis* subsp. *madagascariensis* (MONTINIACEAE), *Baudouinia fluggeiformis* (FABACEAE), *Pseudopeponidium* aff. *oleifolium* (RUBIACEAE), *Neoleroya verdcourtii* (RUBIACEAE). Entre 4 et 8 m de haut, les espèces comme *Alophyllus cobbe* (SAPINDACEAE), *Drypetes capuronii*

(PUTRUJIVACEAE), *Stereospermum longiflorum* (BIGNONIACEAE), *Commiphora arafy* (BURSERACEAE), *Givotia stipularis* (EUPHORBIACEAE) sont les espèces qui dominent cette hauteur.

En ce qui concerne les espèces émergentes qui occupent la strate supérieure (8 à 16 m) de la canopée, ces dernières sont représentées par *Hildegardia erythrosiphon* (MALVACEAE), *Apaloxylon* sp. A72-003 (FABACEAE), *Strychnos madagascariensis* (LOGANIACEAE), *Stereospermum longiflorum* (BIGNONIACEAE), *Givotia stipularis* (EUPHORBIACEAE).

La forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent (figures 33 et 34) quant à elle est constituée dans les hauteurs inférieures à 4 m par *Euphorbia* cf. *ankaranae* (EUPHORBIACEAE), *Euclinia suavissima* (RUBIACEAE), *Burasaia madagascariensis* (MENISPERMACEAE).

Dans les hauteurs comprises entre 4 à 8 m, les espèces telles que *Cleisthantus* cf. *occidentalis* (EUPHORBIACEAE), *Strychnos madagascariensis* (LOGANIACEAE), *Burasaia madagascariensis* (MENISPERMACEAE), *Macphersonia gracilis* (SAPINDACEAE) sont les plus dominantes, tandis que les hauteurs comprises entre 8 à 16 m sont occupées par *Baudouinia fluggeiformis* (FABACEAE), *Treculia africana* var. *madagascariensis* (MORACEAE), *Bathiorhamnus macrocarpus* (RHAMNACEAE). La partie émergente de la canopée est dominée par *Bivinia jalbertii* (EUPHORBIACEAE), *Majidea zanguebarica* (SAPINDACEAE).

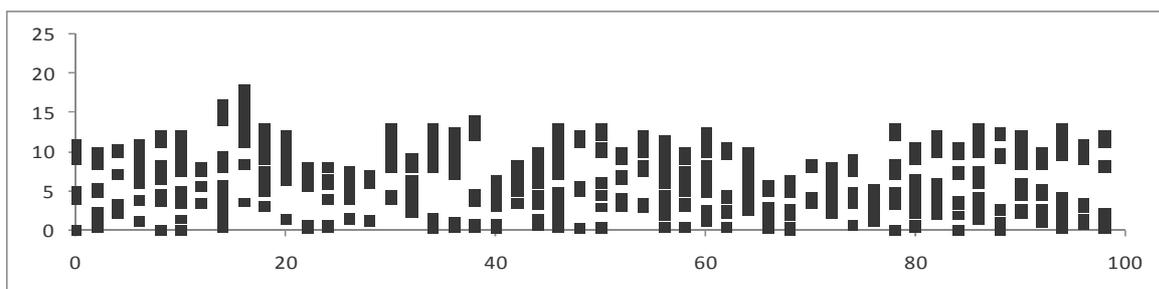


Figure 31 : Profil structural d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

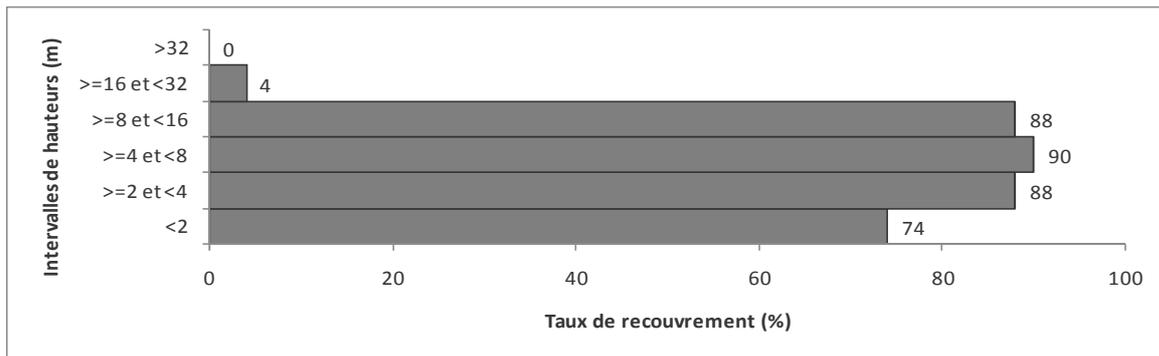


Figure 32 : Diagramme de recouvrement (b) d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

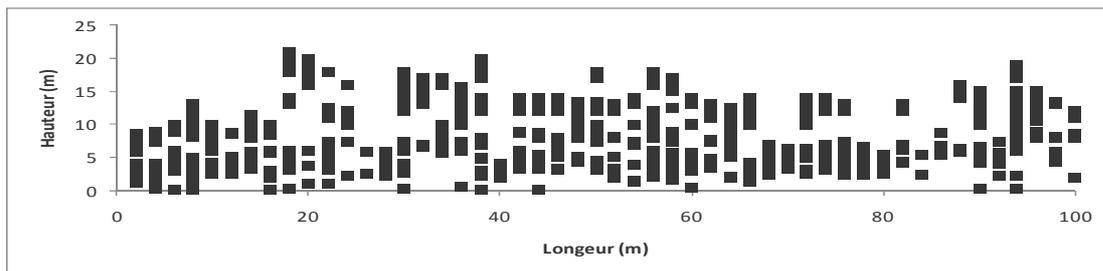


Figure 33: Profil structural d'une forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent du groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

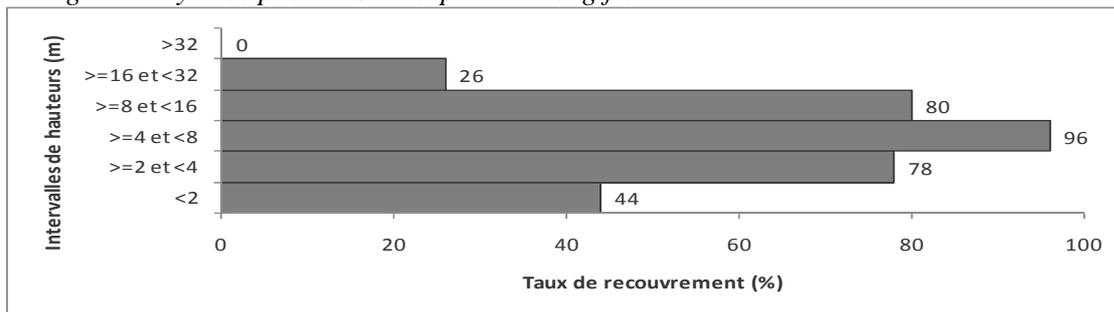


Figure 34 : Diagramme de recouvrement d'une forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent du groupement à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

III.6.3.3. Groupement à *Terminalia* sp_A68-064 et *Vernonia secundifolia*

a. Caractéristiques stationnelles

Le groupement à *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia* est composé de deux relevés A068 et A070 situés à 1024 m et 1090 m d'altitude. Ces derniers sont situés au niveau de la partie sommitale du Cratère sec reposant sur du substrat très rocailleux qu'est la coulées de lave.

b. Aspect floristique

La richesse floristique du groupement à *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia* compte au total 54 espèces appartenant dans 29 familles. Parmi ces dernières, la

famille des RUBIACEAE, EUPHORBIACEAE et ASTERACEAE sont les familles les mieux représentées au niveau du groupe.

- RUBIACEAE avec 7 espèces et 6 genres (*Alberta*, *Coptosperma*, *Pseudopeponidium*, *Psychotria*, *Pyrostria*, *Tarenna*)
- EUPHORBIACEAE avec 6 espèces 4 genres (*Alchornea*, *Croton*, *Euphorbia*, *Givotia*).
- ASTERACEAE avec 5 espèces et 5 genres (*Centaurosis*, *Emilia*, *Helichrysum*, *Seneco*, *Vernonia*).

➤ *Spectre biologique des espèces*

Les Microphanérophytes dominent le groupement à *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia* (36%) et sont représentés par *Impatiens* sp. A68-084, *Helichrysum* sp.,.... Les Mésophanérophytes comptent 26% des espèces à savoir *Erythroxylum ferrugineum*, *Croton boinensis* ..., les Chaméphytes sont représentés par 10% (*Emilia humifusa*, *Seneco* spA70-018,...), les Lianes couvrent 8% de la population et sont représentées par *Flagellaria indica*, *Adenia* sp. A63-019. Pour les autres types biologiques couvrent seulement 5% des espèces (figure 35).

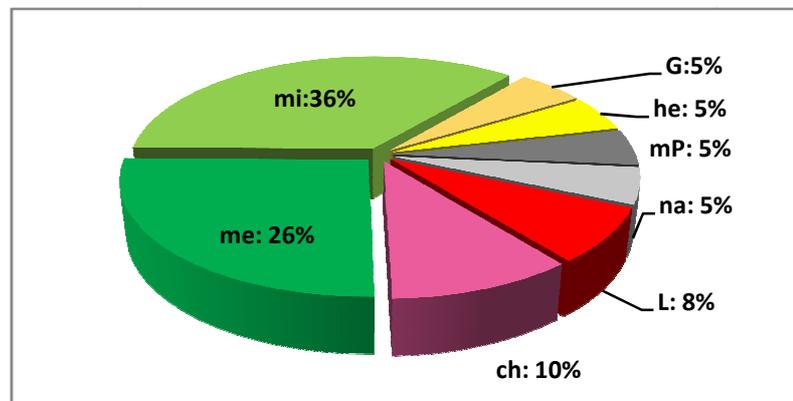


Figure 35: Spectre biologique du groupement à *Terminalia* sp_A68-064 et *Vernonia secundifolia*

Légende :mP : Mégaphanérophytes ; me : Mesophanérophytes ; mi : Microphanérophytes ; na : Nanopranérophytes ; L : Lianes, ch :Chaméphytes ; G : Géophytes ; he: Hemicryptophytes.

➤ *Affinités biogéographiques des espèces*

L'analyse biogéographique des espèces est indiquée par la figure 36, montre que les espèces malgaches occupent un pourcentage important, mais ce groupe partage également une partie de sa flore avec les Comores (15% des espèces) et avec les Régions Malgaches et l'Afriques (11%).

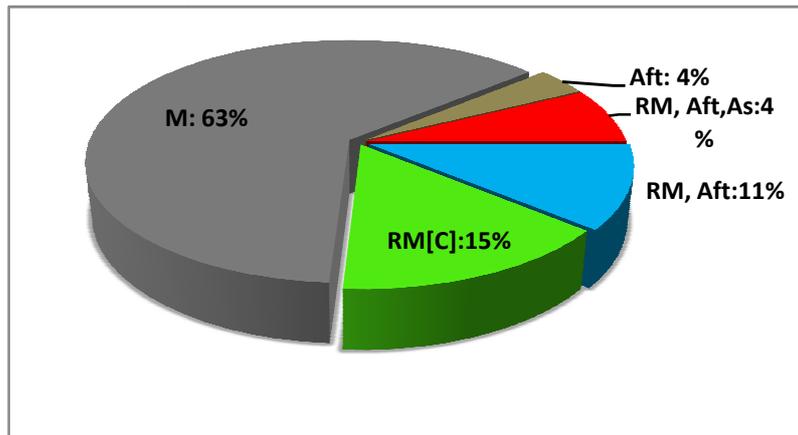


Figure 36 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à *Terminalia* sp_A68-064 et *Vernonia secundifolia*

Légende : M : Espèces malgaches; Aft : Afrique tropicale; As : Asie ; RM: Régions Malgaches (Comores).

Avec les 63% des espèces malgaches, les espèces typiquement sèches sont nombreuses (40%), par rapport aux espèces des zones humides (Centre et/ou Est) De ce fait, le groupement à *Terminalia* sp_A68-064 et *Vernonia secundifolia* est donc un groupe à tendance sèche (figure 37).

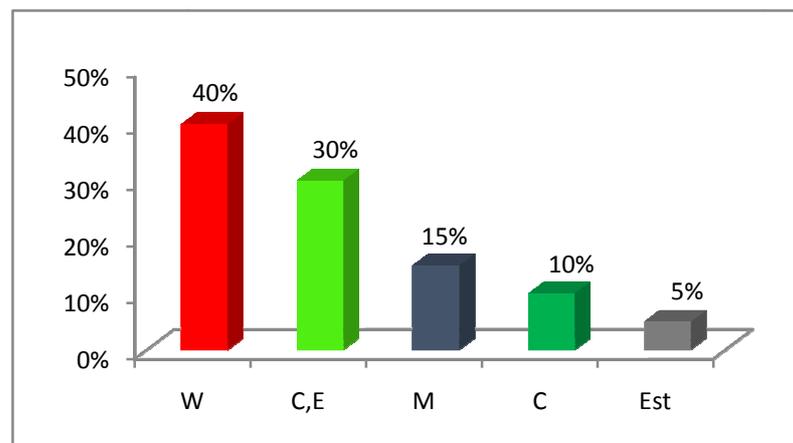


Figure 37: Distribution phytogéographique des espèces endémiques du groupement à *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia*

Légende : M : Large distribution à Madagascar, E : Est ; C : Centre; W : Ouest ; S : Sud

c. Aspect structural

Sur le plan structural, le groupement à *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia* présente deux variantes structurales dont un bas fourré arbustif et une forêt très basse à sous-bois bien fourni.

Le bas fourré arbustif est dominé par les espèces *Alberta minor* (RUBIACEAE, *Aloe* sp.(XANTHOCERACEAE), *Centauroopsis rhaponticoides* (ASTERACEAE), *Croton*

boinensis (RUPHORBIACEAE), *Dichaetanthera oblongifolia* (MELASTOMATACEAE), *Lycopodiella cernua* (LYCOPODIACEAE), dans les hauteurs inférieures à 2 m, mais au niveau de 2,5 m, seule *Ludia cf. scolopioides* occupe cette hauteur (figure 38 et 39).

Pour la forêt très basse à sous-bois bien fourni, les intervalles de hauteur inférieurs à 2 m sont occupés par les espèces comme *Erythroxylum ferrugineum* (ERYTHROXYLACEAE), *Euphorbia cf. ankaranae* (EUPHORBIACEAE), *Clerodendrum spA80-073* (LAMIACEAE), *Lycopodiella cernua* (LYCOPODIACEAE), *Dioscorea sp.* (DIOSCOREACEAE)

Les intervalles de hauteurs compris entre 2 à 4 m sont dominés par les espèces telles que *Dioscorea sp.* (DIOSCOREACEAE), *Tarenna spiranthera* (RUBIACEAE), *Dalbergia sp. A68-060* (FABACEAE), alors que *Psychotria ambongensis* (RUBIACEAE), *Streblus mauritianus* (MORACEAE), *Dalbergia sp_A68-060* (FABACEAE) occupent la partie émergente de la canopée située entre 4 à 8 m de haut (figure 40 et 41).

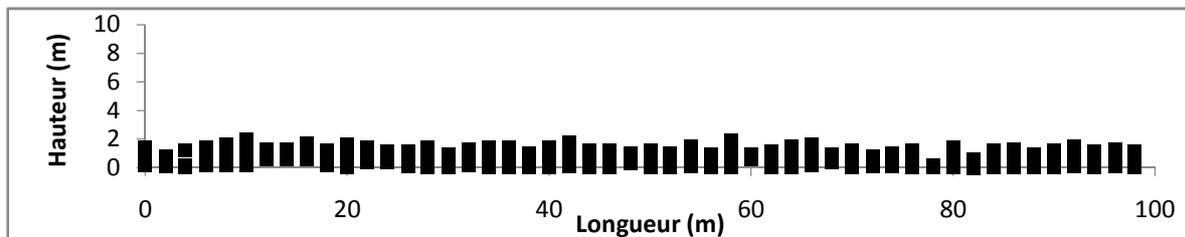


Figure 38 : Profil structural d'un bas fourré arbustif du groupement à *Terminalia sp_ A68-064* et *Vernonia secundifolia*.

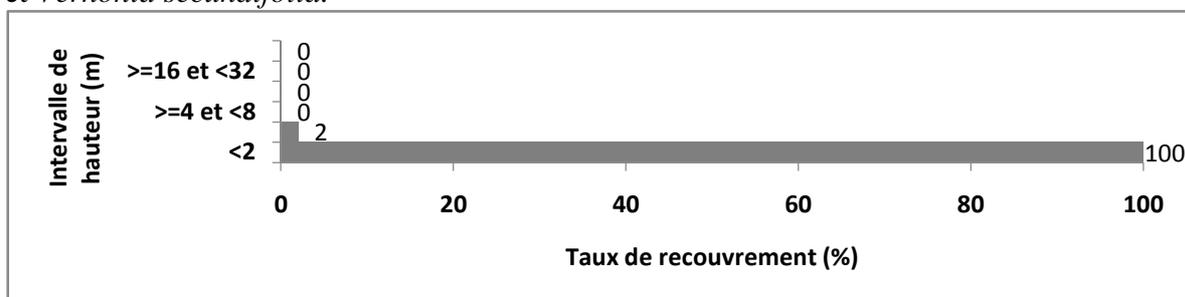


Figure 39: Diagramme de recouvrement des espèces d'un bas fourré arbustif du groupement à *Terminalia sp_A68-064* et *Vernonia secundifolia*.

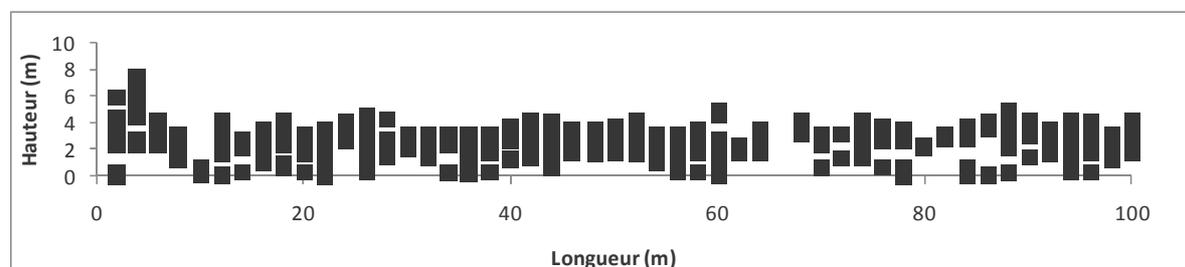


Figure 40: Profil structural d'une forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à *Terminalia sp_ A68-064* et *Vernonia secundifolia*.

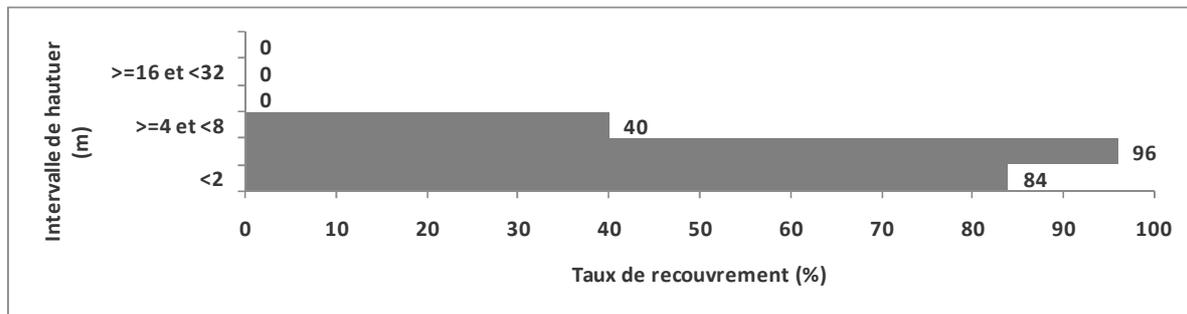


Figure 41 : Diagramme de recouvrement des espèces d'une forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupement à *Terminalia* sp_ A68-064 et *Vernonia secundifolia*.

III.6.3.4. Groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

a. Caractéristiques stationnelles

Trois relevés constituent le groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans* à savoir le relevé A081, A086, A088. Ces derniers sont localisés respectivement au niveau de 463, 472 et 673 m d'altitude sur du plateau et du versant. Les relevés reposent sur de la coulées de lave et du sol profond.

b. Aspect floristique

Au niveau du groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans* compte au total 109 espèces appartenant à 40 familles. Les familles les plus riches au niveau spécifique sont :

- RUBIACEAE avec 11 espèces et 9 genres (*Coffea*, *Enterospermum*, *Ixora*, *Peponidium*, *Polysphaera*, *Pyrostria*, *Rothmannia*, *Tarenna*, *Tricalysia*)
- SAPINDACEAE avec 8 espèces et 7 genres (*Alophyllus*, *Macphersonia*, *Molinaea*, *Plagioscyphus*, *Pseudopteris*, *Stadmania*, *Tina*).
- FABACEAE avec 7 espèces et 7 genres (*Albizia*, *Apaloxylon*, *Baudouinia*, *Dalbergia*, *Hymenaea*, *Xylia*, *Dalbergia*)

➤ Spectre biologique des espèces

Les Phanérophytes sont les types biologiques qui dominent le groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*, les Mesophanerophytes couvrent 60% des types biologiques (*Commiphora arafy*, *Strychnos henningsii*,...), les Megaphanerophytes (*Canarium madagascariense*, *Stadmania acuminata*, *Strychnos madagascariensis*,...) ainsi que les Microphanérophytes (*Noronhia crassinodis*, *Stephanodaphne* sp. A88-053, *Ixora* aff. *cremixora*,...) occupent respectivement les 22% et 13% du peuplement. Les Lianes comme

Salacia madagascariensis, *Smilax anceps* et les Hemicryptophytes comme *Poa* sp. A081-031 sont représentées par une infime proportion (figure 42).

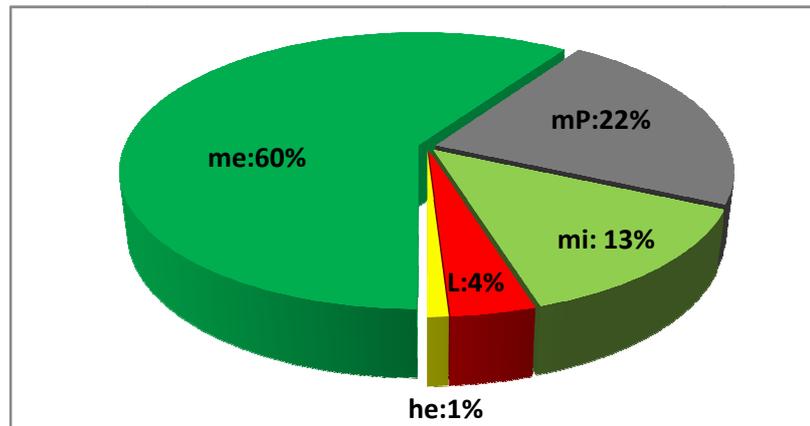


Figure 42: Spectre biologique du groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

Légende :mP : Mégaphanérophytes ; me : Mesophanérophytes ; mi : Microphanérophytes ; L : Lianes, he : Hemicryptophytes.

➤ Affinités biogéographiques des espèces

L'analyse biogéographique des espèces montre une occupation importante des espèces malgaches, mais ce groupe partage également 13% de ces espèces avec l'Afrique et 7% avec les Comores et infiniment avec d'autres régions (figure 43).

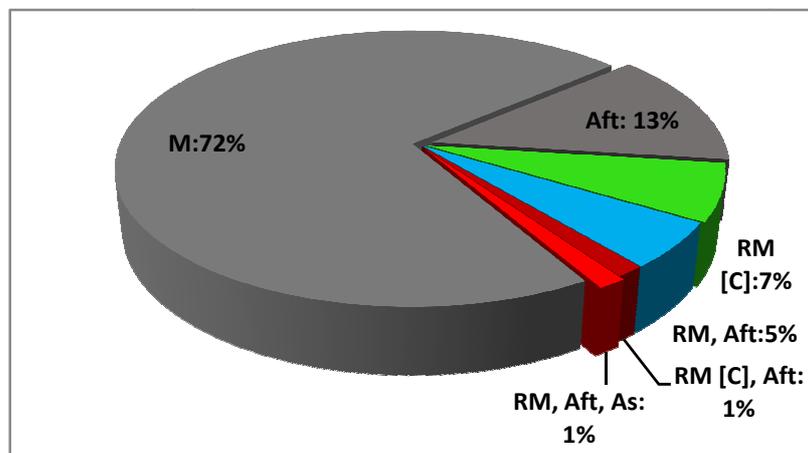


Figure 43 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

Légende : M : espèces malgaches; Aft : Afrique tropical; As : Asie ; RM: Régions Malgaches (Comores).

En ce qui concerne 72% des espèces malgaches, 33% de ce dernier présente une distribution large à Madagascar (figure 44). Au niveau du groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*, les espèces distribuées dans le Domaine de l'Ouest sont

importantes par rapport aux autres domaines (Centre, Est et Sud) et elles sont représentées par 19% des espèces. Les espèces distribuées en même temps dans deux domaines phytogéographiques sont également bien représentées surtout les espèces rencontrées en même temps à l'Est et au Centre (17%).

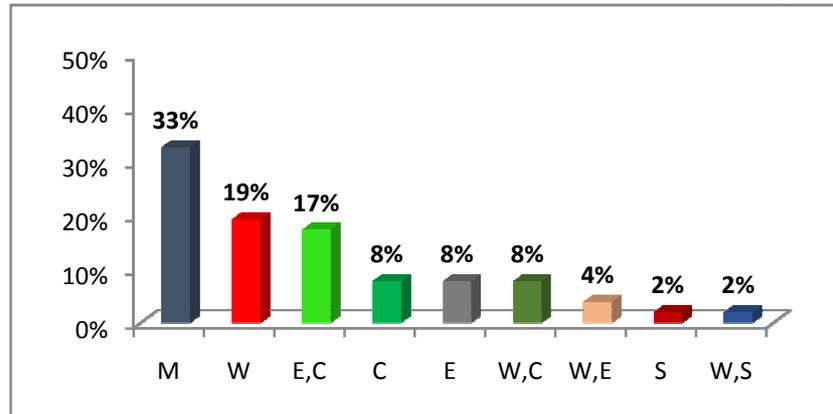


Figure 44: Distribution phytogéographique des espèces endémique du groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

Légende : M : Large distribution à Madagascar, E : Est ; C : Centre; W : Ouest ; S : Sud

c. Aspect structural

Le groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans* est représenté par un seul type de forêt qui est la forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent (figure 45 et 46). Chaque intervalle de hauteur (IDH) est caractérisé par les espèces suivantes :

IDH < 2 m : *Petchia erythrocarpa*, *Garcinia aphanophlebia*, *Strychnos heningsii*, *Memecylon longipetalum*, *Warneckea sansibarica* et *Grevea madagascariensis*.

IDH 2 à 4 m : *Cleisthantus cf. occidentalis*, *Trophis montana*, *Warneckea sansibarica* et *Strychnos heningsii*.

IDH 4-8 m : *Salacia madagascariensis*, *Erythroxylum ferrugineum*, *Erythroxylum sphaeranthum*, *Treculia africana* var. *madagascariensis*, *Drypetescapuronii*.

IDH 8-16 m : *Canarium madagascariense*, *Lepidotrichilia ambrensis*; *Malleastrum antsingyense*, *Drypetes madagascariensis*, *Drypetes capuronii*, *Macphersonia gracilis*.

IDH 16-32 m: *Canarium madagascariense*, *Terminalia* aff. *calvicola*, *Dalbergia* sp. A86-024.

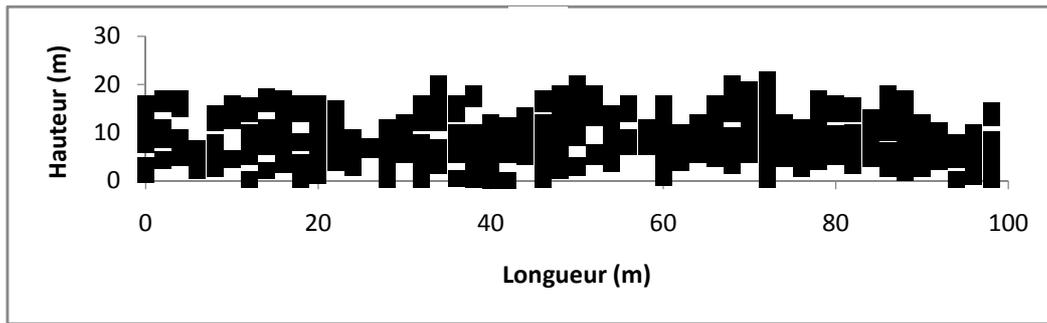


Figure 45 : Profil structural d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

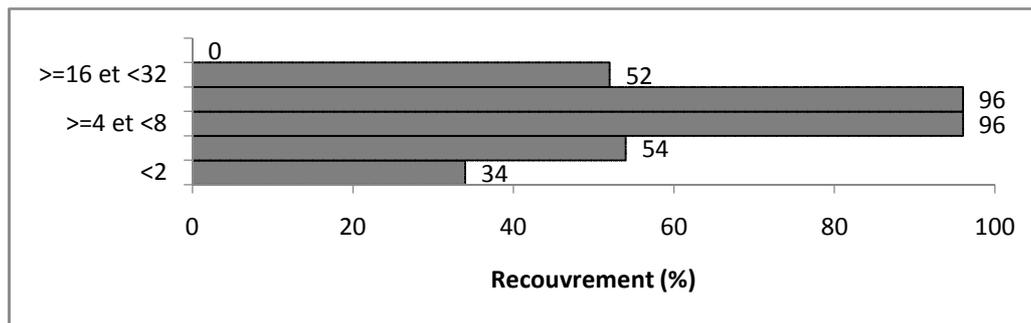


Figure 46 : Diagramme de recouvrement des espèces d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

III.6.3.5. Groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

a. Caractéristiques stationnelles

Le groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis* est composé de deux relevés A075 et A079 répartis respectivement entre 717 m et 855 m d'altitude. Ces derniers reposent chacun sur du sol peu profond et du sol profond au niveau du bas-versant et du plateau.

b. Aspect floristique

Du point de vue floristique le groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis* renferme 93 espèces réparties dans 36 familles mais les plus représentées sont la familles des RUBIACEAE avec 16 espèces appartenant à 15 genres (*Canthium*, *Chassalia*, *Coffea*, *Hyperacanthus*, *Ixora*, *Neoleroya*, *Oldenlandia*, *Pauridiantha*, *Polysphaera*, *Pseudopeponidium*, *Psychotria*, *Pyrostria*, *Rothmannia*, *Tarenna*, *Tricalysia*), EUPHORBIACEAE avec 7 espèces réparties dans 4 genres (*Alchornea*, *Euphorbia*, *Givotia*, *Macaranga*) et SAPINDACEAE avec 5 espèces et 5 genres (*Majidea*, *Plagioscyphus*, *Pseudopteris*, *Tina*, *Lepisanthes*).

➤ *Spectre biologique des espèces*

Le peuplement du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis* est fortement dominé par des espèces ligneuses (figure 47). Les Mésophanérophytes sont les formes biologiques les plus représentés au niveau du groupe. Ils occupent presque la moitié des espèces (45%) à savoir *Zanthoxylum madagascariense*, *Ludia erosifolia*, *Leptaulus citroides*, les Microphanérophytes et les Mégaphanérophytes sont de même proportion au sein du peuplement. Les Microphanérophytes sont représentés par les espèces telles que *Stephanodaphne geminata*, *Pyrostria andilanensis*, *Ixora* aff. *cremixora* et les Mégaphanérophytes par les espèces comme *Celtis philippensis*, *Chrysophyllum boivinianum*, *Drypetes ambigua*. Au niveau de ce groupe, les petits et les grands arbres sont uniformément répartis.

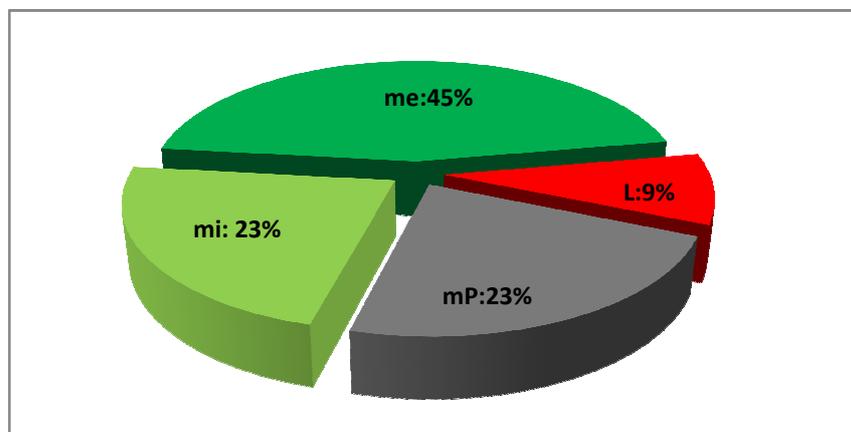


Figure 47: Spectre biologique du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

Légende : mP : Mégaphanérophytes ; me : Mesophanérophytes ; mi : Microphanérophytes ; L : Lianes.

➤ *Affinités biogéographiques des espèces*

Au niveau du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*, il a été constaté qu'une partie importante de la flore de ce groupe est endémique de Madagascar (72%), mais certaines espèces sont également localisées dans d'autres régions du monde. En effet, 11% des espèces de ce groupe sont localisées dans les Comores et 6 % sont aussi distribuées avec l'Afrique, Une infime partie de la flore est partagée avec d'autres régions (figure 48).

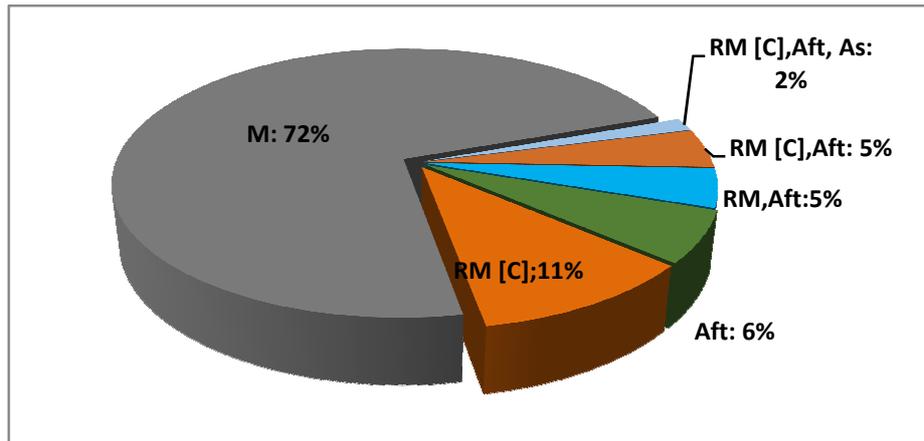


Figure 48 : Affinité biogéographique mondiale des espèces du groupement *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

Légende : M : espèces malgaches; Aft : Afrique tropical; As : Asie ; RM: Régions Malgaches (Comores).

Pour les espèces distribuées uniquement à Madagascar, les espèces à large répartition sont de forte proportion au niveau du groupe. Les espèces rencontrées au niveau des trois domaines phytogéographiques (Est, Centre, Ouest) ont été aussi présentes mais moins importantes par rapport aux espèces distribuées en même temps dans les deux domaines phytogéographiques (Centre et Est). Ainsi, les espèces rencontrées dans les zones humides sont beaucoup plus nombreuses dans ce groupe par rapport aux espèces des zones sèches (figure 49).

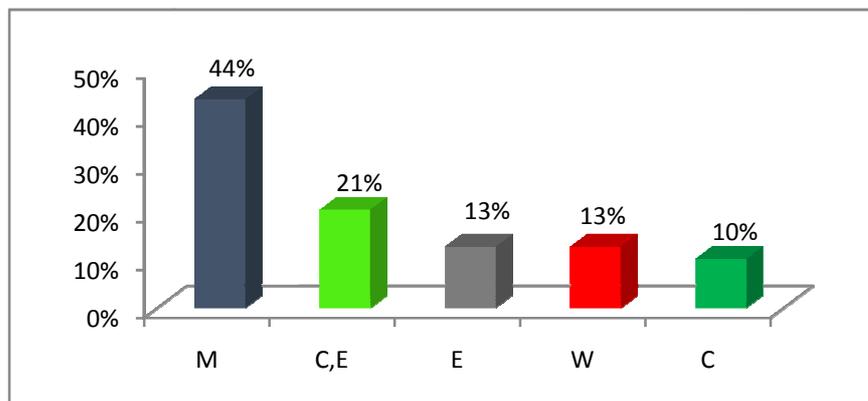


Figure 49: Distribution phyto-geographique des espèces endemiques du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

Légende : M : Large distribution à Madagascar, E : Est ; C : Centre; W : Ouest ; S : Sud

a. Aspect structural

Le groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis* est formé par deux variantes structurales dont une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent et une forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent.

La forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent (figure 50 et 51) est représentée par les espèces comme *Wielandia fadenii* (EUPHORBIACEAE), *Drypetes capuronii* (PUTRUNJIVACEAE), *Malleastrum* sp. A97-015 (MELIACEAE), dans les intervalles de hauteur inférieures à 4 m. Les espèces comme *Hyperacanthus deblockii* (RUBIACEAE), *Diospyros gracilipes* (EBENACEAE), *Albizia mainaea* (FABACEAE), *Chrysophyllum boivinianum* (SAPOTACEAE) occupent les hauteurs comprises entre 4 à 8 m et la partie émergente est représentée par les espèces comme *Hyperacanthus deblockii* (RUBIACEAE), *Majidea zanguebarica* (SAPINDACEAE), *Monoporus* aff. *clusiifolius* (PRIMULACEAE), *Zanthoxylum* sp. A93-005 (RUTACEAE)

Le niveau de stratification de la forêt haute à sous-bois clair à fort taux d'émergent (figure 52 et 53) est constitué par les espèces comme : *Arthobotrys madagascariensis* (ANNONACEAE), *Flagellaria indica*, *Garcinia aphanophlebia* (CLUSIACEAE), *Diospyros gracilipes* (EBENACEAE) au niveau des hauteurs inférieures à 4 m, alors que *Aspidostemon* aff. *reticulatum* (LAURACEAE), *Garcinia* sp. A79-051 (CLUSIACEAE), *Potameia* aff. *thouarsii* (LAURACEAE), *Chrysophyllum boivinianum* (SAPOTACEAE) occupent les intervalles de hauteurs comprises entre 4 à 8 m. Au niveau de 8 à 16 m *Chrysophyllum boivinianum* (SAPOTACEAE), *Cryptocarya* sp. A75-053 (LAURACEAE), *Ocotea racemosa* (LAURACEAE), *Trema orientalis* (CANNABACEAE) sont les espèces caractéristiques de cette hauteur. La partie émergente quant à elle, est dominée par *Xylopia* sp. A75-063 (ANNONACEAE), *Givotia stipularis* (EUPHORBIACEAE), *Syzygium parkeri* (MYRTACEAE).

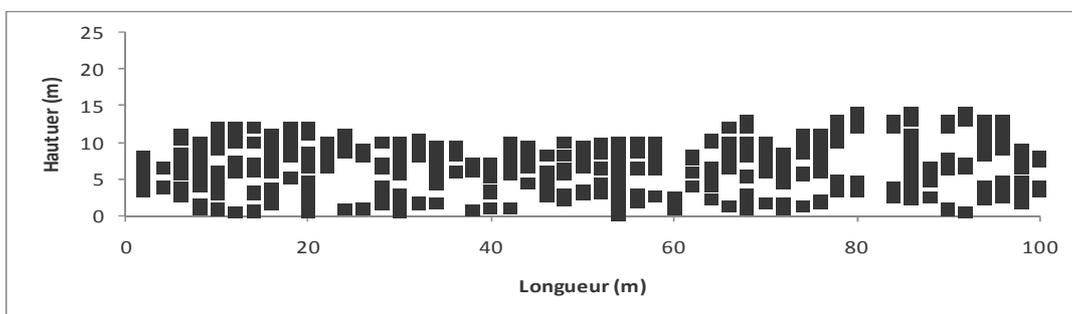


Figure 50: Profil structural d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

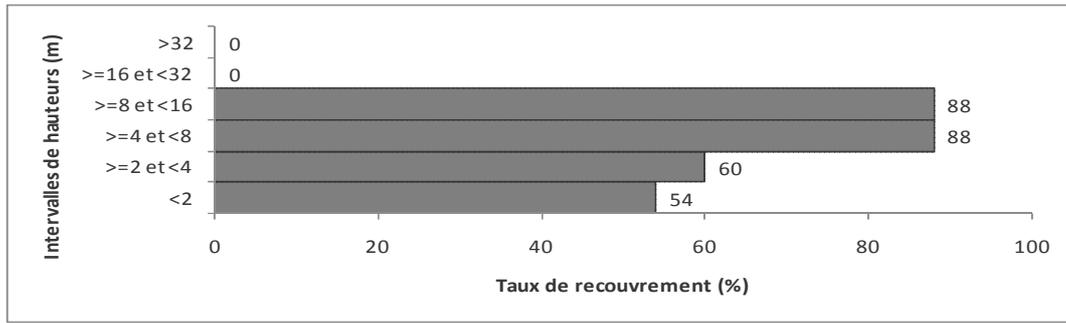


Figure 51 : Diagramme de recouvrement d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

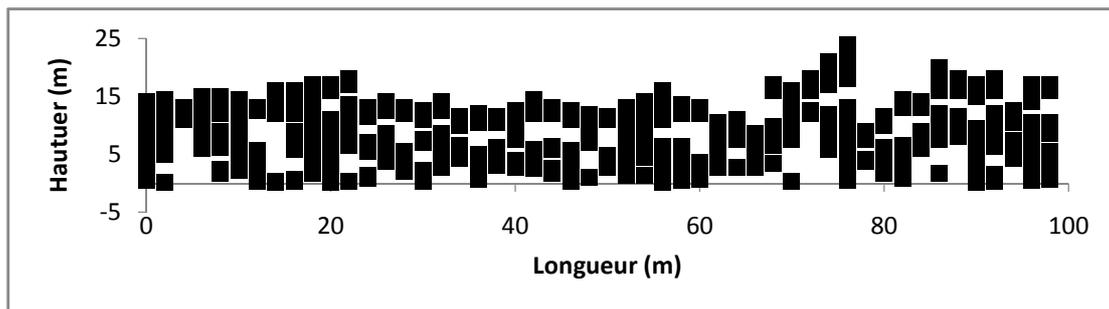


Figure 52 : Profil structural des espèces d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

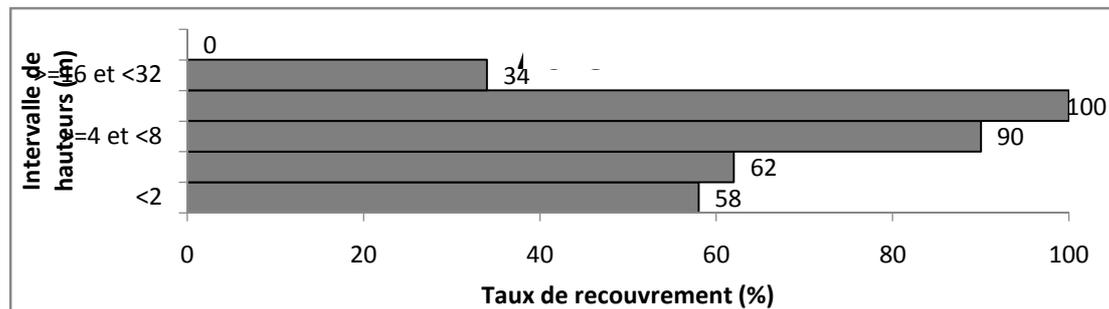


Figure 53 : Diagramme de recouvrement des espèces d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupement à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

**Quatrième partie: DISCUSSIONS ET
RECOMMANDATIONS**

Afin de mieux situer les résultats obtenus de cette étude, une discussion sur les méthodes adoptées, les résultats obtenus sont nécessaires, mais une étude comparative des résultats avec les travaux antérieurs est également réalisée.

IV.1. Résultats obtenus

IV.1.1 Aspects floristiques

IV.1.1.1. Richesse floristique globale

La formation sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre est une formation très diversifiée au niveau générique et au niveau spécifique. Certains genres, rencontrés souvent dans les forêts occidentales en particulier au niveau des forêts sèches, n'ont pas pu être inventoriés dans cette formation à savoir le genre *Amorphophallus* et *Cyphostemma*. Par contre, d'autres genres présents dans les forêts sèches comme *Adenia*, *Pachypodium*, *Commiphora*, *Hildegardia*, *Dalbergia*, *Rinorea* et *Strychnos* ont été fréquemment rencontrés. La présence de certaines espèces caractéristiques des forêts sèches (*Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia*) confirme l'appartenance de la formation sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre à la « forêt dense sèche, série à *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia* » (CORNET & GUILLAUMET, 1976).

IV.1.1.2. Comparaison du nombre des groupes taxonomiques

Une étude comparative de nombre de taxon a été réalisée entre la forêt sèche de la Montagne d'Ambre et les massifs abritant des forêts sèches entre autres celle de Loky-Manambato (RANIRISON, 2010), Ankarana (BARDOT-VAUCOULON, 1991) et de Bemaraha (RABARISON, 2000). Dans un premier temps, il a été constaté que le nombre de taxa de la forêt sur coulées de la Montagne d'Ambre est très faible par rapport à celle de Loky-Manambato (tableau 10), en effet, cela résulte du nombre de relevé réalisé. Pour Loky-Manambato, le nombre de relevé est égale à 101 alors que celui de la forêt sèche de la Montagne d'Ambre est égale à 16.

Dans un second lieu, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre présente un nombre de famille plus élevé par rapport au massif d'Ankarana et de Bemaraha. Quand au nombre de genre et d'espèce, le Bemaraha et la Montagne d'Ambre sont beaucoup plus riche au niveau générique et au niveau spécifique par rapport à l'Ankarana et cela malgré le nombre peu élevé de relevé réalisé. Ainsi, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre présente une richesse floristique importante malgré sa faible représentativité par rapport à la totalité du massif.

Tableau 10 : Comparaison du nombre des groupes taxonomiques de la forêt sèche de la Montagne d'Ambre avec quelques sites.

Sites	Familles	Genres	Espèces	Nombre de relevés
Ankarana (Bardot-Vaucoulon, 1991)	63	NA*	260	20
Bemaraha (Rabarison, 2000)	86	273	457	13
Loky-Manambato (Ranirison, 2010)	115	821	1978	101
Forêt sur coulée de lave Mda*(cette étude)	90	224	397	16

NA : Données non disponible, Mda : Montagne d'Ambre

IV.1.1.3. Affinités phytogéographiques globales

Une analyse des espèces par tranche altitudinale a été faite en parallèle avec l'analyse de distribution phytogéographique des espèces.

En premier lieu, les espèces de forêt sur coulées de lave montre une forte affinité avec le domaine de l'Ouest par rapport aux autres domaines.

En second lieu, l'analyse des espèces par tranche altitudinale montre que les espèces appartenant au domaine phytogéographique de l'Ouest et les espèces distribuées en même temps dans le Domaine l'Est et le Domaine du Centre sont de même proportion dans les altitudes inférieures et aux environs de 900 m (figure 54). Tandis que sur les altitudes supérieures à 900 m, les espèces des zones sèches sont mieux représentées (41%) par rapport aux espèces des zones humides, ce qui doit être le contraire. Pour la forêt sur coulées de lave, la limite altitudinale fixé par HUMBERT (1965) pour la répartition des espèces sèches dans les altitudes aux environs de 800 m, n'est donc pas respectée. Puisque, même à 1090 et 1025 m d'altitude, les espèces des zones sèches sont toujours bien représentées. Pour cette formation, c'est surtout la nature du substrat (coulées de lave) qui influence la répartition des espèces. L'existence de la forêt sèche est donc lié à la nature du substrat.

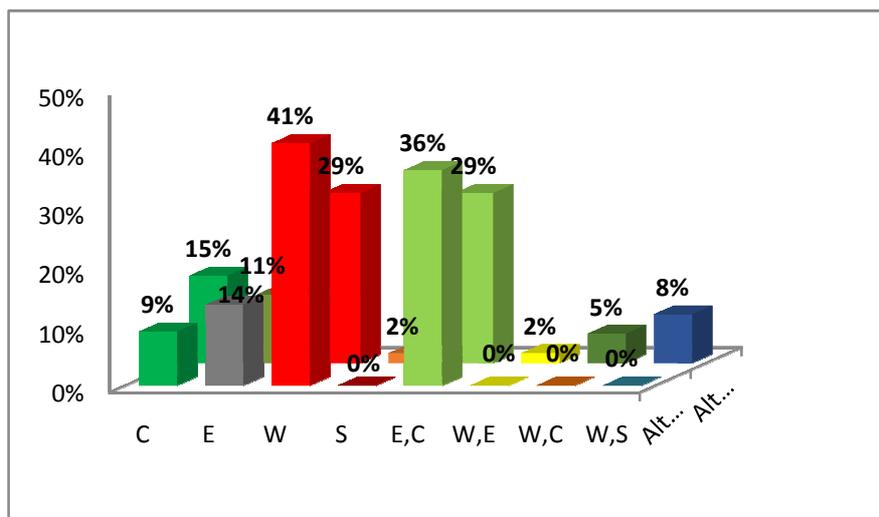


Figure 54 : Répartition des espèces par tranche altitudinale

IV.1.1.4. Taux d'endémisme

En ce qui concerne le taux d'endémisme, la forêt sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre présente un faible pourcentage d'espèce endémique par rapport aux trois massifs (tableau 11). En effet, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre est donc une formation à faible taux d'endémisme mais très riche en diversité. Autrement dit, la forêt sur coulées de lave est une zone qui abrite en même temps des espèces typiques des zones humides et des espèces typiques des zones sèches, la diversité est donc important au niveau de cette formation.

Tableau 11 : Comparaison du taux d'endémisme de quelques sites avec la forêt sèche de la Montagne d'Ambre

Massifs	Ankarana	Bemaraha	Loky-Manambato	Forêt sèche de Mda*
Taux d'endémisme (%)	78	84,62	86	68

Mda* : Montagne d'Ambre

IV.1.1.5. Comparaison de la composition floristique globale avec les massifs avoisinants

L'étude comparative de la similarité floristique globale de la forêt sur coulées de lave a été réalisé sur quelques sites avoisinants le massif qui présentent le même type de végétation (forêt sèche). Ainsi, trois massifs lesquels sont représentés par l'Ankarana (BARDOT-VAUCOULON, 1991), la Montagne des Français (RANDRIAMBOLOLOMAMONJY, 2006) et le massif de Loky-Manabato ou Daraina (RANIRISON, 2010) ont été choisis pour cette analyse. L'analyse a été effectuée par comparaison des listes floristiques globale de ces sites.

D'après la figure 55, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre présente une similarité floristique plus proche de celle de l'Ankarana et de la Montagne des Français qu'avec le massif de Daraina. Cette dissimilarité notée entre la forêt sèche de la Montagne d'Ambre et le massif de Daraina est due à la présence de plusieurs types de formation (humide et sèche) au sein du massif de Daraina, impliquant une augmentation de nombre de taxons à comparer incluant en même temps la flore des végétations humides et des végétations sèches. Ce qui réduirait la similarité qui existe entre les deux massifs.

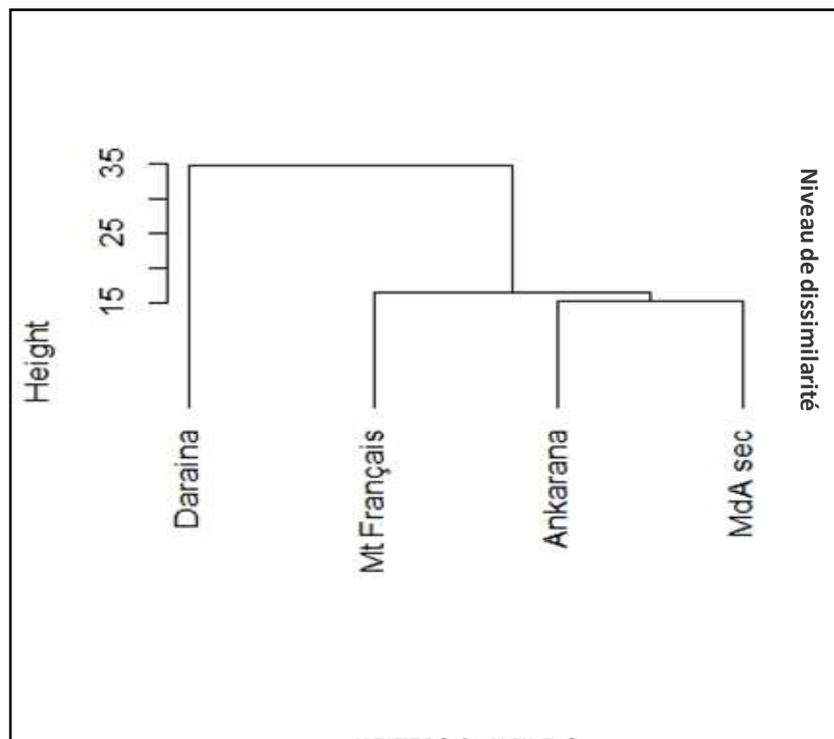


Figure 55: Classification Hiérarchique (distance euclidienne) basée sur la similarité entre les listes d'espèces de la forêt sèche de la Montagne d'Ambre et celles de trois massifs du nord.

Néanmoins, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre présente une ressemblance floristique plus proche du Massif d'Ankarana par rapport au Montagne des Français. En effet, si le massif de l'Ankarana et la Montagne des Français reposent tout deux sur du substrat kartsique, la dissimilarité floristique observée entre la forêt sèche de la Montagne d'Ambre avec la Montagne des Français n'est pas très grande, mais elle pourrait être due au barrière nord-sud liée à la géomorphologie de la Montagne d'Ambre (BARAT, 1958). Puisque, cette dernière pourrait jouer un rôle de barrière naturelle dans la dispersion des diaspores, ce qui implique une diminution de la probabilité de rencontrer des espèces en même temps dans la forêt sèche de la Montagne d'Ambre et celle de la Montagne des Français.

La ressemblance floristique notée entre le massif de l'Ankarana et la forêt sèche de la Montagne d'Ambre pourrait être due à la proximité de ces derniers qui faciliterai l'inplantation des espèces d'une part. Mais d'autre part, elle pourrait également résulter du facteur climatique. En effet, l'installation d'une espèce végétale au niveau d'un milieu donné est régit en générale par deux facteurs : le facteur édaphique et les facteurs climatiques (humidité, température, vent...). Pour les deux massifs, le facteur climatique pourrait influencer la composition floristique. Nous pourrions estimer que l'humidité enregistrée au niveau de ces deux massifs sont plus ou moins semblables à cause de l'effet de foehn. Pour la Montagne d'Ambre, la précipitation diminue d'Est en Ouest. Car suite à sa géomorphologie la grande partie des pluies est déversé au niveau de sa partie centrale, et diminue en allant vers sa partie occidentale à cause de l'effet de foehn. Pour Ankarana, la présence des hauts massifs du nord tels que Tsaratanana, Manongarivo, Marojejy, diminue l'action exercé par l'Alizé, car ces derniers font dévier l'Alizés vers la côte occidentale sur une largeur d'environ 100 km (HUMBERT et COURS DARNE, 1965; DONQUE, 1972) vers le domaine du Sambirano. Ce phénomène, engendre une diminution de la quantité de pluies apporté par l'Alizé dans la partie occidentale. Le facteur climatique (humidité) peut être également considérés comme un facteur de la ressemblance floristique entre les deux massifs.

A part cela le facteur édaphique joue également un rôle sur la similarité floristique des deux massifs. Pour la Montagne d'Ambre et l'Ankarana, le type de substrat a la même propriété de ne pouvoir accumuler une quantité d'humidité nécessaire pour la plante en cas de déficience hydrique même pendant la saison humide. De ce fait, seules les espèces qui peuvent s'adapter à ce type de substrat sont rencontrées, et ces dernières sont surtout les espèces des zones sèches.

Ainsi, la similarité floristique entre ces deux massifs pourrait être due aux facteurs écologiques car les zones présentant des mêmes conditions climatiques et des mêmes propriétés édaphiques sont favorables à l'installation des individus de même espèces.

IV.1.1.5. Analyse des groupes floristiques

- Comparaison de la diversité floristique des cinq groupes floristiques

Une analyse sur la diversité floristique entre les groupes a été réalisée. Le tableau 12 montre que le groupe floristique à *Terminalia* sp A68-064 et *Vernonia secundifolia* a un nombre peu élevé d'espèces par rapport aux quatre groupes. En effet, la réduction de la richesse spécifique est liée à une diminution graduelle de l'abondance du sol en tant que

support pour l'installation et la nutrition de la végétation (BARDOT-VAUCOULON, 1991). Pour le groupe floristique à *Terminalia* sp A68-064 et *Vernonia secundifolia*, les conditions du milieu sont plus sévères, car la coulée de lave diminue la disponibilité d'humidité nécessaire pour la croissance des espèces, ainsi le substrat sélectionne les espèces les mieux adaptées à cette condition. Seules les espèces euryèces ou espèces à fortes valence écologique qui peuvent donc s'adapter sur ce milieu comme les espèces *Oncinotis tomentella*, *Plectaneia thouarsii*, *Rhipsalis baccifera*, *Agarstia salicifolia*, *Boswellia madagascariensis*, *Vernonia secundifolia*. En effet, ces espèces sont capables de s'adapter en mêmes temps sur du milieu à la fois sec et rocailleux. A part cela, l'altitude influe également la diminution de la diversité, vu que ce groupe est un groupe situé en haute altitude (>1000m).

Mais il a été constaté que l'augmentation de la diversité est liée à la diversification du milieu. Cela s'explique au niveau des trois groupes floristiques : *Polyscias* sp SDR 307 et *Croton jennyanus*, *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum* et *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*, qui présente des espèces qui croissent sur coulées de lave, sur sol peu profond et sur du sol profond. Ainsi, le nombre d'espèce rencontrée au niveau de ces groupes est beaucoup plus important par rapport au groupe à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*. Car, la diversification du substrat influence la composition floristique de milieu.

En générale, la diversité floristique de la végétation sur coulées de lave est donc liée à l'importance de l'épaisseur du sol au niveau des coulées de laves.

Tableau 12 : Tableau comparatif de la diversité des cinq groupes floristiques

Groupes floristiques	<i>Polyscias</i> sp SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i> (GI)	<i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i> (GII)	<i>Terminalia</i> sp A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i> (GIII)	<i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i> (GIV)	<i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i> (GV)
FAMILLES	56	50	29	41	36
ESPECES	148	148	50	113	91

- Influence du facteur édaphique sur les groupes floristiques

Le tableau n°13 indique le pourcentage de la répartition phytogéographique des espèces au niveau de chaque groupe.

Les résultats obtenus de l'analyse phytogéographie des espèces au niveau des groupements végétaux montre que les groupes floristiques à *Polyscias* sp_SDR 307 et *Croton jennyanus*, *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*, *Terminalia* sp_A68-064 et

Vernonia secundifolia et le groupe à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*, sont des groupes à tendances sèches alors que le groupe floristique à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*, est un groupe beaucoup plus humide.

Si nous tenons compte des pourcentages des espèces au niveau de chaque domaine, nous constatons que seul les groupes floristique I qui présente une différence significative de nombre des espèces sèches par rapport aux espèces des zones humides, alors que les groupes floristiques II et IV ont une proportion plus ou moins équitable du nombre d'espèce du zone sèche et des espèces communes des zones humides (Est et le Centre). Le groupe floristique V, quant à lui est dominé par les espèces des domaines humides

D'après cette analyse, nous pouvons constater que les groupes constitués par des relevés réalisés sur du coulées de lave (groupe GI et GIII) sont dominés par les espèces sèches alors que les groupes formés majoritairement par des relevés réalisés sur du sol peu profond et du sol profond ont une proportion équilibré du nombre d'espèce sèche et humide.

En général, la végétation sur coulées de lave est une formation qui devrait former principalement par des forêts denses sèches, mais le dépôt graduel de sol au niveau du substrat engendre une nouvelle apparition d'espèces des zones humides et modifie la composition floristique du milieu. De ce fait, une évolution vers une végétation plus humide pourrait être observée au niveau de cette végétation, mais c'est encore une hypothèse qui nécessite d'être confirmé.

Tableau 13 : Distribution phytogéographique des espèces de chaque groupe floristique

Groupes floristiques	<i>Polyscias</i> sp SDR 307 et <i>Croton jennyanus</i> (GI)	<i>Hildegardia erythrosiphon</i> et <i>Stereospermum longiflorum</i> (GII)	<i>Terminalia</i> sp A68-064 et <i>Vernonia secundifolia</i> (GIII)	<i>Warneckea sansibarica</i> et <i>Cinnamosma fragrans</i> (GIV)	<i>Wielandia fadenii</i> et <i>Fernandoa madagascariensis</i> (GV)
Domaine phytogéographique					
E (%)	6	7	5	8	13
C (%)	6	9	10	8	10
W (%)	24	19	40	19	13
S (%)	0	2	18	2	0
E+C (%)	18	17	0	17	21
W+E (%)	0	0	0	4	0
W+C (%)	0	3	0	8	0
W+S (%)	8	9	8	0	0

Légende : E : Domaine de l'Est, C : Domaine du Centre ; W : Domaine de l' Ouest ; S : Domaine du Sud

IV.1.2. Aspect général de la structure de la végétation

Dans l'ensemble, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre est une végétation basse mais qui présente des variantes structurales. Les effets conjugués du substrat et de l'altitude ont

influencé la hauteur des espèces car plus il y a une élévation de l'altitude plus le substrat devient de plus en plus rocailleux, par conséquent la structure devient de plus en plus basse. Pour la végétation qui repose sur du sol ferrallitique, l'enracinement des espèces est plus profond par rapport à la végétation qui se développe sur coulées de lave. C'est ainsi que la végétation présente une structure différente allant d'une forêt très basse (sous-groupe A1 et A2) située au niveau de haute altitude reposant sur coulées de lave, une forêt basse (sous-groupe B1) au niveau de moyenne altitude sur coulées de lave avec un sol peu profond, et une forêt haute (sous-groupe B2) au niveau de basse altitude sur du sol ferrallitique profond.

Du point de vue physiologique, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre est une forêt sèche semi-décidue, car peu d'arbre perdent leur feuille durant la période sèche à cause des conditions climatiques du massif.

- *Aspect physiologique de la structure de la végétation sur coulée de lave avec d'autres massifs*

Une étude comparative a été effectuée entre les groupes structuraux de la forêt sur coulées de lave avec ceux de la région Loky-Manambato (RANIRISON, 2010). Le tableau 13 indique que les groupes structuraux de la forêt sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre présente une structure analogue à celle des groupes structuraux de Loky-Manambato. En effet, la similarité observée est basée au niveau de la hauteur moyenne et du taux de recouvrement des espèces de chaque groupe. Ainsi, le sous-groupe A2 de la forêt sur coulées de lave est plus affiné avec le groupe structural à forêt très basse de Loky-Manambato (groupe A) caractérisé par une forte abondance des strates herbacées et arbustives. Il a été également constaté que le sous-groupe B1 correspond au groupe à forêt basse (groupe D) de la Loky Manambato. Par ailleurs, le sous-groupe B2 est beaucoup plus similaire au groupe à forêt haute avec sous-bois dense de la Loky-Manambato (groupe C).

Malgré cette ressemblance physiologique, des différences existent au niveau des paramètres biométriques (surface terrière et biovolume). Les groupes structuraux de Loky-Manambato ont une forte valeur biométrique à l'opposé de la forêt sur coulées de lave qui a une valeur faible. En effet, le nombre d'individu recensé au niveau du peuplement sont différents, car Loky-Manambato compte en moyenne 779,4 jusqu'à 1000 individus matures par hectare alors que la forêt sur coulées de lave compte en moyenne 65 à 116 individus matures par hectare. Cette ressemblance physiologique est également liée à la réalisation des

relevés, puisque la majorité des relevés de Loky-Manambato est localisée dans des basses altitudes

Tableau 14 : Tableau comparatif de la structure de la forêt sèche de la Montagne d'Ambre et celle des massifs de Loky-Manambato

Noms des massifs	Forêt sur coulées de lave de la Mda*				Forêt sèche de Loky-Manambato					
	A1	A2	B1	B2	A	B	C	D	E	
Sous-groupes										
Hauteur moyenne (m)	1,2	5	10	15	7,59	16,26	15,91	11,63	17,91	
Gi (m2/ha)	0	16	51	60	19,87	NA*	46,27	49,59	74,4	
Vi (m3/ha)	0	34	190	259	81,47	NA	368,19	301,32	838,4	
Recouvrement (%)	<2	100	83	68	52	91,24	93,17	55,2	90,07	96
	2-4	2	95	77	59	90,62	80,72	62,8	74,67	83
	4-8	0	80	93	90	96,34	94,83	77,6	87,26	97
	8-16	0	6	77	94	37,52	90,67	93,2	94,81	90
	16-32	0	0	1	38	0,28	11,94	54,4	55,26	71
	>32	0	0	0	0	0	0,06	0	0	4

*NA : Données non disponibles, *Mda : Montagne d'Ambre

Parmi les quatre groupes structuraux obtenus, seul le bas fourré arbustif du sous-groupe A1, ne présente aucune ressemblance structurale avec la végétation de Loky-Manambato. En effet, la description réalisée au niveau du sous-groupe A1 ressemble également à la description proposée par HUMBERT et COURS DARNE (1965) pour le fourré dense, mais aussi à celle de la pelouse xérophytique de PERRIER de la BATHIE (1921).

IV.2. Menaces et pressions

Depuis des années, les menaces et pressions qui pèsent sur les forêts naturelles malgaches n'ont cessé de croître, et la forêt sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre n'a pas été épargnée à savoir :

– *Le défrichement*

D'après les lois et les règlements, la pratique d'activité humaine (défrichement, coupe illicite, culture,...) nuisible à la forêt est interdite au niveau du Parc. Malgré cela, les villageois ont utilisé une partie de la forêt pour cultiver le Kath (*Catha edulis*, CELASTRACEAE), car la culture en forêt est beaucoup plus sécurisée. Par conséquent les villageois défrichent de plus en plus la forêt pour étendre leur champ de culture, alors que le

défrichement et l'extension de la surface cultivée dans la forêt provoquent l'installation des espèces envahissantes qui pourraient coloniser la zone défrichée. Par ailleurs, ces espèces ont une valence écologique élevée et elles peuvent s'adapter dans n'importe quel milieu, de plus elles sont très compétitives par rapport aux espèces forestières. Ainsi, les espèces forestières sont menacées par l'invasion des nouvelles espèces provoquant par la suite une disparition progressive de certaines essences forestières.

– *L'exploitation sélective de certaines espèces*

Les villageois prélèvent aussi du bois pour l'usage quotidien comme les bois de chauffe et les bois de construction. Ils sélectionnent également les bois de valeur comme *Dalbergia spp.* (FABACEAE). Les coupes sélectives et illicites des espèces engendrent des trouées et des chablis au niveau de la végétation (figure 10a et 10b) et provoquent une perturbation de l'équilibre de l'écosystème et peuvent laisser place au développement des espèces envahissantes.



Photo n°10 : a et b : Exploitation illicite des bois précieux de la forêt de la Montagne d'Ambre

IV.3. Recommandations

Etant donné les menaces qui pèsent sur la forêt, quelques propositions peuvent être formulées pour pallier certaines activités nuisibles à la forêt.

Pour la population avoisinante de la forêt,

- Promouvoir d'autres activités génératrices de revenus afin d'éviter le défrichement accéléré de la forêt. Cela peut être réalisé en appuyant les démarches de recherche d'activités génératrices de revenu par la population lui-même.
- Conscientiser la population sur la valeur et l'importance de la ressource avoisinante.

Pour la gestion du Parc

- Renforcer les équipes de patrouille notamment les gardes forestières pour qu'ils puissent connaître les activités exercées par les villageois dans la forêt.

- Renforcer l'application des lois forestières et les règlements sur l'environnement (eau, forêt) afin de mieux gérer les ressources forestières.

Pour la recherche

En tenant compte des résultats obtenus de cette étude, quelques recommandations peuvent être suggérées pour améliorer les travaux à réaliser dans l'avenir.

En effet, les méthodes d'études qui ont été adoptées, ont répondu correctement à notre objectif. Pourtant quelques lacunes ont été observées en particulier au niveau des données sur les paramètres écologiques. Ainsi pour mieux obtenir des résultats plus explicites, il est souhaitable d'avoir des données plus exactes sur la nature exacte du substrat, l'humidité du sol et d'avoir des données météorologiques plus récentes et plus proches des zones d'études

CONCLUSION GENERALE

De nombreuses recherches ont été réalisées au niveau de la montagne d'Ambre mais peu sont les études effectuées sur la végétation sur coulées de lave. Cette étude a permis de connaître d'avantage les particularités de cette végétation. La présence des espèces caractéristiques des forêts sèches telles que *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia* confirme l'appartenance de cette végétation à une forêt dense sèche. Les résultats obtenus de ce travail ont montré que c'est la nature du substrat « coulées de lave » qui a engendré l'apparition d'une forêt dense sèche semi-décidue dans une ensemble de formation constituée par une forêt humide. La structure, la composition et la diversité floristiques de la formation sont donc influencées par le substrat, la végétation qui est installée est une formation édaphique.

Du point de vue floristique, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre est une formation très diversifiée au niveau spécifique et générique. Elle présente un fort taux d'endémisme remontant jusqu'à 68% des espèces avec la présence d'une famille endémique SPHAEROSEPALACEAE avec le genre *Rhopalocarpus*. Pour cette formation, la diminution de la diversité semble être liée en même temps avec l'élévation de l'altitude et la dominance du substrat rocailloux,

En ce qui concerne l'analyse portée au niveau des seize relevés linéaires. La forêt dense sèche de la Montagne d'Ambre est formée par cinq groupes floristiques dont *Polyscias* sp. SDR 307 et *Croton jennyanus*, *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*, *Terminalia* sp A68-064 et *Vernonia secundifolia*, *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*, *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*. Mais parmi ces derniers, le groupe à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis* est le seul groupe à tendance humide à l'opposé des autres groupes qui sont des groupes à tendances sèches.

Pour l'aspect physiognomique, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre présente quatre groupes structuraux qui varient suivant l'altitude et la nature du substrat. Les forêts situées dans les hautes altitudes renferment en même temps un bas fourré arbustif et une forêt de structure très basse sur coulées de lave, alors que l'altitude intermédiaire est formée par des forêts de basses statures reposant sur du sol peu profond et du coulées de lave. Les forêts de hautes statures sont rencontrées principalement au niveau des basses altitudes au niveau des sol peu profond et/ou sol profond.

Par ailleurs, l'analyse réalisée entre les paramètres écologiques et les groupes obtenus, a montré que c'est la nature du substrat qui affecte le plus la structure de la végétation d'une part, mais elle assure la sélection des espèces qui peuvent s'installer d'autre part. A l'issu des résultats, il a été constaté que l'apparition progressive d'une couche de sol au-dessous de la

coulées de lave engendre une modification non seulement de la structure mais aussi de la composition floristique qui tend vers une végétation plus humide de haute stature.

Mais dans l'ensemble, la forêt sèche de la Montagne d'Ambre est une formation sèche dont la composition floristique est similaire à celle de la forêt sur karstique de l'Ankarana, et du point de vue physiognomique elle présente une structure beaucoup plus analogue aussi avec Loky-Manambato. Une évolution pourrait être envisagée pour cette végétation, mais qui dépend des conditions climatiques. Autrement dit, si les conditions climatiques sont favorables à l'installation d'une végétation humide, elle pourrait évoluer vers une végétation humide, mais si les conditions sont moins favorables, la végétation tend vers une forêt sèche.

Les résultats de cette étude ont montré que, la forêt dense sèche de la Montagne d'Ambre présente une particularité remarquable que ce soit sur l'aspect structurale que sur le plan floristique par rapport à la totalité du massif. Il faut aussi noter que la portée de cette étude est limitée, puisque nous ne disposons pas assez de données climatiques complètes (variation de température, l'humidité et quantité de précipitations) pour mieux caractériser cette formation sèche de la Montagne d'Ambre.

Ainsi, cette étude, bien qu'incomplète, a permis d'augmenter la connaissance sur la forêt sèche de la partie occidentale de Madagascar, se développant sur du substrat volcanique de nature basaltique. Par ailleurs, cette étude a permis aussi d'augmenter la connaissance sur la diversité floristique du massif et les différentes formations végétales existantes. Par ailleurs, sachons que la végétation de cette partie du massif repose sur des coulées de lave récente, une probabilité d'évolution de cette végétation peut être envisagée mais à l'échelle centenaire.

Pour faire avancer la connaissance sur la flore et la végétation de la Montagne d'Ambre, il serait intéressant de faire une cartographie de la végétation et d'élaborer une typologie des différentes formations existantes à l'échelle du massif dans son ensemble.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **AKE ASSI, L.** 1984. *Flore de la Côte d'Ivoire: étude descriptive et biogéographie, avec quelques notes ethnobotaniques*. Thèse Doct. Univ. Abidjan. 1206p.
- **BIRKINSHAW, C. MESSMER, N., RALIMANANA, H., RANAIVOJAONA, R., RANDRIANAIVO, R. & RAVOLOLONANAHARY, H.** 1998. Structure et flore de la forêt sur la pente d'Andranomay. In: RAKOTONDRAVONY D. & GOODMAN S. M. (éds), *Inventaire biologique. Forêt d'Andranomay, Anjozorobe. Recherches pour le Développement*, Sciences Biologiques. Centre d'Information Scientifique et Technique, Antananarivo, 13: 15–29.
- **BARAT, C.** 1958. La Montagne d'Ambre (Nord de Madagascar). *Revue de géographie alpine*. Vol. XLVI. pp 629-681.
- **BARDOT-VAUCOULON, M.** 1991, *Analyse floristique et mise en évidence des groupes écologiques sur faciès karstique dans le massif de l'Ankarana (zone du Lac Vert)*. Mèm. DEA. Ecologie Végétale. Univ. Tana. 94p.
- **BATTISTINI, R.** 1996, Paléogéographie et variété des milieux naturels à Madagascar et dans les îles voisines: quelques données de base pour l'Etude biogéographique de la région malgache. In LOURENCO (eds). Acte de Colloque International. Biogéographie de Madagascar. 26-28 Septembre 1995. Paris. 588:pp. 1-17.
- **BRENON, P.** 1972. The geology of Madagascar. In: BATTISTINI R. and RICHARD-VINDAED G. (eds.). *Biogéography and Ecology in Madagascar*, Dr W. Junk B. V., Publishers, The Hague. pp 27-86.
- **CORNET, A.** 1972. Essai cartographique bioclimatique à Madagascar, carte à 1/2'000'000 et notice explicative, n° 55. Paris, ORSTOM, 28p.
- **CORNET, A. GUILLAUMET, J.-L.** 1976. Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, vol. XI, 1: 35-40.
- **CHATELAIN, C.** 1996. *Possibilités d'application de l'imagerie satellitaire à haute résolution pour l'étude des transformations de la végétation en Côte d'Ivoire forestière*. Thèse Doct. Univ. de Genève. 201p.

- **DAJOZ, R.** 1975. *Précis d'écologie*, Gauthier-Villards. Paris, 549p.
- **DAWKINS, H.C.** 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda Imperial Forestry Institut, *Oxford Institute Paper*, 34: 155p.
- **DONQUE, G.** 1972. The climatology of Madagascar. In BATTISTINI R. & RICHARD-VINDARD G. (eds.). *Biogeography and ecology of Madagascar*, Dr W. Junk B. V., Publishers, The Hague. pp 87–144.
- **DUFRENE, M. & LEGENDRE, P.** 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- **EMBERGER, L., GODRON M. & DAGET P.** 1968. *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. CNRS. Paris. 292p.
- **FRONTIER, S. & PICHOD-VIALE,** 1991. *Ecosystème structure, fonctionnement, évolution*. Collection d'écologie. Masson, Paris. 392p.
- **GAUSSEN, H.** 1955. Determination des climats par la méthode des courbes ombrothermiques. *Acad. Scien.*, 240: 642- 643.
- **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., Proceedings 13th Plenary Meeting AETFAT, 2-11 Avril 1991, Malawi. pp 1339-1350.
- **GLAW, F. & VENCES, M.,** 1994. *A field guide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar*. 2nd ed. Zoologisches Forschungs Institut and Museum Alexander Koeing, Bonn. Germany. 480p.
- **GODRON, M., DAGET,P., SAUVAGE, C., EMBERGER, L., LE GLOCH, E., POISSONNET, J., WACQUANT, J.P.,** 1983. *Relevé méthodologique de la végétation et du milieu. Principes transcription sur carte perforée*. CNRS/CEPE. Paris. 292 p.
- **GOODMAN, S.M. & BENSTEAD, J.P.** 2003. *The Natural History of Madagascar*, The University of Chicago Press, Chicago, 1728p.

- **GOUNOT, M.** 1956. *A propos de l'homogénéité du choix des surfaces de relevé*, Bull. Carte Group. Vég., 1: 1-7.
- **GOUNOT, M.** 1969. *Méthode d'étude quantitative de la végétation*. Masson et C^{ie}, Paris. 314p.
- **GUILLAUMET, J-L. & KOECHLIN, J.** 1971. Contribution à la définition des types de végétation des régions tropicales (exemple de Madagascar). *Candollea* 26: 263-277.
- **HORN; H.S.** 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *Amer Naturalist* 100: 439-448.
- **HUMBERT, H.** 1955. Les territoires phytogéographiques de Madagascar. *Année Biol.*, Ser.3: 439-448.
- **HUMBERT, H.** 1965. Description des types de végétation. In HUMBERT, H. & COURS DARNE, G. (eds). *Notice de la carte de Madagascar*. Travaux de Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichery 6 : 46-78.
- **HUMBERT, H. & COURS DARNE G.** 1965. *Notice de la carte de Madagascar*. Travaux de Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichery 6 : 46-78.
- **JENKINS, P.D.** 2003. Microgale, Shrew Tenrecs. In GOODMAN S.M. and BENSTEAD J.P. (eds.). *The natural History of Madagascar*. Chicago, The University of Chicago Press: pp 1273- 1278.
- **LANGRAND, O.,** 1995. Check list of the Birds of Amber Mountain National Park, Madagascar, 16p.
- **LEBRUN, J.,** 1947. *La végétation de la plaine alluviale au Sud Lac Edouard*. Inst. Parc Nat. Congo Belge, Mission. 800 p.
- **MESSMER, N. & RAKOTOMALAZA, P.J.** 1999. Etude de la structure et de la composition floristique de la végétation. In : GOODMAN, S.M and RASOLONANDRASANA, B.P.N. (eds.). *Inventaire biologique de la réserve Spéciale du pic d'Ivohibe et du couloir forestier qui la relie au Parc National*

d'Andringitra. Recherches pour le Développement, ser. Sciences Biologiques. Centre d'Information Scientifique et Technique. 15 : 43-80.

- **MESSMER, N., RAKOTOMALAZA P.J. & GAUTIER L.** 2000. Structure and floristic composition of vegetation of the Parc National de Marojejy, Madagascar. *In: GOODMAN S.M. (eds.) A Floral and Faunal inventory of the Parc National de Marojejy, Madagascar: With Reference to Elevational Variation*. Fieldiana Zoology, new series 97: 41-104.
- **MESSMER, N., GAUTIER L. & C. CHATELAIN,** 2002. Etude de la structure et de la composition floristique 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, vol 59: 241-309.
- **MITTERMEIER, R, A., LOUIS, E., RICHARDSON, M., KONSTANT & W., LANGRAND, O.** 2007. *Lemurs of Madagascar Pocket Identification Guide*. Conservation International. 2010. USA. 767p.
- **PERRIER de LA BATHIE, H.,** 1921. La végétation malgache. *Annales du Musée colonial de Marseille*, 39: 1-268.
- **PIELOU, E.C.** 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 13. pp.131-144.
- **RABARISON, H.** 2000. *Etude phytoécologique des principaux types de formations végétales dans les Tsingy de Bemaraha (Méthodes classiques et analyse multidimensionnelle); Utilisation des ressources forestières*. Thèse de Doct, Ecologie Végétale. Univ.Tana. 140p.
- **RAKOTOARIMANANA, J.** 1997. *Analyse structurale des forêts du Parc National n°1 de la Montagne d'Ambre*. Mém. de DEA. Ecologie Végétale, Univ. Tana. 78p.
- **RAMANANJANAHARY, R.H., FRASIER, C.L., LOWRY II, P.P., RAJAONARY F.A., SCHATZ, G.E.** 2010. *Madagascar's endemic Plant Families Species Guide/ Guide des Espèces de Plantes Appartenant Aux Familles Endémiques de Madagascar*. MBG Press. Juin 2010. USA. 150p.

- **RAMANDIMBIMANANA, S.D.**, 2009. *Analyses floristiques de quelques groupements végétaux des forêts de la montagne d'ambre (nord de Madagascar, région Diana)*. Mém DEA, Ecologie Végétale, Univ. Tana. 99p.
- **RANDRIAMBOLOLOMAMONJY, O.C.**, 2006. *Caractérisations des formations végétales et étude écologiques de quelques espèces menacées de la Montagne des Français (Antsiranana II)*. Mem. DEA, Ecologie Végétale, Univ. Tana, 115p.
- **RANIRISON, P.**, 2010. *Les massifs forestières de la Région Loky-Manambato (DARAINA), écorégion de transition Nord: Caractéristiques floristiques et structurales. Essai de modélisation des groupements végétaux*. Thèse de Doct. Ecologie Végétale. Univ. Tana. 137p.
- **RASOLONANDRASANA, B.P.**, 1994. *Contribution à l'étude de l'alimentation de *Cryptoprocta ferox* Bennett (1833) dans son milieu naturel*. Mem DEA, Paléo, Univ. Tana. 92p.
- **RAUNKIAER, C.**, 1905. Types biologiques pour la géographie botanique. *Bull Académie de Recherche Scientifiques*. 5: 347-437.
- **RAZANAJATOVO, M.H.**, 2009. *Caractérisation écologique et analyse structurale des forêts humides de la Montagne d'Ambre*. Mém DEA, Ecologie Végétale, Univ. Tana. 83p.
- **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.
- **ROGER, E. & RABARISON, H.**, 2000. Contexte écologique de la conservation des forêts à Madagascar. In. *Etude sur la politique de la conservation des ressources humaines à Madagascar*. 53p.
- **ROSSI, G. & ROSSI, M.**, 1998. La Montagne d'Ambre (extrême Nord de Madagascar) espace à protéger. *Cahiers d'analyse spatiale quantitative et appliquée*. n° 38, Université de Nice. 38p.

- **SEGALEN, P.**,1951. Etude des sols de la station des quinquinas (Montagne d'Ambre). Mémoires de l'institut - scientifique de Madagascar., Sér. D - Tome III. Fascicule I. 15p.
- **SEGALEN, P.**,1956. Notice sur la carte pédologique de reconnaissance au 1/200.000, Feuille n° 1,Diégo-Suarez, Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série D Tome VII. 56p.
- **TAHINARIVONY, A. J.**, 2010. *Caractérisation écologique de la végétation dans la presqu'île d'Ampasindava, cas de la forêt des massifs de Bongomirahavavy et de Betsitsika (domaine du Sambirano), Region Diana.* Mém DEA, Ecologie Végétale, Univ. Tana. 96p.
- **TRIGUI, S. M.**, 2010. *Etude floristique et Biogéographique des altitudes supérieures de la Montagne d'Ambre (Nord de Madagascar).* Mèm. Master. Biologie, Univ. de Genève. 93p.

WEBOGRAPHIE

- http://www.wikipedia.org/wiki/Parc_National_de_la_Montagne_d'Ambre
openlibrary.org ; Novembre 2012.
- www.mongabay.com/ Les forêts tropicales; Novembre 2012
- <http://www.wikipedia.org/> Analyse_factorielle_de_correspondance (ACP). Novembre 2012
- Anonyme. Interpretation d'un ACP. 37p. pdf. Fevrier 2013
- www.tropicos.org, Juin 2013.
- www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa; Juin 2013.
- **MEDDOUR, R. 2011.** La methode phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanquetotüxeniiienne. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Département des Sciences Agronomiques, BP 17 RP, 15 000, TIZI OUZOU, Algérie. 40p. pdf. Consulté le Aout 2013.
- <http://www.tela-botanica.org>, Octobre 2013.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à *Polyscias* sp. SDR 307 et *Croton jennyanus*

FAMILLES	ESPECES
ARALIACEAE	<i>Polyscias</i> sp.. SDR 307
EUPHORBIACEAE	<i>Croton jennyanus</i> Baill
PTERIDOPHYTA	Indet_A71-088
COMMELINACEAE	<i>Clynogine</i> sp. A69-012
ASTERACEAE	<i>Brachylaena</i> aff. <i>perrieri</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea alnifolia</i> (Bojer ex Baill.) Pax & K. Hoffm
EUPHORBIACEAE	<i>Margaritaria</i> sp. A80-070
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> cf. <i>ankaranae</i>
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp. SDR 257

Annexe 2 : Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

FAMILLES	ESPECES
MALVACEAE	<i>Hildegardia erythrosiphon</i> (Baill.) Kosterm
BIGNONIACEAE	<i>Stereospermum longiflorum</i> Capuron
SALICACEAE	<i>Bivinia jalbertii</i> Tul.

Annexe 3: Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

FAMILLES	ESPECES
EUPHORBIACEAE	<i>Wielandia fadenii</i>
BIGNONIACEAE	<i>Fernandoa madagascariensis</i> (Baker) A.H. Gentry
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i> sp. A79-051
MYRSINACEAE	<i>Monoporus</i> aff. <i>clusiifolius</i>
ANACARDIACEAE	<i>Protorhus</i> cf. <i>ditimena</i>
DICHAPETALACEAE	<i>Dichapetalum madagascariense</i> Poir.
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum boivinianum</i> (Pierre) Baehni
RUBIACEAE	<i>Hyperacanthus deblockii</i>
FABACEAE	<i>Albizia mainaea</i> Villiers
RUBIACEAE	<i>Tricalysia ambrensis</i> Randriamb. & De Block var. <i>ambrensis</i>
EBENACEAE	<i>Diospyros gracilipes</i> Hiern
ICACINACEAE	<i>Leptaulus citroides</i> Baill.

Annexe 4 : Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

FAMILLES	ESPECES
APOCYNACEAE	<i>Secamone</i> sp. A43-021
BURSERACEAE	<i>Canarium madagascariense</i> Engl.
CANELLACEAE	<i>Cinnamosma fragrans</i> Baill.
CELASTRACEAE	<i>Salacia madagascariensis</i> (Lam.) DC.
EBENACEAE	<i>Diosp.yros</i> sp. A81-023
EBENACEAE	<i>Diosp.yros</i> sp. A88-020
LOGANIACEAE	<i>Strychnos heningsii</i> Gilg
MELASTOMATACEAE	<i>Warneckea sansibarica</i> (Taub.) Jacq.-F
SALICACEAE	<i>Ludia</i> sp. A88-038

Annexe 5: Liste des espèces indicatrices du groupe floristique à *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia*

FAMILLES	ESPECES
ASTERACEAE	<i>Vernonia secundifolia</i> DC.
COMBRETACEAE	<i>Terminalia</i> sp. A68-064
EUPHORBIACEAE	Indet_A69-066
LYCOPODIACEAE	<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic.Serm.
SALICACEAE	<i>Ludia mauritiana</i> J.F. Gmel

Annexe 6: Liste floristique des espèces endémiques locales de la Montagne d'Ambre

FAMILLES	ESPECES
ACANTHACEAE	<i>Dyschoriste gracilicaulis</i> (Benoist) Benoist
AMARANTHACEAE	<i>Lagrezia ambrensis</i> Cavaco
ASCLEPIADACEAE	<i>Secamone marsupiata</i> Klack.
ASCLEPIADACEAE	<i>Secamone pinnata</i> Choux subsp.. <i>septentrionalis</i>
ASTERACEAE	<i>Vernonia ambrensis</i> Humbert
BIGNOGNIACEAE	<i>Ophiocolea ambrensis</i> Callm.&Phillipson
BIGNOGNIACEAE	<i>Ophiocolea ornithophila</i> A.H.Gentry
BALSAMINACEAE	<i>Impatiens bicaudata</i> H.Perrier
BALSAMINACEAE	<i>Impatiens malcomberi</i> Eb.Fisch.&Raheliv.
BALSAMINACEAE	<i>Impatiens sacculata</i> Warb.
COMMELINACEAE	<i>Coleotrype baroni</i> Baker var. <i>ambrensis</i> H.Perrier
CYATHEACEAE	<i>Cyathea bellisquamata</i> Bonap. var. <i>ambrensis</i> Janssen
EUPHORBIACEAE	<i>Croton minimimarginiglandulosus</i> Radcl.-Sm.
ICACINACEAE	<i>Pyrenacantha ambrensis</i> Labat,El-Achkar&R.Rabev.
LAURACEAE	<i>Asp.idostemon reticulatum</i> van der Werff
LAURACEAE	<i>Cryptocarya rotundifolia</i> Kosterm.
LAURACEAE	<i>Ocotea ambrensis</i> van der Werff

LYCOPODIACEAE	<i>Huperzia pichiana</i> Tardieu Huperzia
MELASTOMATACEAE	<i>Dichaetanthera oblongifolia</i> Baker var. <i>ambrensis</i>
MELASTOMATACEAE	<i>Gravesia ambrensis</i> H.Perrier
MELASTOMATACEAE	<i>Medinilla ambrensis</i> Jum. & H.Perrier
MELASTOMATACEAE	<i>Medinilla rotundiflora</i> H.Perrier
MELASTOMATACEAE	<i>Memecylon ambrense</i> Jacq. -Fél.
MALVACEAE	<i>Dombeya brevistyla</i> Arènes
MALVACEAE	<i>Dombeya perrieri</i> Arènes
ORCHIDACEAE	<i>Aeranthes ambrensis</i> Toill.-Gen., Ursch & Bosser
ORCHIDACEAE	<i>Ambrella longituba</i> H.Perrier
ORCHIDACEAE	<i>Angraecum ambrense</i> H.Perrier
ORCHIDACEAE	<i>Bulbophyllum vulcanorum</i> H.Perrier
ORCHIDACEAE	<i>Gastrorchis geffrayi</i> (Bosser) Senghas
ORCHIDACEAE	<i>Habenaria saprophytica</i> Bosser & P.J.Cribb
ORCHIDACEAE	<i>Jumellea ambrensis</i> H.Perrier
ORCHIDACEAE	<i>Oeceoclade sambrensis</i> (H.Perrier) Bosser & Morat
ORCHIDACEAE	<i>Phaius pulchellus</i> Kraenzl. var. <i>ambrensis</i> Bosser
PIPERACEAE	<i>Peperomia pluvisilvatica</i> G.Mathieu
PANDANACEAE	<i>Pandanus connatus</i> H.St.John
PANDANACEAE	<i>Pandanus nusbaumeri</i> Callm.&L.Gaut.
POACEAE	<i>Eragrostis ambrensis</i> A.Camus
POACEAE	<i>Nastus ambrensis</i> A.Camus
POACEAE	<i>Panicum muscicola</i> A.Camus
RHAMNACEAE	<i>Gouania ambrensis</i> Bürki, Callm.&Phillipson
RUBIACEAE	<i>Coffea augagneuri</i> Dubard
SAPINDACEAE	<i>Allophylus macrocarpus</i> Languy&Choux var.
SAPINDACEAE	<i>Stadmania acuminata</i> var. <i>ambrensis</i> Capuron
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum ambrense</i> (Aubrév.)G.E.Schatz & L.Gaut.
VERBENACEAE	<i>Clerodendrum bosseri</i> Capuron

Annexe 7 : Liste floristique global de la forêt sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre

FAMILLES	ESPECES
ACANTHACEAE	IDTA_080-048
ANACARDIACEAE	<i>Rhus perrieri</i> (Courchet) H. Perrier
ANACARDIACEAE	<i>Poupartia</i> sp. A098-028
ANACARDIACEAE	<i>Abrahamia ditimena</i> (H. Perrier) Randrian. & Lowry
ANNONACEAE	<i>Monanthotaxis bovinii</i> (Baill.) Verdc.
ANNONACEAE	<i>Monanthotaxis</i> sp. A081-068
ANNONACEAE	<i>Monanthotaxis</i> sp. A087-089
ANNONACEAE	<i>Fenerivia oligosp.erma</i> (Danguy) R.M.K. Saunders
ANNONACEAE	<i>Uvaria</i> sp. A089-074
ANNONACEAE	<i>Xylophia</i> sp. A086-036
ANNONACEAE	<i>Xylophia</i> sp. A075-063
APOCYNACEAE	<i>Secamone</i> sp. A075-018
APOCYNACEAE	<i>Oncinotis tomentella</i> Radlk.
APOCYNACEAE	<i>Pachypodium</i> sp. A074-114
APOCYNACEAE	<i>Cerbera manghas</i> L
APOCYNACEAE	<i>Pachypodium</i> sp. SDR 331
APOCYNACEAE	<i>Petchia erythrocarpa</i> (Vatke) Leeuwenb.
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex mitis</i> (L.) Radlk.
ARACEAE	<i>Pothos scandens</i> D. Don
ASP.ARAGACEAE	<i>Dracaena</i> sp. A074-060
ASP.ARAGACEAE	<i>Dracaena</i> sp. A069-028
ASP.ARAGACEAE	<i>Dracaena reflexa</i> var. <i>linearifolia</i> Baker
ASTERACEAE	<i>Brachylaena</i> aff. <i>perrieri</i> Baker
ASTERACEAE	cf. <i>Brachylaena</i> sp. A078-033
ASTERACEAE	<i>Oliganthes</i> sp. A000-061
ASTERACEAE	<i>Psiadia</i> sp. A068-089
ASTERACEAE	<i>Helichrysum</i> sp. RCH 107
ASTERACEAE	<i>Helichrysum</i> sp. A000-025
BEGONIACEAE	<i>Begonia</i> sp. A000-006
BIGNONIACEAE	<i>Fernandoa madagascariensis</i> (Baker) A.H. Gentry
BIGNONIACEAE	<i>Stereosp.ermum longiflorum</i> Capuron
BURSERACEAE	<i>Canarium madagascariense</i> Engl.
BURSERACEAE	<i>Commiphora arafy</i> H. Perrier
BURSERACEAE	<i>Commiphora</i> sp. SDR 255
BURSERACEAE	<i>Commiphora</i> aff. <i>madagascariensis</i> Jacq.
CANNABACEAE	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume
CANNELACEAE	<i>Cinnamosma fragrans</i> Baill.
CELASTRACEAE	<i>Mystroxyton aethiopicum</i> (Thunb.) Loes
CELASTRACEAE	<i>Brexiella ambrensis</i>
CELASTRACEAE	<i>Astrocassine pleurostyloides</i> cf var <i>parvifolia</i>
CELASTRACEAE	<i>Salacia madagascariensis</i> (Lam.) DC.
CELTIDACEAE	<i>Celtis gomphophylla</i> Baker

FAMILLES	ESPECES
CELTIDACEAE	<i>Celtis philippensis</i> Blanco
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum recedens</i> Jum. & H. Perrier
CLUSIACEAE	<i>Garcinia aphanophlebia</i> Baker
CLUSIACEAE	<i>Garcinia asterandra</i> Jum. & H. Perrier
CLUSIACEAE	<i>Garcinia pervillei</i> (Planch. & Triana) Vesque
CLUSIACEAE	<i>Garcinia dauphinensis</i> P. Sweeney & Z.S. Rogers
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i> sp. A079-051
CLUSIACEAE	<i>Mammea punctata</i> (H. Perrier) P.F. Stevens
COMBRETACEAE	<i>Terminalia</i> sp. A071-026
COMBRETACEAE	<i>Terminalia</i> sp. A074-107
COMBRETACEAE	<i>Terminalia mantaliopsis</i> Capuron
COMBRETACEAE	<i>Combretum</i> sp. A093-046
COMMELINACEAE	<i>Clynogine</i> sp. A078-060
CONNARACEAE	<i>Cnetis</i> sp. A065-057
CONNARACEAE	<i>Agelaea pentagyna</i> (Lam.) Baill.
CRASSULACEAE	<i>Kalanchoe</i> sp. A000-026
CRASSULACEAE	<i>Kalanchoe</i> sp. A078-003
DICHAPETALACEAE	<i>Dichapetalum</i> sp. A062-026
DICHAPETALACEAE	<i>Dichapetalum</i> sp. A083-060
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea</i> sp. A097-036
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea ovinata</i> Baker
DIOSCOREACEAE	<i>Tacca</i> sp. A071-061
EBENACEAE	<i>Diospyros</i> cf <i>lanceolata</i> Poir.
EBENACEAE	<i>Diospyros</i> sp. A071-051
EBENACEAE	<i>Diospyros gracilipes</i> Hiern aff. <i>var parvifolia</i>
EBENACEAE	<i>Diospyros</i> sp. A073-054
EBENACEAE	<i>Diospyros</i> sp. A077-033
EBENACEAE	<i>Diospyros mapingo</i> H. Perrier
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum corymbosum</i> Boivin ex Baill.
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp. <i>haeranthum</i> H. Perrier
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> aff. <i>ligustrinum</i> D.C.
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp. A060-024
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp. A072-010
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp. A069-036
ERYTHROXYLLACEAE	<i>Erythroxylum</i> sp. A068-103
EUPHORBIACEAE	<i>Givotia stipularis</i> Radcl.-Sm.
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> cf <i>tetraptera</i> Baker
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia alluaudii</i> susp. <i>onoclada</i> (Drake) F. Friedman & Cremers
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga boutonioides</i> Baill.
EUPHORBIACEAE	<i>Tannodia</i> aff. <i>cordifolia</i> Baill.
EUPHORBIACEAE	<i>Tannodia</i> aff. <i>grandiflora</i> Radcl.-Sm,
EUPHORBIACEAE	<i>Cleistanthus</i> sp. A073-008
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i> aff. <i>bernieri</i> Baill.
EUPHORBIACEAE	<i>Givotia madagascariensis</i> Baill.

FAMILLES	ESPECES
EUPHORBIACEAE	Cf <i>Margaritaria</i> sp. A080-070
EUPHORBIACEAE	<i>Cleistanthus</i> cf. <i>occidentalis</i> (Leandri) Leandri
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i> sp. A076-006
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i> cf. <i>hispida</i> Burm. f.
EUPHORBIACEAE	<i>Bridelia tulasneana</i> Baill.
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea alnifolia</i> (Bojer ex Baill.) Pax & K. Hoffm.
EUPHORBIACEAE	<i>Croton argyrodaphne</i> Baill.
EUPHORBIACEAE	<i>Cleistanthus</i> sp. A000-009
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> sp. A068-024
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> sp. A071-012
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i> sp. A000-012
FABACEAE	<i>Mimosa</i> aff. <i>latispinosa</i> Baill
FABACEAE	<i>Dalbergia</i> sp. A069-038
FABACEAE	<i>Dalbergia</i> sp. A076-012
FABACEAE	<i>Baudouinia fluggeiformis</i> Baill.
FABACEAE	<i>Dalbergia</i> sp. A000-013
FABACEAE	<i>Bauhinia</i> sp. A076-092
FABACEAE	<i>Mimosa</i> sp. A077-008
FABACEAE	<i>Albizia</i> sp. A074-113
FABACEAE	<i>Dalbergia</i> sp. A073-011
FABACEAE	<i>Xylia</i> aff. <i>hoffmannii</i> (Vatke) Drake
FABACEAE	<i>Albizia</i> sp. A074-048
FABACEAE	<i>Gagnebina commersoniana</i> (Baill.)R. Vig.
FABACEAE	<i>Bauhinia</i> sp. RCH 078
FABACEAE	<i>Indigofera</i> sp. A071-029
FABACEAE	<i>Albizia mainaea</i> Villiers
FABACEAE	<i>Colvillea</i> sp. A073-062
FABACEAE	<i>Dalbergia</i> sp. A068-060
FABACEAE	<i>Delonix</i> cf. <i>boiviniana</i> (Baill.) Capuron
FABACEAE	<i>Apaloxylon</i> sp. A072-003
HERNANDIACEAE	<i>Gyrocarpus americanus</i> ssp. <i>tomentosus</i> Kubitzki
ICACINACEAE	<i>Apodytes dimidiata</i> E. Mey. ex Arn.
ICACINACEAE	<i>Leptaulus</i> cf. <i>citroides</i> Baill.
LAMIACEAE	<i>Clerodendron</i> sp. A069-005
LAMIACEAE	<i>Clerodendron</i> sp. A069-016
LAMIACEAE	<i>Vitex</i> sp. A000-053
LAMIACEAE	<i>Clerodendron</i> sp. A080-073
LAURACEAE	<i>Potameia</i> cf. <i>resonjo</i> Kosterm.
LAURACEAE	<i>Ocotea laevis</i>
LAURACEAE	<i>Ocotea</i> aff. <i>ambrensis</i> van der Werff
LOGANIACEAE	<i>Strychnos henningsii</i> Gilg
LOGANIACEAE	<i>Strychnos madagascariensis</i> Poir.
LOGANIACEAE	<i>Strychnos</i> aff. <i>mostueoides</i> Leeuwenb.
LOGANIACEAE	<i>Strychnos</i> sp. A088-034

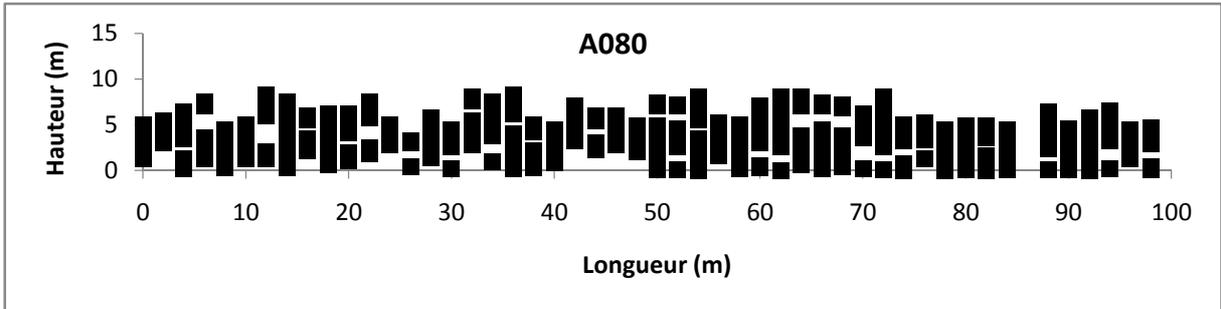
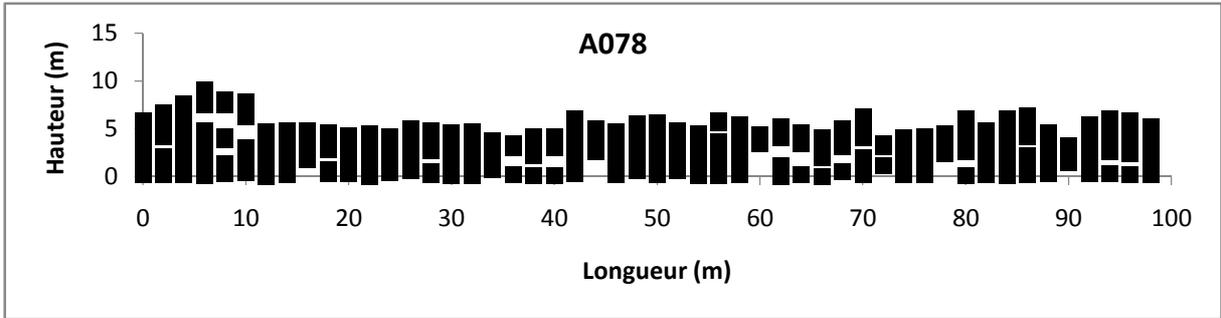
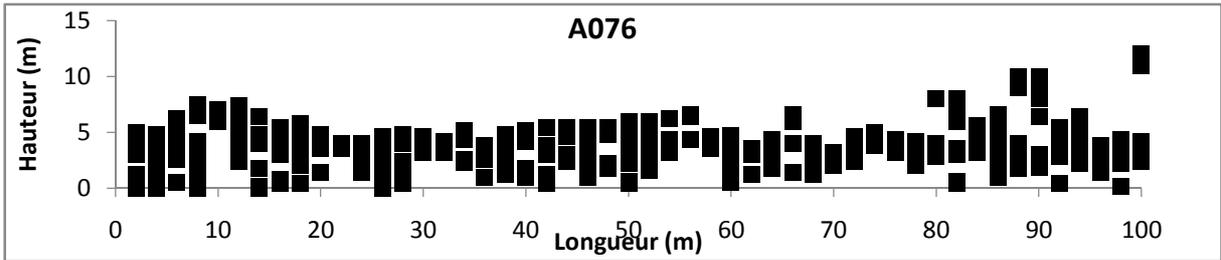
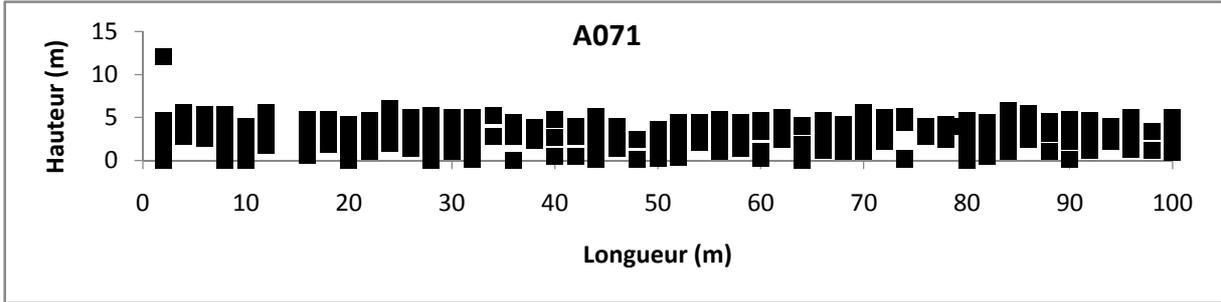
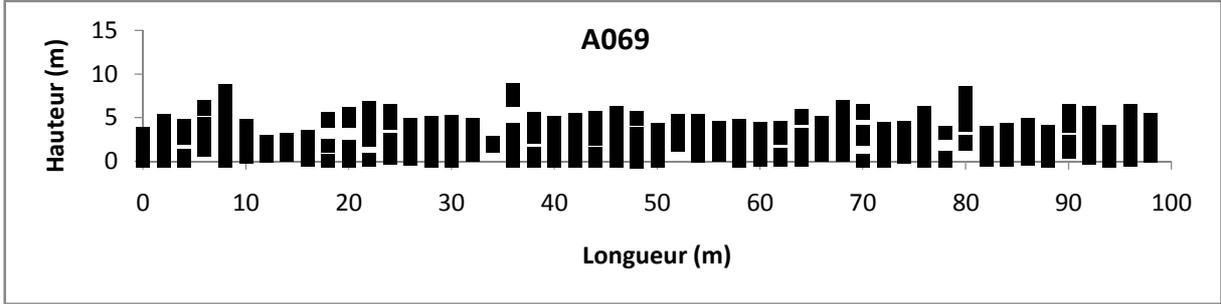
FAMILLES	ESPECES
LOGANIACEAE	<i>Strychnos</i> sp.
LOGANIACEAE	<i>Strychnos</i> aff. <i>decussata</i> (Pappe) Gilg
LYCOPODIACEAE	<i>Lycopodium</i> sp. A098-011
MALPHIGIACEAE	<i>Tristellateia</i> sp. A080-078
MALVACEAE	<i>Grewia</i> sp. A078-026
MALVACEAE	<i>Grewia</i> sp. SDR 370
MALVACEAE	<i>Hibiscus</i> sp. A080-014
MALVACEAE	<i>Hibiscus</i> sp. A098-017
MALVACEAE	<i>Hibiscus</i> sp. A080-005
MALVACEAE	<i>Grewia</i> sp. A069-010
MALVACEAE	<i>Grewia</i> sp. A078-065
MALVACEAE	<i>Hildegardia erythrosiphon</i> (Baill.) Kosterm
MALVACEAE	<i>Grewia hisp.idissima</i> Harv.
MALVACEAE	<i>Grewia cuneifolia</i> Baker
MELASTOMATAACEAE	<i>Dichaetanthera oblongifolia</i> Baker
MELASTOMATAACEAE	<i>Memecylon longipetalum</i> H. Perrier
MELASTOMATAACEAE	<i>Warneckea sansibarica</i> (Taub.)Jacq.-Fél.
MELIACEAE	<i>Cedrelopsis</i> aff <i>trivalvis</i> J.-F. Leroy
MELIACEAE	<i>Malleastrum</i> sp. A000-035
MENISPERMACEAE	<i>Burasaia madagascariensis</i> DC.
MONIMIACEAE	<i>Tambourissa purpurea</i> (Tul.) A. DC.
MONTINIACEAE	<i>Grevea madagascariensis</i> Baill.
MORACEAE	<i>Ficus polita</i> Vahl
MORACEAE	<i>Streblus dimepate</i> (Bureau) C.C. Berg
MORACEAE	<i>Ficus reflexa</i> Thumb
MORACEAE	<i>Ficus</i> sp. A079-022
MORACEAE	<i>Trophis montana</i> (Leandri) C.C. Berg
MORACEAE	<i>Treulia africana</i> ssp. <i>madagascarica</i> (N.E. Br.) C.C.Berg
MYRSINACEAE	<i>Oncostemum</i> sp. A088-076
MYRTACEAE	<i>Syzygium bernieri</i> (Drake) Labat & G.E. Schatz
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i> sp. A070-004
OCHNACEAE	<i>Ochna</i> cf. <i>ciliata</i> Lam.
OLACACEAE	<i>Olax madagascariensis</i> (DC.) Cavaco
OLEACEAE	<i>Noronhaea capuronii</i>
OLEACEAE	<i>Noronhaea humbertiana</i>
OLEACEAE	<i>Noronhaea leandriana</i>
OLEACEAE	<i>Noronhaea</i> aff. <i>paracuminata</i>
OLEACEAE	<i>Noronhaea</i> aff. <i>divaricata</i>
OLEACEAE	<i>Comoranthus obconicus</i> Knobl.
OLEACEAE	<i>Noronhaea linoceroides</i>
ORCHIDACEAE	<i>Angraecum</i> sp. A080-041
ORCHIDACEAE	<i>Bulbophyllum</i> sp. A069-031
ORCHIDACEAE	<i>Bulbophyllum</i> sp. A078-066
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i> sp. A000-038

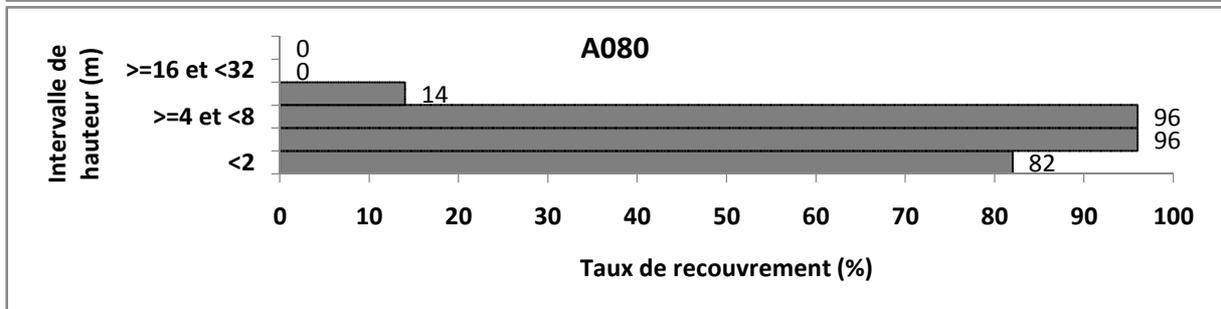
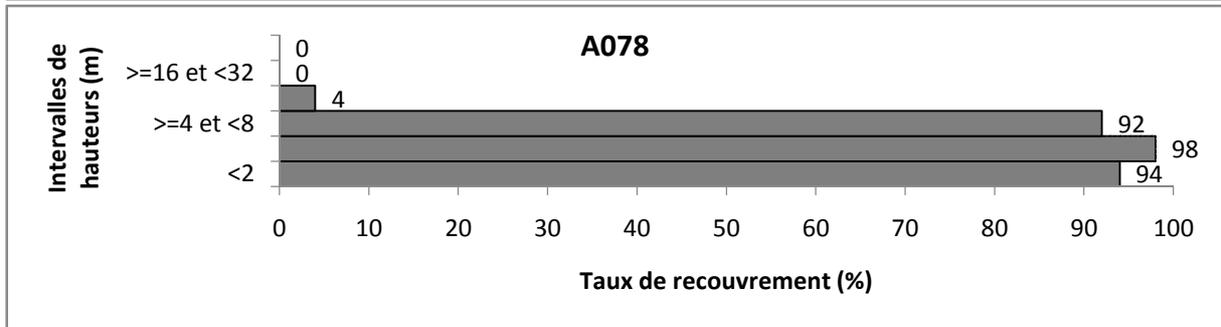
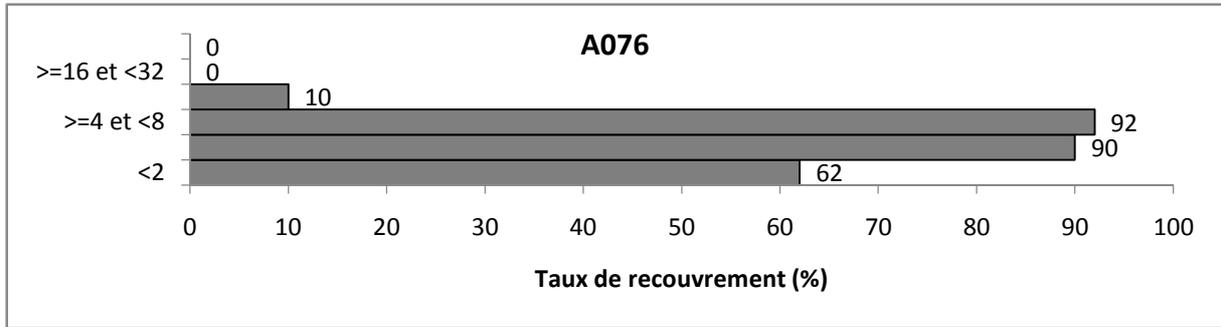
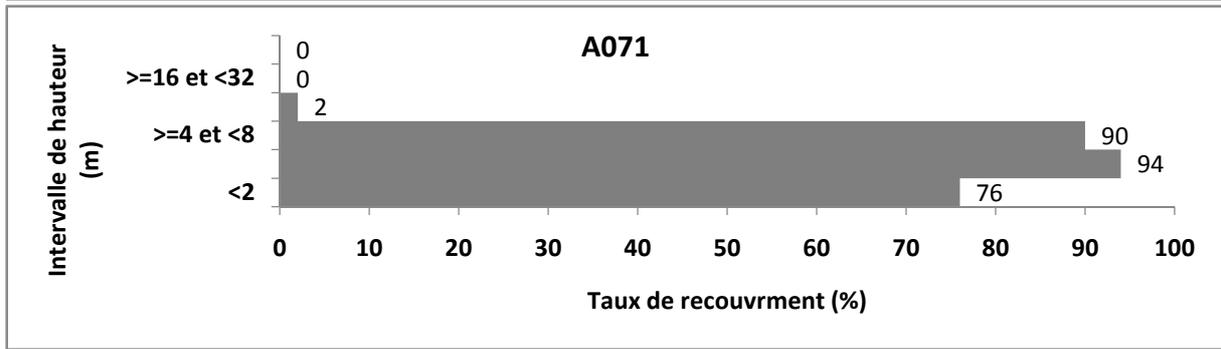
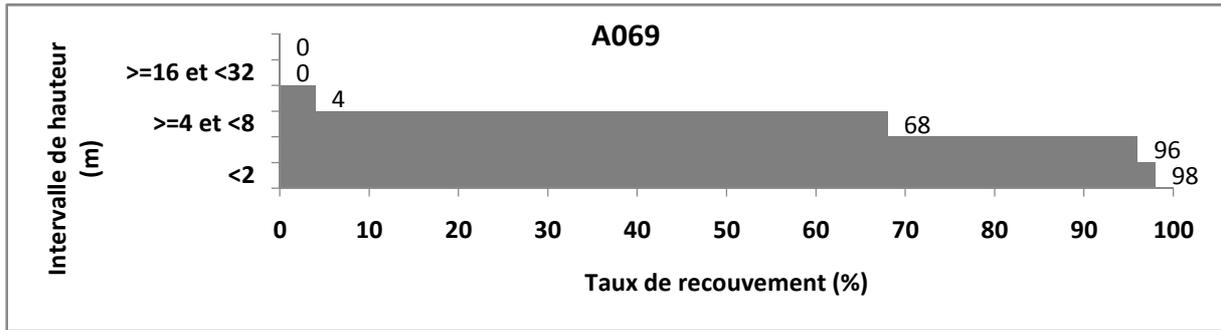
FAMILLES	ESPECES
PANDANACEAE	<i>Pandanus</i> sp. A077-035
PANDANACEAE	<i>Pandanus</i> sp. A085-009
PASSIFLORACEAE	<i>Adenia</i> sp. A063-019
PASSIFLORACEAE	<i>Paropsia</i> sp. A071-038
PEDALIACEAE	<i>Uncarina</i> aff. <i>peltata</i> (Baker) Stapf
PHYLLANTHACEAE	<i>Margaritaria anomala</i> (Baill.) Fosberg
PHYLLANTHACEAE	<i>Phyllanthus</i> sp. A072-033
PIPERACEAE	<i>Piper</i> sp. A079-102
PIPERACEAE	<i>Piper</i> sp. RCH 116
PITTOSP.ORACEAE	<i>Pittosp.orum ambrense</i> Cufod.
PITTOSP.ORACEAE	<i>Pittosp.orum</i> sp. A000-040
POACEAE	<i>Flagellaria indica</i> L.
POACEAE	<i>Desmostachya</i> sp. A079-084
POACEAE	<i>Poa</i> sp. A076-100
PRIMULACEAE	<i>Orfilea</i> sp. A080-047
PTERIDOPHYTA	A071-088
PTERIDOPHYTA	SDR 364
PUNTRANJIVACEAE	<i>Drypetes madagascariensis</i> cf <i>var inermis</i> Humbert & Leandri
PUNTRANJIVACEAE	<i>Drypetes capuronii</i> Leandri
RHAMNACEAE	<i>Bathiorhamnus louvelii</i> var <i>macrocarpus</i> Capuron
RHOPALOCARPACEAE	<i>Rhopalocarpus</i> sp. A075-041
RHYZOPHORACEAE	<i>Macarisia</i> sp. A090-025
RUBIACEAE	<i>Euclinia suavissima</i> (Homolle ex Cavaco) J.-F. Leroy
RUBIACEAE	<i>Rytigynia</i> aff. <i>humbertii</i> Cavaco
RUBIACEAE	<i>Apomuria</i> sp. A073-073
RUBIACEAE	Cf. <i>Paracephalis</i> sp. A080-046
RUBIACEAE	<i>Alberta minor</i> Baill.
RUBIACEAE	<i>Canthium</i> sp. A000-008
RUBIACEAE	<i>Canthium</i> cf. <i>ossicarpa</i>
RUBIACEAE	<i>Canthium</i> sp. A080-035
RUBIACEAE	<i>Canthium</i> sp. A096-043
RUBIACEAE	<i>Coptosp.erma</i> sp. A080-006
RUBIACEAE	<i>Psorosp.ermum</i> sp. A080-079
RUBIACEAE	<i>Rothmannia</i> sp.
RUBIACEAE	<i>Coffea dubardii</i> Jum.
RUBIACEAE	<i>Polysp.haeria lepidocarpa</i> Verdc.
RUBIACEAE	<i>Saldinia axillaris</i> (Lam. ex Poir.) Bremek.
RUBIACEAE	<i>Ixora</i> sp. A075-068
RUBIACEAE	<i>Coffea</i> cf. <i>bonnieri</i> Dubard
RUBIACEAE	<i>Psychotria expansissima</i> K. Schum.
RUBIACEAE	<i>Pyrostria andilanensis</i> var <i>nosibeensis</i> Cavaco
RUBIACEAE	<i>Psydrax</i> aff. <i>occidentalis</i> (Cavaco) A.P. Davis & Bridson
RUBIACEAE	<i>Pyrostria</i> sp. A064-007
RUBIACEAE	<i>Rothmania</i> sp. A079-024

FAMILLES	ESPECES
RUBIACEAE	<i>Ixora</i> aff. <i>sambiranensis</i> Homolle ex Guédès
RUBIACEAE	<i>Coffea</i> cf. <i>sambavensis</i> J.-F. Leroy ex A.P. Davis & Rakotonas.
RUBIACEAE	<i>Peponidium horridum</i> (Baill.) Arènes
RUBIACEAE	<i>Tisonia</i> sp. A083-036
RUBIACEAE	<i>Canthium bosseri</i> Cavaco
RUBIACEAE	<i>Triainolepis</i> sp. A078-036
RUBIACEAE	<i>Pseudopeponidium</i> aff. <i>oleifolium</i> Homolle ex Arènes
RUBIACEAE	<i>Rothmannia</i> sp.
RUBIACEAE	<i>Peponidium humberianum</i> (Cavaco) Razafim., Lantz & B. Bremer
RUBIACEAE	<i>Pauridiantha</i> sp. A075-069
RUBIACEAE	<i>Coffea augagneuri</i> Dubard
RUBIACEAE	<i>Neoleroia verdcourtii</i> Cavaco
RUBIACEAE	<i>Tarenna</i> cf. <i>grevei</i> (Drake) Homolle
RUBIACEAE	<i>Pyrostria major</i> (A. Rich. ex DC.) Cavaco
RUBIACEAE	<i>Hyperacanthus</i> sp.
RUBIACEAE	<i>Coptosp.erma</i> sp. A078-015
RUBIACEAE	<i>Rothmania</i> sp. A081-008
RUBIACEAE	<i>Chassalia</i> sp. SDR 374
RUBIACEAE	<i>Diporidium</i> sp. A000-017
RUBIACEAE	<i>Carphalea kirondrion</i> Baill.
RUBIACEAE	<i>Canthium</i> sp. A083-008
RUBIACEAE	<i>Coptosp.erma</i> sp. A076-008
RUTACEAE	<i>Vepris unifoliolata</i> (Baill.) Labat, M. Pignal & O. Pascal
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum</i> sp. A093-005
RUTACEAE	<i>Vepris nitida</i> Verdom
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum tsihanimposa</i> H. Perrier
RUTACEAE	<i>Vepris unifoliolata</i> (Baill.) Labat, M. Pignal & O. Pascal
SALICACEAE	<i>Ludia</i> sp. A023-010
SALICACEAE	<i>Homalium</i> sp. A083-055
SALICACEAE	<i>Homalium</i> aff. <i>axillare</i> (Lam.) Benth.
SALICACEAE	<i>Ludia erosifolia</i> Sleumer
SALICACEAE	<i>Bivinia jalbertii</i> Tul.
SALICACEAE	<i>Homalium</i> sp. A077-026
SALICACEAE	<i>Aphloia theiformis</i> subsp. <i>madagascariensis</i> var. <i>minima</i> (Baker) H. Perrier
SALICACEAE	<i>Homalium</i> sp. A088-007
SALICACEAE	<i>Ludia</i> sp. A074-015
SALICACEAE	<i>Ludia</i> cf. <i>scolopioides</i> Capuron & Sleumer
SALICACEAE	<i>Homalium nudiflorum</i> (DC.) Baill.
SALICACEAE	<i>Ludia</i> sp. SDR 363
SALICACEAE	<i>Flacourtia</i> sp. A088-033
SALICACEAE	<i>Ludia mauritiana</i> J.F. Gmel.
SAPINDACEAE	<i>Tina chapelieriana</i> Cambess.) Kalkman
SAPINDACEAE	<i>Alophyllus</i> cf. <i>cobbe</i>
SAPINDACEAE	<i>Malleastrum</i> sp. A097-015

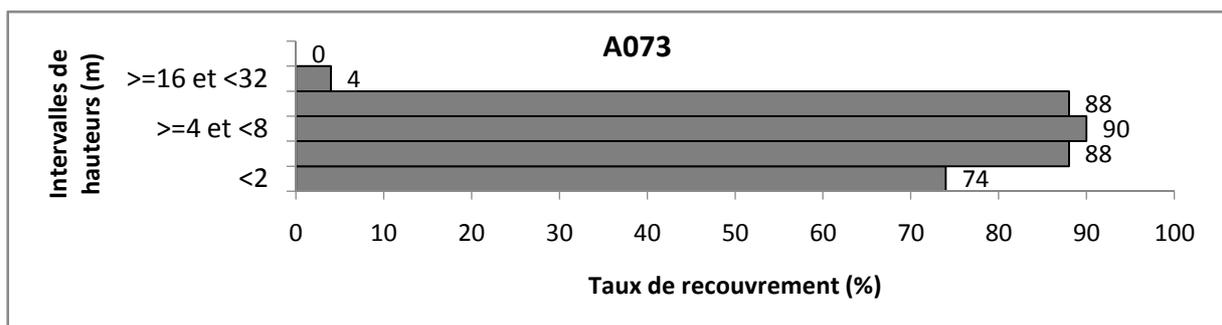
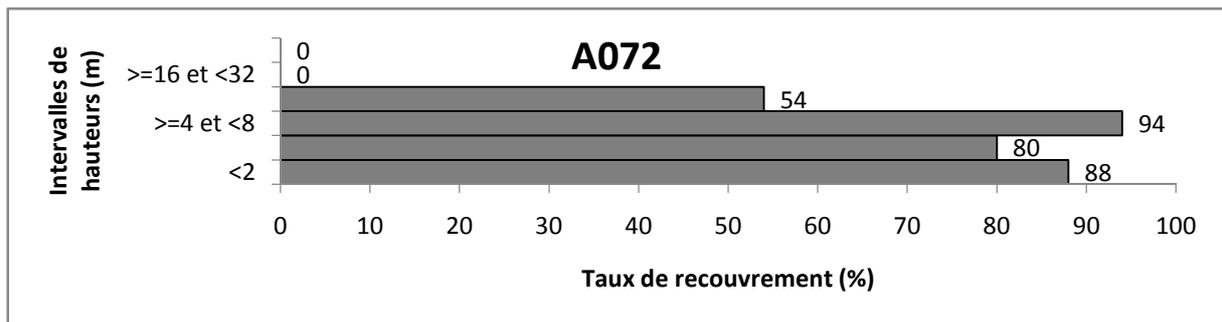
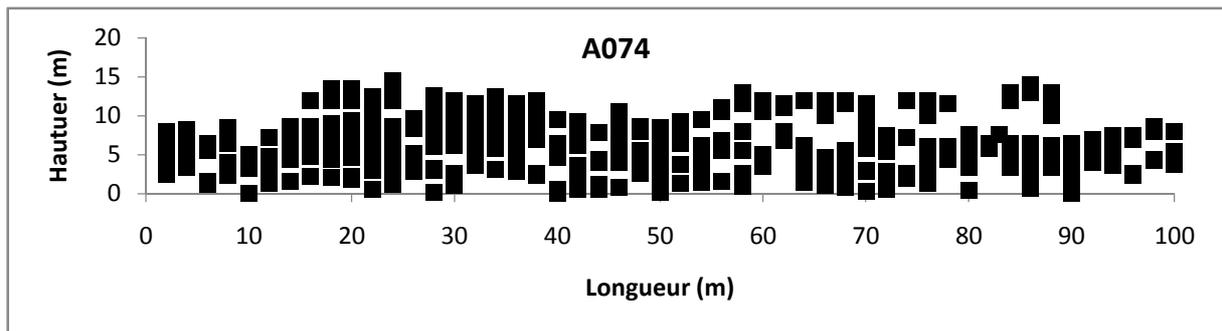
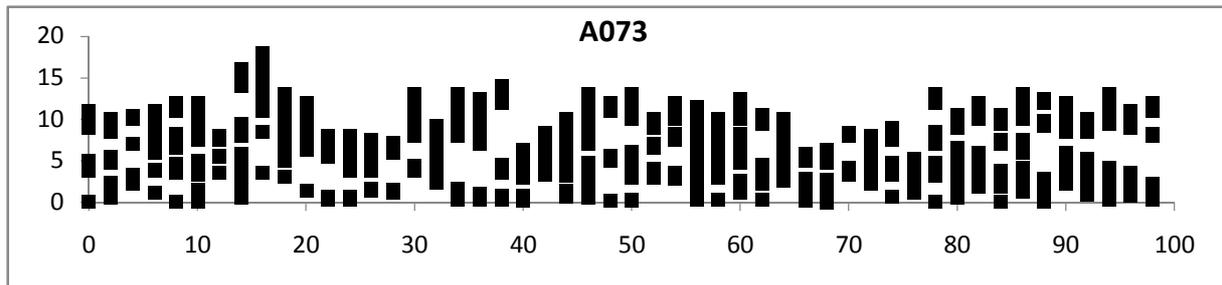
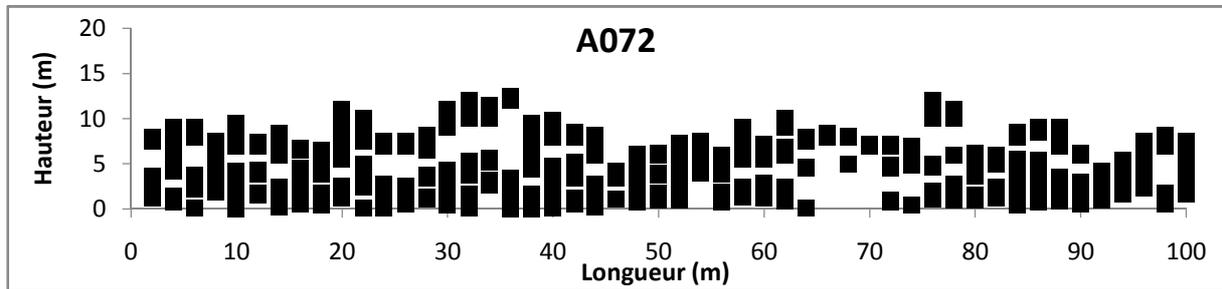
FAMILLES	ESPECES
SAPINDACEAE	<i>Plagioscyphus jumellei</i> (Choux) Capuron
SAPINDACEAE	<i>Pseudopteris decipiens</i> Baill.
SAPINDACEAE	<i>Pseudopteris</i> sp. A075-039
S SAPINDACEAE	<i>Molinae</i> sp. A089-063
SAPINDACEAE	<i>Macphersonia gracilis</i> aff. <i>hildebrandtii</i> (O. Hoffm.) Capuron
SAPINDACEAE	<i>Macphersonia gracilis</i> var <i>gracilis</i> O. Hoffm.
SAPINDACEAE	<i>Plagioscyphus</i> sp. A077-024
SAPINDACEAE	<i>Filicium decipiens</i> (Wight & Arn.) Thwaites
SAPINDACEAE	<i>Majidea zanguebarica</i> J. Kirk ex Oliv.
SAPINDACEAE	<i>Cf Alophyllus</i> sp. A077-088
SAPINDACEAE	<i>Alophyllus</i> sp. A063-003
SAPINDACEAE	<i>Malleastrum antsingyense</i> J.-F. Leroy
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum</i> aff. <i>perrieri</i> (Lecomte) G.E. Schatz & L. Gaut.
SAPOTACEAE	<i>Labramia</i> cf. <i>platanoides</i> Capuron ex Aubrév.
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum boivinianum</i> (Pierre) Baehni
SARCOLENACEAE	<i>Rhodocolea racemosa</i> (Lam.) H. Perrier
SMILACACEAE	<i>Smilax anceps</i> Willd.
STEMONURACEAE	<i>Grisollea myriantha</i> Baill.
THYMELIACEAE	<i>Stephanodaphne</i> sp. A081-023
THYMELIACEAE	<i>Lagiosyphon</i> sp. A081-030

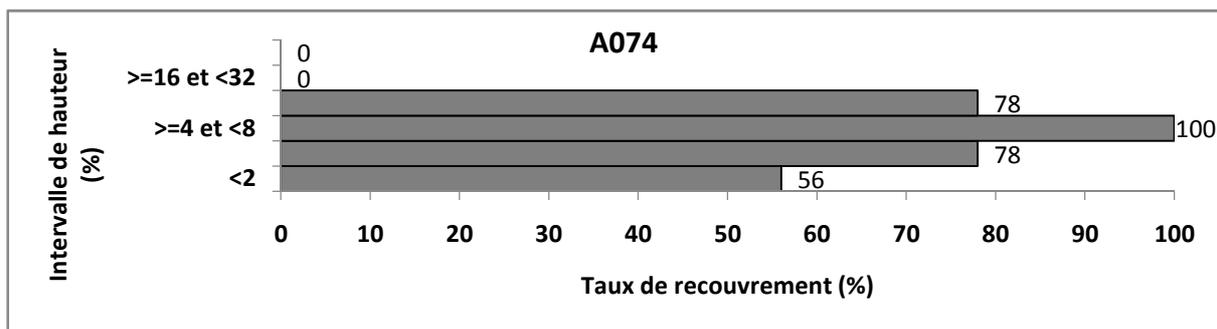
Annexe 8 : Profils structuraux et diagrammes de recouvrement d'une forêt très basse à sous-bois bien fournis du groupe *Polyscias* sp. SDR 307 et *Croton jennyanus*



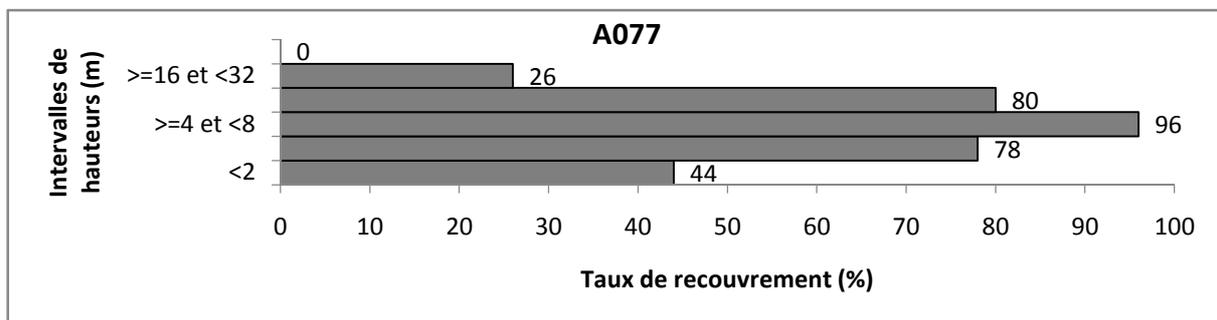
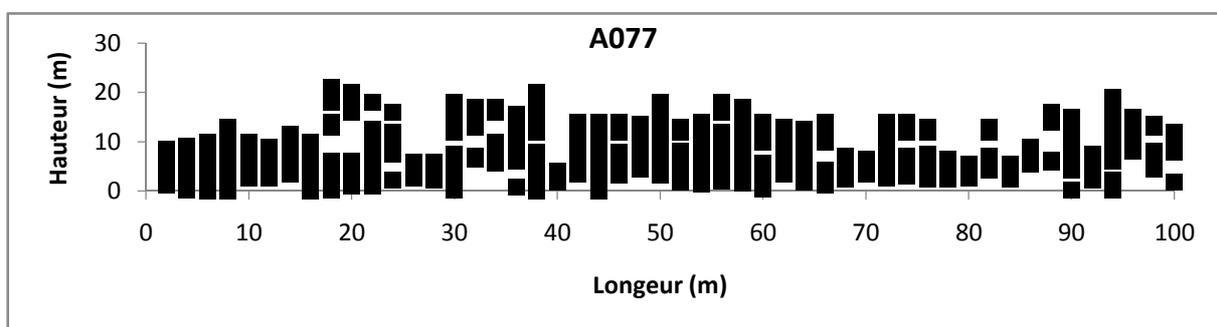


Annexe 9: Profils structuraux et diagrammes de recouvrement d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupe *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

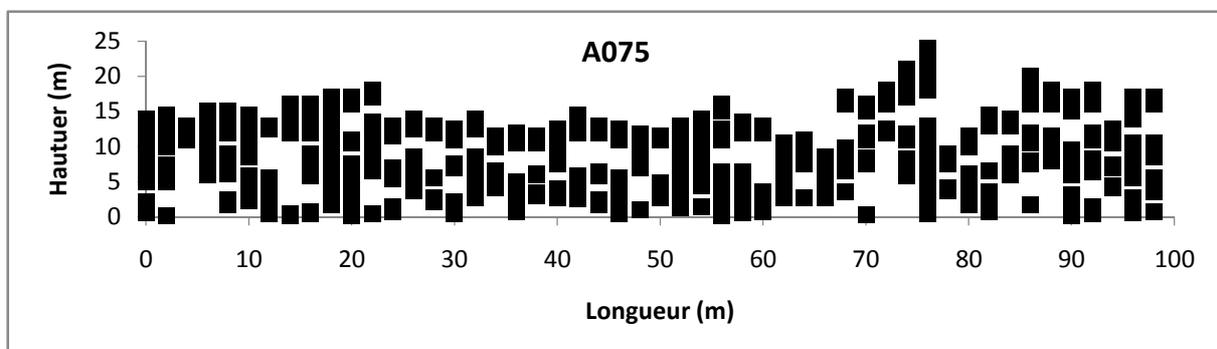


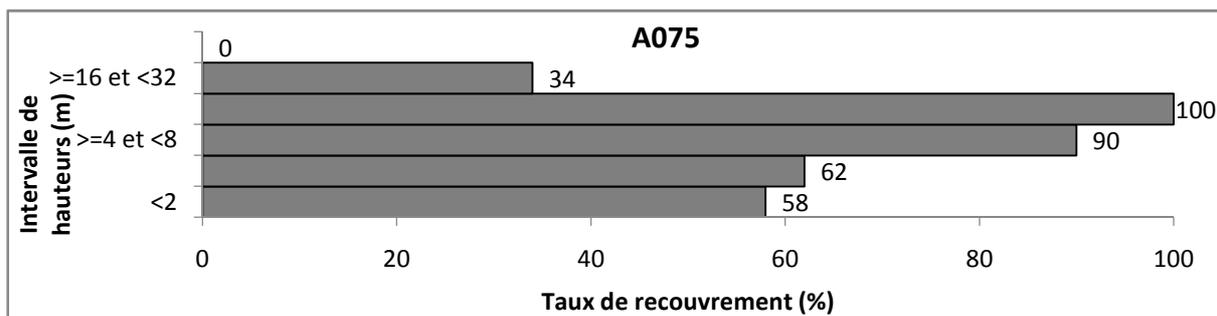


Annexe 10: Profil structural et diagramme de recouvrement d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupe *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*

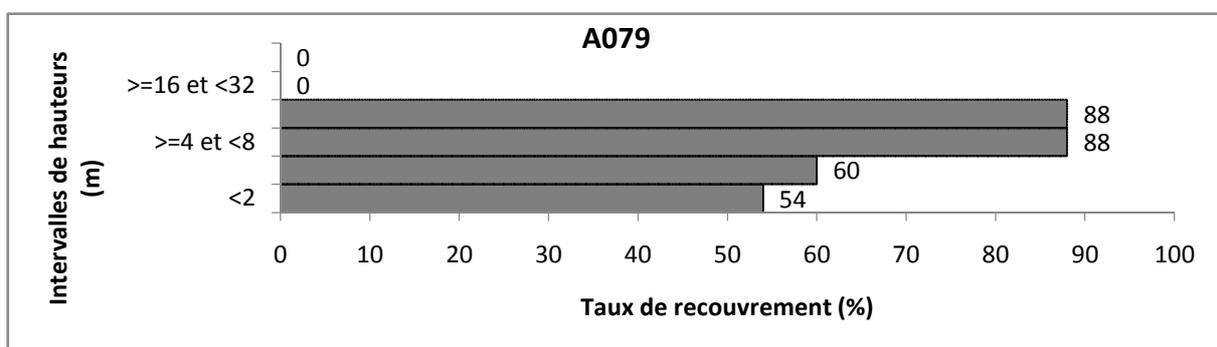
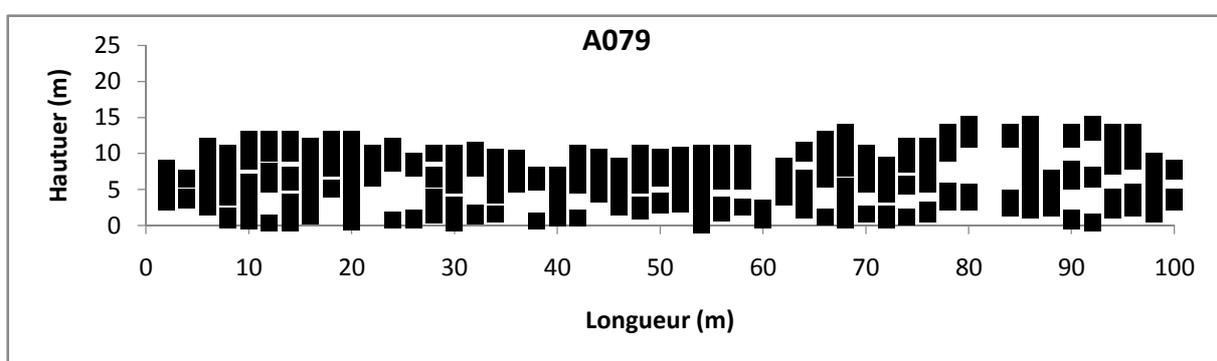


Annexe 11 : Profil structural et diagramme de recouvrement d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupe *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

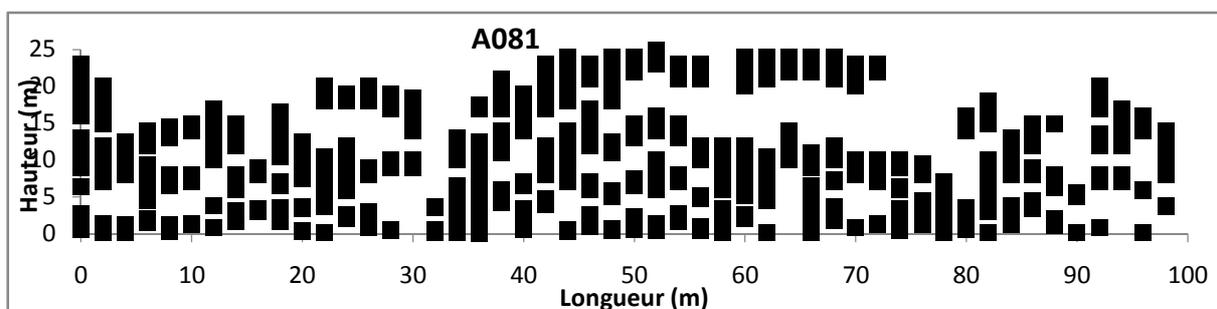


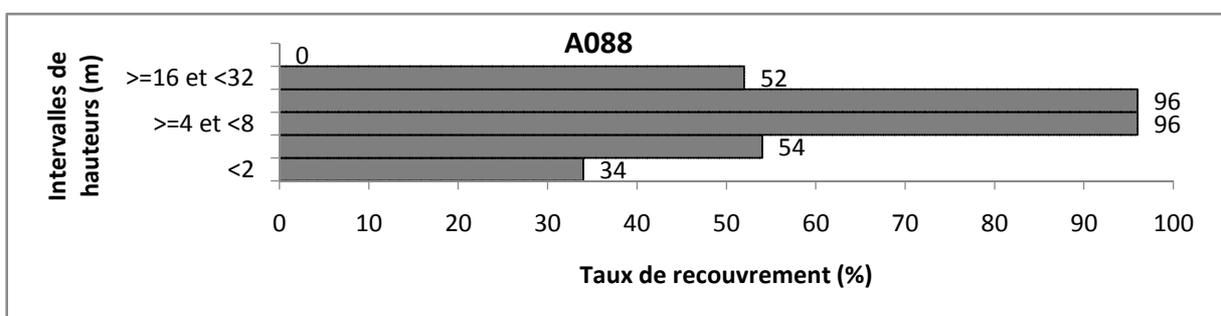
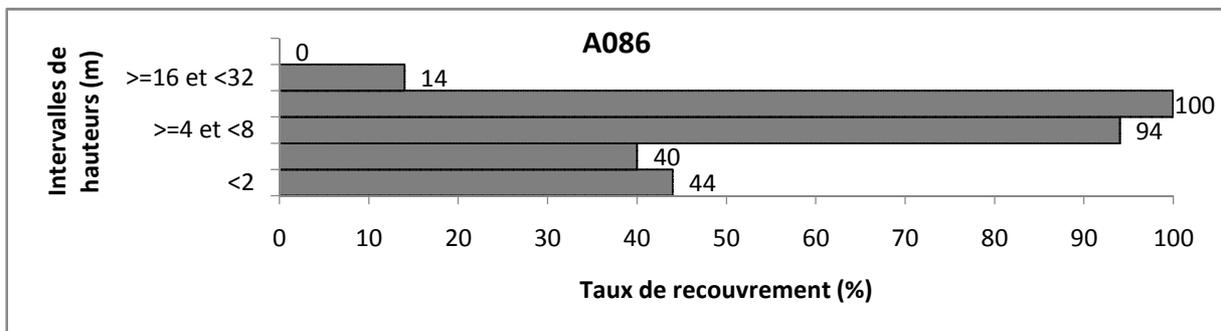
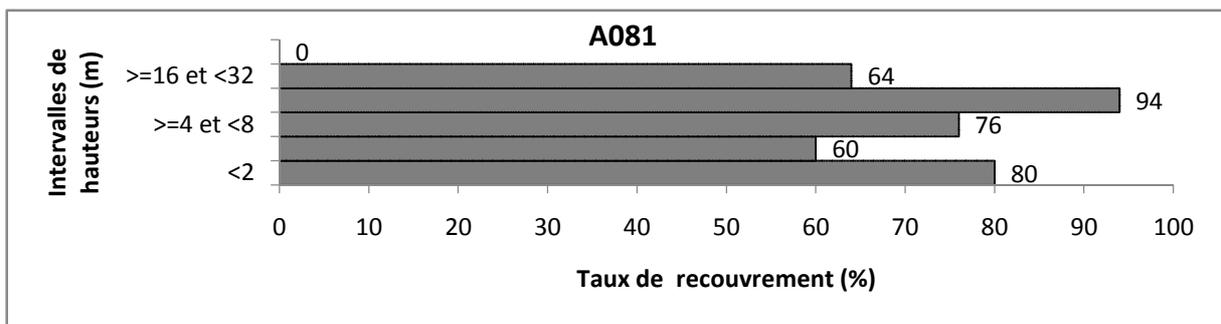
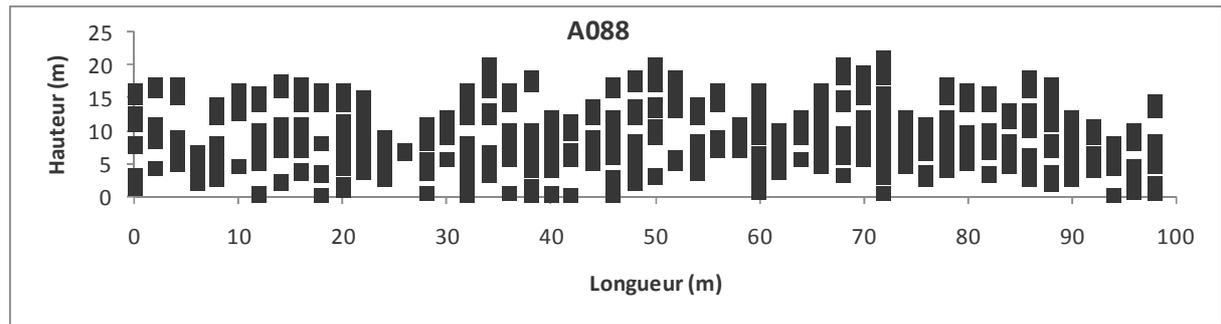
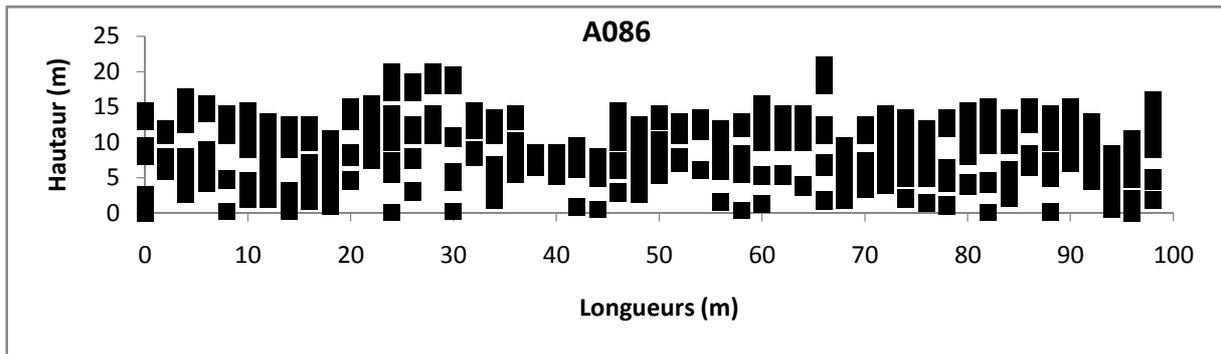


Annexe 12: Profil structural et diagrammes de recouvrement d'une forêt basse à sous-bois bien fournis à faible taux d'émergent du groupe *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensis*

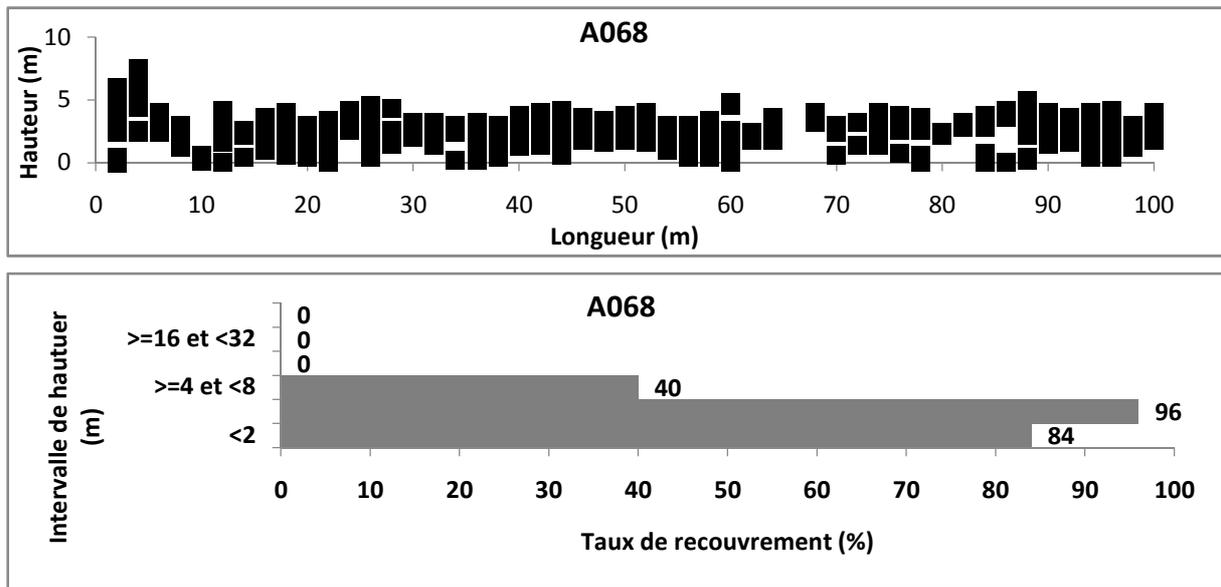


Annexe 13 : Profils structuraux et diagrammes de recouvrement d'une forêt haute à sous-bois claire à forte taux d'émergent du groupe *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*

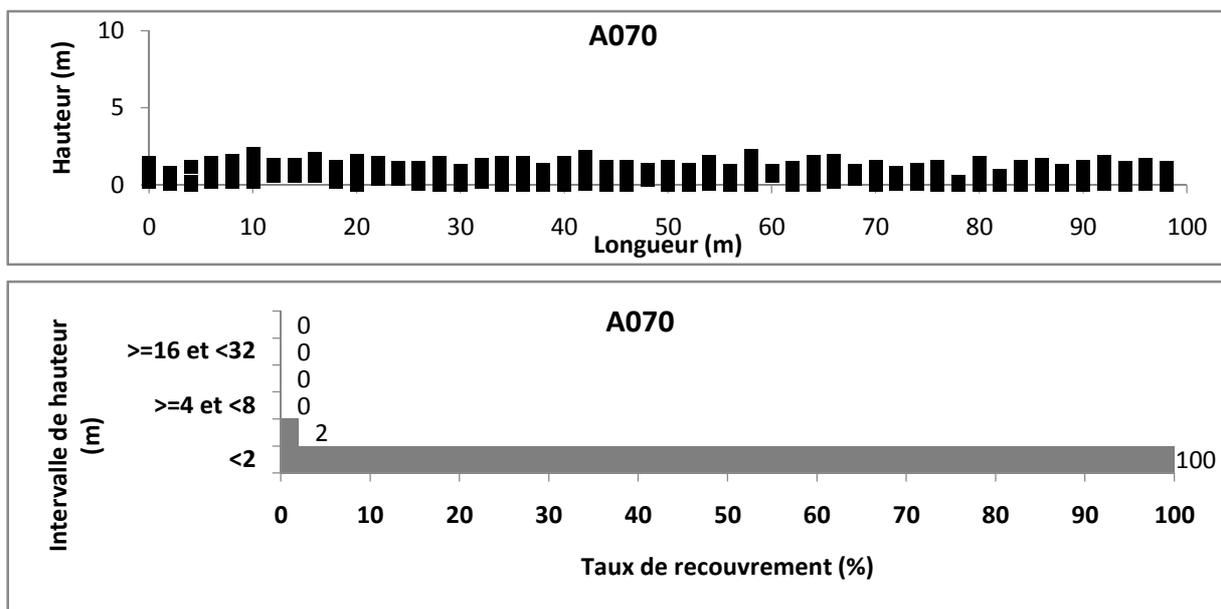




Annexe 14: Profil structural et diagramme de recouvrement d'une forêt très basse à sous-bois bien fourni du groupe *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia*



Annexe 15: Profil structural et diagramme de recouvrement d'un bas fourré arbustif du groupe *Terminalia* sp. A68-064 et *Vernonia secundifolia*



Annexe n°15: Caractéristique des relevés

Relevés	Altitude (m)	Latitude	Longitude	PENTE	Situation topographique	Codage	Substrat	Humidité
A068	1024	12,58575	49,126028	18	Haut-versant	3	Coulée de lave	SECHE
A069	863	12,588056	49,123333	16	Bas-versant	2	Coulée de lave	SECHE
A070	1090	12,584306	49,126417	6	Sommet	3	Coulée de lave	SECHE
A071	806	12,585194	49,115639	7	Bas versant	2	Coulée de lave	±HUMIDE
A072	581	12,599083	49,094611	3	Plateau	1	Sol profond (>50 cm)	± HUMIDE
A073	452	12,613111	49,094417	4	Plateau	1	Sol assez profond (<50cm)	± HUMIDE
A074	621	12,5955	49,097917	5	Plateau	1	Substrat meuble profond(>50 cm)	SECHE
A075	717	12,582333	49,099306	6	Bas versant	2	Sol profond (>50 cm)	HUMIDE
A076	793	12,575472	49,103111	4	Plateau	1	Coulée de lave	SECHE
A077	631	12,575833	49,085222	7	Plateau	1	Affleurement de coulé de lave	SECHE
A078	928	12,570472	49,117472	6	Plateau	1	Coulée de lave	SECHE
A079	855	12,575686	49,116306	8	Plateau	1	Sol assez profond(<50cm)	HUMIDE
A080	927	12,579972	49,12425	16	Mi-versant	2	Sol profond (>50 cm)	SECHE
A081	463	12,6135	49,100222	1	Plateau	1	Sol profond (>50 cm)	HUMIDE
A086	472	12,673139	49,120917	5	Plateau	1	Scorie volcanique	SECHE
A088	673	12,676917	49,126611	22	Bas-versant	2	Substrat meuble profond (>50 cm)	SECHE

Annexe n°16 : Matrice de corrélation entre les paramètres environnementaux

Paramètres	PENTE	Alt(m)	ST	Sub	X	Y
PENTE	1,000	0,453	0,320	0,018	0,670	-0,204
Alt(m)	0,453	1,000	0,675	-0,397	0,640	0,555
ST	0,320	0,675	1,000	-0,141	0,474	0,284
Sub	0,018	-0,397	-0,141	1,000	-0,268	-0,227
X	0,670	0,640	0,474	-0,268	1,000	-0,206
Y	-0,204	0,555	0,284	-0,227	-0,206	1,000

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

Titre : Analyses structurale et floristique de la végétation sur coulées de lave de la Montagne d'Ambre (Région DIANA)

RESUME

Auteur : RANDIMBIARISON Christian Hantamaherison

Situé dans la partie septentrionale de Madagascar, le massif forestier de la Montagne d'Ambre est dominé principalement par une végétation humide reposant sur du sol ferrallitique. Le changement de substrat dans sa partie occidentale a engendré l'installation d'une nouvelle type de végétation différente de celle rencontrée sur la totalité du massif.

Le but de ce travail est donc de caractériser cette végétation sur coulées de lave à travers des analyses floristique et structurale. Seize (16) relevés linéaire et surface répartis entre 452 m et 1090 m d'altitude ont été effectués dans deux sites d'étude (Bemanevika et Ampatinambohitra) pour caractériser cette végétation. Au total, 416 espèces et morpho-espèces se répartissent dans 220 genres appartenant à 87 familles, dont une famille endémique (SPHAEROSEPALACEAE), ont été recensées. Ces espèces montrent une grande affinité au domaine phytogéographique de l'Ouest confirmant l'appartenance de cette végétation sur coulées de lave à une forêt sèche de la série à *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia*. Cinq (5) groupements végétaux ont été obtenus après analyse des données, dont *Polyscias* sp. SDR 307 et *Croton jennyanus*, *Hildegardia erythrosiphon* et *Stereospermum longiflorum*, *Terminalia* sp A68-064 et *Vernonia secundifolia*, *Warneckea sansibarica* et *Cinnamosma fragrans*, *Wielandia fadenii* et *Fernandoa madagascariensi*. Ces derniers présentent quatre principales variantes structurales dont un fourré bas arbustif, une forêt très basse à sous-bois bien fourni, une forêt basse à sous-bois clair et à faible taux d'émergent et une forêt haute à fort taux d'émergent. En général, l'installation de la forêt sèche et la répartition des espèces au niveau de cette formation sont conditionnée principalement par la variation du substrat,

Mots clés : Montagne d'Ambre, coulées de lave, forêt sèche.

Encadreurs : Dr ROGER Edmond,

Dr RANIRISON Patrick

Title: Analysis of structural and floristic vegetation on lava flow of Amber Mountain
(Region DIANA)

SUMMARY

Author: Christian Hantamaherison RANDIMBIARISON

Located in the northern part of Madagascar, the forest of Amber Mountain is dominated mainly by wet vegetation which grows on ferralitic soil. The change of substrate in its western part, generates a new type vegetation different from the forest massif. The goal of this work is to characterize the vegetation on lava flow through the floristic and structural analysis. Sixteen (16) vegetation samples obtained from mixed linear and surface method, were carried out in two studies sites (Bemanevika and Ampatinambohitra) to characterize this vegetation. These latter are distributed between 452 and 1090 m elevation. In total, four hundred sixteen (416) species and morpho-species, distributed in 220 genera belonging to 87 families, including one endemic family (SPHAEROSEPALACEAE) were identified. These species show a high affinity with the phytogeographical area of the West, and this confirms the membership of this forest with the dry forest of the series with *Dalbergia*, *Commiphora* and *Hildegardia* . Five (5) plant groups were obtained after data analysis, which are *Polyscias* sp. SDR 307 and *Croton jennyanus* , *Hildegardia erythrosiphon* and *Stereospermum longiflorum*, *Terminalia* sp A68 -064 and *Vernonia secundifolia*, *Warneckea sansibarica* and *Cinnamosma fragrans*, *Wielandia fadenii* and *Fernandoa madagascariensis*. And these last have four main structural variants which are a low shrub thicket, a very low forest with stocked undergrowth, low forest with clear undergrowth and low rate of emergents and high forest with high rate of emergents. The installation of the dry forest and species distribution at this vegetation are conditioned mainly by the variation of the substrate.

Keywords: Montagne d'Ambre, lava flow, dry forest

Advisors: Dr ROGER Edmond,

Dr RANIRISON Patrick