



UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES,
UNIVERSITÉ D'EUROPE

FACULTE DES SCIENCES

Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs

Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale

**Flore et végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi:
diversité, structure et implications pour la conservation**

Thèse présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Sciences

Par

Tatien MASHARABU

Promoteurs: Professeur Marie-Françoise GODART
Professeur Jan BOGAERT
Professeur Marie Josée BIGENDAKO-POLYGENIS

04 Octobre 2011



UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES,
UNIVERSITÉ D'EUROPE

FACULTE DES SCIENCES

Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs

Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale

Flore et végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi: diversité, structure et implications pour la conservation

Thèse présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Sciences

Par

Tatien MASHARABU

DEA en Sciences (Université Libre de Bruxelles, 2007)

DEA en Biologie Appliquée (Université du Burundi, 2004)

Licence en Sciences Biologiques (Université du Burundi, 2002)

Composition du jury:

Professeur Farid DAHDOUH-GUEBAS (Président, Université Libre de Bruxelles)

Professeur Nausicaa NORET (Secrétaire, Université Libre de Bruxelles)

Professeur Marie-Françoise GODART (Promoteur, Université Libre de Bruxelles)

Professeur Jan BOGAERT (Co-Promoteur, Université de Liège/Gembloux Agro-Bio Tech)

Professeur Marie Josée BIGENDA KO-POLYGENIS (Co-Promoteur, Université du Burundi)

Docteur Steven DESSEIN (Membre, Jardin Botanique National de Belgique)

04 Octobre 2011

Masharabu T., 2011. Flore et végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi: diversité, structure et implications pour la conservation. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 224 p.

AVANT-PROPOS

Cette thèse a été réalisée dans un premier temps au Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytosociologie et dans un second temps au Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale (Service FK060) de l'Université Libre de Bruxelles (ULB). Ce travail de recherche est le fruit d'un long parcours au cours duquel j'ai bénéficié d'un soutien multiforme. Qu'il me soit alors permis d'adresser mes remerciements à toutes ces personnes et institutions qui ont contribué à son aboutissement, en commençant par ceux qui ont assuré l'accompagnement scientifique et le jury.

Le Professeur Jan BOGAERT, ancien Directeur du Service FK060, fut Président de mon comité d'accompagnement (2006-2008) avant de prendre la relève en qualité de Promoteur de thèse après le départ en retraite du Professeur émérite Jean LEJOLY. Ses suggestions, ses conseils, ses remarques, sa disponibilité et ses aptitudes dans la synthétisation ont énormément contribué à améliorer les publications.

Le Professeur Marie-Françoise GODART m'a fortement soutenu en acceptant d'assurer la présidence du comité d'accompagnement au départ, et de devenir ensuite, promoteur de la thèse après le départ du Professeur J. BOGAERT pour l'Université de Liège/Gembloux Agro-Bio Tech. Ses services et conseils m'ont été d'une grande utilité.

Le Co-Promoteur de cette thèse, le Professeur Marie Josée BIGENDAKO-POLYGENIS, Directeur des Services Académiques à l'Université du Burundi, mon institution d'origine, a beaucoup contribué dans l'encadrement. Elle a commencé à guider mes pas dans l'entreprise de la recherche avec la direction de mon mémoire de Licence en Sciences Biologiques à l'Université du Burundi (2001-2002) et a suivi les différentes phases de cette thèse jusqu'à la ligne d'arrivée.

Le Professeur émérite J. LEJOLY m'a ouvert les portes de Bruxelles, Capitale de l'Europe, en acceptant de m'accueillir en 2005 dans son ancien Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytosociologie pour y effectuer un stage, stage au cours duquel le projet mouture de cette thèse a été élaboré. Merci infiniment pour avoir encadré les premières phases de cette thèse jusque 2008.

Le Professeur Nausicaa NORET, membre du comité d'accompagnement et secrétaire du jury, a apporté de judicieuses remarques au protocole en me proposant de nouvelles pistes de recherche et a accepté de consacrer une partie de son précieux temps à la relecture ainsi qu'à l'amélioration de mes publications. Merci beaucoup pour les remarques constructives.

Mes remerciements s'adressent également au président du jury, le Professeur Farid DAHDOUH-GUEBAS, Directeur du Laboratoire d'Ecologie des Systèmes et Gestion des Ressources (ULB), et au Docteur Steven DESSEIN du Jardin Botanique National de Belgique, membre du jury, pour avoir accepté de lire, de corriger et de juger ce travail.

Je tiens également à remercier Monsieur Benoît NZIGIDAHERA, Chef du Service de la Recherche en Biodiversité et Centre d'Echange d'Information en Biodiversité (CHM) à l'Institut National (Burundi) pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) ainsi que les Professeurs Balthazar MPAWENAYO de l'Université du Burundi et Elias BIZURU de l'Université Nationale du Rwanda, pour avoir contribué à la réalisation de certains manuscrits.

L'Ingénieur Jean-Bosco NDAYIZEYE, Chef du Génie Rural en province Muyinga, Jacques NKENGURUTSE et le personnel de l'INECN en poste au Parc National de la Ruvubu entre autres Claude HAKIZIMANA (Chef du parc), Evariste BUVYIRUKE (Adjoint au Chef du parc) et les gardes forestiers SEBAJAJA à Muremera et Sylvestre KINWA à Gasave, ont accepté chaque fois que de besoin, même sous la pluie, de me servir de guide dans la jungle au milieu des buffles et serpents, et partager leur riche expérience sur la connaissance vernaculaire des plantes du parc lors des missions de collecte des données sur terrain. Le Docteur Frédéric BANGIRINAMA et Joël NDAYISHIMIYE se souviendront des conditions météo et de transport lors de notre mission conjointe de terrain à Bibara en commune Mutumba, Province Karuzi. L'INECN, l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU) et le Département de la population m'ont fourni certaines données dont j'avais besoin. A Meise, l'Ingénieur Luc PAUWELS, Collaborateur au Jardin Botanique National de Belgique m'a particulièrement aidé à identifier les Poaceae et Monsieur Daniel GEERINCK a fait montre d'une convivialité particulière et a souvent facilité mes déplacements jusqu'à Meise. Je suis également reconnaissant à l'endroit du Laboratoire d'Ecologie végétale et de Biogéochimie (ULB) et particulièrement au Professeur Thomas DROUET pour son assistance sur les techniques d'échantillonnage et d'analyses de sols

ainsi qu'à Monsieur Philippe GHYSELS pour ses excellents services analytiques de sol. Que ces personnes et institutions acceptent mes sincères remerciements.

Les membres, collègues et amis du Service FK060 avec qui nous avons collaboré à travers des échanges enrichissant scientifiquement et moralement n'ont pas été du tout oubliés: Professeur Charles DE CANNIERE, Professeur Marjolein VISSER, Professeur Louis BABOY, Docteur Sabas BARIMA, Docteur Issouf BAMBBA, Paul HAKIZIMANA, François HAVYARIMANA, Ferdinand NIYONGABO, Joseph BIGIRIMANA, Docteur Céphas MASUMBUKO, Adi MAMA, Docteur Guy ILUMBE, Docteur Faustin BOYEMBA, Docteur Jean-Pierre DJIBU, Abdoulaye DIOUF, Léon IYONGO, Denise KASALWE, Hady DIALLO, Olivia RAKOTONDRA SOA, Chantal SHALUKOMA, Isabelle VRANKEN, Docteur Adolphe NFOTABONG, Sylvain KUMBA, Sylvain ALONGO et tous ceux non cités ici.

La maison SETM m'a hébergé à Bruxelles. Que sa direction, son staff et particulièrement Madame Florence BINON, Assistante sociale, ainsi que les camarades étudiants soient rassurés de la reconnaissance de leur convivialité.

Ce travail a bénéficié d'un appui financier pour son aboutissement et j'en suis très reconnaissant. Je cite le Gouvernement du Burundi et le contribuable burundais, la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), le Fonds David & Alice VAN BUUREN ainsi que le Bureau des Relations Internationales et de la Coopération (BRIC) de l'ULB. En marge de mes recherches doctorales, un séjour à l'Université de Dar es Salaam (Tanzanie) dans le cadre d'un stage de formation en changements climatiques et conservation de la biodiversité a été possible en 2008 grâce au soutien de MacArthur Foundation.

Enfin, une mention spéciale revient très chaleureusement à ma chère épouse Liliane KANZIZA, elle qui a su gérer et éduquer, toute seule, Ted, Stacy et Donnell. Je leur dédie ce travail. Merci beaucoup à nos parents, familles et amis du Burundi et de la diaspora. Leur soutien et encouragements m'ont permis de tenir le coup jusqu'au bout de ce parcours de combattant. Que tous les anonymes qui ont été malencontreusement oubliés ne m'en tiennent pas rigueur; «Qui cite se trompe», comme disait l'autre.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	i
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES PHOTOS	xv
RESUME.....	xvii
ABSTRACT	xix
I. INTRODUCTION GENERALE	2
I.1. Contexte et problématique de l'étude	2
I.2. Fonctions des aires protégées.....	5
I.3. Les principales dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité.....	5
I.4. Les mesures de la biodiversité et processus impliqués	7
I.5. Les grands défis de la conservation et émergence de la biologie de la conservation	9
I.6. Méthodes d'étude de la végétation	13
I.7. Aires protégées du Burundi	16
I.8. Position phytogéographique du Burundi	17
I.9. Le Parc National de la Ruvubu	20
I.9.1. Situation géographique	20
I.9.2. Climat.....	22
I.9.3. Relief.....	23
I.9.4. Faune.....	24
I.9.5. Facteurs anthropiques	26
I.9.6. Végétation	30
I.10. Hypothèses et objectifs de la thèse	31
I.11. Plan de la thèse.....	35
II. DIVERSITE FLORISTIQUE DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI40	
II.1. Résumé	40
II.2. Abstract.....	40
II.3. Introduction	41
II.4. Matériel et méthode	42
II.5. Résultats.....	44
II.6. Discussion.....	46
II.7. Conclusion	49
III. ETUDE COMPARATIVE DES PARAMETRES FLORISTIQUES DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI	52
III.1. Résumé.....	52

III.2. Abstract	52
III.3. Introduction	53
III.4. Méthodologie	54
III.4. 1. Milieu d'étude et collecte des données	54
III.4. 2. Individualisation des communautés végétales	55
III.4. 3. Estimation des affinités entre communautés végétales	56
III.4. 4. Spectres écologiques	56
III.5. Résultats	57
III.5.1. Différentiation floristique des communautés végétales	57
III.5.2. Affinités floristiques entre communautés végétales.....	59
III.5.3. Spectres écologiques	59
III.6. Discussion	64
III.6.1. Affinités floristiques entre communautés végétales.....	64
III.6.2. Analyse des spectres écologiques.....	64
III.7. Conclusion.....	68
III.8. Remerciements	69
IV. ETUDE ANALYTIQUE DE LA FLORE ET DE LA VEGETATION DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI	71
IV.1. Résumé.....	71
IV.2. Introduction.....	71
IV.3. Matériel et méthode.....	72
IV.4. Résultats	75
IV.4.1. Groupements individualisés et structure	75
IV.4.2. Groupes écosociologiques et syntaxonomie	76
IV.4.3. Diversité biologique des groupements	78
IV.5. Discussion	78
IV.5.1. Groupements individualisés et structure	78
IV.5.2. Diversité biologique des groupements	83
IV.6. Remerciements.....	84
V. DISTRIBUTION ET FREQUENCE D'OCCURRENCE DES PLANTES VASCULAIRES AU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI.....	86
V.1. Résumé	86
V.2. Abstract	86
V.3. Introduction	87
V.4. Matériel et méthode.....	88

V.4.1. Zone d'étude et données utilisées.....	88
V.4.2. Structure des fréquences des plantes	90
V.4.3. Distribution d'abondance des espèces.....	91
V.5. Résultats et discussion.....	91
V.5.1. Variations de la richesse spécifique des familles	91
V.5.2. Fréquence d'occurrence des espèces	93
V.5.3. Distribution d'abondance des espèces.....	95
V.5.4. Implications pour la conservation	95
V.6. Remerciements	97
VI. EFFECTS OF FABACEAE COVER ON SOIL PARAMETERS AND ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DETERMINANTS OF FLORISTIC VARIABILITY IN NORTH-EASTERN RUVUBU, BURUNDI.....	100
VI.1. Abstract	100
VI.2. Introduction	100
VI.3. Material and method	102
VI.4. Results.....	104
VI.4.1. Effects of Fabaceae cover on soil physico-chemical properties	104
VI.4.2. Environmental heterogeneity, woody species cover and floristic variability	104
VI.5. Discussion	106
VI.5.1. Fabaceae cover and soil physico-chemical properties	106
VI.5.2. Determinism of environmental heterogeneity on floristic variability.....	108
VI.6. Conclusion	109
VI.7. Acknowledgements	110
VII. DISCUSSION GENERALE.....	112
VII.1. Analyse rétrospective des méthodes utilisées.....	112
VII.1.1. Echantillonnage et approche méthodologique.....	112
VII.1.2. Techniques d'analyses multivariées: les ordinations.....	115
VII.1.3. Analyse de la diversité.....	117
VII.1.4. Analyse des traits biologiques	117
VII.1.5. Analyse de la distribution d'abondance des espèces	118
VII.2. Bilan floristique du PNR	118
VII.3. Caractérisation et variabilité des communautés végétales.....	120
VII.4. Rôle de l'hétérogénéité de l'habitat sur la diversité biologique et les traits de vie	121
VII.5. Interprétation de la répartition des individus dans la communauté à l'aide des fréquences d'occurrence et des modèles de distribution d'abondance.....	122

VII.6. Investigation sur la distribution géographique des plantes et la position biogéographique du PNR	123
VII.7. Etat des lieux de l'endémisme au PNR.....	127
VII.8. Héritage naturel et implications pour la conservation	130
VII.9. Avancées méthodologiques et applicabilité de la thèse.....	135
VIII. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	140
VIII.1. Conclusions	140
VIII.2. Perspectives	142
IX. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	146
X. ANNEXES	170
ANNEXE 1: Références et résumés des publications ne relevant pas de la thèse.....	170
ANNEXE 2: Liste floristique du Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	174
ANNEXE 3: Composition floristique des groupements	194
ANNEXE 4: Listes des espèces les plus fréquentes relevées dans le Parc National de la Ruvubu.	219
ANNEXE 5: Listes des espèces très accidentelles (voire rares, car n'ayant été relevées qu'une seule fois) relevées dans le Parc National de la Ruvubu.....	222

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Evolution temporelle de la démographie et de la superficie des écosystèmes des aires protégées au Burundi (entre 1970 et 2008).	3
Figure I.2: Evolution temporelle de la superficie des savanes et des marais dans le système d'aires protégées du Burundi dans le temps (entre 1970 et 2008).....	4
Figure I.3: Composition, structure et fonctionnement de la biodiversité.....	7
Figure I.4: Hiérarchie spatiale et temporelle de processus qui établissent et maintiennent la diversité des espèces.....	9
Figure I.5: La biologie de la conservation, nouvelle synthèse de nombreuses sciences de base qui fournissent des principes et nouvelles approches au domaine appliqué du management des ressources.....	11
Figure I.6: Les trois principales approches en biologie de la conservation.....	12
Figure I.7: Eléments de base des concepts et méthodes d'acquisition des données, de leur traitement, de leur interprétation et de leur application à la gestion de l'écosystème.....	13
Figure I.8: Les territoires phytogéographiques de l'Afrique Centrale (Burundi, République Démocratique du Congo et Rwanda) selon White (1979, 1986)	19
Figure I.9: Le système phytogéographique du Burundi.	20
Figure I.10: Situation géographique du Parc National de la Ruvubu (PNR) au Burundi	21
Figure I.11: Le Parc National de la Ruvubu (PNR, Burundi) et les communes avoisinantes.....	22
Figure I.12: Diagramme ombrothermique du Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	23
Figure I.13: Profil du tronçon échantillonné au Parc National de la Ruvubu (Burundi), dans le cadre de cette étude, entre les savanes des environs du Bureau de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) à Muremera (altitude 1671m, 3°3' S, 30°30' E) en Commune Kigamba et les marais de la Ruvubu, au niveau du pont séparant les provinces Cankuzo et Muyinga (altitude 1350m, 2°59' S, 30°27' E).....	24
Figure I.14: Divisions administratives du Parc National de la Ruvubu au Burundi.....	28
Figure II.1: Localisation géographique du Parc National de la Ruvubu (Burundi) et du Parc National de l'Akagera (Rwanda).	43
Figure III.1: Localisation du Parc National de la Ruvubu et sites échantillonnés	55
Figure III.2: Représentation des écosystèmes étudiés au Parc National de la Ruvubu en	

fonction de leur composition spécifique sur les deux premiers axes de la DCA.....	58
Figure III.3: Spectre biologique pondéré des espèces inventoriées dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	60
Figure III.4: Spectre biologique pondéré des types de diaspores dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	60
Figure III.5: Spectre biologique pondéré des différentes catégories de types de diaspores dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	61
Figure III.6: Distribution générale des espèces de la flore du Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	62
Figure III.7: Spectre phytogéographique détaillé de la flore du Parc National de la Ruvubu au Burundi.....	63
Figure III.8: Spectre phytogéographique pondéré de l'élément-base soudano-zambézien en sous éléments des espèces inventoriées dans le Parc National de la Ruvubu au Burundi.	63
Figure IV.1: Localisation du Parc National de la Ruvubu et sites échantillonnés.....	75
Figure IV.2: Affinités floristiques entre communautés végétales et groupements individualisés au Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	76
Figure V.1: Localisation du Parc National de la Ruvubu dans la région des Grands Lacs africains.....	89
Figure V.2: Divisions administratives du Parc National de la Ruvubu (Burundi) et localisation des sites échantillonnés.....	89
Figure V.3: Distribution de la richesse spécifique des familles au sein du Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	92
Figure V.4: Distribution de la richesse spécifique des familles par formation végétale au Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	92
Figure V.5: Importance des types d'espèces au sein du Parc National de la Ruvubu (Burundi) en fonction de leurs occurrences.....	94
Figure V.6: Importance des types d'espèces en fonction de leurs occurrences par formation végétale au Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	94
Figure V.7: Distribution d'abondance des espèces au Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	95
Figure VI.1: Geographical location of the Ruvubu National Park (Burundi), sampled area and variation of altitudes.....	102
Figure VI.2: Relationships between Fabaceae cover and soil physico-chemical properties	

in North-Eastern Ruvubu, Burundi.....	104
Figure VI.3: Relationships between woody species cover and stoniness in North-Eastern Ruvubu, Burundi.	105
Figure VI.4: Canonical ordination diagram illustrating the distribution of sampling sites for vegetation and different environmental variables in North-Eastern Ruvubu, Burundi...	106
Figure VII.1: Distribution du Miombo.....	126
Figure VII.2: Localisation du Parc National de la Ruvubu dans les districts phytogéographiques du Burundi.....	127
Figure VII.3: Cadre conceptuel des principales phases à intégrer dans la conception et l'orientation des programmes de planification de la conservation.....	137

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: Les aires protégées du Burundi.....	17
Tableau II.1: Les principaux types de végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi.....	42
Tableau II.2: Répartition des plantes inventoriées au Parc National de la Ruvubu (Burundi) en taxons supérieurs.....	44
Tableau II.3: Comparaison de la richesse floristique des familles comptant au moins 15 espèces chacune au Parc National de la Ruvubu au Burundi (Masharabu, 2011) et au Parc National de l’Akagera au Rwanda (Troupin, 1966).	46
Tableau II.4: Comparaison de la richesse floristique des principales familles du Parc National de la Ruvubu (Masharabu, 2011) à celle des forêts claires de Nkayamba (Habonimana <i>et al.</i> , 2010) et de Rumonge (Hakizimana <i>et al.</i> , 2011) au Burundi.....	48
Tableau III.1: Présentation synthétique des résultats de l’analyse des correspondances redressée (DCA) de la figure III.2 représentant la disposition des relevés effectués au Parc National de la Ruvubu (Burundi) le long des deux premiers axes de la DCA.....	59
Tableau III.2: Matrice de similarité de Sørensen des écosystèmes du Parc National de la Ruvubu (Burundi).....	59
Tableau IV.1: Groupes écosociologiques et syntaxonomie des communautés végétales individualisées au Parc National de la Ruvubu.....	77
Tableau IV.2: Diversité biologique des groupements végétaux du Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	78
Table VI.1: Results of Monte Carlo permutation test.....	105
Tableau VII.1: Plantes sauvages comestibles du Parc National de la Ruvubu, Burundi...	133

LISTE DES PHOTOS

Photo I.1: Quelques éléments de la faune du Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	26
Photo I.2: Collection de divers pièges et trappes saisis au Parc National de la Ruvubu (Burundi) par les gardes forestiers.....	28
Photo I.3: Guérites de surveillance en huttes sur piquets surélevés, servant à monter la garde contre les buffles dans un champ de sorgho en périphérie du Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	29
Photos I.4: Base logistique d'exploration du Nickel au Parc National de la Ruvubu sur la colline Muremera.....	29
Photo I.5: Vue panoramique du Parc National de la Ruvubu (Burundi) à partir de Muremera montrant l'envergure de la végétation savanicole à perte de vue.....	30
Photo I.6: Les différentes unités paysagères du Parc National de la Ruvubu (Burundi) vues à partir du site touristique de Bibara, commune Mutumba: savanes, galeries forestières, marais, rivière Ruvubu.....	31
Photo VII.1: <i>Phragmanthera usuiensis</i> (Loranthaceae), une plante hémiparasite du Parc National de la Ruvubu.....	129
Photo VII.2: <i>Dissotis ruandensis</i> (Melastomataceae), une espèce nouvellement signalée au Parc National de la Ruvubu (Burundi) et qui est, selon Lewalle (1972), uniquement confinée aux montagnes du Burundi, du Rwanda et de l'Est de la République Démocratique du Congo	129
Photos VII.3: Quelques plantes fruitières sauvages comestibles du Parc National de la Ruvubu, Burundi.....	134

RESUME

La pression anthropique, la variabilité climatique croissante et les changements climatiques entraînent une forte dégradation des écosystèmes. Par conséquent, pour pouvoir orienter leur conservation, il est nécessaire de disposer d'un maximum d'informations sur l'état de leur biodiversité. L'objectif global de cette thèse est de contribuer à la caractérisation de la biodiversité du Parc National de la Ruvubu (PNR), la plus grande aire protégée du Burundi, cela à travers l'analyse de sa composition floristique, de la structure de ses communautés végétales et des paramètres écologiques. Le travail a combiné des approches diversifiées, comprenant des échantillonnages de la végétation et du sol et des analyses de laboratoire. L'étude a ainsi fourni la première liste complète de la flore vasculaire du PNR comprenant 515 espèces réparties en 98 familles et 309 genres. Nonante-six espèces non encore relevées dans l'aire protégée ont été découvertes. Les familles les plus abondantes sont les Fabaceae, les Asteraceae et les Poaceae. Les savanes, les galeries forestières et les marais sont dominés respectivement par des hémicryptophytes, des phanérophytes et des géophytes. Dix groupements végétaux, dont cinq sont nouveaux, présents au sein de trois classes, quatre ordres et sept alliances phytosociologiques ont été individualisés. Les groupements présentent globalement une diversité taxonomique relativement faible tandis que l'équitabilité laisse entrevoir des communautés perturbées, particulièrement en savanes. L'altitude et quatre paramètres physico-chimiques du sol (azote total, carbone total, charge caillouteuse et pH) expliquent 48% de la variabilité floristique; cette dernière étant significativement influencée par l'altitude. Cependant, la variabilité floristique inexplicée par les facteurs de l'environnement suggère l'implication d'autres facteurs. En matière de conservation, trente espèces sont des plantes ligneuses autochtones, prioritaires pour la revalorisation et la multiplication au Burundi. Dix espèces végétales figurent également sur la liste des espèces menacées prioritaires pour la conservation au Burundi. En définitive, le fait que le PNR abrite plusieurs éléments de la biodiversité protégés par la communauté internationale lui confère une fonction importante de réservoir de la biodiversité. Tous ces atouts militent en faveur du renforcement des stratégies de conservation et de réhabilitation de sa biodiversité dans toutes ses composantes.

Mots-clés: analyses multivariées, biodiversité, Burundi, communauté végétale, conservation, paramètres environnementaux, Parc National de la Ruvubu, spectre écologique.

ABSTRACT

Flora and vegetation of the Ruvubu National Park, Burundi: diversity, structure and implications for conservation.

Due to human pressure, increasing climate variability and climate change, ecosystems are subject to degradation. Therefore, in order to develop conservation guidelines for these ecosystems, it is necessary to have enough information on their biodiversity. The overall objective of this thesis is to contribute to the characterization of the biodiversity of the Ruvubu National Park (RNP), the biggest protected area of Burundi, through floristic composition analysis, vegetation structure and ecological parameters. The study combined a variety of approaches, including vegetation and soil sampling as well as laboratory tests. The study provided so the first complete list of vascular flora of the RNP, including 515 species distributed into 98 families and 309 genera. Ninety-six species not previously recorded from the protected area were found. The most common families were Fabaceae, Asteraceae and Poaceae. Savannahs, forest galleries and swamps were dominated respectively by hemicryptophytes, phanerophytes and geophytes. Ten plant community types, five of which were new, distributed into three classes, four orders and seven phytosociological alliances were individualized. Plant communities globally present a relative low taxonomic diversity while trends of evenness index suggest disrupted communities, especially in savannas. Altitude and four physico-chemical parameters (total nitrogen, total carbon, stoniness and pH) explained 48% of the variance of the species-environment relationship. The floristic variability was significantly influenced by altitude. However, the unexplained floristic variability by environmental factors suggests implication of other factors. As for conservation, 30 species are listed in important indigenous woody plants for revalorization and multiplication in Burundi. Ten plants are also among threatened species which require priority for conservation in Burundi. Finally, the fact that the RNP shelters several components of biodiversity protected by the international community confers an important function of biodiversity reservoir to the park. All these assets militate in favour of the reinforcement of conservation strategies and rehabilitation of RNP biodiversity in all its components.

Keywords: biodiversity, Burundi, conservation, ecological spectrum, environmental parameters, multivariate analysis, plant community, Ruvubu National Park.

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

Ce chapitre est consacré à la revue bibliographique des généralités sur les fonctions des aires protégées; les principales dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité; les mesures de la biodiversité et processus impliqués; les grands défis de la conservation et l'émergence de la biologie de la conservation; les méthodes d'étude de la végétation; les aires protégées du Burundi; la position phytogéographique du Burundi et enfin le milieu d'étude, à savoir le Parc National de la Ruvubu (PNR), une aire protégée du Burundi. Ce chapitre, qui commence par le contexte et la problématique de l'étude, se termine par les hypothèses, les objectifs et le plan de la thèse. Selon Bouzillé (2007), les termes de théorie, concept, processus, mécanisme, hypothèse sont largement à la base de la recherche et il convient de les expliciter pour que les raisonnements explicatifs et interprétatifs utilisent un langage correct sur le plan de la démarche scientifique. D'où ces considérations générales dans ce premier chapitre.

I. INTRODUCTION GENERALE

I.1. Contexte et problématique de l'étude

Depuis plusieurs décennies, le Burundi voit ses écosystèmes naturels se réduire de façon dramatique sous l'effet de la pression anthropique. De cette pression, il résulte la disparition des espèces animales et végétales (Ministère burundais de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de l'Environnement; MINATTE, 2005) et les aires protégées ne sont pas non plus épargnées. Le Burundi est en effet l'un des pays les plus densément peuplés d'Afrique. Selon le Décret présidentiel n° 100 /11 du 16 janvier 2009 portant publication des résultats préliminaires du troisième recensement général de la population et de l'habitat du Burundi de 2008, la population du Burundi était évaluée au 15 août 2008 à 8036618 d'habitants, ce qui donne une densité moyenne de 289 habitants au km². La population est très inégalement répartie. Elle peut atteindre 600 habitants au km² sur les collines des provinces de Ngozi et Kayanza au Nord du pays ou sur les pentes des Mirwa à l'est immédiat de la ville de Bujumbura, alors que les densités de la population sont inférieures à 100 habitants au km² à l'Est, et comprises entre 100 et 200 habitants au km² dans le Sud du pays (Cazenave-Piarrot, 2004). Selon la Planification Nationale de la Population (2000) citée dans MINATTE (2005), la population du Burundi double tous les 30 ans et sera d'environ quinze millions en l'an 2025 si le taux d'accroissement actuel de la population de 3 % reste maintenu. La figure I.1 illustre la situation évolutive de la démographie et de la superficie des écosystèmes des aires protégées au Burundi. L'année 1980 correspond à la création de l'Institut National pour la Conservation de la Nature (INCN), qui deviendra plus tard en 1989, l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN). Cette année correspond aussi à la création des premières aires protégées, ce qui a permis de juguler le phénomène de destruction des écosystèmes naturels. Après 2000, il y a eu également création d'autres aires protégées (Voir I.7). Les événements de 1993 (début d'une guerre civile qui a endeuillé le pays pendant plus d'une décennie) et de 2002 (signature d'un premier accord de cessez-le-feu) auront occasionné une fluctuation du rythme démographique.

Dans le cadre toujours de l'évolution de la superficie des écosystèmes, il est à remarquer que les marais (Figure I.2) sont très menacés par les activités anthropiques, particulièrement en saison sèche ou en cas de sécheresse. Face à la pression démographique, c'est au cours de cette période que sont mis en culture les fonds de vallée pour assurer la soudure alimentaire

(Cazenave-Piarrot, 2004). L'exploitation agricole des marais a commencé vers les années 1925 dans les parties Nord et Nord-Est du pays. Elle a été initiée par l'administration coloniale belge afin de combattre la famine qui sévissait dans ces régions entre 1924 et 1925 (Simibizi, 1988), une politique qui a d'ailleurs été perpétrée par les gouvernements qui l'ont succédée. Avant cette période, presque tous les marais du Burundi étaient occupés par une végétation naturelle (Bonnefille, 1987). Progressivement, l'exploitation agricole des marais s'est poursuivie sans études préalables de la flore et de la végétation (Dushimirimana *et al.*, 2010). La superficie agricole par exploitation familiale varie de 0,5 à 1ha. L'agriculture reste en effet l'activité prédominante au Burundi. Elle est pratiquée par près de 90% de la population et occupe 50% de la superficie des terres du pays (Bigawa & Ndorere, 2002). En somme, les projets de drainage et d'aménagement des marais se soucient beaucoup plus des solutions à court terme à l'insécurité alimentaire que de la pérennité de la biodiversité naturelle.

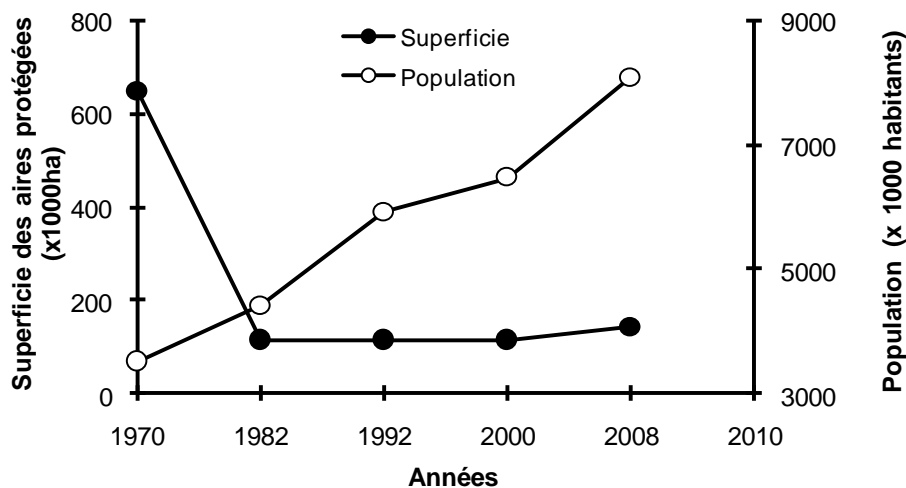


Figure I.1: Evolution temporelle de la démographie et de la superficie des écosystèmes des aires protégées au Burundi (entre 1970 et 2008). L'année 1980 correspond à la création de l'Institut National pour la Conservation de la Nature (INCN) qui deviendra plus tard l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN), et en même temps à la création des premières aires protégées du pays. D'autres aires protégées ont également été créées après 2000. L'année 1993 marque le début d'une guerre civile, et en 2002, il y a eu signature d'un premier accord de cessez-le-feu, avec des répercussions sur le rythme démographique. Source des données sur la démographie: Département de la population au Ministère burundais de l'Intérieur. Source des données sur la superficie des écosystèmes des aires protégées: INECN.

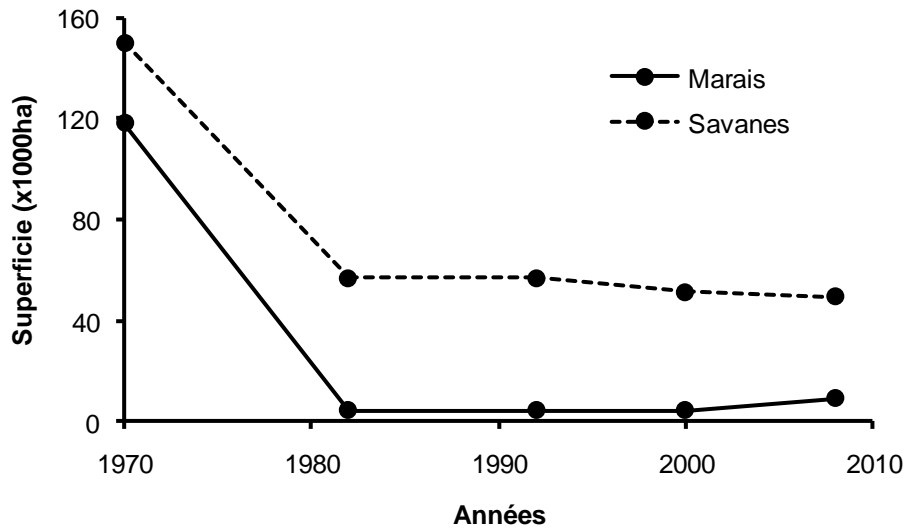


Figure I.2: Evolution temporelle de la superficie des savanes et des marais dans le système d'aires protégées du Burundi dans le temps (entre 1970 et 2008). En 1980, il y a création de l'Institut National pour la Conservation de la Nature (INCN) qui deviendra plus tard l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN). Les premières aires protégées ont vu le jour avec la création de l'INCN. D'autres aires protégées ont été créées après 2000. Source des données: INECN.

Malgré les efforts engagés par le Burundi et ses partenaires pour la conservation à travers la création et le maintien de la biodiversité dans les aires protégées, cette explosion démographique constitue une entrave à la durabilité de la conservation, à laquelle s'ajoutent les changements climatiques. Au Burundi, force est de constater que les territoires correspondant aux différentes aires protégées ont été très peu étudiés (Bizuru, 2005) et qu'il n'y a pas de listes des plantes présentes dans les aires protégées (Plumptre *et al.*, 2007). Corollairement, il s'ensuit que ce manque de telles études entraîne la vulnérabilité de la biodiversité et le non-respect des lois en matière de conservation de la nature. Or, les mesures de conservation nécessitent préalablement une connaissance des ressources et espèces disponibles sur un territoire (Schouten *et al.*, 2009).

C'est dans ce contexte que cette étude intitulée «Flore et végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi: diversité, structure et implications pour la conservation» a été entreprise au PNR, la plus grande aire protégée du pays et dernier refuge de grands mammifères menacés de disparition au Burundi (Nzigidahera, 2000), en vue de caractériser sa flore et sa végétation et ainsi contribuer à l'amélioration des conditions de sa conservation pour les générations présentes et futures. En effet, le manque de données préoccupe les gestionnaires de l'aire protégée.

Avant de poursuivre, un aperçu général des fonctions des aires protégées, des composantes de la biodiversité, de l'évaluation de la biodiversité et des processus impliqués ainsi que des grands défis de la conservation et de l'émergence de la biologie de la conservation s'avère indispensable.

I.2. Fonctions des aires protégées

Selon Lévêque & Mounolou (2008), le terme générique «aires protégées» recouvre des situations très différentes, allant de grandes réserves de faune et de flore à de petits sites dévolus à la conservation d'espèces particulières. En fonction des approches de gestion, il peut s'agir de réserves intégrales où l'intervention humaine est exclue, ou de zones habitées dans lesquelles la protection est assurée par l'implication et la participation des populations locales dans la gestion du milieu et des espèces (Dudley, 2008; Lévêque & Mounolou, 2008). Les aires protégées remplissent trois rôles principaux, à savoir (1) la conservation *in situ* de la diversité des écosystèmes et des paysages naturels et semi-naturels; (2) la création de zones de démonstration d'utilisation durable des terres et des ressources et (3) la fourniture d'un appui logistique à la recherche, au suivi, à l'enseignement et à la formation efficace en matière de conservation et de durabilité lorsqu'elles fonctionnent correctement et efficacement (Mengué-Medou, 2002). Elles préservent donc des écosystèmes clés contre la perte de biodiversité, encouragent la gestion durable, et offrent des «laboratoires» uniques pour enquêter sur le fonctionnement et la complexité des écosystèmes (Myers *et al.*, 2000; Clerici *et al.*, 2007).

I.3. Les principales dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité

La diversité biologique (souvent abrégé en «biodiversité») a été définie comme la variété des organismes vivants considérée à tous les niveaux d'organisation, depuis la molécule jusqu'aux individus, populations, espèces, communautés, écosystèmes, paysages et zones biogéographiques, ainsi que les processus s'effectuant en leur sein (Noss, 1990; Puig, 2001; Hamilton, 2005). Elle comporte trois attributs d'ordre compositionnel, structurel et fonctionnel interdépendants (Noss, 1990). La figure I.3 résume les principales dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité. Leur rôle dans un écosystème s'apprécie en effet à trois niveaux d'intégration que sont la diversité intraspécifique (qui concerne la variabilité génétique des populations), la diversité des espèces (vue sous l'angle de leurs fonctions écologiques au sein de l'écosystème) et la diversité des écosystèmes qui correspond à la

variété et à la variabilité temporelle des habitats. Il s'agit donc d'un système d'interactions au sein et entre les niveaux d'organisation du monde vivant, ainsi qu'aux facteurs liés à l'environnement physico-chimique (Lévêque & Mounolou, 2008). Quel que soit le niveau d'organisation considéré, ces facteurs n'agissent jamais isolément. En effet, les êtres vivants sont toujours exposés de façon simultanée à l'action conjuguée d'une multitude de facteurs écologiques dont beaucoup ne sont jamais constants, mais présentent d'importantes variations spatio-temporelles (Ramade, 2009). A titre d'exemple, les variations des attributs physiques des systèmes écologiques, particulièrement le sol, l'eau et l'air, peuvent tous contraindre et fournir des opportunités à la diversité biologique (Noon & Dale, 2002), et cela a des répercussions sur les composantes et niveaux d'organisations de la biodiversité.

Un parallélisme peut alors être établi entre les principales dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité (Noss, 1990) et les éléments clés qui caractérisent tous les systèmes écologiques (Noon & Dale, 2002) à travers l'hypothèse centrale de l'écologie du paysage connue sous le terme *pattern/process paradigm* (Turner, 1989; Bogaert *et al.*, 2004), une branche de la science développée pour étudier les processus écologiques dans leur contexte spatial (Turner, 1989; Antrop, 2001; Bogaert *et al.*, 2004). Chaque système écologique est en effet caractérisé par une interdépendance de trois éléments clés que sont sa composition, sa structure et son fonctionnement (Noon & Dale, 2002; Koffi, 2008; Bamba, 2010; Bogaert *et al.*, in press). L'écologie du paysage a donc une incidence sur les objectifs et les priorités de conservation (Knight & Landres, 2002).

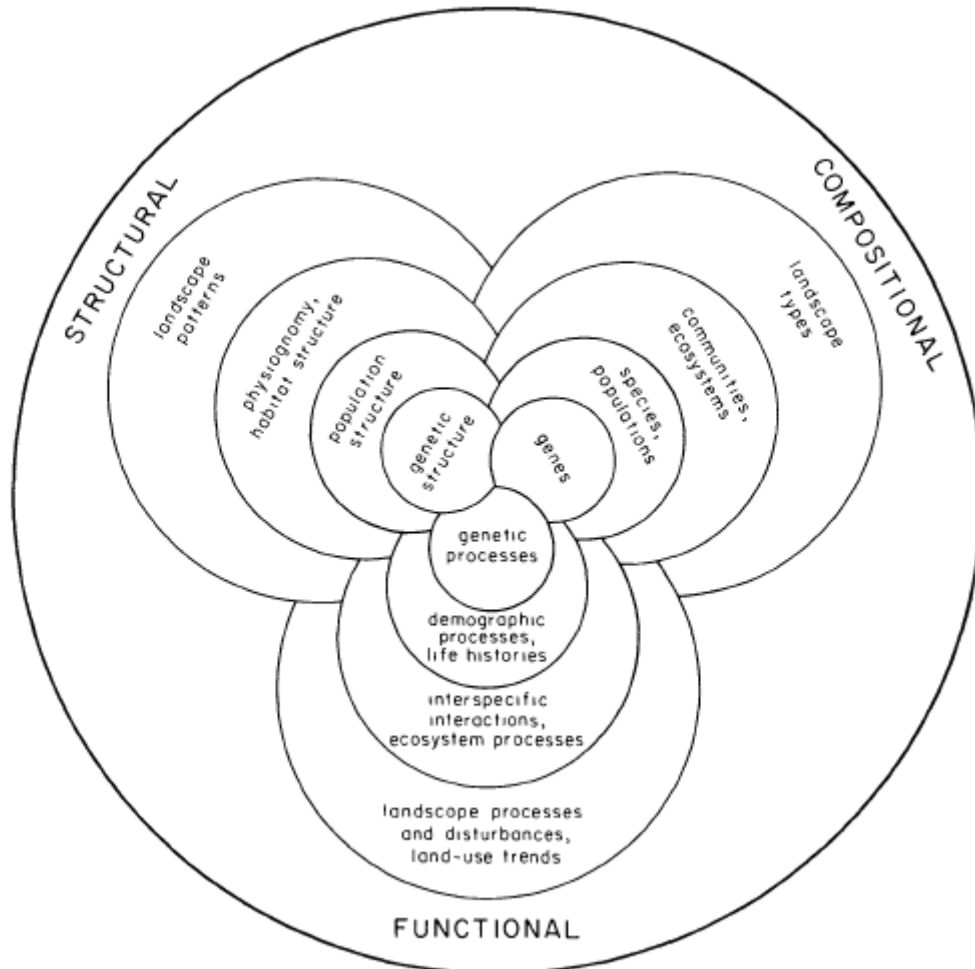


Figure I.3: Composition, structure et fonctionnement de la biodiversité, représentés sous forme de cercles reliées entre elles, chacune comprenant plusieurs niveaux d'organisation. Ce cadre conceptuel montre les principales dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité, et peut faciliter la sélection d'indicateurs qui représentent les nombreux aspects de la biodiversité qui méritent une attention à la surveillance de l'environnement et les programmes d'évaluation (D'après Noss, 1990).

I.4. Les mesures de la biodiversité et processus impliqués

Si la diversité est le caractère d'être différent, le nombre de composants différents pourrait déjà être un indice de diversité. Cet indice est en effet parfois adopté bien que cela soit une approximation grossière, car l'importance de chacune des espèces peut être différente, non seulement en nombre d'individus, mais aussi dans leur taille qui peut être variable, surtout chez les plantes (Vieira da Silva, 1979). Les opinions divergent sur la manière de mesurer la biodiversité. Il n'y a aucune mesure universelle et celles qui sont utilisées dépendent en réalité des objectifs poursuivis (Lévêque & Mounolou, 2008). Dans la plupart des cas où l'information sur la structure de la végétation est fournie, les indices simples de la diversité

sont utilisés pour caractériser la biodiversité (Gwali *et al.*, 2010). Cependant, le concept de biodiversité est beaucoup plus complexe (Drouet *et al.*, 2000) et n'est pas limité à une abondance d'espèces dans une région (Tolimieri & Anderson, 2010) dès lors que chaque espèce contribue à sa manière au fonctionnement de l'écosystème (Gwali *et al.*, 2010). Les espèces jouent des rôles différents dans la communauté. Ceci se fait remarquer à travers des différences dans nombreux aspects du comportement et de l'écologie. Il n'est donc pas seulement question de diversité taxonomique au sein des communautés mais également de diversité écologique (Rickefs & Miller, 2005). Les indices de diversité sont aussi complémentaires (Mérigot *et al.*, 2007) et les plus couramment utilisés, tel que l'indice de Shannon-Weaver, sont fonction de la richesse spécifique et de la structure de la communauté ainsi que de l'équitabilité (Van Hecke *et al.*, 2000; Frontier *et al.*, 2008). L'équitabilité, ou régularité, constitue une partie importante de la description d'une communauté et a d'importantes applications en monitoring écologique. Les environnements hautement stressés, par exemple, montrent des niveaux bas d'indice d'équitabilité: le système écologique devient dominé par des espèces des milieux perturbés et des espèces tolérantes au stress (Henderson, 2003).

Sur terrain, il est souvent difficile de délimiter la biocénose qui fera l'objet d'étude de la diversité. La définition de l'échelle spatio-temporelle de perception est nécessaire (Forman & Godron, 1986; Turner, 1989; Jongman *et al.*, 1995; Frontier *et al.*, 2008) car la diversité de certains composants de la biocénose comme les plantes peut avoir, d'une part, des effets importants sur d'autres composants (Vieira da Silva, 1979), et d'autre part, les écosystèmes et les paysages sont spatialement hétérogènes, leurs composantes étant elles même dépendantes de l'échelle de perception (Turner, 1989). Trois principaux types de diversité, appelés par Whittaker (1960, 1972) cité dans Vieira da Silva (1979) les diversités alpha, bêta et gamma, peuvent être définis. La diversité alpha est celle qui caractérise une communauté naturelle, la diversité gamma correspond à une grande région, hétérogène, et mesure cette même hétérogénéité. Quant à la diversité bêta, elle présente une tout autre notion. Elle mesure la variation de composition en espèces dans une direction déterminée, et quantifie ainsi la substitution d'espèces les unes par les autres avec la variation des gradients environnementaux (Vieira da Silva, 1979). Dans cette étude, seuls des indices de diversité alpha et bêta ont été retenus. La figure I.4 résume la hiérarchie spatiale et temporelle des processus qui établissent et maintiennent la diversité. La classification incorpore des facteurs de l'environnement et des facteurs biologiques (Hill & Hill, 2001). Etant donné que la

population peut être définie comme «un ensemble d'individus d'une même espèce occupant une niche dans une biocénose déterminée» (Arnaud & Emig, 1986), cette hiérarchie devrait commencer à l'échelle de l'individu et non de l'espèce.

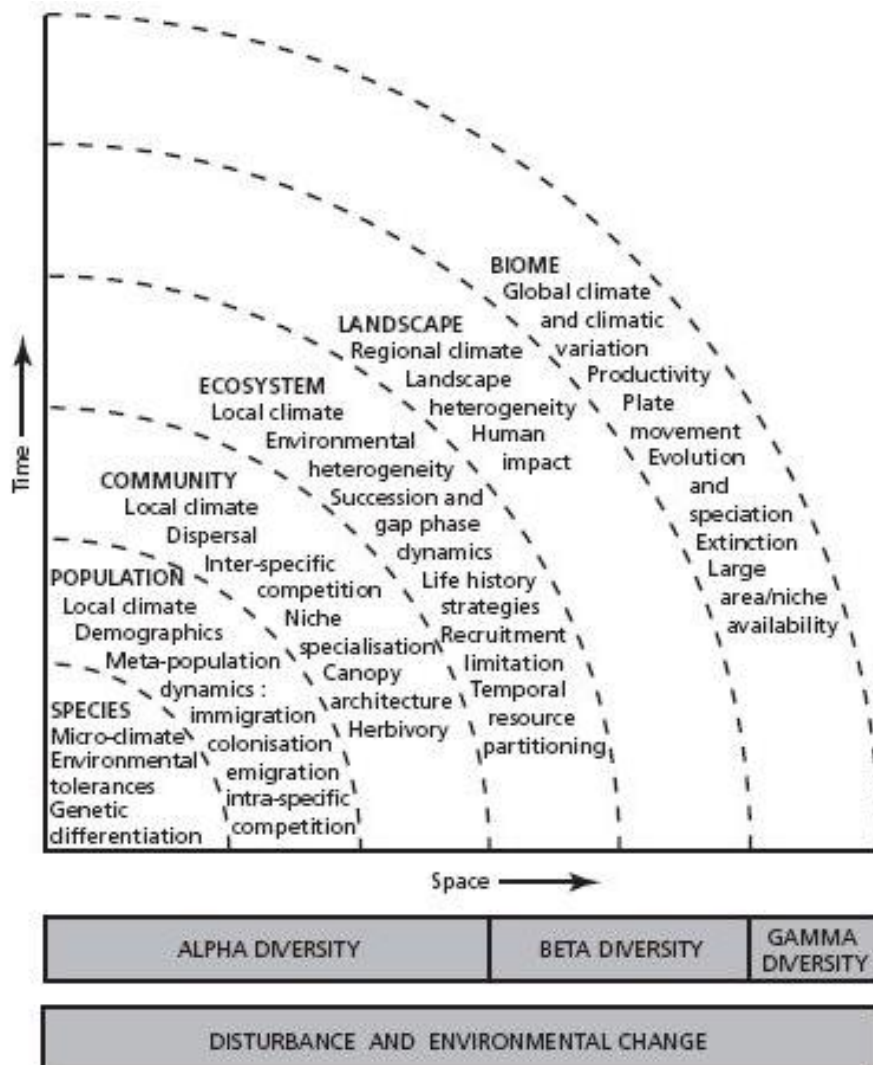


Figure I.4: Hiérarchie spatiale et temporelle de processus qui établissent et maintiennent la diversité. La classification incorpore des facteurs de l'environnement et des facteurs biologiques aux dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité (modifié à partir de Haila, 1990 et Tracy & Brussard, 1994 par Hill & Hill, 2001).

1.5. Les grands défis de la conservation et émergence de la biologie de la conservation

Confrontée à une dégradation effrénée des écosystèmes naturels, la conservation de la biodiversité doit devenir une préoccupation commune pour l'humanité (Randriatafika *et al.*, 2007). De façon globale, les principales causes de la perte de la biodiversité sont la modification des habitats, l'introduction d'espèces exotiques, la surexploitation des ressources

naturelles, la pollution et aujourd'hui, les changements climatiques (Ramade, 2005; Dajoz, 2006; Henry, 2010). En matière de conservation, les grands défis évoqués en Afrique Centrale par Vande Weghe (2004) portent sur les espèces invasives, les changements climatiques, l'exploitation forestière, la chasse, le tourisme et la recherche. Au Burundi, les grandes causes à l'origine de la dégradation de la biodiversité sont les causes d'ordre anthropique (la pauvreté et le sous-développement, le défrichement cultural, le prélèvement incontrôlé des ressources biologiques, le surpâturage, les feux de brousse, la pollution de diverses natures, l'exploitation du sol et du sous-sol, l'extension de l'habitat, l'introduction des espèces étrangères, les causes d'ordre politique, juridique et institutionnel) et les causes naturelles telles que l'instabilité climatique et les invasions de ravageurs (Bigawa & Ndorere, 2002; MINATTE, 2005; INECN, 2009). Dans notre zone d'étude, les infractions couramment observées sont le braconnage, la coupe sélective de bois et les feux de brousse (Ntownimana & Yansheng, 2008; Bigendako *et al.*, 2009). Face à ces défis, il est nécessaire de disposer d'un maximum d'informations sur l'état actuel de la biodiversité pour pouvoir contribuer au développement des orientations de conservation.

L'étude de la biodiversité et les moyens de la protéger et de la conserver rentrent dans le domaine d'une science émergente appelée la biologie de la conservation (Knight & Landres, 2002; Dajoz, 2006; Barbault, 2008), ou encore, la science de la conservation (Ramade, 2005; Barbault, 2008). Il s'agit d'une science pluridisciplinaire qui a pour but de fournir les bases scientifiques à la préservation de la diversité biologique (Soulé, 1985). L'émergence de la biologie de la conservation est une réponse de la communauté scientifique à la crise de la biodiversité; réponse à un défi et à une nécessité impérieuse. Comme le montre la figure I.5, c'est une discipline de synthèse qui applique les principes de l'écologie, de la biogéographie, de la systématique, de l'anthropologie, de l'économie, de la sociologie, etc., au maintien de la diversité biologique (Barbault, 2008). Elle englobe ainsi le planning, le management et les politiques de protection de la diversité du vivant (Knight & Landres, 2002). Trois principales approches en biologie de la conservation (Figure I.6) que sont l'approche «espèce-population» basée sur les principes de systématique, de l'éthologie et de la génétique des populations; l'approche «habitat-espèce» basée sur les principes de la biogéographie, de l'écologie des communautés et de la phytosociologie; et l'approche «écosystème-paysage» fondée sur les principes de l'écologie des écosystèmes, l'écologie des paysages et les relations homme-nature sont définies par Barnaud (1998). Cet auteur précise que la caractérisation écologique des objets concernés, de l'espèce au paysage, et l'estimation de leur intérêt

constitue l'une des phases capitales de tout programme de conservation. Dans le cadre de cette étude dont la finalité est de pouvoir dégager des orientations de conservation à partir de la caractérisation de la biodiversité du PNR, les principes de la systématique, de la phytosociologie, de l'écologie, de la biogéographie et des relations homme-nature seront appliqués.

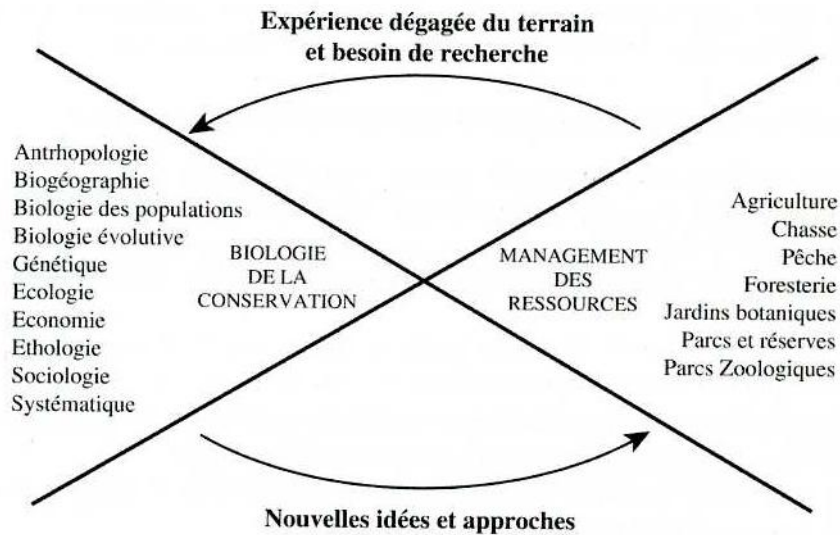


Figure I.5: La biologie de la conservation, nouvelle synthèse de nombreuses sciences de base (à gauche) qui fournissent des principes et nouvelles approches au domaine appliqué du management des ressources (à droite). L'expérience dégagée sur terrain influence en retour et oriente les disciplines de base qui structurent la biologie de la conservation (D'après Temple, 1991 in Barbault, 2008).

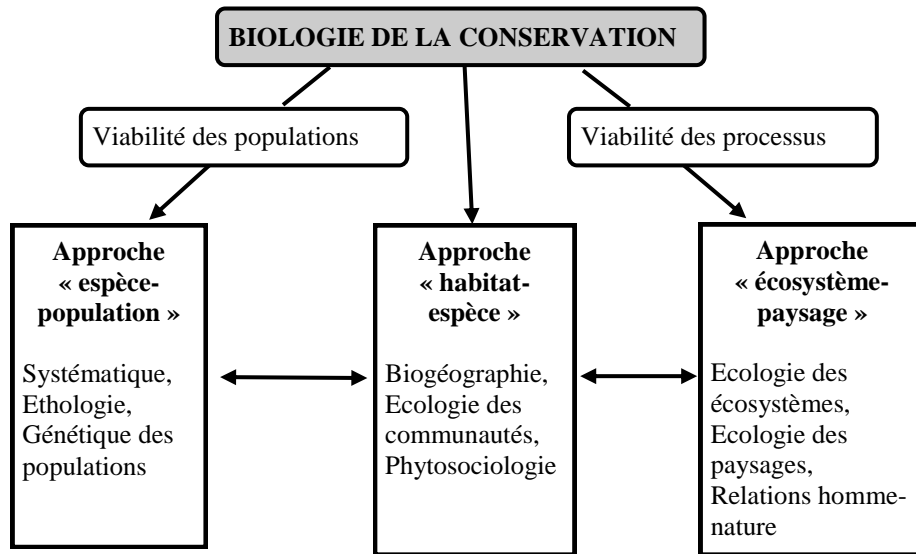


Figure I.6: Les trois principales approches en biologie de la conservation. Cette dernière utilise des concepts et théories empruntés à l'écologie, ou qu'elle contribue à développer, pour mettre en œuvre des actions concrètes et proposer des méthodologies appropriées pour la conservation de la nature, de l'espèce à l'échelle du paysage (D'après Barnaud, 1998).

L'atteinte des objectifs majeurs que représente la conservation de la nature et de ses ressources nécessite le recours à un ensemble de données scientifiques fondamentales à partir desquelles seront établies un certain nombre de conditions prioritaires qui devront être scrupuleusement respectées (Ramade, 2005). La figure I.7 montre une série d'étapes incluant l'acquisition des connaissances sur l'état des lieux de l'écosystème, l'analyse et la synthèse des données et de l'information, leur intégration et interprétation ainsi que leur application. Ainsi, la conduite de travaux de recherches sur la végétation naturelle peut fournir des informations de nature à contribuer à la préservation de la biodiversité, au maintien des processus écologiques fondamentaux (cycles biogéochimiques, phénomènes de régulation du flux de l'énergie et du cycle de la matière, etc.) et à l'exploitation rationnelle des ressources naturelles. Ces éléments constituent les conditions prioritaires de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) nécessaires pour la mise en œuvre de la protection de la nature et de ses ressources afin d'en assurer une utilisation durable (Ramade, 2005). Plusieurs méthodes peuvent bien entendu être exploitées dans l'étude de la biodiversité en général et des écosystèmes en particulier.

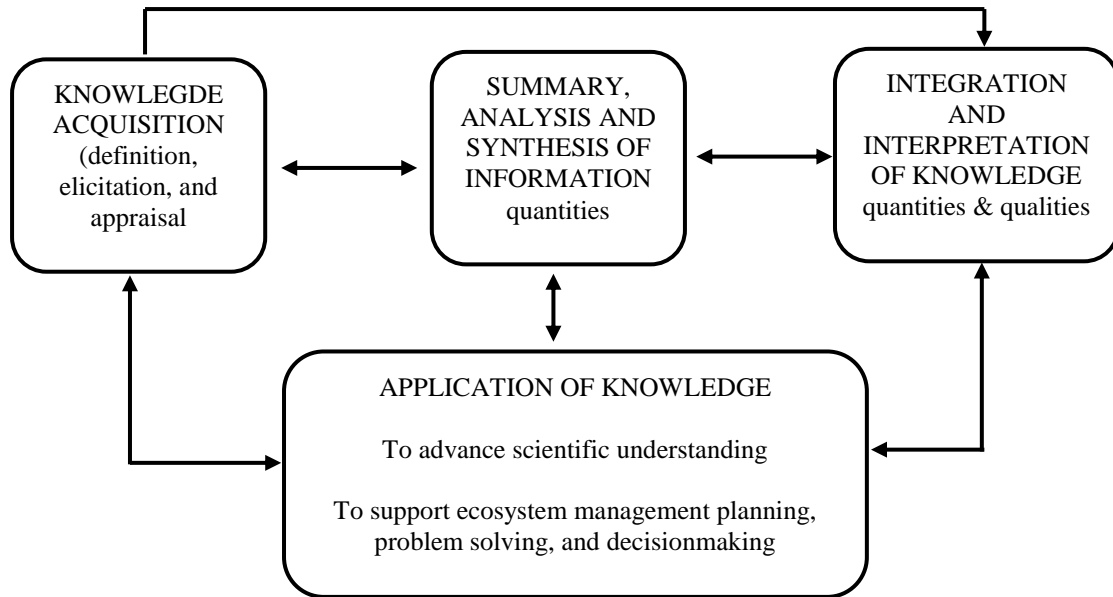


Figure I.7: Eléments de base des concepts et méthodes d’acquisition des données, de leur traitement, de leur interprétation et de leur application à la gestion de l’écosystème. Les principales étapes comprennent (1) l’acquisition des connaissances sur l’état des lieux de l’écosystème: identification des données et des informations pertinentes (*definition*); acquisition de l’information auprès des experts et de tous les intervenants (*elicitation*); évaluation des données et des informations sur un problème donné (*appraisal*); (2) l’analyse et la synthèse des données et de l’information; (3) leur intégration et interprétation; et (4) leur application (D’après Coulson *et al.*, 1996 in Coulson *et al.*, 1999).

I.6. Méthodes d’étude de la végétation

Diverses méthodes peuvent être utilisées pour étudier la végétation. On peut par exemple se baser sur la description des aspects de la végétation ou sur l’analyse des associations végétales (Léonard, 1991).

Dans le contexte actuel de préoccupations sur la biodiversité, les données phytosociologiques peuvent constituer des éléments de référence pour diagnostiquer l’état de la biodiversité des habitats naturels (Bouzillé, 2007). Cela nous a alors poussé à privilégier la démarche phytosociologique dans la collecte des données. Cette démarche reste plus que jamais d’actualité puisque certains pays comme les Etats-Unis d’Amérique et le Royaume Uni ont engagé récemment des programmes nationaux à ce sujet (Bouzillé, 2007). Dans cette étude, pour la collecte des données ainsi que dans la rubrique consacrée à l’étude des communautés végétales du PNR, nous avons opté pour l’approche phytosociologique basée sur la méthode sigmatiste (appelée ainsi d’après la Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne

et Alpine, SIGMA). La méthode sigmatiste s'inspire de la voie déjà explorée dans beaucoup de travaux phytosociologiques (Braun-Blanquet, 1932; Troupin, 1966; Lubini, 1982; Gillet *et al.*, 1991; Léonard, 1991; Habiyaemye, 1997; Gillet, 2000; Bizuru, 2005; Senterre, 2005; Bangirinama, 2010; Boupoya, 2010; Faye, 2010). Cette méthode consiste à utiliser comme unités fonctionnelles les homécies, ces dernières étant des compartiments homogènes de phytocénoses vis-à-vis des formes biologiques et des stratégies adaptatives. L'homogénéité fait référence aux relevés d'un ensemble et se traduit par l'existence d'espèces constantes; une espèce constante étant définie par un haut niveau de fréquence relative (présente dans plus de 60% des relevés de l'ensemble) même si la probabilité de rencontrer deux relevés identiques est très faible (Gillet, 2000).

L'approche sigmatiste a, à travers la technique des relevés, servi à collecter les données utilisées dans cette étude. Cette collecte a porté sur les coordonnées GPS (Global Positioning System) des sites échantillonnés prises à l'aide d'un GPS Garmin 76, sur la flore et la végétation ainsi que sur la description des sites. Afin d'étudier les relations entre les plantes et leur environnement, des échantillons de sol ont été prélevés et des mesures du pH, de la charge caillouteuse, de l'azote total, du carbone total et du rapport carbone/azote (C/N) ont été effectuées. Le traitement des données et l'interprétation des résultats revêtent un caractère pluridisciplinaire à l'instar des approches de la biologie de la conservation. Les principaux aspects explorés sont les inventaires (Chapitre II et IV), l'étude des groupes phytosociologiques (Chapitre IV), l'analyse de la distribution et des fréquences d'occurrence des plantes vasculaires (Chapitre V), l'analyse de l'effet du recouvrement des Fabaceae sur les paramètres du sol ainsi que l'analyse des déterminants environnementaux de la variabilité floristique (Chapitre VI). Les détails des matériels et méthodes sont systématiquement fournis à travers chacune de nos publications.

Dans la même rubrique des aspects explorés dans cette étude, nous avons également tenté de réaliser une base de données comportant les caractéristiques des espèces rencontrées notamment en ce qui concerne leurs traits biologiques. A partir des observations de terrain et de sources disponibles, telles que Troupin (1966), Lewalle (1972), les quatre volumes de la *Flore du Rwanda* (Troupin, 1978-1988), Habiyaemye (1997), Bizuru (2005), le *World Checklist of Selected Plant Families* du Royal Botanic Gardens (Kew) disponible en ligne sur <http://www.kew.org/wcsp/>, *Flora of Zimbabwe* (Hyde & Wursten, 2011 en ligne: <http://www.zimbabweflora.co.zw>) et la base des données des plantes à fleurs d'Afrique

tropicale (Lebrun & Stork, 1991-2010) mise en ligne par les Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève et South African National Biodiversity Institute, Pretoria (African Plants Database version 3.3.4, <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>), des informations sur le comportement des espèces ont été documentées. Le choix a porté sur des traits qui, à priori pourraient caractériser les stratégies adaptatives des espèces aux conditions défavorables, à la dispersion et à l'occupation de l'espace (Médail *et al.*, 1998; Khater, 2004; Bouzillé, 2007), en particulier les formes de vie au sens de Raunkiaer (1934) modifié par Lebrun (1947) pour les milieux tropicaux, les types de diaspores (Dansereau & Lems, 1957) ainsi que la distribution phytogéographique (White, 1979, 1986, 1993) des espèces (Chapitre III).

Les principales formes de vie retenues et fondées sur les modalités de protection des zones végétatives (bourgeons) au cours de la saison défavorable sont les suivantes: (1) phanérophytes (P): arbres, arbustes et lianes ligneuses; (2) chaméphytes (Ch): plantes ayant un appareil végétatif nain: sous-arbrisseaux; (3) hémicryptophytes (H): herbacées pérennes; (4) thérophytes (T): plantes annuelles passant la saison défavorable à la végétation sous forme de graines; (5) géophytes (G): plantes vivaces dont les organes pérennes sont enfouis dans le sol (plantes à tubercules, rhizomes ou bulbes) et (6) hydrophytes (Hy): plantes à bourgeons persistants situés dans la vase. L'analyse des formes de vie va permettre d'identifier les formes de vie favorisées dans notre zone d'étude. Elle va en outre contribuer à la compréhension de la structure verticale de la végétation ainsi que des stratégies particulières de protection assurée par les végétaux à l'égard des périodes critiques (feux, sécheresse).

Pour les types de diaspores, la présente étude a reconnu les types suivants: Tout d'abord, (1) les espèces autochores dont les diaspores ne disposent pas d'adaptations évidentes à un quelconque agent externe de dispersion. On distingue dans cette catégorie les ballochores (Ballo); diaspores sèches ou charnues déhiscentes éjectées par la plante elle-même et des barochores (Baro); diaspores sèches ou charnues indéhiscentes sans adaptation apparente. A maturité, elles se détachent et tombent par gravité. Ensuite, (2) les hétérochores dont les diaspores sont munies d'appendices ou extrêmement légères, ou encore enveloppées de couches charnues. Dans ce groupe, on distingue les pogonochores (Pogo); diaspores à appendices plumeux ou soyeux, poils et aigrettes; les ptérochores (Ptéro); diaspores munies d'appendices ailés; les sarcochores (Sarco); diaspores pourvues de couches externes charnues et molles; les sclérochores (Scléro); diaspores non charnues, relativement légères; les

desmochores (Desmo); diaspores accrochantes ou adhésives, déhiscentes ou non. L'analyse des types de diaspores contribuera à comprendre les modes de dissémination des plantes de notre zone d'étude.

I.7. Aires protégées du Burundi

Le terme «aire protégée» englobe une gamme variée d'appellations. Certaines des plus connues sont *parc national*, *réserve naturelle*, *zone de nature sauvage*, *aire de gestion des habitats ou des espèces* et *paysages terrestres ou marins protégés* (Dudley, 2008). En conséquence, six catégories d'aires protégées sont définies par l'UICN (1994). Ces aires sont gérées principalement à des fins de: (I) protection stricte (réserve naturelle intégrale/zone de nature sauvage); (II) préservation des écosystèmes et loisirs (parc national); (III) conservation d'éléments naturels spécifiques (monument naturel); (IV) conservation par une gestion active (aire de gestion des habitats ou des espèces); (V) conservation d'un paysage terrestre ou marin et loisirs (paysage terrestre ou marin protégé) et (VI) utilisation durable des écosystèmes naturels (aire protégée de ressources naturelles gérées) (UICN, 1994; Mengue-Medou, 2002; Dudley, 2008).

Les aires protégées du Burundi (Tableau I.1) sont réparties dans quatre catégories de l'UICN (1994). Notre zone d'étude (le PNR) est reprise dans la catégorie II comprenant des aires protégées à des fins de loisirs et de conservation des écosystèmes.

En 2001, le Burundi comptait 14 aires protégées, selon le Ministère burundais de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MINATE). Ces aires protégées représentaient 4,6% du total du territoire national, soit une superficie d'environ 127662,85ha (MINATE, 2001). A cela s'ajoutent aujourd'hui le Paysage Aquatique Protégé du Nord (16242ha), la Réserve Naturelle Forestière de Mpotsa (31,90ha) ainsi que la Réserve Naturelle de la Malagarazi (9012ha) récemment créés et délimités par l'INECN et qui s'ajoutent aux aires protégées préexistantes, ce qui porte à 17 le nombre d'aires protégées du Burundi en 2011, soit 136706,48ha représentant près de 5% du territoire national.

Tableau I.1: Les aires protégées du Burundi (Ministère burundais de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement; MINATE, 2001) et leurs catégories selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 1994), modifié.

Nature	Catégories de l'UICN (1994)	Superficie (ha)
Parcs Nationaux	II	
Parc National de la Ruvubu		50800
Parc National de la Kibira		40900
Parc National de la Rusizi		5280
Réserves Naturelles	I	
Réserve Naturelle de la Malagarazi		9012
Réserve Naturelle Forestière de Monge		5000
Réserve Naturelle Forestière de Vyanda		4500
Réserve Naturelle Forestière de Bururi		3200
Réserve Naturelle Forestière de Rumonge		600
Réserve Naturelle Forestière de Kigwena		500
Réserve Naturelle Gérée du lac Rwihinda		425
Réserve Naturelle Forestière de Mpotsa		31,90
Paysages Protégés	V	
Paysage Aquatique Protégé du Nord		16242
Paysage Protégé de Mukungu-Rukambasi		5000
Paysage Protégé de Mabanda Nyanza-Lac		3500
Paysage Protégé de Gisagara		2913
Paysage Protégé de Kinoso		480
Monuments Naturels	III	
Monuments Naturels des chutes de Karera et des Failles de Nyakazu		700

I.8. Position phytogéographique du Burundi

Le Burundi est situé au carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques (Lewalle, 1972; Ndabaneze, 1983; Nzigidahera, 2000). En effet, il est coincé entre le centre régional d'endémisme morcelé afromontagnard et la mosaïque régionale du Lac Victoria. Il est aussi marqué par l'élément phytogéographique guinéo-congolais qui se manifeste au niveau de la forêt périguinéenne de Kigwena (Nzigidahera, 2000). La figure I.8 montre les territoires phytogéographiques de l'Afrique Centrale (White, 1979, 1986): Burundi, République Démocratique du Congo (R.D. Congo) et Rwanda. En ce qui concerne le Burundi, sa subdivision phytogéographique (Figure I.9) se base sur les travaux de Lambinon & Sérusiaux (1977) qui ont mis au point un système phytogéographique qui leur permettait de localiser les

citations des spécimens de lichens du Burundi, du Kivu (R.D. Congo) et du Rwanda (Bizuru, 2005). Lambinon & Sérusiaux (1977) précisent qu'ils se sont eux aussi inspirés d'autres travaux antérieurs dont ceux de Lebrun (1947), Léonard (1965), Troupin (1966), White (1976) et Lewalle (1972).

Les catégories (White, 1979, 1986, 1993) reconnues dans cette étude (Chapitre III) sont les suivantes: Tout d'abord (1) les espèces largement répandues: cosmopolites (Cos); distribuées dans les zones tropicales et tempérées; subcosmopolites (Subcos); pantropicales (Pan); réparties dans toutes les régions tropicales du monde (Afrique, Amérique et Asie tropicale); paléotropicales (Pal); présentes en Afrique, en Asie tropicale, à Madagascar et en Australie; montagnardes paléotropicales [Pal (Mo)]; afro-tropicales (Afr-Trop.); répandues dans toute l'Afrique tropicale; afro-malgaches (Afr-Mal); montagnardes afro-malgaches [Afr-Mal(Mo)]; plurirégionales (Plur-Afr.); largement distribuées à la surface du globe et qui s'étalent même parfois sur des empires floraux différents. Ensuite (2) les espèces soudano-zambéziennes; plantes distribuées dans le centre régional d'endémisme soudanien d'une part, et dans le centre régional d'endémisme zambézien et dans la mosaïque régionale du Lac Victoria. Dans cette catégorie, on distingue les espèces omni-soudano-zambéziennes (SZ), les espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale [SZ(O)], les espèces soudano-zambéziennes à dominance zambézienne [SZ(Z)], les espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale et zambézienne [SZ(EOZ)], les espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne [SZ(OZ)] et les espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale [SZ(EO)]. On distingue également (3) les espèces de liaison: plantes répandues dans deux ou trois régions habituellement limitrophes, sans qu'elles manifestent une préférence marquée pour l'une d'entre elles. On y trouve les espèces de liaison soudano-zambézienne et guinéenne (LSZ-G) et les espèces de liaison soudano-zambézienne-afromontagnardes [LSZ (...) -Mo]. Les trois dernières catégories sont (4) les espèces montagnardes: espèces de région afromontagnarde (Mo); (5) les espèces endémiques (End) et (6) les espèces introduites (Intr).

Le Burundi étant un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques (Lewalle, 1972; Lambinon & Sérusiaux, 1977; Ndabaneze, 1983; Nzigidahera, 2000), l'analyse détaillée de la distribution phytogéographique de nos espèces contribuera à tester la question de carrefour phytogéographique au niveau de notre zone étudiée même si selon (Lambinon & Sérusiaux,

1977), leurs limites précises restent parfois difficiles à tracer, d'autant que l'influence humaine a profondément modifié le paysage végétal de la région.

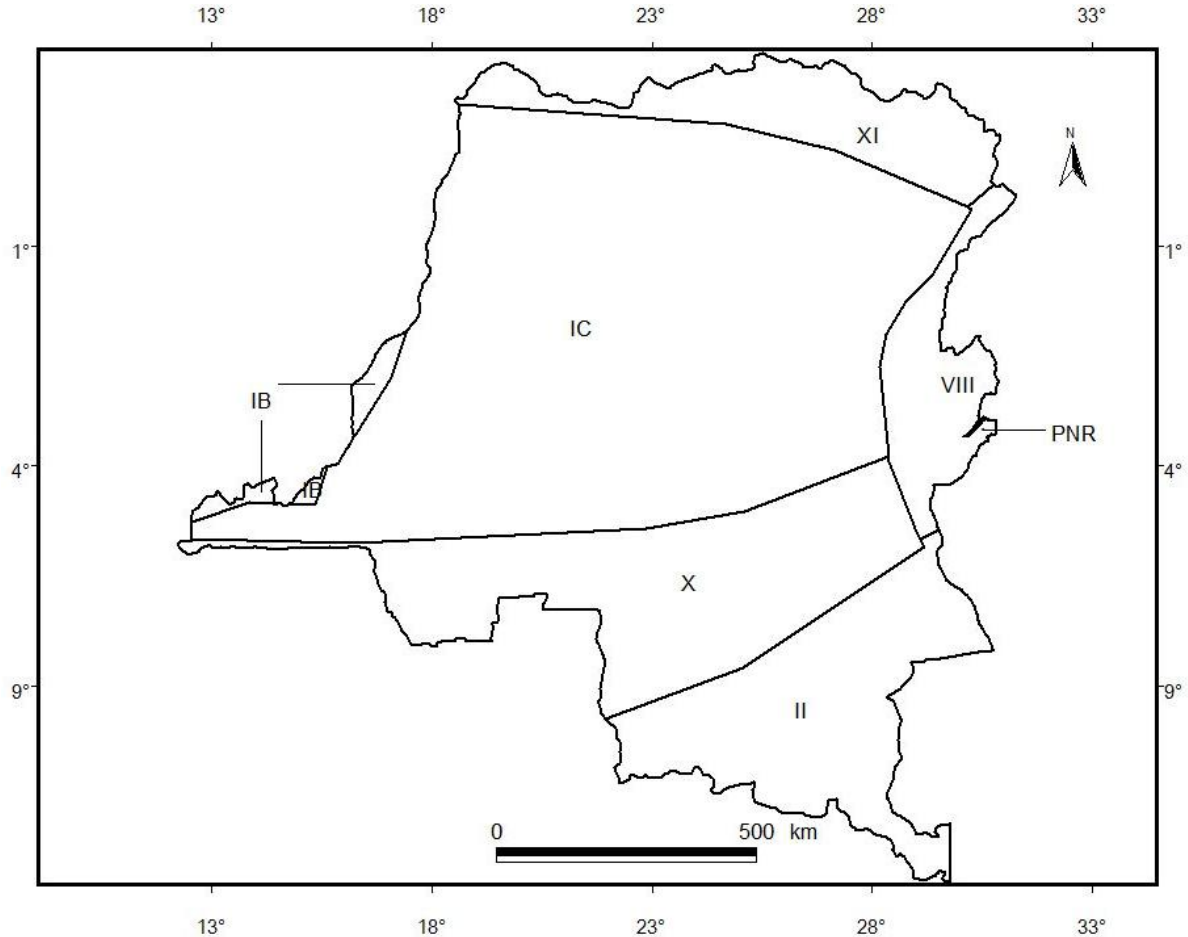


Figure I.8: Les territoires phytogéographiques de l'Afrique Centrale (Burundi, République Démocratique du Congo et Rwanda) selon White (1979, 1986): I. Centre régional d'endémisme guinéo-congolais (IB. sous-centre guinéen inférieur, IC. sous-centre congolais); II. Centre régional d'endémisme zambézien; X. Zone de transition régionale guinéo-congolaise/zambézienne; XI. Zone de transition régionale guinéo-congolaise/soudanienne; VIII. Centre régional d'endémisme morcelé afromontagnard incluant la Mosaïque régionale du Lac Victoria. Le Parc National de la Ruvubu (PNR), notre zone d'étude, est également indiqué.

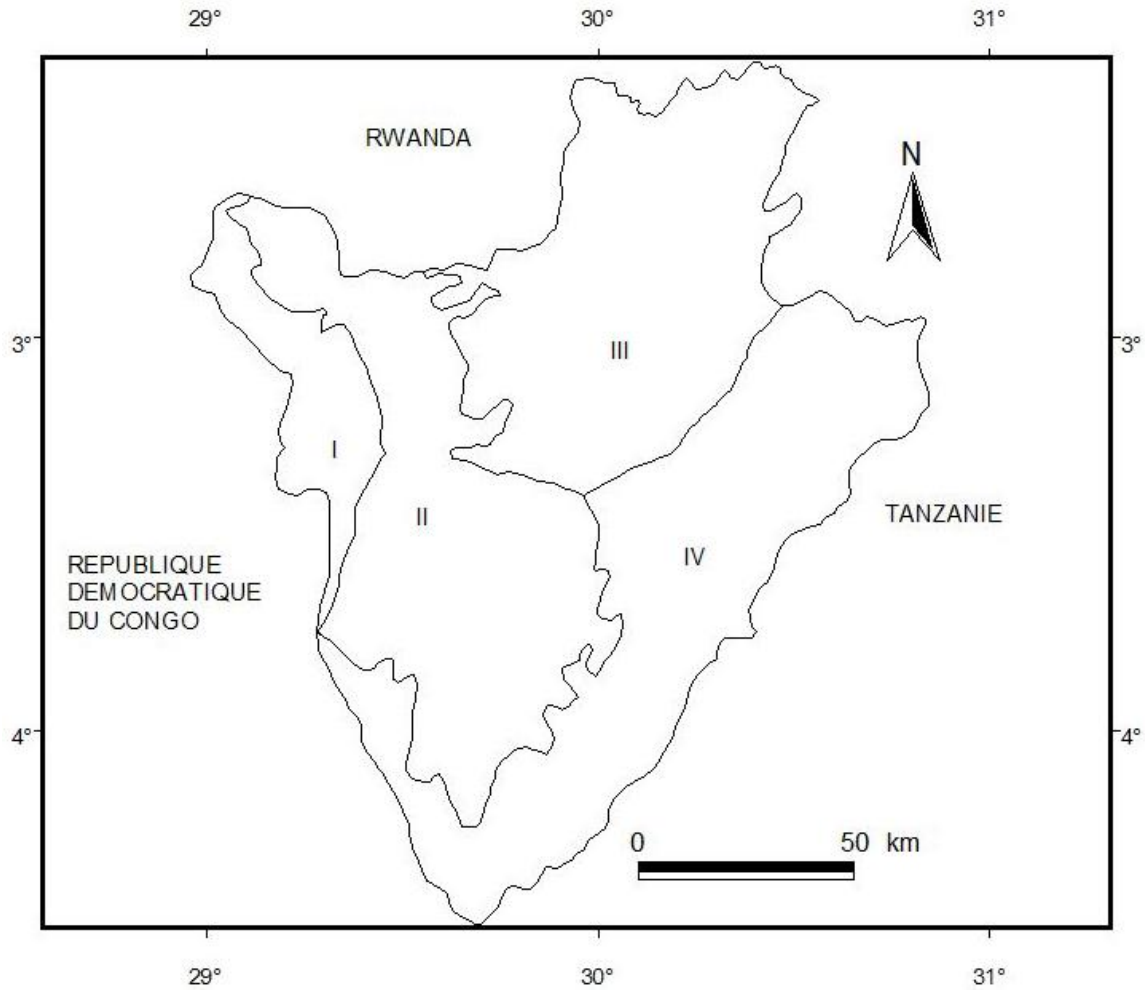


Figure I.9: Le système phytogéographique du Burundi. D’après Ndabaneze (1983) sur base de Lambinon & Sérusiaux (1977), modifié. I, District du Graben occidental; II, District afromontagnard; III, District du Rwanda-Burundi; IV, District du Mosso-Malagarazi.

I.9. Le Parc National de la Ruvubu

I.9.1. Situation géographique

Le PNR qui fait l’objet du présent travail de recherche est localisé au Nord-Est du Burundi, de 2°54' à 3°22' de latitude sud et de 30°6' à 30°33' de longitude est (Figure I.10). Il s’étend sur quatre provinces et huit communes (Figure I.11): les communes Nyabikere et Mutumba en province Karuzi, les communes Mwakiro et Buhinyuza en province Muyinga, les communes Butezi et Bweru en province Ruyigi, et les communes Cankuzo et Kigamba en province de Cankuzo. Suivant un axe orienté sud-ouest et nord-est, le PNR s’étend sur 62km. Sa largeur varie de 5km au niveau des communes de Nyabikere et Butezi, à 13km à proximité de la

frontière Tanzanienne. Le parc occupe une superficie de 50800ha, soit environ 1,8% du territoire national (Vande Weghe & Kabayanda, 1992; Nzigidahera, 2000).

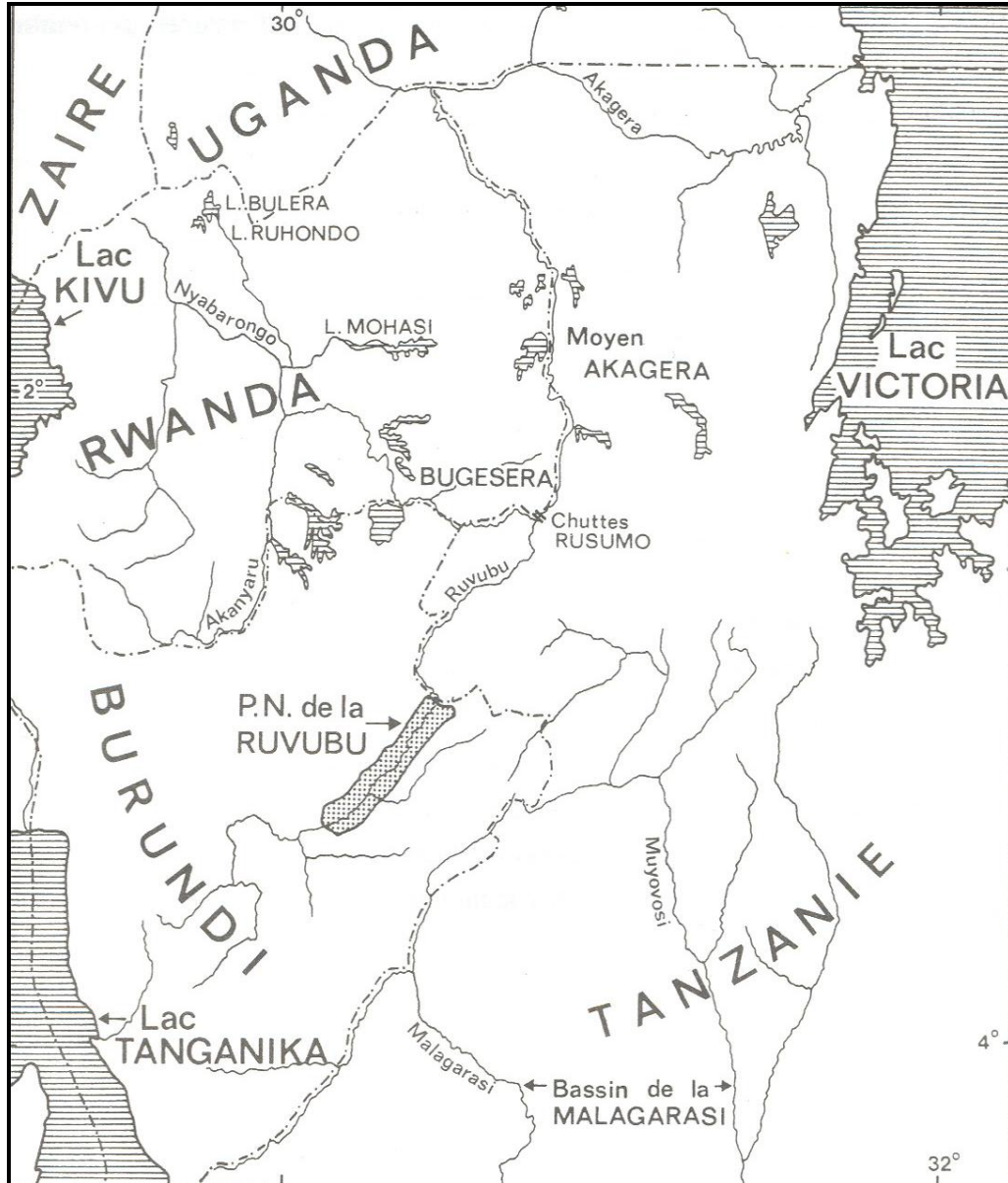


Figure I.10: Situation géographique du Parc National de la Ruvubu (PNR) au Burundi (D'après De Vos, 1991). L'hydrographie de la rivière Ruvubu «Rivière des hippopotames» du même nom que le parc est également indiquée. Cette rivière constitue le principal réseau hydrographique du PNR. Elle traverse le PNR dans toute sa longueur et forme son axe principal. Rejoignant au Nord-Est du Burundi la rivière Akagera avant que celle-ci se jette dans le Lac Victoria, la rivière Ruvubu constitue l'affluent le plus méridional du fleuve Nil.

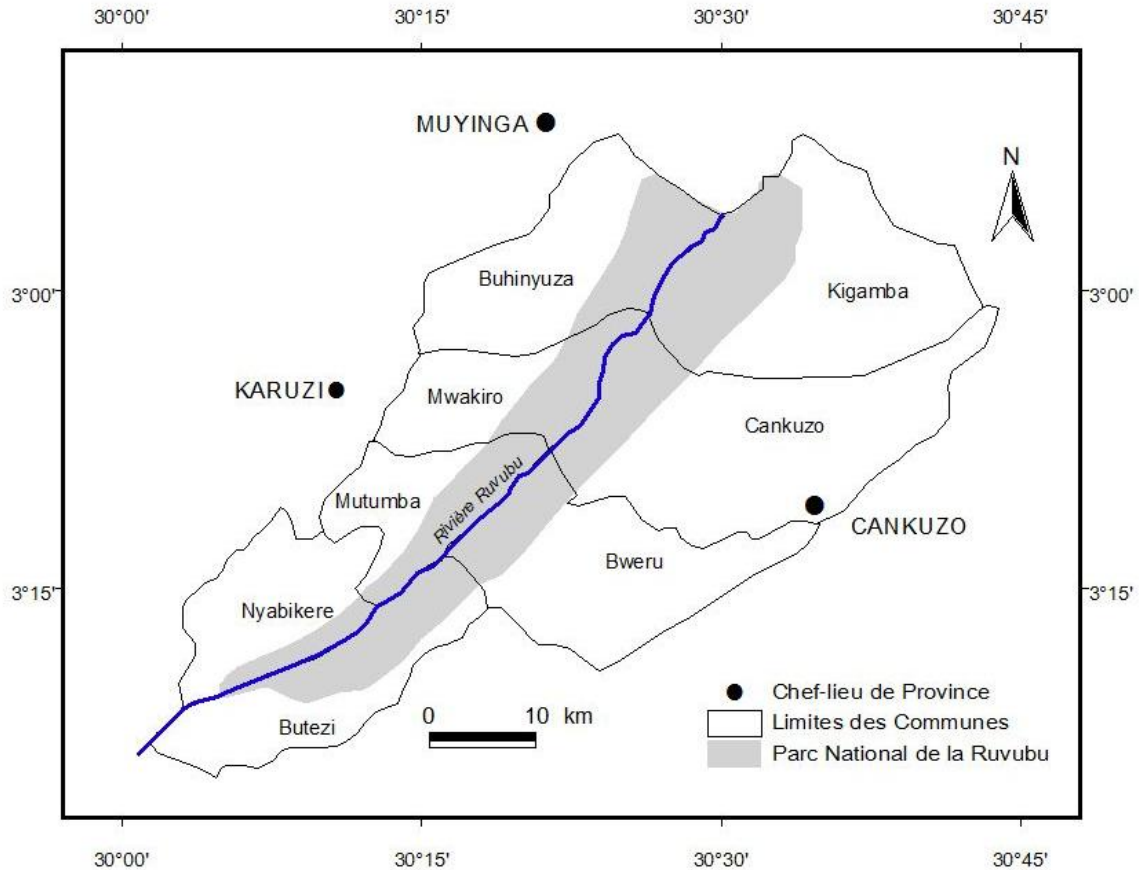


Figure I.11: Le Parc National de la Ruvubu (PNR, Burundi) et les communes avoisinantes. Le PNR s'étend sur quatre provinces et huit communes: les communes Nyabikere et Mutumba en province Karuzi, les communes Mwakiro et Buhinyuza en province Muyinga, les communes Butezi et Bweru en province Ruyigi (le Chef-lieu de cette province ne figure pas sur la carte, car étant relativement un peu éloigné du PNR), et les communes Cankuzo et Kigamba en province de Cankuzo.

I.9.2. Climat

Il n'y a pas de station météorologique dans le PNR. Il y a donc peu de données climatiques à l'intérieur du PNR, mais nous considérons qu'elles ne diffèrent pas de celles des régions avoisinantes. Les tableaux pluviométriques et thermiques construits à base des données de l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU) sur les stations météorologiques de Cankuzo (3°17' S, 30°23' E, altitude 1652m), Karuzi (3°6' S, 30°10' E, altitude 1600m) et Muyinga (2°51' S, 30°7' E, altitude 1756m) relativement proches du PNR permettent de constater que le climat du PNR est de type (AW₃)s selon la classification de Köppen (1923). Sur base des données recueillies en ces trois stations, nous avons pu matérialiser le climat de la zone d'étude par le calcul des moyennes mensuelles pour la période de 1997 à 2006. Un

diagramme ombrothermique a été établi (Figure I.12). Il montre une alternance entre la saison pluvieuse et la saison sèche. La saison sèche commence vers mi-mai pour se terminer aux environs de mi-août et la saison pluvieuse occupe le reste de l'année. Les moyennes des températures tournent autour de 20°C avec des variations oscillant entre 19°C et 21°C.

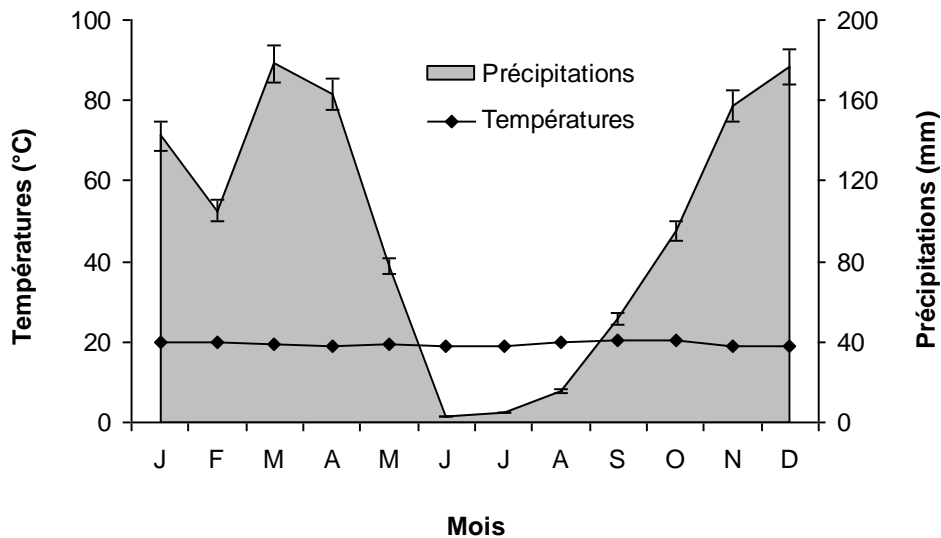


Figure I.12: Diagramme ombrothermique du Parc National de la Ruvubu (PNR, Burundi) construit à partir des moyennes de la période 1997-2006 des stations météorologiques de Cankuzo (3°17' S, 30°23' E, altitude 1652m), Karuzi (3°6' S, 30°10' E, altitude 1600m) et Muyinga (2°51' S, 30°7' E, altitude 1756m). Le climat du PNR est de type (AW₃)s selon la classification de Köppen (1923). Source des données: Institut Géographique du Burundi (IGEBU).

I.9.3. Relief

Le relief du Burundi est caractéristique de la région du grand rift de l'Afrique Orientale qui a donné lieu à la formation du Lac Tanganyika dans un fossé d'effondrement à l'Ouest et à un ensemble de plateaux au relief fortement découpé à l'Est du pays. L'ensemble de ce relief forme un complexe de cinq zones géomorphologiques comprenant la plaine occidentale située entre 775 et 1000m d'altitude, les hautes terres occidentales formant la crête Congo-Nil et situées entre 1000 et plus de 2600m d'altitude, les hauts plateaux centraux, couvrant la plus grande partie du pays et situés entre 1400 et 2000m d'altitude, les plaines orientales situées entre 1200 et 1500m d'altitude et qui correspondent à la dépression du Mosso à l'Est ainsi qu'à la cuvette du Bugesera au Nord-Est du Burundi (Mworoha, 1987; Nzigidahera, 2004; MINATTE, 2005). Notre zone d'étude, le PNR, se situe dans les hauts plateaux. Il est en

partie située dans la vallée de la Ruvubu entre deux chaînes de montagnes parallèles orientées dans le sens sud-ouest et nord-est dont le fond est situé entre 1350 et 1400m d'altitude. Les altitudes du PNR sont comprises entre 1350 et 1836m. De part et d'autre de la Ruvubu se trouvent des collines à sommets en plateau. Ce relief joue un rôle très important dans la structure du paysage: le PNR apparaît constitué de vallées à sommets escarpés (Vande Weghe & Kabayanda, 1992), comme le montre la figure I.13. Cette dernière illustre les variations altitudinales du tronçon échantillonné au PNR dans le cadre de cette étude entre les savanes des environs du Bureau de l'INECN à Muremera en Commune Kigamba et les marais des environs du pont séparant les provinces Cankuzo et Muyinga.

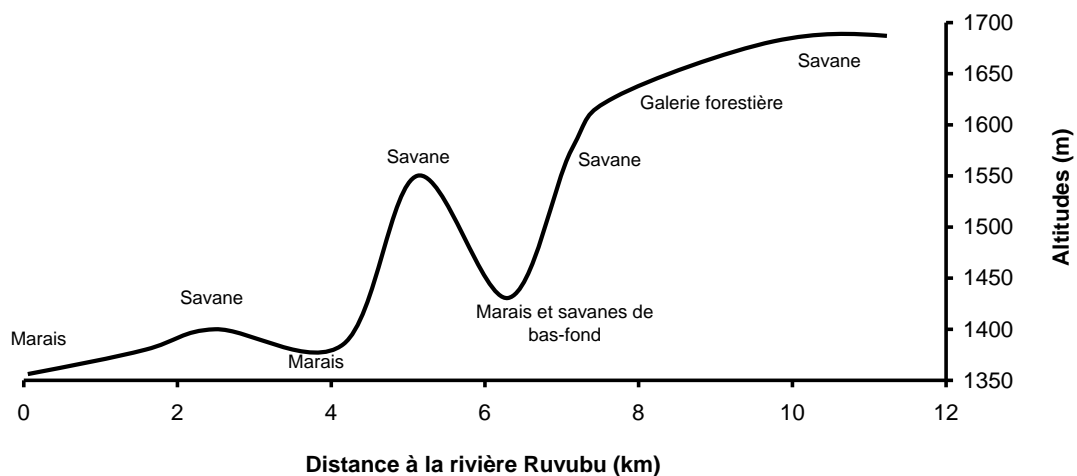


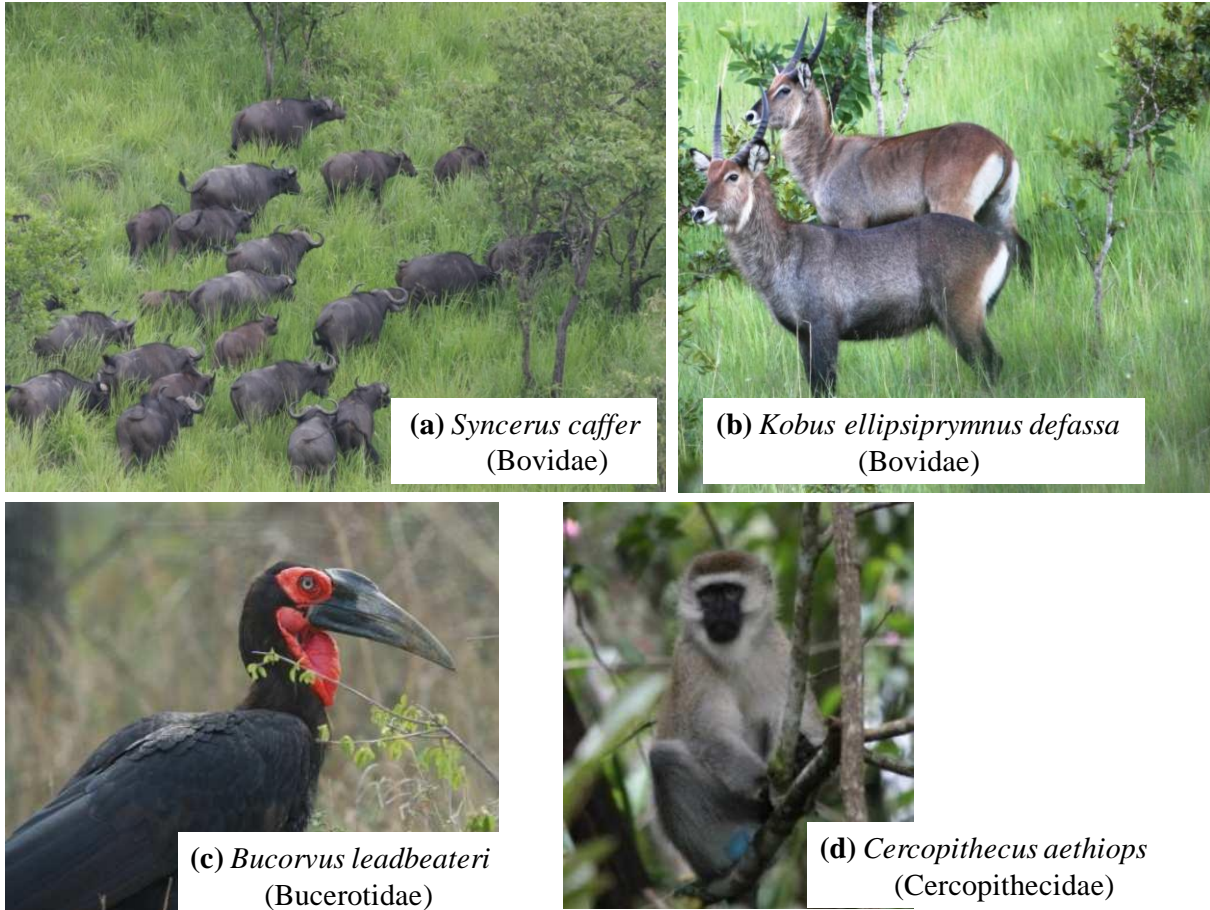
Figure I.13: Profil du tronçon échantillonné au Parc National de la Ruvubu (Burundi), dans le cadre de cette étude, entre les savanes des environs du bureau de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) à Muremera (altitude 1671m, 3°3' S, 30°30' E) en Commune Kigamba et les marais de la Ruvubu, au niveau du pont séparant les provinces Cankuzo et Muyinga (altitude 1350m, 2°59' S, 30°27' E). En bordure des marais se trouvent des galeries forestières. Ces dernières ne sont pas signalées sur la figure pour ne pas la surcharger. La rivière Ruvubu constitue le point de repère 0km. Le calcul des distances a été effectué avec l'appui du logiciel ArcView SIG 3.3.

I.9.4. Faune

Dans le domaine de la conservation, les travaux de recherche en Afrique ont porté beaucoup plus d'attention sur les animaux, particulièrement les grands mammifères et les oiseaux (White & Edwards, 2000a). Pareille situation est aussi observable au PNR. Comparées à celles relatives à la végétation, les données sur la faune du PNR ont été plus ou moins documentées; en témoignent entre autres les travaux de Derleyn *et al.* (1983), De Vos (1991),

Vande Weghe & Kabayanda (1992), Hakizimana (2009) et Hakizimana *et al.* (2010). Le PNR contient 44 espèces de mammifères appartenant à 18 familles dont les plus importantes sont les Bovidae et les Viverridae (Vande Weghe & Kabayanda, 1992). Les espèces facilement observables sont le *Syncerus caffer*, *Kobus ellipsiprymnus defassa*, *Tragelaphus scriptus*, *Papio anubis*, *Cercopithecus aethiops* et le *Colobus (Piliocolobus) badius tephrosceles*. D'autres espèces sont d'observation moins facile pour les visiteurs, soit en raison de l'absence de circuits de vision spécifiques (*Hippopotamus amphibius*; *Tragelaphus spekei*), soit en raison de leur apparente moindre densité comme le *Cercopithecus mitis*, *Redunca redunca* ou par leurs mœurs nocturnes, cas du *Phacochoerus aethiopicus* (Hakizimana, 2009). La faune ornithologique est évaluée à 421 espèces (Gaugris, 1976 in Vande Weghe & Kabayanda, 1992). Pour les reptiles, le crocodile du Nil (*Crocodilus niloticus*) est le plus observé et plus de neuf espèces de serpents ont été inventoriées (Derleyn *et al.*, 1983). Quatorze espèces de poissons ont également été inventoriées (De Vos, 1991). Les photos I.1 montrent des exemples de la faune du PNR.

La faune joue en effet un rôle non négligeable dans l'évolution de la végétation et l'hétérogénéité spatiale; cela par le broutage, le piétinement, le dépôt d'urine et de fèces, et la dissémination des diaspores (Smythe, 1970; Hubbell., 1979; Lazure & Almeida-Cortez, 2006).



Photos I.1: Quelques éléments de la faune du Parc National de la Ruvubu, Burundi (Photo a: C. Hakizimana, décembre 2007; Photos b, c et d: Hakizimana, 2009)

I.9.5. Facteurs anthropiques

Le PNR fut créé en même temps que l'INCN en 1980, devenu INECN en 1989. Il est géré par cette organisation dont les missions comptent entre autres la création et la gestion des aires protégées au Burundi. Pour des raisons d'administration et de gestion du parc, l'INECN a subdivisé le PNR en quatre secteurs. La rivière Ruvubu qui traverse le PNR constitue une des limites servant à matérialiser la délimitation des quatre secteurs. On a ainsi deux secteurs à l'ouest de la rivière (constituée des rives gauches I et II respectivement du côté des provinces Muyinga et Karuzi) et deux autres secteurs à l'est de la rivière (constituée des rives droites I et II respectivement du côté des provinces Cankuzo et Ruyigi; Figure I.14).

Toute exploitation étant interdite dans le parc, l'INECN a mis en place des services chargés de la surveillance de l'aire protégée. Concernant le plan d'aménagement et de gestion de l'aire protégée, bien qu'il existe, l'analyse montre à suffisance qu'il demeure incomplet, inadapté et

n'accorde pas de place à la participation des communautés locales (Nzigidahera, 2004). Une enquête socioéconomique réalisée par Hakizimana (2009) a révélé que l'expropriation, les interdictions découlant de la création du parc et les dommages causés par les animaux dans les cultures des paysans sont parmi les problèmes entre le parc et les populations environnantes. Les photos I.2 montrent quelques trappes et pièges utilisés par les braconniers, ramassés dans le PNR par les gardes forestiers de l'INECN au cours de leurs patrouilles et conservés en leurs bureaux à Muremera en commune Kigamba. Signalons que suite aux dégâts occasionnés aux cultures par les buffles dans les collines riveraines, les paysans s'organisent pour monter la garde dans leurs champs situés aux environs du PNR (Photo I.3).

Toujours dans le cadre des contraintes liées à la conservation de l'aire protégée, il n'est pas inutile d'attirer l'attention sur l'existence d'un projet d'exploitation du Nickel au PNR en perspective, un projet qui va sans nul doute porter préjudice à la durabilité de la conservation de la biodiversité du PNR. L'exploitation du Nickel étant souvent conduite à ciel ouvert, il en résulte des atteintes multiples à l'environnement. En effet, le décapage superficiel destiné à atteindre le minerai affecte directement la végétation qui est détruite. L'accumulation sans précaution de déblais stériles ameublés, d'autant plus sensibles à l'érosion, peut provoquer pour sa part des dommages importants: entraînement des matériaux dans les rivières, ensevelissant la végétation des berges, tuant parfois celle-ci ainsi que la faune aquatique; exhaussement du fond des lits des cours d'eau pouvant provoquer des inondations répétées, etc. (Dupon, 1986). En définitive, l'exploitation minière entraînera d'énormes modifications des fonctions écologiques du PNR avec des répercussions sur la biodiversité et le climat. Il se manifeste ici les conflits autour des enjeux de la conservation et du développement de l'industrie minière. Il convient donc de trouver un compromis entre conservation et développement. Des études fouillées d'impact environnemental de ce projet sont à conduire pour proposer des mesures d'atténuation. La photo I.4 montre les infrastructures abritant la base logistique des entreprises minières Danyland et Bhpbilliton auxquelles a été attribué un marché d'exploration du Nickel dans le PNR.

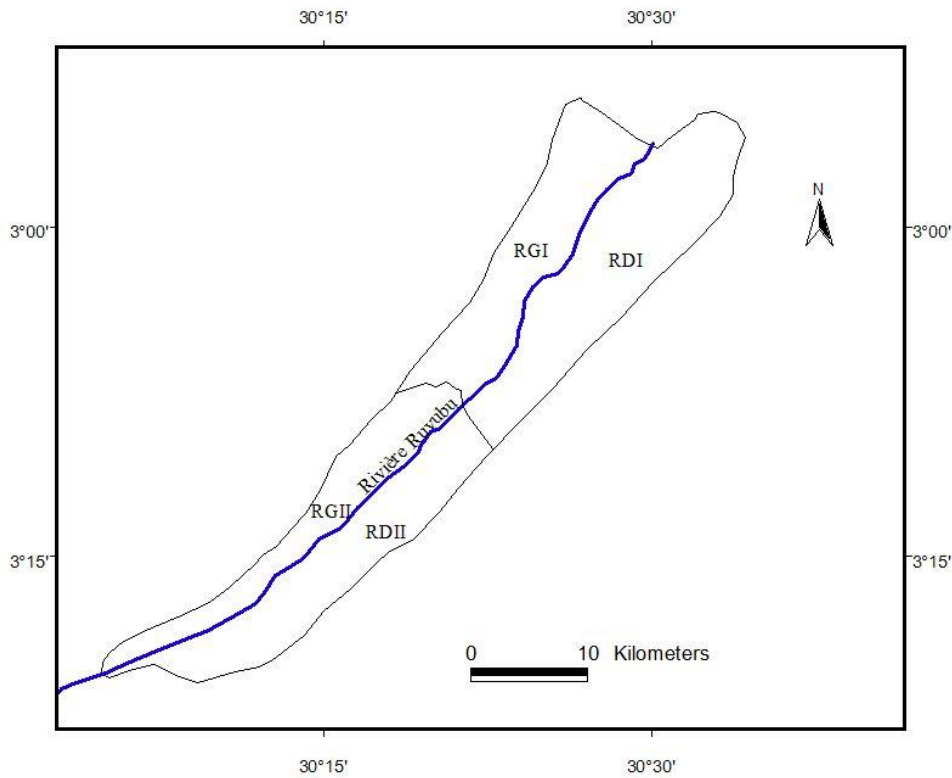


Figure I.14: Divisions administratives du Parc National de la Ruvubu (PNR) au Burundi. La rivière Ruvubu qui traverse le PNR constitue une des limites servant à matérialiser la délimitation (RGI: rive gauche I, RGII: rive gauche II, RDI: rive droite I, RDII: rive droite II).



Photo I.2: Collection de divers pièges et trappes saisis au Parc National de la Ruvubu (Burundi) par les gardes forestiers. (a) Piège à ressort «ikinyati»; (b) Câbles «igihwe», sagaie avec trois pointes et filets «ubukira». Photos Masharabu, 28 février 2006.



Photo I.3: Guérites de surveillance en huttes sur piquets surélevés, servant à monter la garde contre les buffles dans un champ de sorgho en périphérie du Parc National de la Ruvubu, Burundi. Photo Masharabu, 23 mai 2007.



Photos I.4: Base logistique d'exploration du Nickel au Parc National de la Ruvubu (Burundi) sur la colline Muremera en Commune Kigamba pour le compte de deux entreprises minières Danyland et Bhpbilliton. Photo Masharabu, 5 juin 2008.

I.9.6. Végétation

La superficie occupée par la végétation au PNR est estimée à 93% (Vande Weghe & Kabayanda, 1992) et leurs principaux types sont donnés au tableau II.1. La végétation est composée de savanes à 86% (Vande Weghe & Kabayanda, 1992; Ndabirorere, 1999). Bien que la flore et la végétation du PNR restent mal connues dans leur ensemble, Vande Weghe & Kabayanda (1992) distinguent diverses formations végétales comprenant des savanes boisées à *Parinari curatellifolia*, des savanes arbustives et arborescentes à *Parinari curatellifolia*, *Pericopsis angolensis* et *Hymenocardia acida*, des savanes herbeuses, des formations forestières (galeries forestières et forêts claires) et des marais à *Cyperus papyrus* et à petites et moyennes Cyperaceae. Les photos I.5 et I.6 montrent l'aspect paysager du PNR.



Photo I.5: Vue panoramique du Parc National de la Ruvubu (Burundi) à partir de Muremera montrant l'envergure de la végétation savanicole à perte de vue. Photo Masharabu, 17 décembre 2004.



Photo I.6: Les différentes unités paysagères du Parc National de la Ruvubu (Burundi) vues à partir du site touristique de Bibara, commune Mutumba: savanes, galeries forestières, marais, rivière Ruvubu et crêtes. Photo Masharabu, 28 février 2008.

I.10. Hypothèses et objectifs de la thèse

Les principales dimensions et niveaux d'organisation de la biodiversité incluent la composition, la structure et le fonctionnement; ces trois attributs étant interdépendants (Noss, 1990). Dans cette étude sur le PNR, les deux premiers attributs de la biodiversité ont été abordés et le troisième a suivi automatiquement à travers l'évocation de certains processus comme les perturbations par exemple. Deux niveaux d'organisation de la biodiversité (spécifique et écosystémique) ont été pris en considération.

Cette étude s'est fixé comme objectif principal de contribuer à la caractérisation de la biodiversité du PNR à travers la caractérisation de sa composition floristique, de la structure des communautés végétales et des gradients environnementaux. Les écosystèmes des aires protégées du Burundi restent mal connus dans leur ensemble, le PNR n'échappant pas à cette situation. Les approches pluridisciplinaires de la biologie de la conservation ont été adoptées afin de fournir des bases solides de nature à contribuer à la conservation de l'intégrité et de la

biodiversité de l'aire protégée. L'aspect «composition» a été abordé à travers l'analyse de la composition floristique ainsi que des communautés végétales représentées. Dans cette même rubrique, à travers la discussion sur le patrimoine floristique et la conservation, des ressources végétales susceptibles de subir une pression anthropique pour des fins diverses ou des espèces à signification socioculturelle ont été mises en évidence. La rubrique «structure» a été abordé à travers la description de la structure des communautés végétales, l'analyse des fréquences d'occurrence et de la distribution d'abondance des familles et des espèces, les formes de vie, les types de diaspores, l'analyse de la distribution géographique des espèces ainsi que des facteurs environnementaux contrôlant les patrons de végétation du PNR.

En résumé, l'étude a focalisé son attention sur divers aspects de la flore, de la végétation et de certains paramètres écologiques. Six hypothèses spécifiques ont été testées afin d'atteindre l'objectif susmentionné:

Hypothèse 1: La flore du PNR représente une part importante de la flore du Burundi et sa diversité floristique est similaire à celle du Parc National de l'Akagera au Rwanda.

Le Burundi est localisé en grande partie dans la région écologique du Rift Albertin, une des régions les plus riches d'Afrique en termes de diversité d'espèces avec un haut degré d'endémicité (Plumptre *et al.*, 2007). La position géographique du Burundi sur le carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques fait que ce dernier est l'un des pays les plus floristiquement riches en Afrique (Lewalle, 1972). La richesse floristique pour l'ensemble du Burundi (27834km²) est évaluée à plus de 3000 espèces de plantes supérieures (Ndabaneze, 1989). Le PNR (50800ha, soit environ 1,8% du territoire national) étant la plus grande aire protégée du pays, quelle serait alors la contribution de sa flore sur les 3000 espèces? Y-a-t-il des différences significatives entre la richesse en espèces et en genres des familles les mieux représentées au PNR et celles inventoriées par Troupin (1966) au Parc National de l'Akagera étant donné que les deux aires protégées sont relativement proches avec des habitats diversifiés?

Hypothèse 2: Les spectres des formes biologiques et des types de diaspores varient en fonction des prédispositions génétiques des familles dominantes et des conditions du milieu. Selon plusieurs auteurs (Grime, 1977; Wilson & Keddy, 1986; Julve, 1989), la coexistence des espèces obéit à certaines lois sur le partage et l'utilisation des ressources communes, où

les espèces s'adaptent aux différentes formes de compétition, de stress ou de perturbation. Et pour leur succès d'installation dans une communauté, les espèces doivent être capables d'arriver, de s'établir et s'intégrer (Fattorini & Halle, 2004). Ceci conduit à s'interroger sur les propriétés de dispersion des espèces, mais aussi à s'intéresser à leurs caractéristiques biologiques pour comprendre comment elles peuvent franchir les différents filtres environnementaux: un filtre abiotique (contraintes environnementales) qui correspond aux conditions physico-chimiques du site; et un filtre biotique (contraintes biotiques) correspondant aux interactions exercées par les autres espèces (Fattorini & Halle, 2004; Bouzillé, 2007). Ici, nous nous intéressons plus spécifiquement aux formes biologiques et à la dispersion.

Le test de l'hypothèse susmentionnée permettra d'identifier les formes de vie et les types de diaspores favorisés dans les communautés végétales du PNR.

Hypothèse 3: Le PNR serait un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques.

Selon plusieurs auteurs (Lewalle, 1972; Ndabaneze, 1983; Nzigidahera, 2000), le Burundi constitue un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques et présente de fait une grande diversité floristique. De par sa localisation, le PNR est de fait lui-aussi un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques. L'hypothèse à tester ici est l'importance relative d'espèces largement distribuées.

Hypothèse 4: Le PNR renfermerait des groupements végétaux nouveaux.

Pour le Burundi, le Rwanda et la R.D. Congo, Schmitz (1988) a fait une compilation de toutes les associations végétales décrites valablement et a mis en évidence leurs affinités grâce à la classification hiérarchique. Toutefois, la végétation du PNR reste mal connue dans son ensemble (Nzigidahera, 2000). Peu d'études y ont été conduites et les données relatives à sa composition floristique et à sa phytosociologie manquent ou sont insuffisantes. Dès lors, l'application des techniques d'analyses multivariées pourrait aboutir à l'isolation de nouveaux groupements ne figurant pas chez Schmitz (1988). Ces techniques facilitent l'analyse d'un tableau de relevés floristiques ou la compréhension des relations entre la végétation et son environnement (Bouxin, 2008).

Hypothèse 5: Le modèle de distribution d'abondance d'espèces permet de définir et d'interpréter les causes sous-jacentes de la répartition des individus dans la communauté (Magurran, 2004).

Le nombre d'espèces peut être une mesure de diversité, mais il en est une approximation grossière car l'importance de chacune des espèces peut être différente en nombre d'individus (abondance) et dans leur taille, surtout chez les plantes (Vieira da Silva, 1979). C'est d'ailleurs pourquoi des modèles de distribution tels que les distributions log-normale, log-série et bâton-brisé (Vieira da Silva, 1979; Ludwig & Reynolds, 1988; Hubbell, 2001; Magurran & Henderson, 2003; Magurran, 2004; Lévêque & Mounolou, 2008), des méthodes paramétriques basées sur des hypothèses d'appropriation de ressources et les distributions de probabilités (Vieira da Silva, 1979), ont été conçus. Leur interprétation peut potentiellement fournir des renseignements sur certains processus écologiques (perturbation, régénération, etc.) qui sont à l'origine de l'état d'une communauté végétale (Ulrich & Ollik, 2004; Barima, 2009). Le modèle de distribution log-normale, une méthode paramétrique indiquant que les espèces sont régulièrement réparties dans la communauté (Magurran & Henderson, 2003; Magurran, 2004), a été utilisée pour décrire les patrons d'abondance d'un grand nombre de communautés (Ludwig & Reynolds, 1988). D'où le choix de son test dans la présente étude pour vérifier si le PNR est sujet à des perturbations ou pas. A voir les infractions souvent rapportées dans le PNR (Ntownimana & Yansheng, 2008; Bigendako *et al.*, 2009), il y a lieu de présager que les fréquences d'occurrence des espèces ne s'apparentent pas au modèle de distribution log-normale.

Hypothèse 6: La variation de la composition floristique du PNR est due à l'existence de gradients environnementaux qui contrôlent ses patrons de végétation.

Plusieurs questions se posent sur la distribution horizontale de la végétation et la dominance de certaines catégories d'espèces. Le test de cette hypothèse apportera alors des éléments de réponse à la question de savoir les facteurs environnementaux qui expliquent la variabilité floristique des communautés végétales du PNR et le pourcentage de variabilité expliquée. Dans un tas de facteurs environnementaux (pH, charge caillouteuse, azote total, carbone total, C/N, altitude) à tester et qui sont potentiellement responsables de la composition floristique, il y a lieu de s'attendre à en trouver ceux qui influencent significativement les patrons de végétation du PNR.

Afin de pouvoir tester toutes ces hypothèses, les activités spécifiques suivantes ont été entreprises: (1) inventorier et évaluer la flore du PNR à partir de la prospection, de la collecte et de la détermination de spécimens de plantes; (2) évaluer les affinités floristiques entre les écosystèmes du PNR à l'aide du coefficient de similitude de Sørensen et de l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis; identifier les formes de vie et les types de diaspores favorisés au PNR, identifier le spectre d'appartenance phytogéographique des espèces et investiguer sur la position phytogéographique du PNR, cela à partir des observations de terrain et de sources disponibles, essentiellement Troupin (1966), Lewalle (1972), la *Flore du Rwanda* (Troupin, 1978-1988), White (1979, 1986, 1993), Habiyaemye (1997), Bizuru (2005), *Flora of Zimbabwe* en ligne (Hyde & Wursten, 2011: <http://www.zimbabweflora.co.zw>), la base des données des Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève et South African National Biodiversity Institute, Pretoria (<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>) laquelle reprend Lebrun & Stork (1991-2010) pour les plantes à fleurs d'Afrique tropicale, ainsi que le *World Checklist of Selected Plant Families* du Royal Botanic Gardens, Kew (<http://www.kew.org/wcsp/>); (3) individualiser, définir et réaliser une classification syntaxonomique des groupements végétaux et évaluer leur diversité, à l'aide la méthode phytosociologique classique; (4) apporter une meilleure connaissance de la distribution des fréquences d'occurrence des espèces végétales dans un objectif de préservation du patrimoine naturel du PNR avec l'appui de l'analyse de la distribution des fréquences d'occurrence des espèces végétales dans les relevés et du test du modèle de distribution log-normale; (5) déterminer les effets du recouvrement des Fabaceae sur les paramètres physico-chimiques du sol et analyser les facteurs explicatifs de l'abondance des Fabaceae et de la variabilité floristique au PNR à partir de la technique classique des relevés de la végétation, du prélèvement des échantillons de sol et de la mesure d'une série de paramètres environnementaux; et enfin (6) mettre en relief l'importance de l'étude pour la conservation à travers la discussion. De plus amples détails sur les méthodes utilisées pour tester les hypothèses sont fournis dans les chapitres qui suivent.

I.11. Plan de la thèse

Le premier chapitre est consacré à la revue de la littérature, la formulation des hypothèses de travail et les objectifs de l'étude. Hormis les chapitres VII (discussion générale), VIII (Conclusions et perspectives), IX (Références bibliographiques) et X (Annexes), les chapitres

qui suivent sont constitués d'une compilation de cinq articles publiés dans des revues nationales et internationales avec comité de lecture.

Le chapitre II est consacré à l'évaluation des ressources végétales du PNR en mettant en évidence la richesse et la diversité floristique du PNR ainsi que les espèces nouvellement signalées dans l'aire protégée. Dans ce chapitre figurent les analyses de la première hypothèse.

Le chapitre III est consacré à l'analyse de la variabilité floristique du PNR à travers l'évaluation des affinités floristiques entre les communautés végétales du PNR et l'analyse de certains paramètres floristiques entre autres les formes de vie, les modes de dissémination des diaspores et la distribution géographique des plantes. Dans ce chapitre figurent les analyses des hypothèses 2 et 3.

Dans le chapitre IV, il est question d'individualiser, définir et réaliser une classification syntaxonomique des groupements végétaux et évaluer la diversité de ces derniers. La première liste floristique du PNR aussi complète que possible est fournie dans cette partie. Dans ce chapitre figurent les analyses de l'hypothèse 4.

Le chapitre V apporte une meilleure connaissance de la distribution des fréquences d'occurrence des espèces végétales dans un objectif de préservation du patrimoine naturel du PNR. Dans ce chapitre figurent les analyses de l'hypothèse 5.

Pour le chapitre VI, il est question de contribuer, d'une part, à une meilleure appréhension des effets du recouvrement des Fabaceae (ou Leguminosae) sur les paramètres physico-chimiques du sol et, d'autre part, de déterminer les paramètres explicatifs de leur abondance et de la variabilité floristique au PNR. Dans ce chapitre figurent les analyses de l'hypothèse 6.

Dans le chapitre VII, consacré à la discussion générale, les points forts et faibles de la méthodologie utilisée ainsi que les principaux résultats des articles précédents ont été discutés. Un regard sur les avancées méthodologiques et l'applicabilité des résultats de la thèse à travers son intégration dans l'environnement humain marque la fin de la discussion générale. Ce chapitre est suivi par le chapitre VIII, consacré aux conclusions, qui font la

synthèse des principaux résultats et des différentes hypothèses testées; et se termine par la proposition de nouvelles pistes de recherches en guise de perspectives.

Cette thèse s'achève par les références bibliographiques (Chapitre IX) et des annexes (Chapitre X). Les annexes sont constituées des éléments suivants: (1) Annexe 1. Références et résumés des publications ne relevant pas de la thèse; (2) Annexe 2. Liste floristique du PNR; (3) Annexe 3: Composition floristique des groupements végétaux; (4) Annexe 4. Listes des espèces les plus fréquentes relevées dans le PNR et (5) Annexe 5. Listes des espèces très accidentelles (voire rares, car n'ayant été relevées qu'une seule fois) dans le PNR.

CHAPITRE II

DIVERSITE FLORISTIQUE DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI

Ce chapitre constitue une évaluation des ressources végétales du Parc National de la Ruvubu (PNR). Dans ce chapitre figurent les analyses de la première hypothèse. Les résultats chiffrés actualisés de la composition floristique du PNR avec précision des espèces nouvellement signalées dans l'aire protégée sont fournis dans le présent chapitre. Ce dernier s'appuie sur la publication «Masharabu T., Lejoly J., Bigendako M.J., Bogaert J. & Godart M.-F., 2008. Diversité floristique du Parc National de la Ruvubu (Burundi). *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 6: 2-7».

White & Edwards (2000a) précisent que l'inventaire botanique constitue la première étape la plus importante dans n'importe quelle étude détaillée de la végétation dans la mesure où: (1) l'inventaire fournit des informations sur les traits biologiques, la diversité et la particularité d'une zone donnée; (2) l'inventaire fournit les fondements des études écologiques et socio-économiques; (3) l'inventaire permet de réaliser les cartes de distributions des espèces et de comprendre la distribution géographique des espèces et des habitats.

Le présent chapitre s'appuie sur la publication suivante:

Masharabu T., Lejoly J., Bigendako M.J., Bogaert J. & Godart M.-F., 2008. Diversité floristique du Parc National de la Ruvubu (Burundi). *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 6: 2-7.

II. DIVERSITE FLORISTIQUE DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI

II.1. Résumé

Comparé au Burundi Occidental, le Parc National de la Ruvubu, la plus grande aire protégée et refuge de la biodiversité du pays, a été relativement peu étudiée. Cette étude rapporte les résultats d'un inventaire botanique des plantes vasculaires de l'aire protégée, met en relief les espèces nouvellement signalées dans le parc et établit une comparaison de la richesse floristique à l'échelle du pays et de la sous-région. La richesse spécifique de la Ruvubu fait état de 515 espèces réparties en 98 familles et 309 genres représentant 17% des plantes vasculaires connues du Burundi. Les familles les plus nombreuses sont les Leguminosae, les Asteraceae et les Poaceae. Nonante-six espèces sont signalées pour la première fois dans le parc. L'étude des déterminants environnementaux de l'abondance des Leguminosae et de la variabilité floristique pourrait contribuer à comprendre les relations entre la variation de la composition floristique et la variabilité des gradients environnementaux.

Mots-clés: Akagera, Burundi, inventaire floristique, richesse floristique, Ruvubu.

II.2. Abstract

Plant diversity of the Ruvubu National, Burundi

The Ruvubu National Park, the biggest protected area and biodiversity refuge of the country, is comparatively less studied than Western Burundi. This paper reports the results of a botanical inventory of the vascular plants from the protected area, evidences species newly encountered and establishes a comparison of the floristic richness at the country and sub-region level. Records from the Ruvubu include 515 species from 309 genera and 98 families, representing 17% of the known vascular plants of Burundi. The most common families were the Leguminosae, the Asteraceae and the Poaceae. Ninety-six species were encountered for the first time in the park. Study of environmental determinants of Leguminosae abundance and floristic variability would contribute to understand the relationships between floristic and environmental variability.

Keywords: Akagera, Burundi, floristic inventory, plant richness, Ruvubu.

II.3. Introduction

Les aires protégées du Burundi ont jusqu'à maintenant été très peu étudiées (Bizuru, 2005). Or, on ne peut pas prétendre, selon Lubini (1982), faire de la conservation de la biodiversité des aires protégées sans connaître tout au moins leur composition floristique. Qui de plus est, les mesures de conservation nécessitent au préalable une connaissance des ressources et espèces disponibles sur un territoire donné (Schouten *et al.*, 2009). Dès lors, dans un contexte de bonne gestion, d'aménagement et de sauvegarde de la biodiversité, il est nécessaire de procéder à une évaluation des ressources végétales. Cela justifie le choix du thème de la présente étude sur le Parc National de la Ruvubu (PNR). L'importance d'une telle étude n'est plus à démontrer car les inventaires floristiques constituent l'une des plus importantes sources de données de base notamment pour des recherches portant sur la biodiversité (Lubini, 1982).

Le PNR constitue d'une part, la plus grande aire protégée du Burundi, et d'autre part, un sanctuaire et un dernier refuge des animaux disparus ailleurs dans le pays (Nzigidahera, 2000): le buffle (*Syncerus caffer*), le Cobe defassa (*Kobus ellipsyprimnus defassa*), l'antilope rouane (*Hippotragus equinus*), le Cobe redunca (*Redunca redunca*) et le colobe rouge (*Piliocolobus pennantii*). Cela lui confère une particularité touristique. Peu d'études y ont été conduites et les données relatives à sa composition floristique et à sa phytosociologie manquent ou sont insuffisantes. Il est d'ailleurs bien remarquable que l'Ouest du Burundi, près de Bujumbura la capitale, a été plus étudié par rapport au reste du pays. Nzigidahera (2000) note que la végétation du PNR reste mal connue dans son ensemble. Vande Weghe & Kabayanda (1992) ont décrit la physionomie de sa végétation, laquelle comprend des savanes arbustives, des savanes herbeuses, des galeries forestières et des marais (Tableau II.1). La liste floristique complète a été publiée (Chapitre IV). La liste exhaustive se trouve en annexe 2. La présente étude se limitera aux bilans floristiques. Vu l'étendue du PNR, sa relative proximité avec le Parc National de l'Akagera (PNA) au Rwanda voisin et la diversité de leurs habitats, l'hypothèse selon laquelle (1) la flore du PNR représenterait une part importante de la flore du Burundi (2) et sa diversité floristique serait similaire à celle du PNA voisin a été testée. L'objectif global du présent travail est de contribuer à la connaissance de l'état des lieux de la flore des aires protégées du Burundi en général, et du PNR en particulier.

Tableau II.1: Les principaux types de végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi (Vande Weghe & Kabayanda, 1992), modifié. La végétation couvre 93% de la superficie du parc tandis que le reste est occupé par les eaux et les sols rocheux.

Habitat-type	Superficie (ha)
Savanes	37620 (86%)
Marais	2280 (5%)
Galeries forestières	740 (2%)
Total	40640

II.4. Matériel et méthode

Le PNR est situé au Nord-Est du Burundi (Figure II.1) entre 2°54'-3°22' S et 30°6'-30°33' E et couvre une superficie de 50800ha, soit environ 1,8% du territoire burundais. L'altitude varie de 1350 à 1836m (Vande Weghe & Kabayanda, 1992). La présente étude a été conduite sur base d'un inventaire botanique conduit au PNR dans 114 relevés de végétation (de superficie variant de 100m² à 900m² en fonction de l'homogénéité de la végétation), selon la méthode sigmatiste classique (Braun-Blanquet, 1932), en échantillonnant suivant des itinéraires (Figure IV.1) recoupant les différentes situations écologiques du PNR, de manière à traverser les différentes phytocénoses représentées localement (Gillet, 2000). La prospection et la collecte d'herbiers ont été opérées de Décembre 2005 à Juin 2009, de façon intermittente. La détermination systématique et la vérification des spécimens d'herbiers ont été réalisées à l'Herbarium de l'Université du Burundi, à l'Herbarium de l'Université Libre de Bruxelles (BRLU) ainsi qu'à l'Herbarium du Jardin Botanique National de Belgique (BR) par comparaison des spécimens d'herbiers y conservés et avec l'appui de la littérature ainsi que de divers spécialistes. Les doubles d'herbiers ont été déposés à l'Herbarium BRLU et à l'Herbarium de l'Université du Burundi. Les principales références bibliographiques consultées au cours de l'identification des taxa sont Blundell (1987) et Troupin (1971, 1978, 1982, 1983, 1985, 1988). La nomenclature des Ptéridophytes s'est référée à Roux (2009). Les noms des plantes à fleurs ont été vérifiés à l'aide de Lebrun & Stork (1991-2010) reprise en ligne pour l'Afrique tropicale dans la base des données des Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève et South African National Biodiversity Institute, Pretoria (<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>). Afin de dresser une liste floristique la plus complète possible, notre inventaire a été complété par les citations de la littérature faisant référence à l'aire protégée: Ndabaneze (1989), Vande Weghe & Kabayanda (1992) et Nzigidahera (2000). Ces documents produits à l'Université du Burundi et à l'Institut National

pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) ont été permis de dégager la liste des espèces nouvellement signalées dans l'aire protégée. Pour le PNA, les principales familles ont été obtenues à partir de l'inventaire de Troupin (1966). Le PNR et le PNA sont situés dans la même entité phytogéographique dans la mosaïque régionale du Lac Victoria définie par White (1993) avec des habitats diversifiés. Un test Khi-carré (χ^2) a été réalisé pour comparer d'une part, la richesse floristique des principales familles du PNR à celle du PNA, et d'autre part, à celle d'autres inventaires choisis réalisés ailleurs au Burundi. La valeur du χ^2 est obtenue à partir de l'équation suivante (Scherrer, 2007):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{[n_i - E(n_i)]^2}{E(n_i)} \quad (\text{II.1})$$

où n_i , est l'effectif observé, et $E(n_i)$ l'effectif attendu.

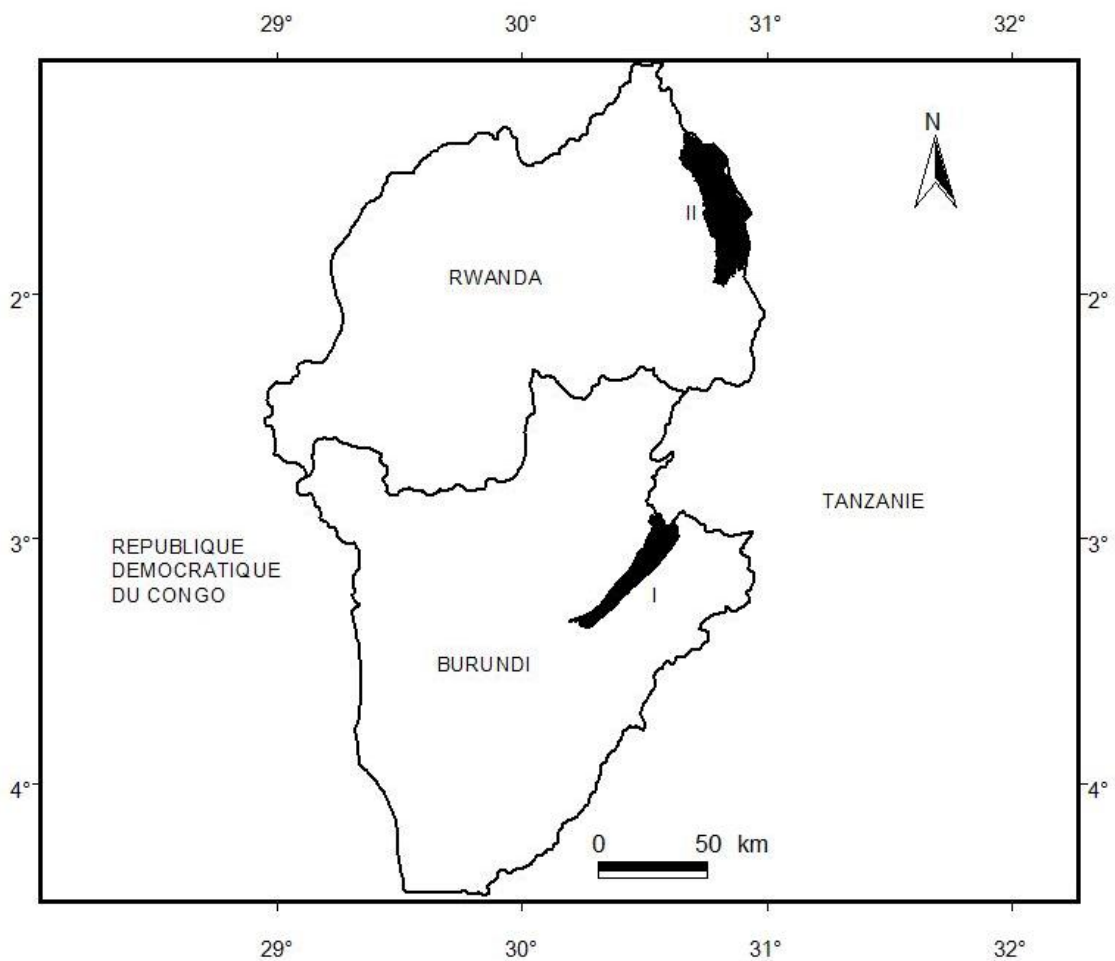


Figure II.1: Localisation géographique du Parc National de la Ruvubu (I) au Burundi et du Parc National de l'Akagera (II) au Rwanda. Les deux parcs sont situés dans la mosaïque régionale du Lac Victoria définie par White (1993) et présentent une diversité d'habitats.

II.5. Résultats

Le bilan floristique du PNR fait état de 515 espèces réparties dans 98 familles et 309 genres (Tableau II.2). Les Dicotylédones sont les mieux représentées (78%). Les Monocotylédones représentent 20% tandis les Ptéridophytes sont faiblement représentées (2%).

Tableau II.2: Répartition des plantes inventoriées au Parc National de la Ruvubu (Burundi) en taxons supérieurs.

	Effectifs		
	Familles	Genres	Espèces
Ptéridophytes	6 (6%)	6 (2%)	9 (2%)
Dicotylédones	71 (73%)	241 (78%)	402 (78%)
Monocotylédones	21 (21%)	62 (20%)	104 (20%)
Gymnospermes	0	0	0
Totaux	98 (100%)	309 (100%)	515 (100%)

Nonante-six espèces sont nouvellement signalées dans le PNR. Ces dernières sont dominées par les Fabaceae à 23% et leur liste se présente comme suit:

Acanthaceae: *Hypoestes verticillaris* (L.f.) Sol. ex Roem. & Schult., *Thunbergia alata* Bojer ex Sims

Amaranthaceae: *Alternanthera pungens* Kunth

Asteraceae: *Bidens steppia* (Steetz) Sherff, *Cirsium buchwaldii* O.Hoffm., *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S.Moore, *Crassocephalum rubens* (Juss. ex Jacq.) S.Moore, *Crassocephalum sarcobasis* (DC.) S.Moore, *Gutenbergia cordifolia* (Benth. ex Oliv.) S.Moore, *Helichrysum keilii* Moeser, *Pleiotaxis pulcherrima* Steetz, *Vernonia fontinalis* S.Moore, *Vernonia lasiopus* O.Hoffm., *Vernonia ugandensis* S.Moore

Boraginaceae: *Trichodesma zeylanicum* (Burm.f.) R.Br.

Caesalpinaceae: *Cassia kirkii* Oliv., *Cassia mimosoides* L., *Cassia siamea* Lam.

Commelinaceae: *Commelina benghalensis* L., *Commelina diffusa* Burm.f. subsp. diffusa, *Floscopa africana* (P.Beauv.) C.B.Clarke

Convolvulaceae: *Dichondra repens* J.R.Forst. & G.Forst., *Hewittia sublobata* (L.f.) Kuntze

Cucurbitaceae: *Zehneria thwaitesii* (Schweinf.) C.Jeffrey

Cyperaceae: *Kyllinga sphaerocephala* Boeckeler, *Mariscus macrocarpus* Kunth

Dennstaedtiaceae: *Histiopteris incisa* (Thunb.) J.Sm.

Dioscoreaceae: *Dioscorea alata* L., *Dioscorea bulbifera* L., *Dioscorea praehensilis* Benth.

Euphorbiaceae: *Acalypha ornata* Hochst. ex A.Rich., *Clutia abyssinica* Jaub. & Spach, *Croton macrostachyus* Hochst. ex Delile, *Phyllanthus niruri* L., *Euphorbia pseudograntii* Pax, *Tragia brevipes* Pax

Fabaceae: *Crotalaria aculeata* De Wild., *Crotalaria lachnophora* A.Rich., *Crotalaria ononoides* Benth., *Crotalaria* sp., *Desmodium salicifolium* (Poir.) DC., *Desmodium setigerum* (E.Mey.) Benth. ex Harv., *Desmodium triflorum* (L.) DC., *Desmodium velutinum* (Willd.)

DC., *Eriosema chrysadenium* Taub., *Eriosema rhodesicum* R.E.Fr., *Eriosema stanerianum* Hauman, *Indigofera emarginella* Steud. ex A.Rich., *Indigofera homblei* Baker f. & Martin, *Indigofera paracapitata* J.B.Gillett, *Indigofera rhynchocarpa* Welw. ex Baker, *Indigofera spicata* Forssk., *Indigofera zenkeri* Harms ex Baker f., *Rhynchosia sublobata* (Schumach. & Thonn.) Meikle, *Tephrosia linearis* (Willd.) Pers., *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng., *Vigna luteola* (Jacq.) Benth., *Vigna parkeri* Baker

Lamiaceae: *Leucas calostachya* Oliv., *Solenostemon platostomoides* (Robyns & Lebrun) Troupin

Malvaceae: *Hibiscus aponeurus* Sprague & Hutch., *Sida cordifolia* L.

Melastomataceae: *Antherotoma naudinii* Hook.f., *Dissotis brazzae* Cogn., *Dissotis ruandensis* Engl., *Dissotis senegambiensis* (Guill. & Perr.) Triana, *Dissotis trothae* Gilg, *Tristemma incompletum* R.Br.

Mimosaceae: *Acacia sieberiana* DC.

Moraceae: *Ficus ovata* Vahl

Osmundaceae: *Osmunda regalis* L.

Poaceae: *Hyparrhenia cymbaria* (L.) Stapf, *Hyparrhenia newtonii* (Hack.) Stapf, *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, *Loudetia kagerensis* (K.Schum.) C.E.Hubb. ex Hutch., *Oplismenus compositus* (L.) P.Beauv., *Pennisetum polystachion* (L.) Schult., *Setaria kagerensis* Mez, *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult., *Urelytrum digitatum* K.Schum.

Polygonaceae: *Rumex usambarensis* (Dammer) Dammer

Rubiaceae: *Agathisanthemum globosum* (Hochst. ex A.Rich.) Bremek., *Fadogia ancylantha* Schweinf., *Hymenodictyon floribundum* (Hochst. & Steud.) Robbr., *Pavetta ternifolia* (Oliv.) Hiern, *Spermacoce dibrachiata* Oliv., *Spermacoce sphaerostigma* (A.Rich.) Vatke

Scrophulariaceae: *Buchnera keilii* Mildbr., *Lindernia* sp.

Solanaceae: *Solanum anguivi* Lam.

Thymeleaceae: *Gnidia ericoides* C.H.Wright

Tiliaceae: *Triumfetta cordifolia* A.Rich.

Urticaceae: *Urtica massaica* Mildbr.

Vitaceae: *Rhoicissus tridentata* (L.f.) Wild & R.B.Drumm.

Xyridaceae: *Xyris capensis* Thunb.

Le tableau II.3 établit à son tour une comparaison de la richesse floristique des familles enregistrant au moins 15 espèces chacune au PNR et au PNA. Dans ce tableau, il est à remarquer que les Fabaceae, les Mimosaceae et les Caesalpiniaceae sont regroupées en une seule famille (Leguminosae), de même que dans le tableau II.4 reprenant plus loin la comparaison de la richesse floristique des principales familles du PNR à celle des forêts claires de Nkayamba (Habonimana *et al.*, 2010) et de Rumonge (Hakizimana *et al.*, 2011) au Burundi.

Tableau II.3: Comparaison de la richesse floristique des familles comptant au moins 15 espèces chacune au Parc National de la Ruvubu au Burundi (Masharabu, 2011) et au Parc National de l'Akagera au Rwanda (Troupin, 1966). Espèces: $ddl=7$, $\chi^2 = 10,68$, $p > 0,05$; Genres: $ddl=7$, $\chi^2 = 3,44$, $p > 0,05$.

Familles	Parc National de la Ruvubu		Parc National de l'Akagera	
	Espèces	Genres	Espèces	Genres
Leguminosae	73	30	87	33
Asteraceae	55	32	85	39
Poaceae	52	26	95	40
Rubiaceae	27	19	28	19
Euphorbiaceae	26	14	25	13
Acanthaceae	16	11	29	16
Lamiaceae	16	12	23	12
Cyperaceae	15	6	31	5

II.6. Discussion

Les 515 taxons recensés au PNR représentent 17% de la flore vasculaire du Burundi, ce qui nous a poussé à confirmer que la flore du PNR représente une part importante de la flore du Burundi dès lors qu'il ne couvre, selon Vande Weghe & Kabayanda (1992), que 1,8% de la superficie du pays (27834km²). Cette flore représente en outre près de 17% de la flore de la mosaïque régionale du Lac Victoria. Les plantes vasculaires sont estimées à plus de 3000 espèces pour le Burundi (Ndabaneze, 1989) et à 3000 espèces dans la mosaïque régionale du Lac Victoria (White, 1993). Les Ptéridophytes sont faiblement représentées au PNR (neuf espèces distribuées dans six familles). Leur diversité en Afrique est exceptionnellement pauvre (Tryon, 1986; Roux, 2009). Le Burundi compte 32 familles de Ptéridophytes distribuées dans 69 genres et 178 espèces (Roux, 2009). Par conséquent, les Ptéridophytes du PNR représentent 5% des Ptéridophytes du pays.

Dans l'ensemble, la flore du PNR représente 5% de la flore d'Afrique Centrale (Burundi, République Démocratique du Congo et Rwanda). Les statistiques des spermatophytes de la flore d'Afrique Centrale établies par Léonard (1994) font état de 9377 espèces. Le Burundi étant confiné entre l'Afrique de l'Est et l'Afrique Centrale (Bidou *et al.*, 1991), la richesse floristique du PNR représente approximativement 5% de la flore d'Afrique de l'Est. La richesse floristique de cette région est estimée à 11000 espèces par Linder (2001).

Sur base de travaux de mémoires, les chiffres avancés naguère au PNR ne dépassaient pas 300 espèces (Nzigidahera, 2000), ce qui fait que les espèces nouvellement signalées dans le cadre de cette étude représentent 19%. Les familles des Fabaceae et des Asteraceae qui occupent une place de choix au PNR sont aussi signalées par Lisowski (1991) et Léonard (1994) comme étant les plus nombreuses en Afrique Centrale. Les études menées dans plusieurs contrées du Burundi (Lewalle, 1972; Bangirinama, 2010; Habonimana *et al.*, 2010; Hakizimana *et al.*, 2011) mettent aussi en relief la prépondérance des ces familles. La compilation des inventaires des angiospermes récoltés au Burundi et conservés à l'Herbarium de l'Université du Burundi (Ndacayisaba, 2002; Nimpagaritse, 2003; Nkeshimana, 2003) permet de mettre en évidence les principales familles du Burundi: Poaceae (376 espèces), Fabaceae (356 espèces), Asteraceae (230), Rubiaceae (220 espèces), Cyperaceae (213 espèces), Lamiaceae (117 espèces), Euphorbiaceae (112 espèces), Orchidaceae (89 espèces). Nos résultats sont cependant comparés à ceux de Habonimana *et al.* (2010) sur la forêt claire de Nkayamba et Hakizimana *et al.* (2011) sur la forêt claire de Rumonge. Pourquoi le choix de ces forêts claires? Cherchant à établir une nomenclature des formations d'Afrique tropicale, la Conférence de Yangambi en juillet 1956, distingue d'une part les formations forestières fermées, d'autre part les formations mixtes forestières et graminéennes et les formations graminéennes (Champsoloix, 1959). Dans ce dernier groupe, on place les forêts claires et les savanes; les caractères les plus constants des savanes et des forêts claires résidant dans le fait qu'elles sont parcourues périodiquement par les incendies (Champsoloix, 1959). Ces deux raisons ont motivé le choix de la comparaison de la flore du PNR à celle de ces forêts claires susmentionnées (Tableau II.4). Les trois séries d'inventaires ont fait objet d'un test χ^2 pour vérifier s'il n'y a pas de différence entre la richesse en espèces de leurs principales familles. Ce test a révélé une différence très significative ($p < 0,001$) en général (ddl=10). La comparaison par paire (ddl=5) a révélé une différence significative entre la richesse en espèces des principales familles du PNR et celle de la forêt claire de Nkayamba d'un côté et de la forêt claire de Rumonge d'un autre côté, tandis qu'il n'y a pas de différence significative entre ces dernières ($p > 0,05$). Ces forêts (Rumonge et Nkayamba) sont d'ailleurs cataloguées dans la liste des forêts claires de type Miombo, en témoignant l'importance des espèces typiques du Miombo (Malaisse, 1993; Chidumayo & Kwibisa, 2003; Vancutsem *et al.*, 2006; Malmer, 2007) rapportées par Habonimana *et al.* (2010) et Hakizimana *et al.* (2011): *Brachystegia boehmii* Taub., *B. bussei* Harms, *B. manga* De Wild., *B. microphylla* Harms, *B. spiciformis* Benth., *B. utilis* Hutch. & Burt Davy et *Isoberlinia*

angolensis (Benth.) Hoyle & Brenan. Pour les Rubiaceae, la place qu'elles occupent dans les deux forêts claires corrobore les résultats de Lewalle (1972) dans le Burundi Occidental.

Tableau II.4: Comparaison de la richesse floristique des principales familles du Parc National de la Ruvubu (Masharabu, 2011) à celle des forêts claires de Nkayamba (Habonimana *et al.*, 2010) et de Rumonge (Hakizimana *et al.*, 2011) au Burundi (ddl=10; $\chi^2 = 82,76$; $p < 0,001$).

	Masharabu (2011)	Habonimana <i>et al.</i> (2010)	Hakizimana <i>et al.</i> (2011)
Acanthaceae	16 (3%)	3 (4%)	4 (3%)
Asteraceae	55 (11%)	6 (7%)	7 (5%)
Euphorbiaceae	26 (5%)	7 (8%)	12 (8%)
Leguminosae	73 (14%)	16 (19%)	27 (19%)
Poaceae	52 (10%)	4 (5%)	5 (3%)
Rubiaceae	27 (5%)	16 (19%)	18 (13%)

Quant à la diversité générique, les genres les plus diversifiés au PNR, avec au moins cinq espèces, sont: *Crotalaria* (dix espèces), *Ficus* (dix espèces), *Vernonia* (dix espèces), *Acalypha* (sept espèces), *Cyperus* (sept espèces), *Desmodium* (sept espèces), *Indigofera* (sept espèces), *Dioscorea* (six espèces), *Eriosema* (six espèces), *Solanum* (six espèces), *Hyparrhenia* (six espèces), *Crassocephalum* (cinq espèces), *Eragrostis* (cinq espèces), *Spermacoce* (cinq espèces). La plupart de ces genres appartiennent aux familles des Leguminosae (*Crotalaria*, *Desmodium*, *Eriosema*, *Indigofera*), des Asteraceae (*Crassocephalum*, *Vernonia*) et des Poaceae (*Eragrostis*, *Hyparrhenia*). Les familles des Leguminosae, des Asteraceae et des Poaceae rentrent dans la catégorie des familles cosmopolites (Lewalle, 1972) à grande plasticité écologique (Lisowski, 1991).

A partir du tableau II.3, il est remarquable que les Leguminosae, les Asteraceae et les Poaceae occupent une place de choix au PNR et au PNA. Il n'y a pas de différence significative du point de vue de leur richesse en espèces et en genres ($p > 0,05$), ce qui nous a poussé à accepter que la diversité floristique entre les deux parcs serait similaire suite au fait qu'ils sont situés dans la même entité phytogéographique à la confluence de plusieurs éléments phytogéographiques, dans la mosaïque régionale du Lac Victoria, avec une grande diversité d'habitats. Les inventaires de Troupin (1966) font état de 818 espèces réparties dans 96 familles et 309 genres. Les écarts numériques observés entre le PNR et le PNA seraient dûs

au fait que le PNA compte aussi parmi ses habitats des bosquets xérophiiles et des forêts sclérophylles en plus des savanes, galeries forestières et marais (Buda *et al.*, 2005). Les effectifs de Troupin (1966) sont à prendre aujourd'hui avec réserve car la taille actuelle du PNA a été fixée en 1997 à 108500ha après une amputation de près de deux tiers de sa superficie initiale, avec bien entendu des répercussions négatives sur la biodiversité (Buda *et al.*, 2005).

II.7. Conclusion

La flore du PNR représente 17% de la flore du Burundi alors qu'il ne couvre que 1,8% de la superficie du pays, ce qui fait preuve de sa grande représentativité dans l'ensemble de la flore du pays. Les Leguminosae viennent en tête dans l'ensemble de la flore du PNR, de même que dans les espèces nouvellement signalées. L'étude des déterminants environnementaux de leur abondance et de la variabilité floristique pourrait contribuer à comprendre les relations entre la variation de la composition floristique et la variabilité des gradients environnementaux.

CHAPITRE III

**ETUDE COMPARATIVE DES PARAMETRES
FLORISTIQUES DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU,
BURUNDI**

Pour mieux comprendre la phytodiversité du Parc National de la Ruvubu (PNR), l'analyse de sa variabilité floristique à travers certains paramètres floristiques entre autres les formes de vie, les types de dissémination des diaspores et la distribution géographique des plantes a été réalisée. L'étude des paramètres floristiques est en effet indispensable si l'on veut mettre en place des aménagements durables dans une aire protégée. Dans ce chapitre, les hypothèses 2 et 3 ont été testées.

Le présent chapitre s'appuie sur la publication suivante:

Masharabu T., Noret N., Lejoly J., Bigendako M.J. & Bogaert J., 2010. Etude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *Geo-Eco-Trop* 34 : 29-44.

III. ETUDE COMPARATIVE DES PARAMETRES FLORISTIQUES DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI

III.1. Résumé

Le Parc National de la Ruvubu, la plus grande aire protégée du Burundi, est situé au Nord-Est du pays. L'objectif global de la présente étude est d'analyser la variabilité floristique du parc à travers l'évaluation des affinités floristiques entre ses communautés végétales et l'analyse de certains paramètres floristiques. Différents spectres écologiques (formes de vie, types de distribution phytogéographique et types de dissémination) ont été calculés. Les savanes sont dominées par des hémicryptophytes, les galeries forestières sont dominées par des phanérophytes et les marais, par des géophytes. Les savanes, les galeries forestières et les marais sont dominés respectivement par des espèces soudano-zambéziennes, des espèces de liaison et des espèces cosmopolites. Le parc comprend principalement des plantes anémochores. Il constitue aussi un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques.

Mots-clés: Burundi, communauté végétale, diversité, équitabilité, Ruvubu, spectre écologique.

III.2. Abstract

Comparative study of floristic parameters of the Ruvubu National Park, Burundi.

The Ruvubu National Park, the biggest protected area of Burundi, is located in the North-Eastern part of the country. The main objective of this study was to analyze the floristic variability of the park through assessment of floristic affinities between its plant communities and analysis of some floristic parameters. Different ecological spectra (life forms, phytogeographical patterns and dissemination types) were calculated. Savannahs were dominated by hemicryptophytes, forest galleries were dominated by phanerophytes and swamps, by geophytes. Savannahs, forest galleries and swamps were dominated respectively by soudano-zambeziian, transitional and cosmopolitan species. The park counts mainly anemochorous plants. It is also a crossroads of several biogeographic elements.

Keywords: Burundi, diversity, ecological spectrum, evenness, plant community, Ruvubu.

III.3. Introduction

Le Parc National de la Ruvubu (PNR) est situé au Nord-Est du Burundi entre les latitudes 2°54' et 3°22' S et les longitudes 30°6' et 30°33' E. Sa superficie est de 50800ha, soit environ 1,8% du territoire national burundais. Il s'étend sur une longueur de 62km et sur une largeur variant de 5 à 13km. L'altitude du PNR varie de 1350 à 1830m (Vande Weghe & Kabayanda, 1992). Le parc est subdivisé en quatre secteurs qui se localisent dans les provinces de Karuzi, Muyinga, Ruyigi et Cankuzo. Ce parc est étiré le long de la rivière Ruvubu, qui lui a donné son nom; Ruvubu signifiant «rivière aux hippopotames». Cette aire protégée est reprise dans la deuxième catégorie de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), laquelle comprend les aires protégées gérées principalement à des fins de conservation des écosystèmes et de loisirs (les différentes catégories d'aires protégées ont été définies en détail dans UICN, 1994). Le PNR constitue également une Zone Importante de Conservation des Oiseaux (ZICO) au Burundi (BirdLife International, 2008; Hakizimana *et al.*, 2010). Nzigidahera (2000) signale néanmoins que la végétation du PNR reste mal connue dans son ensemble. Peu d'études y ont été conduites et les données relatives à sa flore et sa végétation manquent ou sont insuffisantes (Chapitre II). En plus d'être un sanctuaire et un refuge pour des animaux disparus ailleurs dans le pays (Nzigidahera, 2000), l'intérêt du PNR réside aussi dans la diversité des formations végétales et des espèces qu'il contient. Il s'avère ainsi indispensable de procéder à une étude des paramètres floristiques du PNR à travers l'analyse des spectres écologiques. L'objectif global de la présente étude est d'analyser la variabilité floristique du PNR à travers l'évaluation des affinités floristiques entre les communautés végétales en place et l'analyse de certains paramètres floristiques entre autres les formes de vie, les modes de dissémination des diaspores et la distribution phytogéographique des espèces. Deux hypothèses ont été formulées afin d'atteindre cet objectif: (1) Les spectres des formes biologiques et des types de diaspores varient en fonction des prédispositions génétiques des familles dominantes et des conditions du milieu; (2) Le PNR serait un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques. Les objectifs spécifiques suivants ont été fixés afin de pouvoir tester ces hypothèses: (1) Evaluer les affinités floristiques entre les communautés végétales du PNR; (2) identifier les formes de vie et les types de diaspores favorisés dans le PNR; (3) Identifier le spectre d'appartenance phytogéographique des espèces et investiguer sur la position phytogéographique du PNR.

III.4. Méthodologie

III.4. 1. Milieu d'étude et collecte des données

La présente étude s'est basée sur 114 relevés effectués dans le PNR (67 en savanes, 23 dans les galeries forestières et 24 dans les marais), suivant des itinéraires recoupant les différentes situations topographiques, mésoclimatiques et géologiques du parc. Ces relevés ont été effectués d'une part sur l'axe des villages Kigamba et Gasave, et d'autre part sur l'axe village Bibara et la rivière Ruvubu. Seuls les milieux présentant une apparente uniformité des conditions écologiques ont été retenus. Les limites des relevés ont été fixées de manière à éviter les zones de contact entre phytocénoses différentes. Au cours de cette étude, une attention particulière a été accordée à l'axe Kigamba (Muremera)-Gasave. Cette portion se situe entre le bureau de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) à Muremera (altitude 1671m, 3°3' S, 30°30' E), commune Kigamba, province Cankuzo et le poste d'entrée de l'INECN à Gasave (altitude 1507m, 2° 56' S, 30°26' E), commune Buhinyuza, province Muyinga, sur une longueur d'environ 25km. Le choix de cette portion a été guidé par le fait qu'elle est représentative de l'hétérogénéité structurale du PNR. Elle montre une grande variabilité paysagère. La figure III.1 montre la localisation du PNR et des sites échantillonnés.

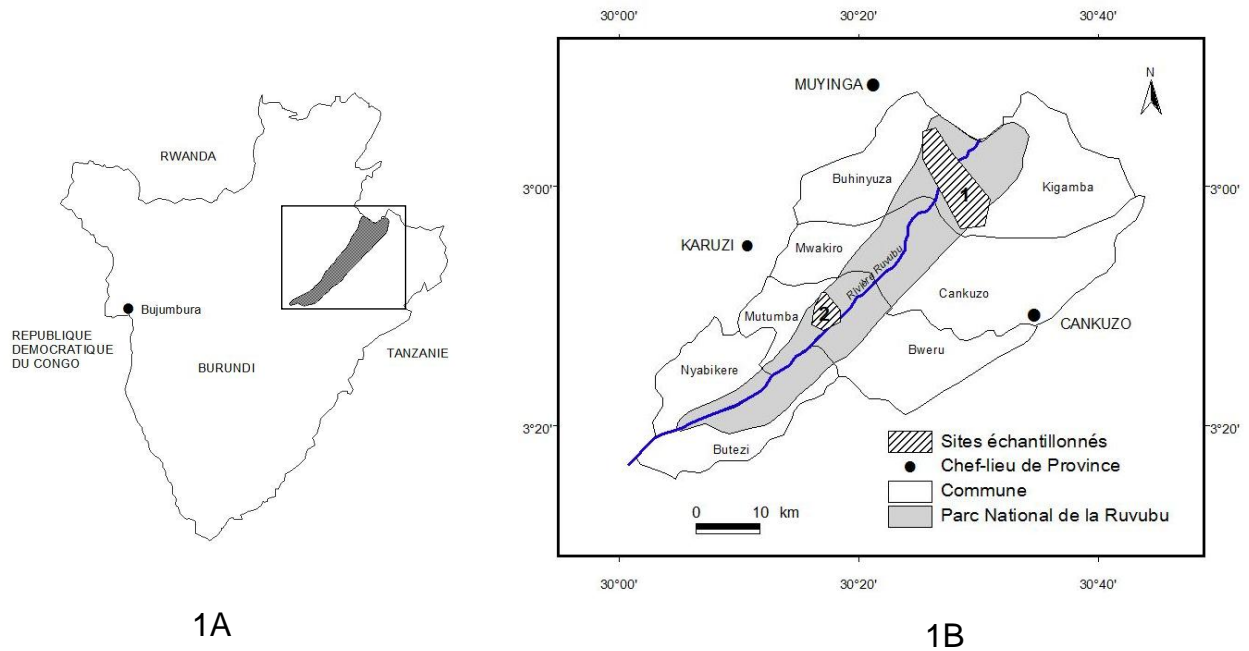


Figure III.1: Localisation du Parc National de la Ruvubu et sites échantillonnés (Chapitre IV). 1A. Visualisation du Parc National de la Ruvubu par rapport au Burundi; 1B. Divisions administratives et localisation des axes échantillonnés dans le PNR. Les zones hachurées: (1) représente les sites échantillonnés sur le tronçon Muremera-Gasave. Cette portion se situe entre le bureau du Parc à Muremera, à la rive droite 1 (RD1) (altitude 1671m, 3°3' S, 30°30' E), commune Kigamba, province Cankuzo et le poste d'entrée de Gasave, à la rive gauche 1 (RG1) (altitude 1507m, 2°56' S, 30°26' E), commune Buhinyuza, province Muyinga; (2) représente les sites échantillonnés à partir du site touristique de Bibara, à la rive gauche 2 (RG2) (altitude 1575m, 3°10' S, 30°17' E), Commune Mutumba, Province Karuzi jusqu'à la rivière Ruvubu (altitude 1380m, 3° 11' S, 30°18' E).

III.4. 2. Individualisation des communautés végétales

Plusieurs méthodes d'analyse numérique des relevés existent, mais chacune d'entre elles présente sa propre sensibilité. Le choix de la méthode à utiliser dépend du type de données, de la diversité des données récoltées ou parfois des logiciels disponibles. Le choix dépend surtout de l'objectif visé, du type d'information que l'on cherche à extraire du tableau de relevés (Bouxin, 2008). Néanmoins, parmi les méthodes indirectes d'ordination, l'analyse des correspondances redressée (Detrended Correspondence Analysis, DCA) est plus performante car elle est non sujette à l'effet d'arche et de compression des axes (ter Braak, 1986). La DCA constitue en outre jusqu'à ce jour la principale méthode d'analyse indirecte de variance d'un lot de données floristiques correspondant à des relevés placés le long d'un gradient environnemental ignoré dans un premier temps. Il est donc possible de trouver à posteriori un

quelconque gradient dans le plan formé par les deux premiers axes de la DCA (Legendre & Legendre, 1998). C'est ainsi que, afin d'individualiser les communautés, nous avons utilisé la DCA. Cette dernière a été réalisée à l'aide de CANOCO (Canonical Community Ordination; Jongman *et al.*, 1995).

III.4. 3. Estimation des affinités entre communautés végétales

Le degré d'affinité floristique entre les communautés (formations) végétales a été estimé à l'aide du coefficient de similitude de Sørensen (1948):

$$C_s = \frac{2a}{b+c} \quad (\text{III.1})$$

pour lequel a représente le nombre total d'espèces communes à deux communautés; b nombre total d'espèces de la communauté 1 et c nombre total d'espèces de la communauté 2. Le coefficient varie de 0 quand il n'existe aucune espèce commune entre les deux communautés, à 1 quand toutes les espèces rencontrées dans la communauté 1 existent aussi dans la communauté 2. Le calcul de ce coefficient a été réalisé à l'aide du logiciel MVSP 3.1 (MultiVariate Statistical Package; Kovach, 1997).

III.4. 4. Spectres écologiques

Différents spectres écologiques ont été calculés. Les formes de vie des espèces au sens de Raunkiaer (1934) modifiés par Lebrun (1947) ainsi que les types de diaspores comme définis par la classification de Dansereau & Lems (1957), ont servi à déterminer respectivement les stratégies particulières de protection assurée par les végétaux à l'égard des périodes critiques ainsi que le mode de dissémination, tandis que la distribution géographique des espèces a servi à déterminer la position phytogéographique du parc. Les différentes informations sur les formes de vie, la distribution géographique des espèces et les types de diaspores (Annexe 2) ont été rassemblées à partir des observations de terrain et de sources disponibles: Troupin (1966), Lewalle (1972), les quatre volumes de la *Flore du Rwanda* (Troupin, 1978-1988), White (1979, 1986, 1993), Habiyaemye (1997), Bizuru (2005), *Flora of Zimbabwe* (Hyde & Wursten, 2011: <http://www.zimbabweflora.co.zw>), le *World Checklist of Selected Plant Families* du Royal Botanic Gardens (Kew) disponible en ligne sur <http://www.kew.org/wcsp/> et la base des données des plantes à fleurs d'Afrique tropicale (Lebrun & Stork, 1991-2010) disponible en ligne sur <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>. Nous avons retenu les

spectres pondérés car ils tiennent compte de l'abondance de chaque forme vie, type de diaspore ou élément phytogéographique dans une formation, et pas seulement du nombre des espèces différentes (Lewalle, 1972). Ce spectre utilise une pondération des espèces avec le produit de leur fréquence relative et de leur recouvrement moyen (Gillet, 2000). Le spectre pondéré fait intervenir les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet de la façon suivante: les espèces sont pourvues dans chaque relevé du coefficient correspondant à leur abondance. On détermine ainsi pour chaque trait biologique et pour tous les relevés le nombre d'occurrences de chaque coefficient d'abondance-dominance et ce nombre est multiplié par le coefficient de pondération correspondant. Par exemple, le nombre total des «+» va être multiplié par 0,1 tandis que le nombre total des «1» sera multiplié par 2,5 et ainsi de suite jusqu'au nombre total des «5» qui va être multiplié par 87,5. Les chiffres obtenus sont ensuite additionnés pour chaque trait biologique. Le total général de tous les relevés est ramené à 100 et les sommes de chaque catégorie ajustées au pourcentage (Lewalle, 1972).

Pour tester la dominance entre les spectres écologiques, nous nous sommes servis de l'indice d'équitabilité de Piélou E (Huston, 1994; Dajoz, 2003; Frontier *et al.*, 2008). L'équitabilité (E) résulte du rapport de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H) ou diversité réelle et de la valeur théorique maximale (H'_{max}). Elle correspond à la diversité relative et est définie par la formule suivante:

$$E = \frac{H}{H'_{max}} = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{III.1})$$

avec S le nombre de composantes d'une catégorie donnée de trait biologique pour notre cas. L'indice varie de 0 à 1. Elle tend vers zéro lorsqu'une espèce domine largement sur les autres et elle est égale à un lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Frontier *et al.*, 2008).

III.5. Résultats

III.5.1. Différentiation floristique des communautés végétales

En soumettant à l'analyse CANOCO le tableau reprenant l'abondance-dominance des espèces, il ressort une individualisation des communautés végétales du parc, traduisant une forte variabilité floristique des sites échantillonnés. L'ordination confirme les grandes différences floristiques qui se font observer entre les sites et met en évidence la grande variabilité floristique qui existe entre les communautés étudiés, ce qui traduit l'hétérogénéité

des habitats (Figure III.2). Les deux premiers axes de la DCA représentent 9,90 % de la variabilité floristique totale tandis qu'elle est de 14,70% pour l'ensemble des quatre premiers axes (Tableau III.1). Dans le tableau III.1, les valeurs propres correspondent à la variance des espèces sur un axe donné. La longueur des gradients exprime la diversité bêta (Wilson & Schmida, 1984) tandis que l'inertie mesure la dispersion du nuage de points représentant les relevés (ter Braak & Šmilauer, 2002). Les gradients environnementaux ainsi que l'individualisation et la hiérarchisation des groupes écosociologiques de chaque communauté seront développés dans les travaux ultérieurs.

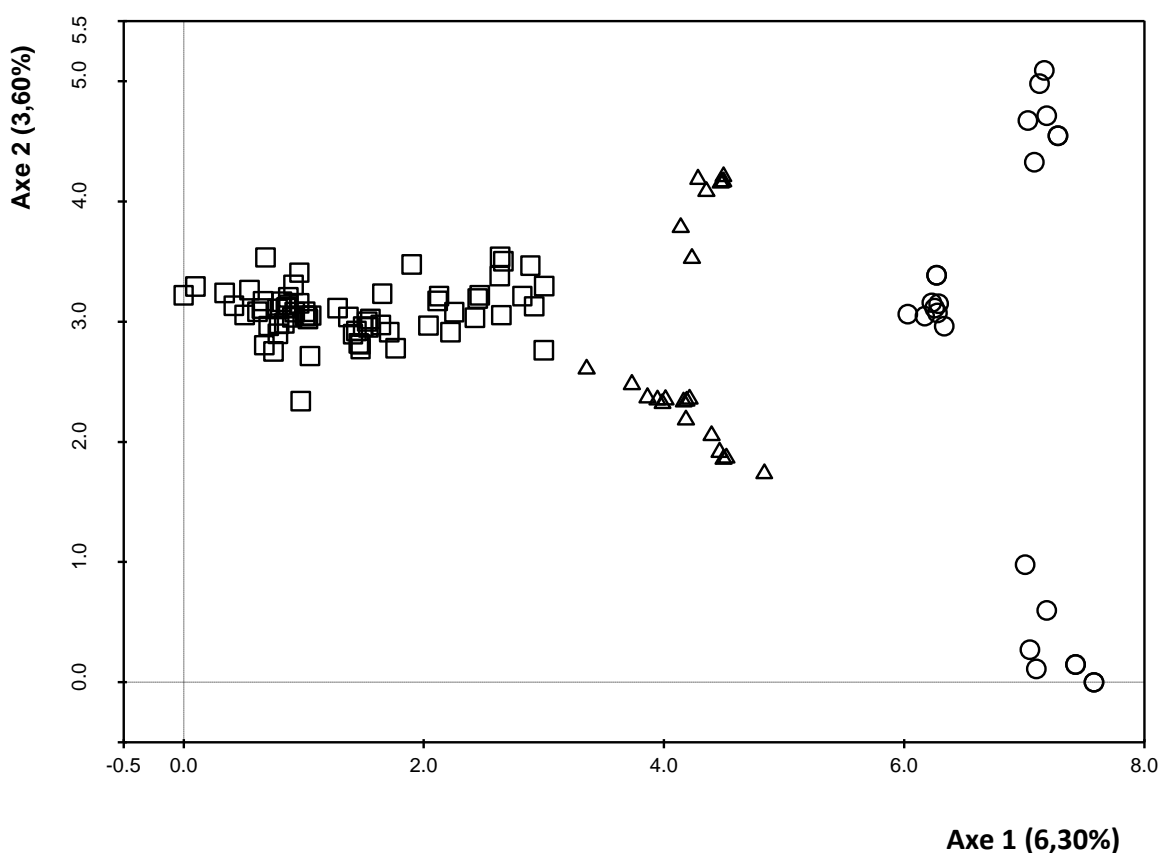


Figure III.2: Représentation des communautés végétales étudiées au Parc National de la Ruvubu (Burundi) en fonction de leur composition spécifique sur les deux premiers axes de la DCA (DCA: Detrended Correspondence Analysis). Les deux premiers axes de la DCA représentent 9,90 % de la variabilité floristique totale. Les carrés, les triangles et les cercles représentent respectivement les relevés effectués dans les savanes, dans les galeries forestières et dans les marais. Plus les symboles représentant les relevés sont proches, plus les relevés sont similaires dans leur composition. Dans le cas contraire, plus les relevés sont éloignés les uns des autres (les relevés se trouvant de part et d'autre des deux axes) plus la composition est différente.

Tableau III.1: Présentation synthétique des résultats de l'analyse des correspondances redressée (DCA) de la figure III.2 représentant la disposition des relevés effectués au Parc National de la Ruvubu (Burundi) le long des deux premiers axes de la DCA.

Axes	1	2	3	4	Inertie totale
Valeurs propres	0,82	0,47	0,35	0,27	
Longueur des gradients	7,58	5,09	3,35	3,33	
Variance (%) pour chaque axe	6,30	3,60	2,70	2,10	12,99
Pourcentage de la variance cumulée	6,30	9,90	12,60	14,70	

III.5.2. Affinités floristiques entre communautés végétales

Il s'agit du coefficient de similarité de Sørensen dont il a été question dans cette étude. Les valeurs trouvées sont consignées dans le tableau III.2 et confirment la variabilité floristique observée à travers l'ordination (Figure III.2).

Tableau III.2: Matrice de similarité de Sørensen des communautés végétales du Parc National de la Ruvubu (Burundi).

	Savanes	Galeries forestières	Marais
Savanes	1		
Galeries forestières	0,35	1	
Marais	0,11	0,24	1

III.5.3. Spectres écologiques

III.5.3.1. Formes biologiques

La figure III.3 résume les résultats de l'analyse des formes de vie. Les savanes sont dominées par les hémicryptophytes (56 % du recouvrement relatif) et les phanérophytes (34%), les galeries forestières sont dominées par les phanérophytes (71%) et les marais, par les géophytes (42%) et les chaméphytes (35%).

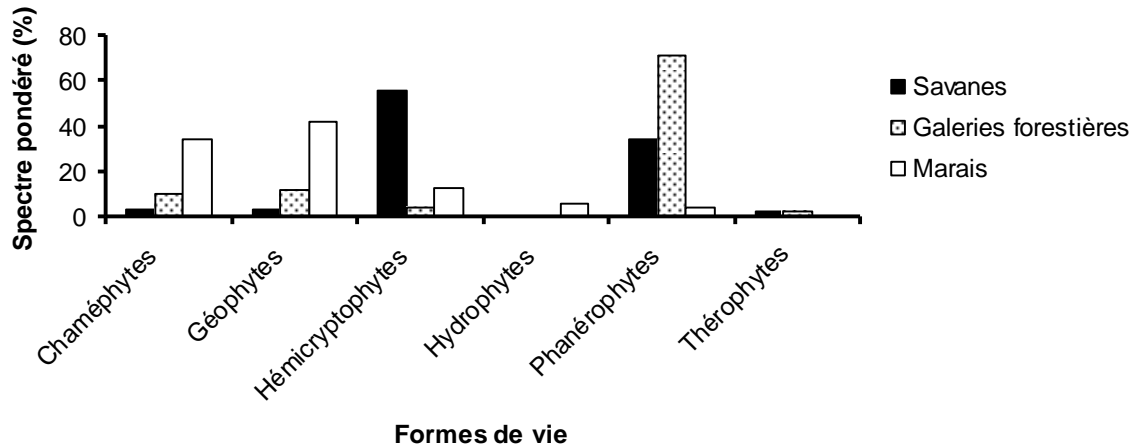


Figure III.3: Spectre biologique pondéré des espèces inventoriées dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi). Indice d'équitabilité: savanes 0,57; galeries forestières 0,53; marais 0,64.

III.5.3.2. Types de diaspores

La figure III.4 résume les résultats de l'analyse des types de diaspores. Les savanes sont dominées par les sclérochores (59%), de même que les galeries forestières (41%) et les marais (51%). Les savanes (22%) et les galeries forestières (41%) sont aussi riches en ballochores. Les barochores, les desmochores, les pogonochores et les ptérochores sont en général faiblement représentées dans notre zone d'étude.

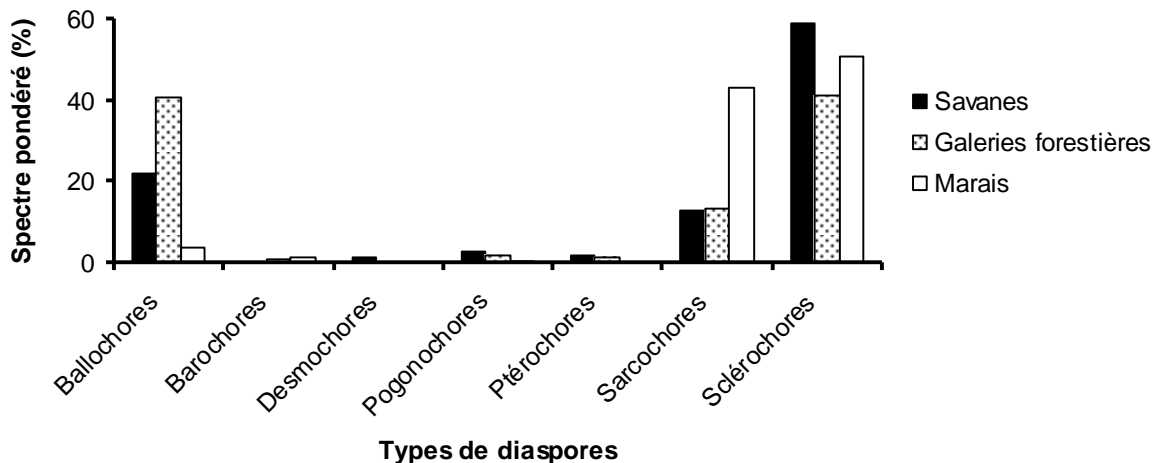


Figure III.4: Spectre biologique pondéré des types de diaspores dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi). Indice d'équitabilité: savanes 0,59; galeries forestières 0,61; marais 0,48.

En regroupant les différentes catégories de diaspores (Figure III.5) selon la classification autoécologique de Molinier & Müller (1938), on constate que les savanes, les galeries forestières et les marais sont dominés par des plantes anémochores (sclérochores, ptérochores, pogonochores) à raison respectivement de 64%, 45% et 52%. Elles sont suivies par les espèces zoochores (sarcochores, desmochores) avec 23% en savanes, 14% dans les galeries forestières et 43% dans les marais. Ces deux groupes constituent le groupe des hétérochores (diaspores munies d'appendices et extrêmement légères ou enveloppées de couches charnues). Les savanes sont dominées par les hétérochores à 87% tandis que les galeries forestières et marais sont dominés par les hétérochores à raison respectivement de 59% et 95% pour le spectre pondéré. Les galeries forestières (41%) et les savanes (22%) enregistrent un nombre important d'autochores (diaspores ne présentant pas d'adaptations évidentes à un quelconque agent externe de dispersion: ballochores, barochores).

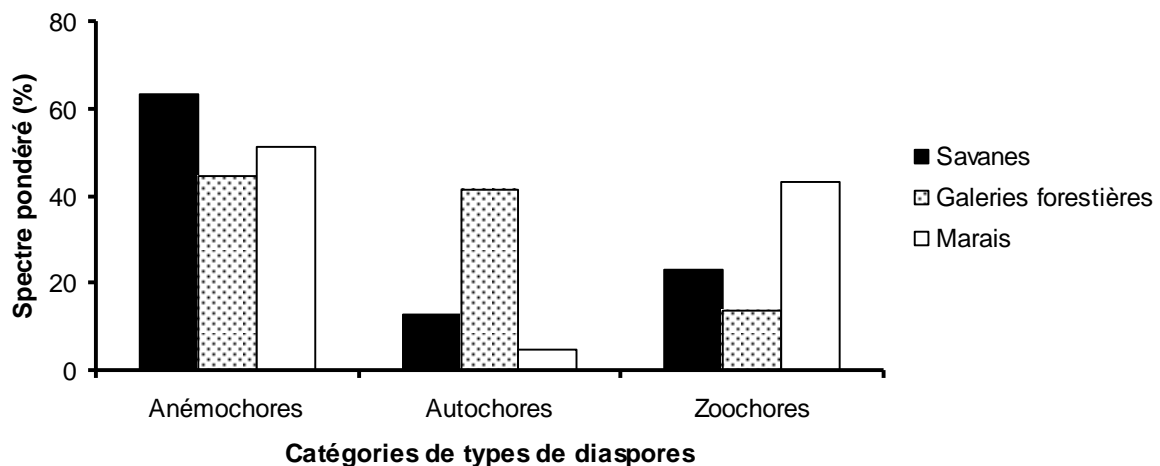


Figure III.5: Spectre biologique pondéré des différentes catégories de types de diaspores dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi). Indice d'équitabilité: savanes 0,81; galeries forestières 0,91 ; marais 0,78.

III.5.3.3. Distribution phytogéographique

La figure III.6 résume les résultats de l'analyse de la distribution générale des espèces de la flore du Parc National de la Ruvubu. Les savanes sont dominées par le groupe des espèces de l'élément-base soudano-zambézien (46%) tandis que les galeries forestières sont dominées à 50% par les espèces de liaison (liaison soudano-zambézienne et montagnarde, liaison soudano-zambézienne et guinéenne) et les marais à 89%, par des espèces largement distribuées (les espèces plurirégionales africaines, pantropicales, paléotropicales,

afrotropicales, subcosmopolites, afro-malgaches, montagnardes et cosmopolites). Les savanes et les galeries forestières enregistrent aussi un nombre important d'espèces largement distribuées (37% en savanes, 27 % dans les galeries forestières). Les groupes des espèces endémiques et des espèces guinéennes sont faiblement représentés.

La figure III.7 montre les résultats de l'examen détaillé de la distribution phytogéographique. Elle met en évidence la prépondérance dans les galeries forestières des espèces de liaison soudano-zambézienne et guinéennes (40%) et dans les marais, des espèces cosmopolites (38%). Dans la représentation de l'élément-base soudano-zambézien en sous-éléments des espèces inventoriées dans le PNR, les savanes (51%) et les marais (50%) sont dominés par les espèces omni-soudano-zambéziennes (SZ), comme le montre la figure III.8.

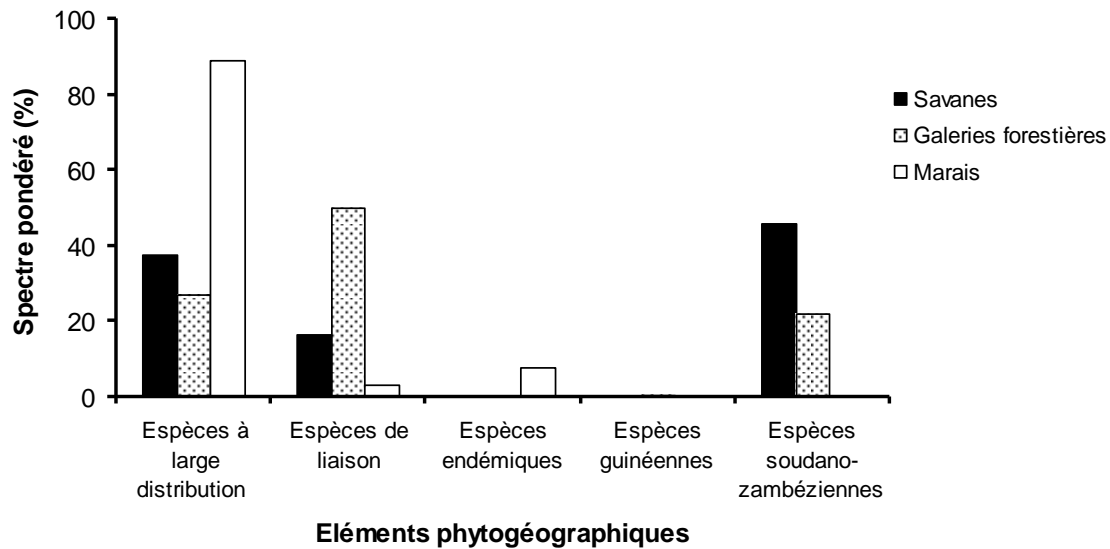


Figure III.6: Distribution générale des espèces de la flore du Parc National de la Ruvubu (Burundi). Indice d'équitabilité: savanes 0,64; galeries forestières 0,66; marais 0,26.

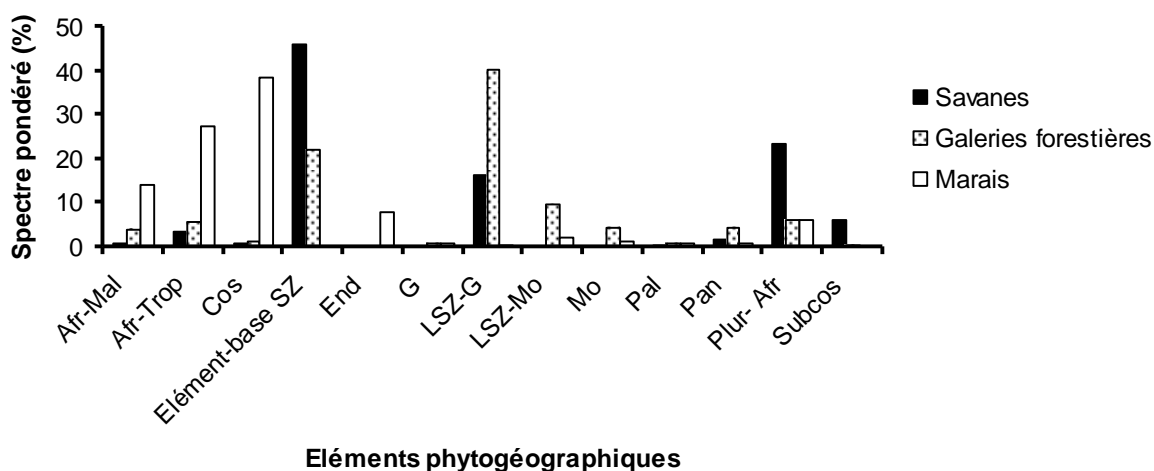


Figure III.7: Spectre phytogéographique détaillé de la flore du Parc National de la Ruvubu au Burundi (Elément-base SZ: Elément-base soudano-zambézien, LSZ-G: Liaison soudano-zambézienne et guinéenne, Plur-Afr: Plurirégionales africaines, Cos: Cosmopolites, Afr-Trop: Afrotropicales, Afr-Mal: Afro-Malgaches, LSZ-Mo: Liaison soudano-zambézienne et montagnarde, Subcosm: Subcosmopolites, Pan: Pantropicales, Mo: Montagnardes, End: Endémiques, Pal: Paléotropicales, G: Guinéennes). Indice d'équitabilité: savanes 0,58; galeries forestières 0,69; marais 0,64.

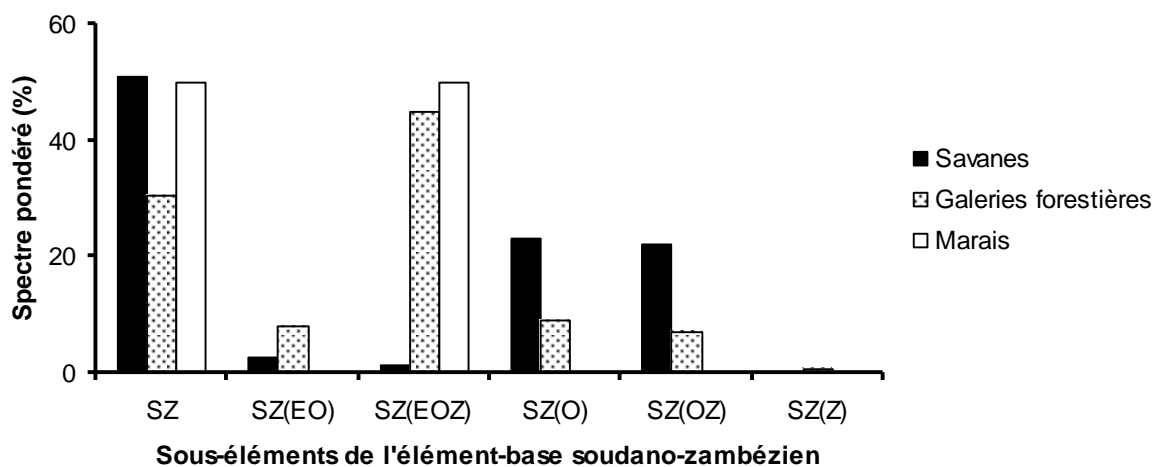


Figure III.8: Spectre phytogéographique pondéré de l'élément-base soudano-zambézien en sous éléments des espèces inventoriées dans le Parc National de la Ruvubu au Burundi (SZ: Espèces omni-soudano-zambéziennes, SZ(O): Espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale, SZ(OZ): Espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne, SZ(OZ): Espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne, SZ(OZ): Espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne, SZ(OZ): Espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne, SZ(OZ): Espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne, SZ(Z): Espèces soudano-zambéziennes à dominance zambézienne). Indice d'équitabilité: savanes 0,65; galeries forestières 0,76; marais 0,39.

III.6. Discussion

III.6.1. Affinités floristiques entre communautés végétales

Les valeurs propres des deux premiers axes (Tableau III.2) montrent que les communautés végétales du PNR ne sont pas proches floristiquement. Cette situation pourrait être expliquée par les contraintes génétiques liées à la phylogénie par rapport à l'adaptation et à la spéciation. En effet, la coexistence des espèces obéit à certaines lois sur le partage et l'utilisation des ressources communes, où les espèces s'adaptent aux différentes formes de compétition, de stress ou de perturbation (Grime, 1977; Wilson & Keddy, 1986; Julve, 1989). Selon Barbault (2008), les espèces diffèrent entre elles par l'ampleur et les modalités d'utilisation des ressources, par leurs effets sur l'environnement physique et par leurs interactions avec les autres espèces. En effet, plus on a des valeurs propres proches les unes des autres (Tableau III.1), plus les liens entre la composition floristique des sites échantillonnés (relevés) et les caractéristiques environnementales sont proches (ter Braak & Šmilauer, 2002). Ceci n'est pas le cas entre les communautés du PNR (Figure III.2) et a d'ailleurs été confirmé par les valeurs de la matrice de similarité de Sørensen des communautés végétales du PNR (Tableau III.3), ce qui suggère que le PNR présente une grande variabilité floristique, des habitats diversifiés et une grande variabilité des conditions écologiques.

III.6.2. Analyse des spectres écologiques

III.6.2.1. Spectre des formes biologiques

Le spectre des formes biologiques donne de précieuses indications sur la structure, la physiologie et les stratégies adaptatives de la communauté (Gillet, 2000). Nos résultats ont mis en évidence que les savanes sont dominées par des hémicryptophytes (56%), les galeries forestières par des phanérophytes (71%) et les marais, par des géophytes (42%). L'importance des Poaceae en savanes, des espèces arborescentes (Arecaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Moraceae, Myrtaceae) dans les galeries forestières, des Cyperaceae dans les marais (Chap II & IV) ainsi que les conditions environnementales en place dans chaque formation végétale constituent une bonne explication de ces spectres. En savanes, les phanérophytes occupent la seconde position (34%). Il s'agit en grande partie des arbres et arbustes de savanes qui sont

dotés de dispositifs leur permettant de résister au passage des feux. Lewalle (1972) a fait le même constat dans les savanes plus ou moins boisées à *Protea madiensis* et à *Entada abyssinica* rencontrées dans certaines localités au Burundi occidental. La strate arborescente est constituée d'espèces qui présentent le plus souvent comme mode de résistance aux feux courants l'épaississement de l'écorce. *Protea madiensis* (Proteaceae), *Entada abyssinica* (Mimosaceae), *Parinari curatellifolia* (Chrysobalanaceae), *Hymenocardia acida* (Euphorbiaceae), *Pericopsis angolensis* (Fabaceae) et *Cussonia arborea* (Araliaceae) en constituent de bons exemples. Dans les galeries forestières, les géophytes occupent la seconde position (12%) après les phanérophytes suite à l'abondance des Zingiberaceae dans le sous-bois. En effet, les géophytes constituent une forme biologique la mieux adaptée aux milieux à la fois soumis au stress et aux perturbations (Julve, 1989). Les stress (ou les contraintes) rassemblent les conditions restreignant la production (eau, nutriments, lumière, température,...) tandis que les perturbations correspondent aux destructions partielles ou totales de la biomasse (Grime, 1977). Dans notre zone d'étude, les stress sont principalement d'ordre lumineux dans le sous-bois des galeries forestières, et d'ordre hydrique dans les marais. Les perturbations seraient liées d'un côté à l'homme (feux) et aux animaux en savanes et dans les galeries forestières, et d'un autre côté aux inondations dans les marais et galeries forestières.

Pour rappel, il a été noté en savanes, une abondance relative des hémicryptophytes (56%) due à l'importance des Poaceae. La stratégie hémicryptophytique est la plus performante car la moins tranchée (Julve, 1989), les Poaceae colonisant des milieux variés (Alexandre, 1996). Il s'agit toujours, selon Julve (1989), d'une stratégie secondaire au sens de Grime qui assure la transition entre les autres stratégies à savoir les stratégies phanérophytique, chaméphytique et thérophytique. Il convient de signaler ici que les savanes du PNR sont situées à différentes altitudes et sont souvent parcourues par les feux en saison sèche. Selon Achard *et al.* (2001), la dominance des Poaceae en savanes est renforcée par le passage régulier des feux. En raison de l'absence de croissance secondaire, les monocotylédones ne peuvent pas rivaliser avec les dicotylédones dans des conditions optimales de l'environnement. Toutefois, les organes pérennes souterrains compensent la perte saisonnière des feuilles, qu'il s'agisse des pertes dues à la sécheresse ou aux feux, car au moins quelques bourgeons de régénération sont protégés, permettant ainsi leur rétablissement après les feux (Linder & Rudall, 2005).

Dans les marais, les chaméphytes constituent la forme de vie particulièrement aussi abondante (35%). Certaines familles telles que les Melastomataceae et les Onagraceae expliquent ce spectre de chaméphytes dans les marais. Selon Grime (1977), les chaméphytes correspondent en majorité à la stratégie de tolérance au stress. Pour le cas des marais du PNR, le stress est en grande partie d'ordre hydrique surtout avec les périodes de crue en saison pluvieuse et d'étiage en saison sèche.

Dans les galeries forestières du PNR, l'abondance relative des phanérophytes (71%) ne s'écarte pas de la forte diversité d'espèces arborescentes souvent rapportée en forêts tropicales (Blanc *et al.*, 2003).

En définitive, les génotypes de la majorité des plantes semblent représenter des compromis entre les pressions de sélection contradictoires résultant de combinaisons particulières de la compétition, du stress et des perturbations (Grime, 1977) dès lors que la variation entre les individus dans n'importe quel caractère phénotypique est imputable partiellement à des différences génétiques et environnementales (Davis, 1983).

III.6.2.2. Spectre des types de diaspores

Il apparaît dans nos résultats (Figures III.4 & III.5) que les savanes (64%), les galeries forestières (45%) et les marais (52%) sont dominés par des plantes anémochores (sclérochores, ptérochores, pogonochores), et ces résultats corroborent les résultats des études menées dans des milieux similaires. En effet, l'anémochorie constitue une stratégie principale de dissémination pour les plantes des milieux ouverts (Habiyaemye, 1997; Senterre, 2005; Bangirinama, 2010). L'importance des familles à diaspores anémochores adaptées à ces milieux expliquent les spectres de types de diaspores. En savanes, la grande charge des anémochores revient à l'abondance relative des Poaceae et des Combretaceae. Dans les galeries forestières, plusieurs familles dont les Asteraceae et les Lamiaceae contribuent à l'abondance des anémochores tandis que dans les marais, ce sont principalement les Cyperaceae. En savanes (22%) et dans les galeries forestières (41%), l'abondance relative des autochores est due aux Fabaceae, cette dernière étant la plus grande famille du PNR (Chap II).

III.6.2.3. Spectre phytogéographique

Les familles largement répandues (Asteraceae, Cyperaceae, Fabaceae, Poaceae) du PNR (37% en savanes, 37% dans les galeries forestières et 89% dans les marais) sont constituées en grande partie des espèces pantropicales, paléotropicales, plurirégionales africaines et afrotropicales. La proportion élevée d'espèces largement distribuées traduit l'ouverture de la flore aux influences extérieures; ces espèces étant le plus souvent des espèces rudérales ou des espèces de milieux perturbés. Une forte proportion d'espèces à large distribution peut en effet être un indice de dégradation car la flore perd de sa spécificité (Devineau & Fournier, 1997). Cependant, l'examen détaillé de la distribution phytogéographique a montré une prédominance de l'élément soudano-zambézien en savanes (46%), des espèces de liaison dans les galeries forestières (40%) et des espèces cosmopolites dans les marais (38%). L'importance des espèces largement répandues, des espèces soudano-zambéziennes et des espèces de liaison se trouve justifiée dans la mesure où la mosaïque régionale du Lac Victoria à laquelle est rattaché le PNR constitue, selon White (1993), un lieu de rencontre de cinq flores régionales: Guinéo-congolaise, Soudanienne, Zambézienne, Somalie-Masaï et Afromontagnarde. Pour les espèces soudano-zambéziennes, elles sont en effet distribuées dans le centre régional d'endémisme soudanien d'une part, et d'autre part, dans le centre régional d'endémisme zambézien et dans la mosaïque régionale du Lac Victoria (White, 1986). Ce qui fait par ailleurs que les valeurs obtenues par Troupin (1966) pour le Parc National de l'Akagera au Rwanda montrent beaucoup de ressemblances lorsqu'elles sont comparées aux nôtres. Dans les deux cas, l'élément soudano-zambézien est nettement prépondérant et la tendance à l'effacement de l'élément guinéo-congolaise se confirme.

Dans la représentation de l'élément-base soudano-zambézien en sous-éléments des espèces inventoriées, le spectre phytogéographique pondéré montre une prédominance des espèces omni-soudano-zambéziennes (SZ) en savanes et dans les marais avec respectivement 51% et 50% du recouvrement relatif. Hormis les espèces soudano-zambéziennes à dominance zambézienne [SZ(Z)] avec 0,07% en savanes et 0,57% de spectre pondéré dans les galeries forestières, le reste est constitué d'espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale [SZ(O)], d'espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne [SZ(OZ)], d'espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale [SZ(EO)] et d'espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale [SZ(EOZ)]. Cela laisse prévaloir une interpénétration des domaines zambézien et oriental dans le PNR. Cependant, dans le centre d'endémisme zambézien, l'unité de végétation la plus largement répandue est «la forêt

claire zambézienne de type Miombo» (Malaisse, 1993). L'absence des *Julbernardia* et des *Brachystegia*, des espèces caractéristiques du Miombo (Vancutsem *et al.*, 2006), vient corroborer les recherches sur les territoires phytogéographiques du Burundi sur base de la carte de White (1986, 1993) en plaçant le PNR dans le domaine oriental, mosaïque régionale du Lac Victoria. En Tanzanie voisine, le Miombo est caractérisé par des arbres de la famille des Caesalpiniaceae, et presque toujours à dominance des espèces du genre *Brachystegia* seule ou en association avec les espèces du genre *Julbernardia* (Rodgers, 1996).

Les espèces de liaison soudano-zambézienne et guinéenne (LSZ-G) qui sont des espèces présentes dans les régions guinéennes, soudaniennes et zambéziennes (White, 1993) sont pour la plupart dans le PNR des espèces des formations forestières: *Chrysophyllum gorungosanum* (Sapotaceae), *Steganotaenia araliacea* (Apiaceae), *Voacanga africana* (Apocynaceae), *Ficus vallis-choudae* (Moraceae), *Ficus asperifolia* (Moraceae), *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), *Sapium ellipticum* (Euphorbiaceae), *Dioscorea dumetorum* (Dioscoreaceae), *Anthocleista grandiflora* (Gentianaceae), *A. schweinfurthii* (Gentianaceae), *Alchornea cordifolia* (Euphorbiaceae), *Syzygium cordatum* (Myrtaceae). Les galeries forestières constituent leur zone d'occurrence dans le PNR. Pour les espèces de liaison soudano-zambézienne et montagnarde (LSZ-Mo), elles enregistrent leurs pics dans les galeries forestières et marais: *Allophylus ferrugineus* (Sapindaceae), *Biophytum helenae* (Oxalidaceae), *Bridelia bridelifolia* (Euphorbiaceae), *Newtonia buchananii* (Mimosaceae), *Pavetta ternifolia* (Rubiaceae), *Solenostemon platostomoides* (Lamiaceae), *Vernonia lasiopus* (Asteraceae), *Vernonia perrottettii* (Asteraceae), *Xymalos monospora* (Monimiaceae). Les quelques rares espèces guinéennes (*Pycnanthus angolensis*, Myristicaceae; *Teramnus labialis*, Fabaceae; *Uapaca guineensis*, Euphorbiaceae; *U. kirkiana*, Euphorbiaceae) avec 0,66% de spectre pondéré, n'ont été enregistrées que dans les galeries forestières.

III.7. Conclusion

L'objectif de la présente étude était d'analyser la variabilité floristique du PNR à travers l'évaluation des affinités floristiques entre les communautés végétales du PNR et l'analyse de différents spectres écologiques. Le PNR présente une grande variabilité floristique liée en partie à la variabilité de ses habitats. L'indice d'équitabilité (*E*) a servi à tester la dominance entre les spectres écologiques. En forêts tropicales plus ou moins stables, les valeurs de l'indice d'équitabilité souvent rencontrées se situent entre 0,75 et 0,85 (Rollet, 1979). Même

si notre zone d'étude n'est pas forestière, nous pouvons donc conclure qu'il existe des dominances pour les catégories de spectres écologiques affichant des valeurs inférieures à cet intervalle. C'est le cas du spectre des formes de vie où les savanes sont dominées par des hémicryptophytes ($E=0,57$), les galeries forestières sont dominées par des phanérophytes ($E=0,53$) et les marais, par des géophytes ($E=0,64$); et du spectre de la distribution générale des plantes où les savanes sont dominées par des espèces de l'élément-base soudano-zambézien ($E=0,64$), les galeries forestières dominées par des espèces de liaison ($E=0,66$) et les marais, par des espèces cosmopolites ($E=0,26$). D'où l'acceptation de notre première hypothèse selon laquelle les spectres des formes biologiques et des types de diaspores varient en fonction des prédispositions génétiques des familles dominantes et des conditions du milieu, et de notre deuxième hypothèse selon laquelle le PNR serait un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques. Il n'y a cependant pas de dominance ($E=0,81$ en savanes; $0,91$ dans les galeries forestières et $0,78$ dans les marais) pour les grandes catégories de types de diaspores (anémochores, zoochores, autochores) définies par Molinier & Müller (1938) selon le vecteur de dispersion.

Afin de promouvoir une bonne gestion du PNR, la conduite de telles analyses sur les traits biologiques, de manière échelonnée dans le temps et dans l'espace, s'avère indispensable. En effet, pour évaluer les différents changements d'état d'un écosystème, induits par les perturbations naturelles ou anthropiques, l'observateur recourt le plus souvent à la mesure ou à l'évaluation de simples paramètres, attributs et caractéristiques du système écologique étudié, mais aussi à l'utilisation d'indices complexes calculés à partir de paramètres élémentaires (Pontanier & Floret, 2003).

III.8. Remerciements

Les auteurs adressent d'abord leurs remerciements au Gouvernement du Burundi et au petit contribuable pour la bourse de T. MASHARABU. Un sentiment de remerciement est également exprimé à l'endroit de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) pour la collaboration de son personnel déployé sur terrain.

CHAPITRE IV

**ETUDE ANALYTIQUE DE LA FLORE ET DE LA
VEGETATION DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU,
BURUNDI**

La description des communautés végétales, de leurs variations et de leurs agencements spatiaux par la démarche phytosociologique permet de disposer d'un cadre organisé de connaissances sur la végétation ainsi que sur les patrons de diversité végétale (Bouzillé, 2007). Dans ce 4^{ème} chapitre, il est question d'individualiser, définir et réaliser une classification syntaxonomique des groupements végétaux du Parc National de la Ruvubu (PNR). La liste et la classification des communautés végétales du PNR sont fournies ainsi que la première liste complète de la flore vasculaire de l'aire protégée. L'hypothèse 4 selon laquelle le PNR renfermerait des groupements nouveaux a été testée.

Masharabu T., Bigendako M.J., Lejoly J., Nkengurutse J., Noret N., Bizuru E. & Bogaert J., 2010. Etude analytique de la flore et de la végétation du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4(4): 834-856.

IV. ETUDE ANALYTIQUE DE LA FLORE ET DE LA VEGETATION DU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI

IV.1. Résumé

Les études relatives à la flore et à la végétation des aires protégées du Burundi et particulièrement du Parc National de la Ruvubu, la plus grande aire protégée du pays, sont encore fragmentaires. Cette étude se fixe comme objectifs d'individualiser, définir et réaliser une classification syntaxonomique des groupements végétaux de cette aire protégée ainsi que d'évaluer leur structure et leur diversité. L'étude fournit la liste et la classification des communautés végétales du parc à l'aide de la méthode phytosociologique classique. La richesse spécifique, les indices de diversité de Margalef et de Shannon ainsi que l'équitabilité ont servi à évaluer la diversité et la structure des groupements. Dix groupements varient principalement selon les gradients topographique, pédologique, hydrologique, l'action perturbatrice des feux et le microclimat ont été individualisés. Le statut syntaxonomique des autres unités connues à partir de la littérature a été clarifié. Cinq groupements sont nouveaux: un groupement en savanes (savanes à *Hyparrhenia diplandra* et *Entada abyssinica*), deux groupements dans les galeries forestières (galeries forestières à *Syzygium cordatum* et *Aframomum angustifolium*, galeries forestières à *Syzygium cordatum* et *Alchornea cordifolia*) et deux groupements dans les marais (marais inondés à *Cyperus latifolius* et *Dissotis ruandensis*, marais peu inondés à *Dissotis brazzae*).

Mots-clés: analyses multivariées, diversité, groupement végétal, phytosociologie.

IV.2. Introduction

La partie de l'Est du Burundi, surtout les savanes et galeries forestières n'ont pas bénéficié d'une attention particulière des chercheurs. La présente étude des phytocénoses du Parc National de la Ruvubu (PNR), la plus grande aire protégée du Burundi, a été réalisée afin de fournir aux différents partenaires de sa gestion un outil de référence sur la variabilité structurale des communautés végétales de cette aire protégée où les travaux relatifs à la flore et à la végétation sont encore fragmentaires (Van Der Ben, 1961; Schmitz, 1988; Ndabaneze, 1989; Vande Weghe & Kabayanda, 1992; Nzigidahera, 2008). En termes de menaces, selon Bigendako *et al.* (2009), les infractions couramment observées dans l'aire protégée sont le

braconnage (chasse, piégeage d'animaux sauvages, pêche), la coupe de bois et les feux de brousse. Le PNR constitue néanmoins un sanctuaire et un refuge de biodiversité: mammifères, oiseaux, végétation de savane, etc. Les savanes d'Afrique sont en effet occupées par la faune de mammifères la plus riche et la plus spectaculaire au niveau mondial. Une bonne proportion est localisée en Afrique de l'Est (Gichohi *et al.*, 1996). Le PNR constitue donc un exemple de cette faune riche d'Afrique orientale unique pour le Burundi. La topographie diversifiée, la géologie, la variabilité spatio-temporelle du climat en Afrique de l'Est et du Sud ont ainsi créé une mosaïque de types de végétation distincts (Gichohi *et al.*, 1996). Selon Lubini (1982), les inventaires floristiques et l'étude des groupements végétaux constituent l'une des plus importantes sources de données de base notamment pour des recherches portant sur la diversité spécifique, le développement de systèmes de gestion forestière, d'aménagement et de conservation de la nature. On ne peut pas alors prétendre, selon le même auteur, faire de la gestion des réserves naturelles sans connaître la structure, la dynamique et le fonctionnement des phytocénoses. L'approche phytosociologique est bien indiquée pour la classification des communautés végétales même si, selon Doing (1969) cité dans Sinsin *et al.* (1996), la signification écologique des groupes identifiés paraît difficile à interpréter dans certains cas. Cette étude se fixe comme objectifs d'individualiser, définir et réaliser une classification syntaxonomique des groupements végétaux du PNR ainsi que d'évaluer leur structure et diversité; l'hypothèse étant que le PNR renfermerait des groupements nouveaux.

IV.3. Matériel et méthode

Cette étude s'inspire de la voie déjà explorée dans d'autres travaux phytosociologiques (Lubini, 1980; Habiyaemye, 1997; Gillet, 2000; Noumi & Kitio, 2003; Bizuru, 2005), qui consiste à utiliser comme unités fonctionnelles les homécies. Les homécies sont, selon Gillet (2000), des compartiments homogènes des phytocénoses vis-à-vis des formes biologiques (Raunkiaer, 1934; Lebrun, 1947), des types morphologiques végétatifs et des stratégies adaptatives (Grime, 1977; Julve, 1989).

Le PNR est en effet situé au Nord-Est du Burundi entre 2°54'-3°22' S et 30°6'-30°33' E. Il jouit d'un climat tropical de type (AW₃)s selon la classification de Köppen (1923). L'altitude varie de 1350 à 1830m. Il s'étend sur une superficie de 50800ha dont plus de 85% sont constitués de savanes (Vande Weghe & Kabayanda, 1992; Ndabirorere, 1999), le reste étant constitué de galeries forestières et de marais. La figure IV.1 montre la visualisation du PNR

par rapport au Burundi ainsi que la localisation des axes échantillonnés. Le choix des axes suivis a été guidé par leur représentativité de l'hétérogénéité structurale du PNR. L'échantillonnage a porté sur les bas-fonds, les versants (pentes), les plateaux et les pics des plateaux en tenant compte de l'homogénéité de la station du point de vue floristique et physiologique. Seuls les milieux présentant une apparente uniformité des conditions écologiques ont été retenus.

Les données phytosociologiques ont été collectées selon la méthode sigmatiste (Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine, SIGMA) classique (Braun-Blanquet, 1932) au sein des savanes, galeries forestières et marais. Pour l'inventaire (Annexe 2), la nomenclature des plantes à fleurs a suivi le système de classification de Lebrun & Stork (1991-2010) dont la base des données des plantes à fleurs d'Afrique tropicale est consultable en ligne sur <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>. La vérification des Ptéridophytes s'est référée à Roux (2009).

Les techniques d'analyses multivariées reprises sous le vocable *ordination* facilitent en effet l'analyse d'un tableau de relevés floristiques ou la compréhension des relations entre la végétation et son environnement (Bouxin, 2008); l'ordination pouvant être directe ou indirecte. C'est ainsi que pour individualiser les groupements, le tableau brut des relevés a été soumis au logiciel TWINSpan (Two-Way Indicator Species Analysis) qui est une méthode de classification divisive, hiérarchique et dichotomique proposée par Hill (1994). Pour apprécier les degrés d'affinité entre les groupements au sein des communautés végétales, un dendrogramme (Cluster analysis) a été par la suite généré à l'aide du logiciel MVSP 3.1 (MultiVariate Statistical Package; Kovach, 1997) avec la dissimilitude de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957), située entre 0 et 1, où 0 (0%) signifie que deux sites ont la même composition spécifique et 1 (100%) signifie que deux sites n'ont aucune espèce commune.

Pour donner le statut phytosociologique de différents groupements ou associations identifiés, il a fallu d'abord vérifier s'ils étaient déjà connus dans le système de classification de Schmitz (1988) qui a répertorié toutes les associations décrites valablement pour le Burundi, le Rwanda et la République Démocratique du Congo (R.D. Congo) ou s'ils représentaient de nouveaux syntaxons. Pour ces derniers, il a été décidé de procéder à leur intégration hiérarchique dans les unités syntaxonomiques supérieures (alliance, ordre et classe). L'attribution des noms aux syntaxons nouveaux s'est basée sur les règles détaillées dans le

Code International de Nomenclature phytosociologique (Weber *et al.*, 2000). Les groupes écosociologiques utilisés pour caractériser les groupements végétaux de notre zone d'étude sont ceux qui sont repris dans les travaux de Lewalle (1972), Schmitz (1988) et Bizuru (2005), des auteurs qui ont conduit des études phytosociologiques dans des régions relativement voisines de notre zone d'étude.

Enfin, pour évaluer la diversité des groupements végétaux ainsi que leur structure, la richesse spécifique et les indices de diversité de Margalef (R_{Mg}) (Magurran, 2004), de Shannon H et d'équitabilité de Pielou E (Frontier *et al.*, 2008) ont été utilisés. Ces derniers ont été calculés avec les inventaires floristiques obtenus.

Indice de diversité de Margalef:

$$R_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln(N)} \quad (\text{IV.1})$$

avec S nombre d'espèces et N nombre d'individus, soit le nombre de présences dans les relevés. La division par N est incluse pour permettre la comparaison entre des communautés présentant un nombre différent d'individus, étant donné que $S \leq N$ d'individus, et constitue une correction de la taille de l'échantillon (Ludwig & Reynolds, 1988; Magurran, 2004). L'indice de Margalef mesure la richesse spécifique (Magurran, 2004) et il y a presque une relation linéaire parfaite entre cet indice et la richesse spécifique (Gamito, 2010).

Indice de diversité de Shannon:

$$H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (\text{IV.2})$$

où P_i est l'abondance relative de l'espèce i parmi les S espèces. L'indice de Shannon est d'autant plus élevé que le nombre d'espèces est grand (Daget, 1976 in Hautier *et al.*, 2003). Il est nul lorsqu'il n'y a qu'une seule espèce et sa valeur maximale est égale à $\ln S$ (diversité maximale) lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Dajoz, 2003).

Diversité maximale:

$$H'_{\max} = \ln S \quad (\text{IV.3})$$

L'équitabilité (E) correspond à la diversité relative et est définie par la formule suivante:

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{IV.4})$$

avec S = nombre d'espèces. L'équitabilité varie de 0 à 1. Elle tend vers zéro lorsqu'une espèce domine largement et elle est égale à un lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Frontier *et al.*, 2008).

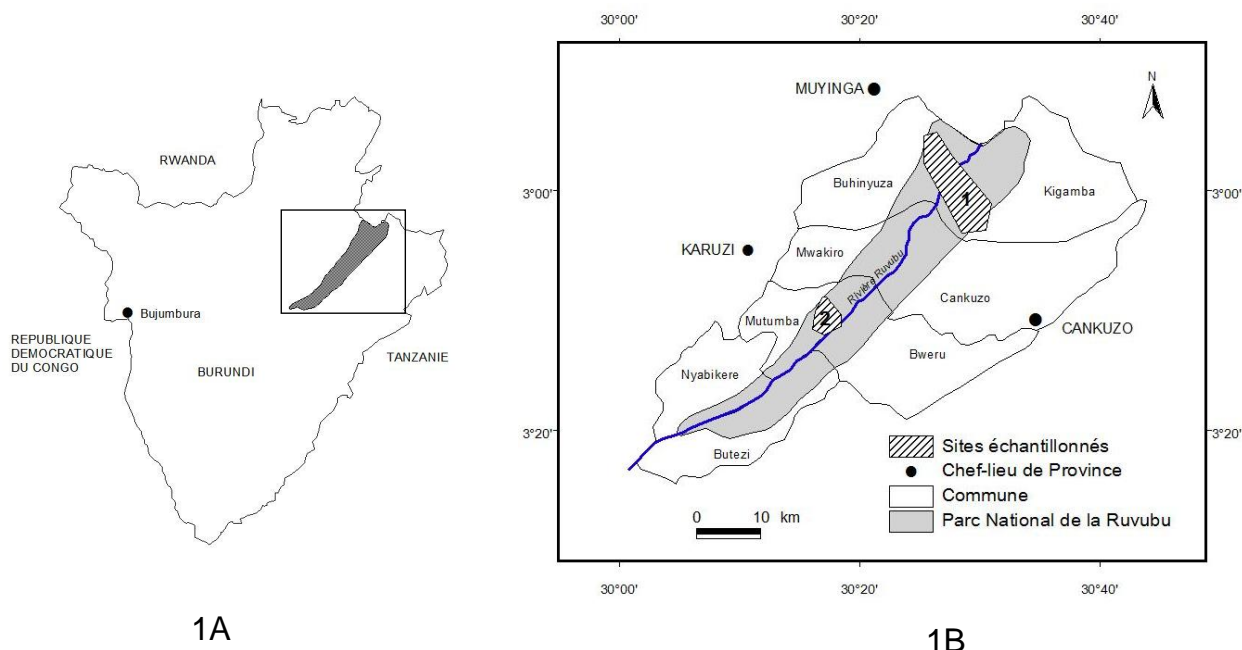


Figure IV.1: Localisation du Parc National de la Ruvubu et sites échantillonnés. 1A. Visualisation du Parc National de la Ruvubu par rapport au Burundi; 1B. Divisions administratives et localisation des axes échantillonnés dans le PNR. Les zones hachurées: (1) représente les sites échantillonnés sur le tronçon Muremera-Gasave. Cette portion se situe entre le bureau du Parc à Muremera, à la rive droite 1 (RD1) (altitude 1671m, 3°3' S, 30°30' E), commune Kigamba, province Cankuzo et le poste d'entrée de Gasave, à la rive gauche 1 (RG1) (altitude 1507m, 2°56' S, 30°26' E), commune Buhinyuza, province Muyinga; (2) représente les sites échantillonnés à partir du site touristique de Bibara, à la rive gauche 2 (RG2) (altitude 1575m, 3°10' S, 30°17' E), Commune Mutumba, Province Karuzi jusqu'à la rivière Ruvubu (altitude 1380m, 3°11' S, 30°18' E).

IV.4. Résultats

IV.4.1. Groupements individualisés et structure

L'analyse du fichier complet des relevés floristiques montre que les relevés se regroupent avant tout par communauté végétale. La classification hiérarchique ascendante réalisée suivant l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis montre une très bonne séparation des groupements par communauté végétale: quatre groupements et une sous-association en

savanes, trois groupements dans les galeries forestières et trois groupements dans les marais (Figure IV.2, Annexe 3). La dissemblance des marais par rapport aux autres communautés végétales est de l'ordre de 96% tandis qu'elle est de l'ordre de 88% entre savanes et galeries forestières. Les groupements au sein d'une communauté végétale ont une dissemblance située entre 60 à 80%.

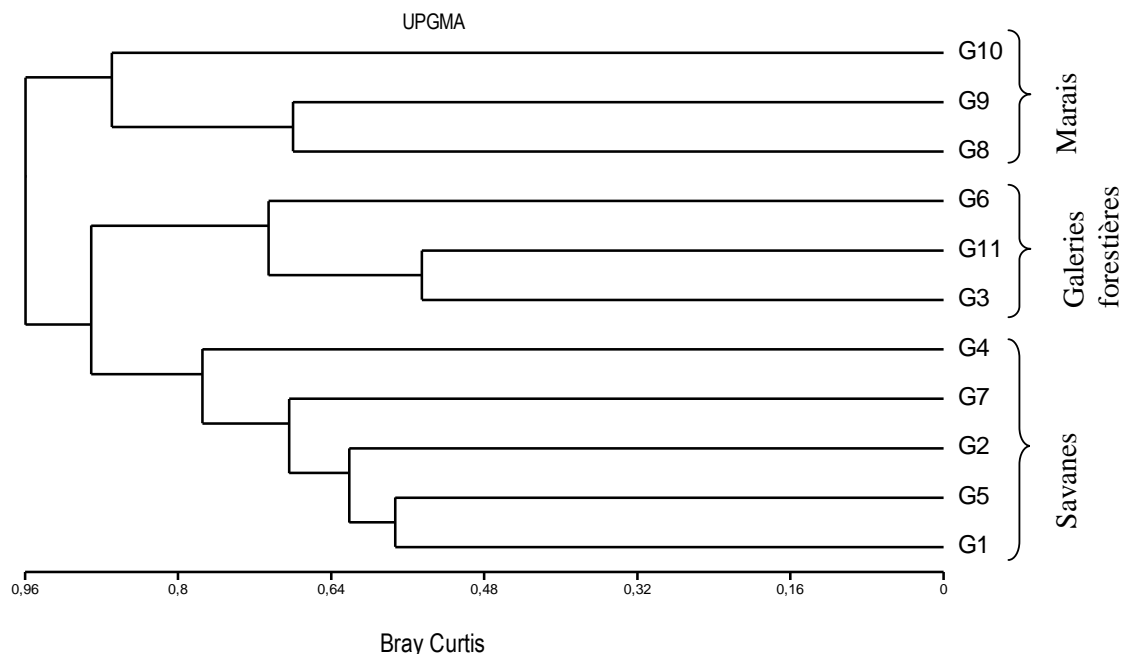


Figure IV.2: Affinités floristiques entre communautés végétales et groupements individualisés au Parc National de la Ruvubu, Burundi (G1: Groupement à *Hyparrhenia diplandra*, G2: Sous-association à *Loudetia simplex* et *Parinari curatellifolia*, G3: Groupement à *Syzygium cordatum* et *Alchornea cordifolia*, G4: Groupement à *Hyparrhenia diplandra* et *Entada abyssinica*, G5: Groupement à *Loudetia simplex* et *Protea madiensis*, G6: Groupement à *Alchornea cordifolia*, G7: Groupement à *Loudetia arundinacea* et *Hymenocardia acida*, G8: Groupement à *Cyperus latifolius* et *Dissotis ruandensis*, G9: Groupement à *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus interruptus*, G10: Groupement à *Dissotis brazzae*, G11: Groupement à *Syzygium cordatum* et *Aframomum angustifolium*).

IV.4.2. Groupes écosociologiques et syntaxonomie

Les groupes écosociologiques utilisés (Schmitz, 1988) pour caractériser les groupements végétaux de notre zone d'étude sont uniquement limités à trois classes, quatre ordres et sept alliances (Tableau IV.1). Les groupes reconnus ici concernent les espèces des savanes non steppiques de la région soudano-zambézienne, tant herbeuses qu'arbustives ou boisées (Classe des *Hyparrhenietea*), les espèces des forêts édaphiques ou espèces des galeries forestières pour le cas du PNR (Classe des *Mitragynetea*), les végétations herbacées semi-aquatiques des eaux douces et saumâtres des régions chaudes et froides (Classe des *Phragmitetea*).

Tableau IV.1: Groupes écosociologiques et syntaxonomie des communautés végétales individualisées au Parc National de la Ruvubu (Ass.: Association, Sous-ass.: Sous-association, Ass. nov.: Association nouvelle, Comb. nov.: Combinaison nouvelle). Les groupes écosociologiques utilisés (Schmitz, 1988) pour caractériser les groupements végétaux de notre zone d'étude sont limités à trois classes, quatre ordres et sept alliances. Les classes des *Hyparrhietea*, des *Mitragynetea* et des *Phragmitetea* regroupent respectivement les groupements des savanes, des galeries forestières et des marais.

Classe	Ordre	Alliance	Association/Sous-association
<i>Hyparrhietea</i> Schmitz 1963	<i>Themeditalia triandrae</i> Lebrun 1947	<i>Hyparrhenion cymbariae</i> Lebrun 1947	Ass. <i>Loudetia simplex</i> et <i>Protea madiensis</i> : <i>Loudetio-Proteetum madiensis</i> Lewalle et Schmitz 1988. Sous-ass. <i>Loudetia simplex</i> et <i>Parinari curatellifolia</i> : <i>Loudetio-Proteetum madiensis</i> <i>Parinarietosum</i> Lewalle et Schmitz 1988
		<i>Loudetio-Euhymenocardion</i> (Duvigneaud 1949) (<i>Loudetio-Euhymenocardienalia guineensis</i> Duvigneaud 1949)	Ass. <i>Hymenocardia acida</i> et <i>Loudetia arundinacea</i> : <i>Hymenocardio-Loudetietum arundinaceae</i> Duvigneaud 1949
	<i>Hyparrhenietalia diplandrae</i> Lebrun 1974	<i>Acacio-Hyparrhenion diplandrae</i> Streel 1963	Ass. <i>Hyparrhenia diplandra</i> : <i>Loudetio-Hyparrhenietum diplandrae</i> A. Léonard 1962 Ass. <i>Hyparrhenia diplandra</i> et <i>Entada abyssinica</i> : <i>Hyparrhenio-Entadetum abyssinicae</i> Ass. nov.
<i>Mitragynetea</i> Schmitz 1963	<i>Alchornetalia cordifoliae</i> Lebrun 1947	<i>Syzygion cordati</i> Lebrun 1947	Ass. <i>Syzygium cordatum</i> et <i>Aframomum angustifolium</i> : <i>Syzygio Aframometum angustifoliae</i> Ass. nov. Ass. <i>Syzygium cordatum</i> et <i>Alchornea cordifolia</i> : <i>Syzygio-Alchorneetum cordifoliae</i> Ass. nov.
		<i>Alchorneion cordatae</i> Lebrun 1947	<i>Alchornea cordifolia</i> : <i>Alchorneetum cordifoliae</i> Léonard (1950)1951
<i>Phragmitetea</i> Tüxen et Preising 1942	<i>Papyretalia</i> Lebrun 1947	<i>Papyrion</i> Lebrun 1947	Ass. <i>Cyperus papyrus</i> et <i>Cyclosorus interruptus</i> : <i>Cypero-Cyclosoretum interruptus</i> Comb. nov.
		<i>Magnocyperion africanum</i> Lebrun 1947	Ass. <i>Cyperus latifolius</i> et <i>Dissotis ruandensis</i> : <i>Cypero-Dissotietum ruandensis</i> Ass. nov. Ass. <i>Dissotis brazzae</i> : <i>Dissotisetum brazzae</i> Ass. nov.

IV.4.3. Diversité biologique des groupements

Les valeurs des indices de diversité biologique (richesse spécifique, diversité de Margalef et diversité de Shannon, équitabilité de Piélou) sont fournies dans le tableau IV.2.

Tableau IV.2: Diversité biologique des groupements végétaux du Parc National de la Ruvubu, Burundi (R_{Mg} : Indice de diversité de Margalef, H : Indice de diversité de Shannon, E : Indice d'équitabilité de Piélou, S : Richesse spécifique).

Ecosystèmes	Groupe ment / Sous-association	R_{Mg}	H	E	S
Savanes	<i>Hyparrhenia diplandra</i>	23,04	2,60	0,53	133
	<i>Loudetia simplex</i> et <i>Protea madiensis</i>	21,27	2,99	0,62	128
	<i>Hyparrhenia diplandra</i> et <i>Entada abyssinica</i>	20,96	2,45	0,51	124
	<i>Loudetia arundinacea</i> et <i>Hymenocardia acida</i>	14,45	1,95	0,44	84
	<i>Loudetia simplex</i> et <i>Parinari curatellifolia</i>	14,34	1,99	0,47	71
Galeries forestières	<i>Syzygium cordatum</i> et <i>Alchornea cordifolia</i>	18,07	2,09	0,45	103
	<i>Alchornea cordifolia</i>	11,30	2,19	0,53	65
	<i>Syzygium cordatum</i> et <i>Aframomum angustifolium</i>	9,19	2,19	0,39	64
Marais	<i>Cyperus papyrus</i> et <i>Cyclosorus interruptus</i>	6,75	2,19	0,61	37
	<i>Cyperus latifolius</i> et <i>Dissotis ruandensis</i>	3,29	1,72	0,65	14
	<i>Dissotis brazzae</i>	2,15	1,99	0,91	9

IV.5. Discussion

IV.5.1. Groupements individualisés et structure

Après traitement des données, dix groupements végétaux et une sous-association limités à trois classes (*Hyparrhenietea*, *Mitragynetea*, *Phragmitetea*) ont été mis en évidence. Toutefois, il faut signaler la présence des espèces de la classe des *Ruderali-Manihotetea* Léonard in Taton 1949 le long des pistes et reposoirs des herbivores (buffles, antilopes, ...): *Achyranthes aspera*, *Ageratum conyzoides*, *Bidens steppia*, *Emilia caespitosa*, *Guizotia scabra*, *Gutenbergia cordifolia*, *Leonotis nepetifolia*. Il s'agit des espèces caractéristiques des groupements végétaux anthropiques et nitrophiles des zones piétinées, des décombres et des bords des routes (Schmitz, 1988).

Parmi les associations végétales, cinq avaient déjà été signalées par Schmitz (1988) au Burundi, Rwanda et R.D. Congo (association à *Hyparrhenia diplandra*, à *Loudetia simplex* et *Protea madiensis*, à *Loudetia arundinacea* et *Hymenocardia acida*, à *Alchornea cordifolia*, à *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus interruptus*); les cinq autres sont nouvelles.

Bien que discontinus, les groupements identifiés présentent des affinités floristiques selon qu'ils se retrouvent soit dans la même tranche d'altitude ou dans les mêmes conditions hydrologiques ou pédologiques. De cette manière, la distribution des espèces obéit beaucoup plus à la variation du substrat.

1° Savanes

Les trois groupements et la sous-association individualisés en savanes sont classés en trois catégories et les gradients topographique et pédologique semblent déterminer leur distribution:

Groupements des sommets de plateaux et crêtes latéritiques: ils sont situés entre 1525 et 1830m d'altitude:

- Groupement à *Loudetia simplex* et *Protea madiensis*: *Loudetio-Proteetum madiensis* (Lewalle et Schmitz, 1988): les principales espèces caractéristiques sont: *L. simplex*, *P.madiensis*, *Anisophyllea boehmii*, *Tapinanthus constrictiflorus*, *Gnidia kraussiana* et *Sphenostylis marginata*. Ce groupement se rencontre sur les plateaux latéritiques dans notre région. Les relevés de ce groupement ont été effectués à des altitudes variant entre 1560 et 1600m. Les arbustes *P. madiensis*, *Strychnos spinosa* et *Vitex madiensis* sont éparpillés dans le tapis graminéen des savanes herbeuses à *L. simplex*. Schmitz (1988) signale que *L. simplex*, *Rhynchelytrum repens*, *Cymbopogon afronardus*, *Hyparrhenia filipendula*, *P. madiensis*, *Indigofera asparagoides*, *Helichrysum mechowianum* comptent parmi les espèces habituelles. Selon le type de sol, la pente, l'altitude et la végétation forestière ambiante, cet auteur propose une série de sous-associations et groupements divers dont la sous-association à *Parinari curatellifolia* subsp. *mobolla* (*Loudetio-Proteetum madiensis Parinarietosum* Lewalle et Schmitz 1988) avec également *Anisophyllea boehmii*, *Strychnos spinosa*, *Indigofera podocarpa*... Cette dénomination est aussi valable ici dans la mesure où on observe parfois au sein du groupement à *Loudetia simplex* et *Protea madiensis* des îlots de *Parinari*

curatellifolia. Cette sous-association à *Loudetia simplex* et *Parinari curatellifolia* identifiée au PNR est proche de celle proposée par Schmitz (1988). Elle se rencontre sur des sols latéritiques dans la même gamme d'altitude. Elle semble avoir une prédilection sur les sols squelettiques des sommets de plateaux et sur les crêtes latéritiques. Ses principales espèces indicatrices sont: *L. simplex*, *P. curatellifolia*, *Ozoroa insignis* subsp. *reticulata*, *Pleiotaxis pulcherrima*, *Euphorbia pseudograntii* et *Ficus ovata*.

Groupements des versants (pentes de plateaux ou piémonts): ils sont situés entre 1475 et 1525m d'altitude:

- Groupement à *Loudetia arundinacea* et *Hymenocardia acida*: *Hymenocardio-Loudetietum arundinacea* Duvigneaud 1949: il s'établit sur les pentes de plateaux et sur des sols relativement peu profonds. Cette association est une savane arbustive dont la dense strate herbacée est quasiment dominée par *L. arundinacea*. La forme de cette végétation est due à la nature du sol et aux feux. Les troncs d'arbres sont carbonisés mais leur taille est relativement plus grande que ceux de l'association à *L. simplex* et *P. madiensis* suite à la clémence du sol. Les espèces caractéristiques sont *L. arundinacea*, *H. acida*, *Justicia flava*, *Crotalaria spinosa*, *Cassia mimosoides* et *Vernonia turbinella*. Dans certaines stations, on trouve des faciès à *Panicum maximum* avec une couverture clairsemée d'*H. acida*, sur des sols relativement plus fertiles.

Groupements des plateaux et bas-fonds: ils sont situés entre 1400 et 1475m d'altitude:

- Groupement à *Hyparrhenia diplandra*: *Loudetio-Hyparrhenietum diplandrae* A.Léonard 1962: il se retrouve sur des sols fertiles qu'occupaient jadis les exploitations agricoles et les habitations avant la création du parc en 1980. Le constat de Schmitz (1988) est aussi valable dans notre cas: «Il s'agit de petites stations étrangères à la savane environnante». Il constitue une zone de transition entre la savane et les galeries forestières. Par endroits, elle est en continuité avec les galeries forestières. Cette végétation constitue un lieu privilégié de pâturage des herbivores essentiellement les buffles qui freinent l'expansion des galeries forestières et influencent sa physionomie et sa composition floristique typique de savane. Cela explique d'ailleurs la présence de beaucoup d'espèces nitrophiles, rudérales et postculturales notamment *Achyranthes aspera*, *Ageratum conyzoides*, *Asystasia gangetica*, *Cyathula uncinulata*, *Guizotia scabra*. Les principales espèces caractéristiques sont *H. diplandra*,

Acanthus polystachyus, *Annona senegalensis*, *Berkheya spekeana*, *Senecio ruwenzoriensis*, *Panicum phragmitoides*, *Erythrina abyssinica*. Notons également la présence des espèces qui révèlent la présence ancienne de l'homme comme *Panicum phragmitoides*, *Ficus ingens*, *F. ovata*, *Erythrina abyssinica*, *Dracaena steudneri*, des essences à signification socioculturelle (Chapitre II).

- Groupement à *Hyparrhenia diplandra* et *Entada abyssinica*: ce groupement a été observé sur un substrat non latéritique, sur des sols meubles et parfois caillouteux à des altitudes situées autour de 1600m. Les troncs d'*E. abyssinica* sont carbonisés, ce qui révèle que ce groupement est annuellement parcouru par les feux. Les espèces indicatrices sont *H. diplandra*, *E. abyssinica* et *H. cymbaria*.

2° Galeries forestières

Le gradient topographique semble influencer la distribution des trois groupements individualisés dans les galeries forestières:

- Groupement à *Syzygium cordatum* et *Aframomum angustifolium*: ce groupement s'observe à des altitudes situées entre 1500 et 1600m. Les principales espèces indicatrices du groupement sont *S. cordatum*, *A. angustifolium*, *Thunbergia alata*, *Phyllanthus niruri*, *Dodonaea viscosa* et *Triumfetta flabellato-pilosa*. La strate arborée est dominée par *S. cordatum* tandis que la strate herbacée est largement dominée par *A. angustifolium*. Cette dernière espèce se rencontre souvent dans les endroits humides des galeries forestières ou bien dans les zones de contact entre savanes sur sols humides et galeries forestières.

- Groupement à *Syzygium cordatum* et *Alchornea cordifolia*: ce groupement se rencontre à des altitudes situées autour de 1500m dans des stations longeant les cours d'eau. La strate arborée est quasiment dominée par *S. cordatum*. Les espèces indicatrices sont: *S. cordatum*, *A. cordifolia*, *Rhus pyroides* et *Cassia kirkii*.

- Groupement à *Alchornea cordifolia*: *Alchorneetum cordifoliae* Léonard (1950)1951: cordons et franges arbustifs sur substrat toujours très humide et périodiquement inondé, des diverses régions à climat guinéen et voisines (Schmitz, 1988). Ce groupement se rencontre aux environs de 1350m d'altitude le long des cours d'eau. Quelques pieds de *Phoenix*

reclinata (Arecaceae) sont remarquables au niveau de la strate arborée. Les principales espèces indicatrices de ce groupement sont *A. cordifolia*, *Heteromorpha arborescens*, *Steganotaenia araliacea* et *Vernonia amygdalina*.

3° Marais

Les facteurs hydrologiques (profondeur de l'eau) et pédologiques (apport en matières organiques charriées par les eaux de ruissellement) expliqueraient la distance entre les trois communautés végétales des marais:

- Groupement à *Cyperus latifolius* et *Dissotis ruandensis*: ce groupement a été observé dans les stations situées à la périphérie des marais à *Cyperus papyrus*, au contact des collines avoisinantes. Il se développe dans des milieux vaseux à inondés, bénéficiant des apports de matériaux organiques charriés par les eaux de ruissellement des piémonts. Les principales espèces caractéristiques sont *C. latifolius*, *Dissotis ruandensis*, *C. digitatus*, *C. distans*, *Mariscus sumatrensis*, *Nymphaea maculata* et *Virectaria major*.

- Groupement à *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus interruptus*: il s'agit du *Cypero-Dryopteridetum gongylodis* Germain 1952. *Cyclosorus interruptus* et *Dryopteris gongylodes* sont des synonymes; *C. interruptus* étant le nom valide (Roux, 2009). Il forme d'immenses prairies flottantes. Cette association est, comme dans les autres régions où elle a été signalée, dominée par *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus interruptus*. Les principales espèces indicatrices sont: *Cyperus papyrus*, *Cyclosorus interruptus*, *Dissotis trothae* et *Echinochloa pyramidalis*. C'est une association qui a été bien documentée dans différentes régions d'Afrique Centrale et Orientale (Germain, 1952; Mullenders, 1954; Van Der Ben, 1961; Gaudet, 1975; Thompson *et al.*, 1979; Jones & Muthuri, 1985; Jolly & Bonnefille, 1992; Bizuru, 2005; Dushimirimana *et al.*, 2010). Il est donc possible d'analyser ses variations géographiques. Elle a été décrite pour la première fois dans la partie congolaise de la plaine de la Rusizi par Germain (1952), et puis par Van Der Ben (1961) dans le bassin de Karuzi au Burundi, et récemment par Bizuru (2005) et Dushimirimana *et al.* (2010) en moyenne altitude dans le Nord du Burundi. Mullenders (1954) cité dans Bizuru (2005) fait observer que les papyrus des actuels centres d'endémisme guinéo-congolais et zambéziens sont floristiquement pauvres par rapport à ceux de la mosaïque régionale du Lac Victoria. De façon générale, les marais de moyenne altitude

sont dominés par *C. papyrus*, espèce caractéristique du bassin du Nil depuis sa source jusqu'en Egypte (Bizuru, 2005); la rivière Ruvubu étant son affluent le plus méridional.

- Groupement à *Dissotis brazzae*: ce groupement a été observé aux abords du pont reliant les provinces Muyinga et Cankuzo sur la Route Nationale 19 (RN19). Il présente des faciès à *Nymphaea maculata* par endroits et particulièrement dans les espaces enregistrant une grande profondeur d'eau. Les principales espèces indicatrices sont: *Dissotis brazzae*, *Mimosa pigra*, *Ludwigia abyssinica*, *P. setosulum* et *N. maculata*.

IV.5.2. Diversité biologique des groupements

Selon certains auteurs (Mason, 1977 in Sinsin *et. al.*, 1996), l'usage des indices de diversité de communautés végétales permet de tirer le maximum d'informations écologiques.

Au sein des savanes, l'association à *Hyparrhenia diplandra* est la plus diversifiée suite aux conditions topographiques et pédologiques favorables, aux déjections des animaux et à l'action perturbatrice de ceux-ci. La pauvreté relative des groupements à *Loudetia arundinacea* et *Hymenocardia acida* d'une part, et de la sous-association à *Loudetia simplex* et *Parinari curatellifolia* d'autre part, serait essentiellement due à la nature du sol. Ces deux derniers groupements s'établissent sur des sols squelettiques.

Dans les galeries forestières, le groupement à *Syzygium cordatum* et *Alchornea cordifolia* est le plus diversifié par rapport aux autres groupements de la même catégorie. Les facteurs topographiques, pédologiques et hydrologiques constitueraient des facteurs discriminants au sein de ce type de végétation.

Au sein des marais, les principaux facteurs abiotiques influant sur la diversité des divers groupements seraient la profondeur de l'eau et la nature du sol. Le groupement à *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus interruptus* est le plus diversifié tandis que le groupement à *Dissotis brazzae* est le plus pauvre, ce dernier étant submergé. Dans les marais de moyenne altitude au Burundi, Bizuru (2005) a montré que l'association à *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus interruptus* (= *Dryopteris gongylodes*) a une richesse spécifique de 58 espèces avec un indice de diversité de Shannon d'une valeur de 2,4 et un indice de régularité de Piélou s'élevant à

0,40. Dans les marais de Nyamuswaga (Burundi), le facteur discriminant pour ce groupement est la profondeur de l'eau (Dushimirimana *et al.*, 2010).

De façon générale, les groupements végétaux du PNR présentent une diversité taxonomique relativement faible étant donné que l'indice de diversité maximale pour 133 espèces (cas de l'association à *Hyparrhenia diplandra*) et neuf espèces (cas du groupement à *Dissotis brazzae*) est évalué respectivement à 4,89 et 2,2. D'autre part, les tendances de l'indice d'équitabilité de Pielou laissent penser à des communautés végétales perturbées. En effet, l'équitabilité (régularité ou encore d'équirépartition chez certains écologues) varie de 0 à 1. Elle tend vers zéro lorsqu'une espèce domine largement sur les autres et elle est égale à un lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Frontier *et al.*, 2008). Un indice d'équitabilité inférieur à 60% ($< 0,6$) caractérise un environnement perturbé (Diop, 1999). En définitive, le PNR est sujet à des perturbations diverses nécessitant des mesures de mitigation.

IV.6. Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements au Gouvernement du Burundi et au Fonds Alice & David Van Buuren, respectivement pour la bourse d'étude et les subsides Van Buuren octroyés à Masharabu T., à l'Institut National (Burundi) pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) pour la collaboration de son personnel affecté sur terrain au Parc National de la Ruvubu ainsi qu'aux examinateurs du manuscrit pour leur contribution dans son amélioration.

CHAPITRE V

**DISTRIBUTION ET FREQUENCE D'OCCURRENCE DES
PLANTES VASCULAIRES AU PARC NATIONAL DE LA
RUVUBU, BURUNDI**

La connaissance de la distribution spatiale de la richesse spécifique est nécessaire pour développer des stratégies de conservation effective (Schouten *et al.*, 2009). Ce 5^{ème} chapitre apporte une meilleure connaissance de la distribution des fréquences d'occurrence des espèces végétales dans un objectif de préservation du patrimoine naturel du Parc National de la Ruvubu (PNR). Dans ce chapitre figurent les analyses de l'hypothèse 5 selon laquelle le modèle de distribution d'abondance d'espèces permet de définir et d'interpréter les causes sous-jacentes de la répartition des individus dans la communauté (Magurran, 2004). Ce chapitre est axé sur les données d'occurrence des espèces dans les relevés. Il s'agit, au travers de la fréquence et de l'abondance des plantes observées, de mettre en relief la distribution d'occurrence des familles et des espèces au sein du PNR.

Masharabu T., Noret N., Lejoly J., Bigendako M.J. & Bogaert J., 2010. Distribution et fréquence d'occurrence des plantes vasculaires au Parc National de la Ruvubu, Burundi. *European Journal of Scientific Research* 43(4): 466-479.

V. DISTRIBUTION ET FREQUENCE D'OCCURRENCE DES PLANTES VASCULAIRES AU PARC NATIONAL DE LA RUVUBU, BURUNDI

V.1. Résumé

Afin d'apporter une meilleure connaissance de la distribution des fréquences d'occurrence des plantes dans un objectif de préservation du patrimoine naturel, une analyse des fréquences d'occurrence des plantes vasculaires basée sur des observations botaniques faites dans 114 relevés a été conduite au Parc National de la Ruvubu (Burundi). L'analyse de la liste générale (richesse) de la flore du parc a mis en évidence d'une part la variation de la richesse spécifique des familles au sein des communautés végétales, et d'autre part les espèces à statut particulier à partir de leurs fréquences d'occurrence. Au sein de l'aire protégée, l'équirépartition indique un léger équilibre entre les effectifs des différentes espèces. Un déséquilibre dans la fréquence des espèces est néanmoins observé en savanes au moment où la répartition des espèces dans les galeries forestières et les marais est relativement équitable. Dix espèces du parc figurent sur la liste des espèces menacées prioritaires pour la conservation au Burundi. Ces espèces méritent une attention particulière pour la conservation et une analyse spatiale de leur distribution potentielle au Burundi devrait être entreprise afin de suivre la dégradation des espèces et la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes qui les abritent.

Mots-clés: conservation, équitabilité, distribution, plantes vasculaires, Ruvubu, Burundi.

V.2. Abstract

Vascular plants distribution and frequency of occurrence in the Ruvubu National Park (Burundi).

In order to highlight the distribution of frequencies of plants with the purpose of natural heritage preservation, an analysis of occurrences of vascular plants based on botanical observations in a set of 114 sample plots has been conducted in the Ruvubu National Park (Burundi). Analysis of the general list (richness) of the flora shows on one hand the specific richness variation of families within ecosystems, and on another hand species with particular statute by their frequencies of occurrence. Within the protected area, evenness indicates a

light balance in plant distribution. Nevertheless, unevenness is observed in savannas whereas species distribution in the forest galleries and swamps is relatively equitable. Ten species are listed on the threatened species list of Burundi which corresponds to a high priority for conservation. These species may warrant special conservation effort and spatial analysis of their potential distribution in Burundi in order to assess species deterioration and the spatio-temporal dynamics of ecosystems that shelter them.

Keywords: conservation, distribution, evenness, vascular plants, Ruvubu, Burundi.

V.3. Introduction

Les personnes en charge de la protection des espaces naturels (entre autres les botanistes et les naturalistes) utilisent fréquemment des modèles prédictifs pour estimer la distribution potentielle des espèces végétales et animales (Loiselle *et al.*, 2003), pour déterminer la localisation de plantes en voie d'extinction (Ortega-Huerta & Peterson, 2004), pour calculer les probabilités d'invasion d'un organisme (Peterson & Robins, 2003; Thuiller *et al.*, 2005), ou encore pour évaluer l'impact des changements climatiques sur la distribution des espèces (Beaumont *et al.*, 2005; Thuiller *et al.*, 2005), comme le font remarquer Arnesen *et al.* (2008). A cet effet, cette étude de la distribution des plantes au Parc National de la Ruvubu (PNR, Burundi) a été entreprise dans le cadre de la problématique de la préservation du patrimoine naturel végétal. Le terme «distribution» est utilisé à la fois par les statisticiens et les écologues, mais avec des significations différentes: une distribution est en statistique, une distribution de fréquences; et en écologie, la répartition d'individus dans l'espace géographique (Bütler, 2000). Les données sur l'occurrence des espèces pouvant être utilisées comme des substituts des données d'abondance (Buzas & Culver, 1999; Magurran, 2004), c'est ainsi sur les données d'occurrence des espèces dans les relevés que notre étude sera fondée. Il s'agira, au travers de la fréquence et de l'abondance des plantes observées, de mettre en relief la distribution d'occurrence des familles et des espèces au sein du PNR. L'approche retenue est basée sur l'observation que les ressources naturelles disponibles sont mises à profit par les plantes pour s'implanter et se développer chaque fois qu'elles le peuvent et que les conditions du milieu le permettent (Arnesen *et al.*, 2008). Dans ce travail, l'hypothèse est que le modèle de distribution d'abondance d'espèces permet de définir et d'interpréter les causes sous-jacentes de la répartition des individus dans la communauté (Magurran, 2004). Le modèle de distribution log-normale a été testé car ayant été utilisée pour

décrire les patrons d'abondance d'un grand nombre de communautés (Ludwig & Reynolds, 1988). L'objectif de cette étude est d'investiguer sur la végétation du PNR à travers différents paramètres: richesse et abondance spécifique, occurrences des plantes et adaptabilité à un habitat spécifique. Il s'agit plus précisément d'apporter une meilleure connaissance de la distribution des fréquences d'occurrence des espèces végétales dans un objectif de préservation du patrimoine naturel de l'aire protégée.

V.4. Matériel et méthode

V.4.1. Zone d'étude et données utilisées

Le PNR est situé au Nord-Est du Burundi entre les latitudes 2°54' et 3°22' S et les longitudes 30°6' et 30°33' E. Sa superficie est de 50800ha, soit environ 1,8% du territoire national burundais. L'altitude varie de 1350 à 1836m (Vande Weghe & Kabayanda, 1992). Proche de l'équateur et localisé aux confins de l'Afrique Orientale et Centrale, la République du Burundi est entourée par la République Démocratique du Congo à l'ouest, la République Rwandaise au nord et la République unie de Tanzanie à l'est et au sud (Bidou *et al.*, 1991). La figure V.1 montre la localisation géographique du Burundi dans la région des Grands Lacs africains.

L'étude s'appuie sur des observations botaniques effectuées dans 114 relevés (variant de 100 à 900m²) sensés échantillonner convenablement la plupart des conditions écologiques du PNR, tant du point de vue pédologique, topographique, humidité, insolation, température et précipitations. La Figure V.2 montre la localisation des sites échantillonnés. Les données récoltées ont servi de base aux analyses de la richesse spécifique des familles et de la structure de la fréquence des plantes sur base de leur présence/absence dans les relevés.

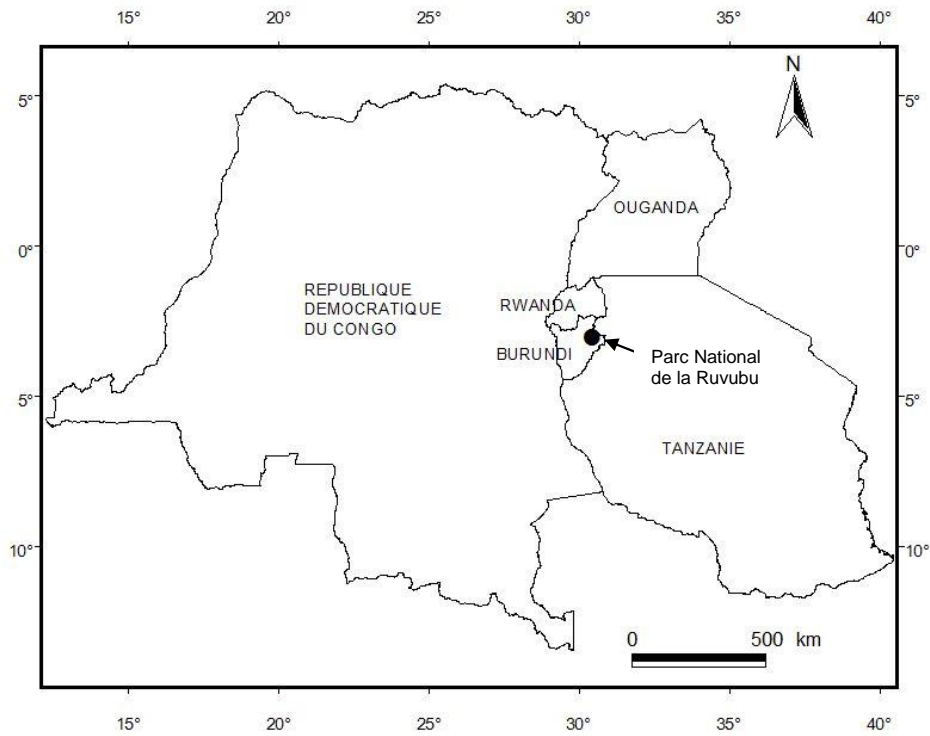


Figure V.1: Localisation du Parc National de la Ruvubu dans la région des Grands Lacs africains.

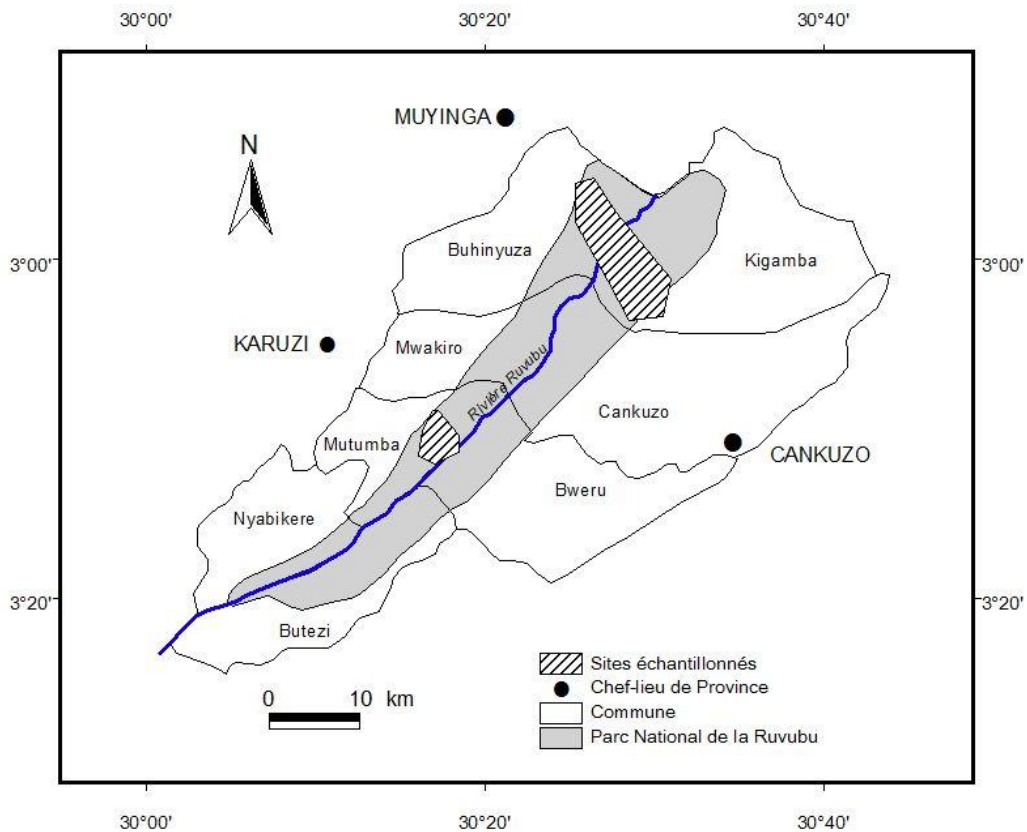


Figure V.2: Divisions administratives du Parc National de la Ruvubu (Burundi) et localisation des sites échantillonnés.

V.4.2. Structure des fréquences des plantes

Parmi les indices écologiques utilisés pour exploiter les résultats, mentionnons d'abord la fréquence d'occurrence; la fréquence d'occurrence d'une espèce étant le rapport exprimé en pourcentage du nombre de relevés où cette espèce est notée au nombre total de relevés effectués (Dajoz, 2003):

$$F = \frac{P_a}{P} \times 100 \quad (\text{V.1.})$$

F est la fréquence d'occurrence de l'espèce. P_a est le nombre total de relevés contenant l'espèce prise en considération. P est le nombre total de relevés.

En termes de constance, Dajoz (2003) distingue trois groupes: les espèces du premier groupe sont qualifiées de constantes (espèces communes) lorsqu'elles se retrouvent dans 50% ou plus des relevés effectués dans une même communauté; celles du second groupe sont accessoires car elles ne sont présentes que dans 25 à 49% des relevés; enfin, les espèces accidentelles possèdent une fréquence d'occurrence inférieure à 25%.

Le test statistique permettant de dire si un type particulier d'espèces est significativement plus représenté a été effectué à l'aide de l'indice d'équitabilité de Pielou (Huston, 1994; Dajoz, 2003; Frontier *et al.*, 2008). L'équitabilité (E), résulte du rapport de la fonction d'information de Shannon (1948), H , pour les occurrences et de la valeur théorique maximale (H'_{\max}).

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (\text{V.2})$$

avec dans ce cas S = nombre d'espèces; p_i = occurrences de l'espèce i divisé par le nombre total des occurrences.

$$H'_{\max} = \ln S \quad (\text{V.3})$$

$$E = \frac{H}{H'_{\max}} = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{V.4})$$

L'équitabilité (régularité ou encore d'équirépartition chez certains écologues) varie de 0 à 1. En effet, elle tend vers zéro lorsqu'une espèce domine largement et elle est égale à un lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Frontier *et al.*, 2008).

V.4.3. Distribution d'abondance des espèces

Les distributions d'abondance des espèces ont été comparées à la distribution théorique la plus largement utilisée (Ludwig & Reynolds, 1988), à savoir la distribution log-normale. Suivant cette distribution, la communauté végétale contiendra des individus de plusieurs espèces différentes (Hubbell, 2001; Ricklefs & Miller, 2005). Le nombre d'espèces attendu est donné par:

$$S(R) = S_o e^{(-a^2 R^2)} \quad (\text{V.5})$$

où $S_{(R)}$ représente le nombre d'espèces attendu dans la $R^{\text{ième}}$ octave. Les octaves sont des classes d'abondance (nombre d'individus) variant en série géométrique de deux. S_o est le nombre d'espèces dans l'octave modale et a est une mesure inverse de la largeur de la distribution (Ludwig & Reynolds, 1988).

Un test Khi-carré (χ^2) d'ajustement a été réalisé pour comparer les deux distributions d'abondance des espèces: distribution observée et distribution théorique (attendue, escomptée).

V.5. Résultats et discussion

V.5.1. Variations de la richesse spécifique des familles

La figure V.3 montre la distribution de la richesse spécifique des familles pour l'ensemble des communautés végétales du PNR. Les familles avec une ou deux espèces sont très fréquentes (partie gauche de la courbe) alors que les familles avec beaucoup d'espèces (par exemple > 10) sont assez rares (partie droite de la courbe). Sur 98 familles rencontrées au PNR, 50 familles (51%) ont moins de trois espèces chacune. 34 familles (35%) ne comptent qu'une seule espèce chacune. Trois familles seulement (Fabaceae, Asteraceae et Poaceae), soit 3% de toutes les familles, enregistrent plus de 50 espèces chacune.

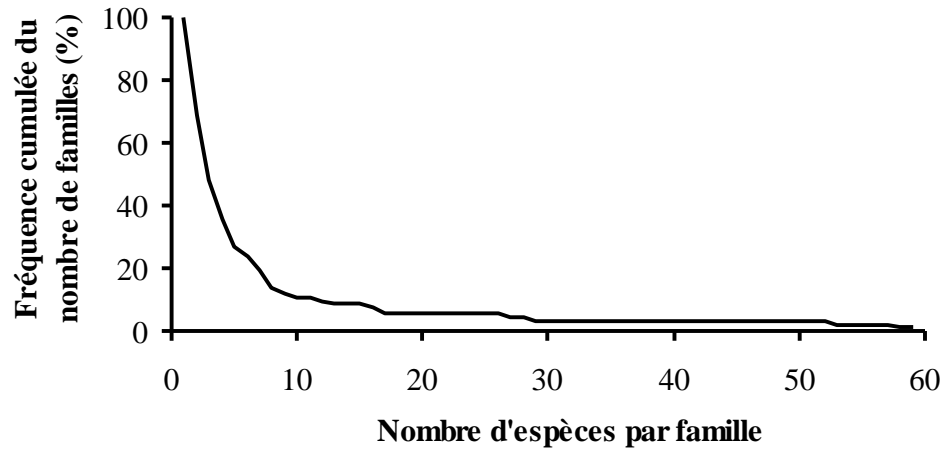


Figure V.3: Distribution de la richesse spécifique des familles au sein du Parc National de la Ruvubu (Burundi).

Au sein des formations végétales, les familles les plus nombreuses sont enregistrées surtout en savanes (Figure V.4). Sur les 63 familles rencontrées en savanes, six familles (10%) enregistrent au moins 10 espèces chacune; 44 familles (70%) ont moins de trois espèces chacune. Sur les 22 familles des marais, l'unique famille la plus riche est celle des Cyperaceae (quinze espèce; 18 familles (82%) ont moins de trois espèces chacune. Egalement dans les galeries forestières, sur les 53 familles y recensées, deux familles (3%) seulement (Asteraceae et Fabaceae) comptent au moins 15 espèces chacune; 39 familles (73%) comptent moins de trois espèces chacune.

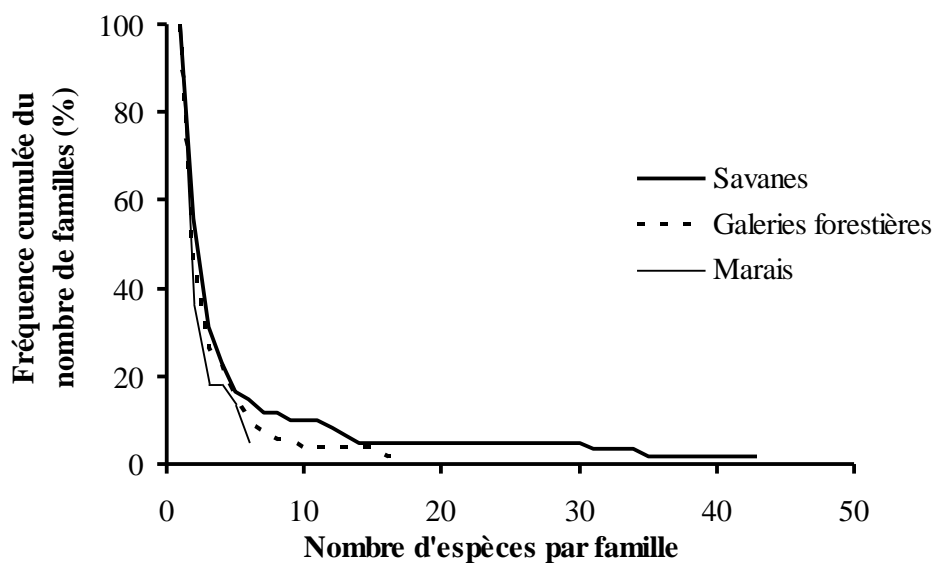


Figure V.4: Distribution de la richesse spécifique des familles par formation végétale au Parc National de la Ruvubu (Burundi).

Les Fabaceae, Asteraceae et Poaceae occupent une place de choix au PNR (Chapitres II), au Parc National de l'Akagera et au Rwanda oriental (Troupin, 1966). Dans le centre d'endémisme de Kaokoveld (Namibie), ces trois familles occupent également la première position quant à leur richesse spécifique et figurent parmi les plus grandes familles de la planète (Craven, 2009). Conformément à APG III (2009) qui considère les Fabaceae, Mimosaceae et Caesalpiniaceae comme des sous-familles (Papilionoideae, Caesalpinioideae et Mimosoideae) de la grande famille des Leguminosae, cette dernière devient la famille de loin la plus abondante au PNR avec en somme 73 espèces (14%). C'est également une famille d'un grand intérêt écologique: les légumineuses sont présentes dans pratiquement tous les écosystèmes terrestres (Labat, 1995). La famille des Leguminosae contient en effet plus de 18000 espèces de plantes à fleurs distribuées à travers le monde dans beaucoup de conditions écologiques variées, depuis les déserts de hautes latitudes aux forêts saisonnièrement secs ou forêts tropicales humides des régions équatoriales (Lewis *et al.*, 2005). Il s'agit de la troisième plus grande famille de plantes à fleurs après les Orchidées et les Asteraceae (Mabberley, 1997; Lewis *et al.*, 2005). L'abondance des légumineuses et leur répartition en différentes familles (sous-familles) sont expliquées par certaines variables tels que la taille des diaspores, l'ouverture de la canopée, la fertilité du sol et la durée de la saison sèche (Sabatier *et al.*, 2007).

V.5.2. Fréquence d'occurrence des espèces

Les figures V.5 et 6 montrent l'importance des espèces communes, des espèces accessoires et des espèces accidentelles respectivement pour l'ensemble du PNR et par formation végétale. L'équirépartition indique un léger équilibre entre les effectifs des différentes espèces présentes pour l'ensemble du PNR ($E=0,77$). Cependant, un déséquilibre dans la fréquence des espèces en savanes est observé ($E=0,28$) alors que la répartition des espèces dans les galeries forestières ($E=0,79$) et les marais ($E=0,97$) est équitable. Cette différence serait due à l'importance des espèces très accidentelles rencontrées en savanes par rapport aux autres communautés végétales du PNR au moment où les effectifs des différentes espèces présentes dans les autres formations végétales ont tendance à être en équilibre entre eux. D'autre part, un indice d'équitabilité inférieur à 60% caractérise un environnement perturbé (Diop, 1999), cas des savanes du PNR avec les feux de gestion ou d'origine criminelle. Les savanes enregistrent 92% d'espèces accidentelles, les galeries forestières 64% et les marais 44%. Les espèces les plus constantes se font beaucoup plus observer dans les galeries forestières et dans

les marais comme le montrent les tableaux de l'annexe 4 qui fournissent les listes des vingt premières espèces les plus fréquentes relevées dans chaque formation végétale. Trois espèces communes (constantes) seulement se retrouvent dans les savanes: il s'agit de *Parinari curatellifolia* (Chrysobalanaceae), *Hymenocardia acida* (Euphorbiaceae) et *Annona senegalensis* (Annonaceae). Plus de 50 espèces n'ont été relevées qu'une seule fois en savanes; ce qui laisse présager qu'il y a de nombreuses espèces peu fréquentes en savanes ou que de nouvelles espèces seraient en train de s'y installer. Toutefois, la saisonnalité n'est pas à écarter pour certaines espèces annuelles ou bisannuelles telles que les espèces rudérales. Les tableaux de l'annexe 5 quant à eux reprennent les listes des espèces très accidentelles voire même rares car n'ayant été observées qu'une seule fois.

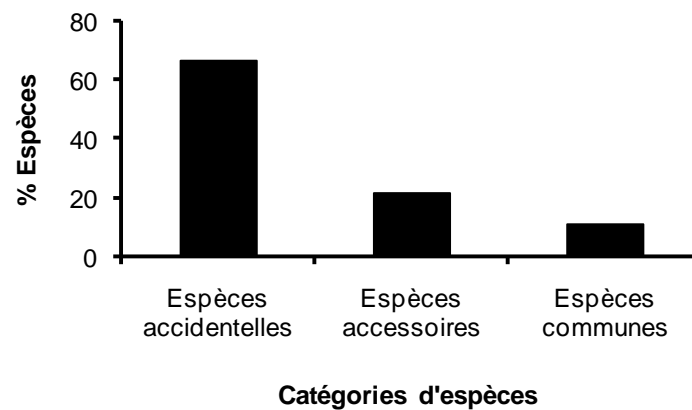


Figure V.5: Importance des types d'espèces au sein du Parc National de la Ruvubu (Burundi).en fonction de leurs occurrences (Équitabilité=0,77).

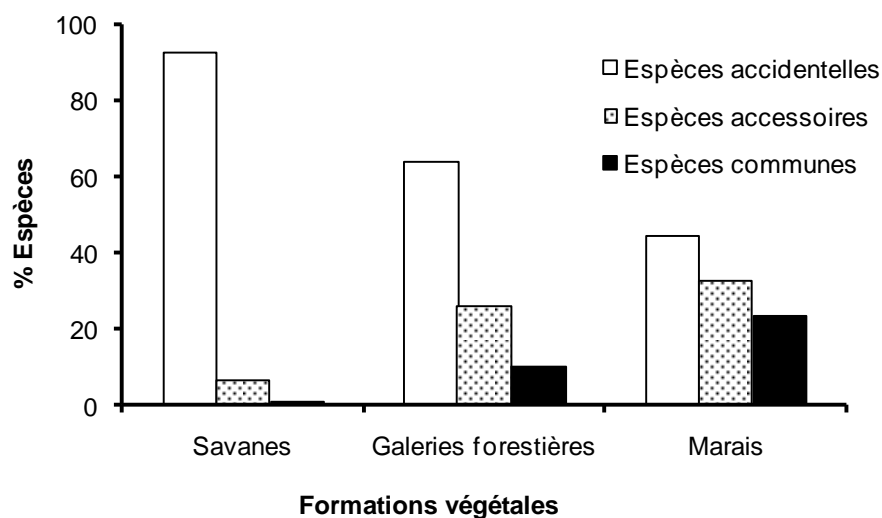


Figure V.6: Importance des types d'espèces en fonction de leurs occurrences par formation végétale au Parc National de la Ruvubu, Burundi (Équitabilité: savanes 0,28; galeries forestières 0,79; marais 0,97).

V.5.3. Distribution d'abondance des espèces

Le test du modèle de distribution a suggéré que les fréquences d'occurrences des espèces ne s'apparentent pas au modèle de distribution log-normale (Figure V.7). La distribution d'abondance des fréquences d'occurrence des espèces est statistiquement différente de la distribution log-normale. Une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre la distribution observée et la distribution théorique log-normale a été notée. Tout cela vient corroborer les tendances de l'indice d'équitabilité précédemment évoqué. Comme la distribution d'abondance log-normale indique que les espèces sont régulièrement réparties dans la communauté (Magurran & Henderson, 2003; Magurran, 2004), cet état des choses prouve à suffisance que les espèces sont irrégulièrement distribuées dans le PNR et que l'aire protégée est sujet à des perturbations. En effet, le PNR est sujet à des perturbations diverses suite surtout aux feux qui le parcourent régulièrement; les savanes étant le plus affectées.

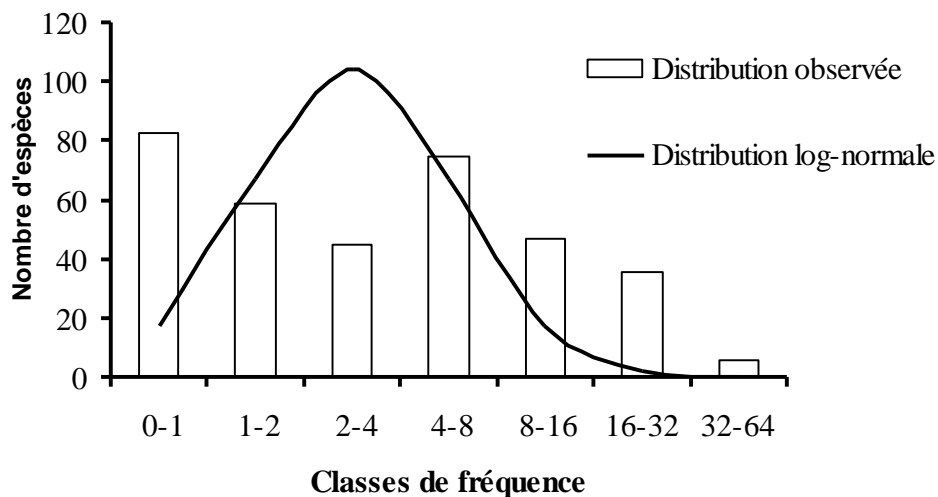


Figure V.7: Distribution d'abondance des espèces au Parc National de la Ruvubu, Burundi ($\chi^2 = 431,56$; $p < 0,001$).

V.5.4. Implications pour la conservation

Le critère abondance éclaire sur la biologie et l'écologie de la flore (Damerdji *et al.*, 2005). C'est ainsi que les trois espèces constantes (*Parinari curatellifolia*, *Hymenocardia acida* et *Annona senegalensis*) rencontrées dans les savanes du PNR peuvent être considérées comme ubiquistes dans nos savanes. Nzigidahera (2008) indique que *Parinari curatellifolia* est la plus

abondante comparativement aux autres plantes sauvages fruitières comestibles du PNR. Et parmi les espèces accidentelles, deux sont reprises à la fois dans les listes de plantes menacées du Burundi dressées par Lewalle (1972), Nzigidahera (2000) et Habonimana *et al.* (2004): *Cordia africana* et *Newtonia buchananii*. La liste complète des espèces communes aux trois listes a été dégagée par Sibomana *et al.* (2008).

Dans le cadre de la préservation du patrimoine naturel végétal, un effort spécial de conservation est à garantir à dix espèces du PNR figurant sur la liste des plantes menacées prioritaires pour la conservation relevés par Nzigidahera (2000) pour le Burundi dans le cadre de l'analyse de la diversité biologique végétale nationale et de l'identification des priorités pour sa conservation: *Albizia gummifera* (Leguminosae), *Cordia africana* (Boraginaceae), *Cyperus latifolius* (Cyperaceae), *Cyperus papyrus* (Cyperaceae), *Kigelia africana* (Bignoniaceae), *Newtonia buchananii* (Leguminosae), *Phoenix reclinata* (Arecaceae), *Pycnanthus angolensis* (Myristicaceae), *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae), *Syzygium cordatum* (Myrtaceae). Ces espèces ne sont pas cependant répertoriées dans la base des données de la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2011), sauf le *Cyperus papyrus*. Il s'agit d'une espèce largement distribuée (Benin, Botswana, Burundi; Cameroun; Congo; Egypte; Ethiopie; Gabon; Inde; Indonésie; Israël; Madagascar; Malawi; Nigéria; Rwanda; Sri Lanka; Syrie; Taiwan; Tanzanie; Ouganda; Zambie) de préoccupation mineure (*Least concern*: LC) selon les catégories et critères de la liste rouge (Kumar, 2010; UICN, 2011). Au Burundi, son habitat est menacé d'autant plus que déjà en 2000, selon le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MINATET, 2000), 69% de la superficie totale des marais du pays étaient exploités à des fins agricoles. Ces espèces signalées par Nzigidahera (2000) dans la catégorie d'espèces menacées prioritaires pour la conservation au Burundi se trouvent donc justifiées dans la mesure où il est observable localement la perte de leurs habitats de prédilection ou encore la pression dont elles font objet de la part de la population. Il est vrai que la classification des espèces menacées de l'UICN (2001) se base sur différents facteurs biologiques associés au risque d'extinction (taux de déclin, population totale, zone d'occurrence, zone d'occupation, degré de peuplement et fragmentation de la répartition), mais dans le cadre des monographies nationales sur la diversité biologique, il importe selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE, 1993), de choisir des critères tout en examinant minutieusement la question de la biodiversité et de sa conservation en tenant compte des réalités socio-économiques et politiques du pays. Par ailleurs, l'UICN (2001) souligne qu'un taxon peut

avoir besoin de mesures de conservation même s'il n'entre pas dans une catégorie du groupe «Menacé». Dès lors, ranger les espèces en suivant les priorités de conservation exige des décisions parfois subjectives, en particulier quand les données sont incomplètes (Plumptre *et al.*, 2007). Pour le Burundi par exemple, il n'existe pas de système de surveillance continue de la dynamique de la végétation (Nzigidahera, 2000). Cela constitue un handicap majeur pour l'établissement des statuts des espèces végétales selon le modèle de la liste rouge de l'UICN. Comparées aux autres taxa (mammifères, oiseaux, amphibiens), pour le Rift Albertin, les plantes ont été moins évaluées au sujet des espèces menacées (Plumptre *et al.*, 2007). L'absence de données de haute qualité ne devrait toutefois pas décourager les tentatives d'application des critères du moment que les méthodes qui font appel aux estimations, déductions et projections sont acceptables. Les déductions et projections peuvent s'appuyer sur l'extrapolation vers l'avenir de menaces actuelles ou potentielles, ou de facteurs relatifs à l'abondance ou à la distribution des espèces (UICN, 2001). Ainsi, bien qu'il soit difficile de connaître les statuts de toutes les espèces végétales, surtout les herbacées, la diminution ou la menace de disparition de certaines espèces est facile à observer, surtout si elles concernent des arbres emblématiques, des espèces herbacées dominantes des formations végétales monospécifiques, des espèces dont leurs écosystèmes naturels de prédilection ont disparu ou font objet d'une dégradation accrue, ou encore des espèces recherchées par la population pour des usages particuliers (Nzigidahera, 2000). A cet effet, l'application des critères et catégories de la liste rouge de l'UICN ainsi que la mise en place d'un système de monitoring continu pourraient faciliter la gestion de l'information tout en contribuant dans l'attribution des statuts aux espèces végétales ainsi que dans l'évaluation de la dynamique spatio-temporelle de leur abondance. En somme, quoique les composants temporels d'abondances spécifiques aient des implications importantes pour la planification de la conservation (Magurran & Henderson, 2003), une analyse spatiale de la distribution potentielle des espèces menacées devrait être envisagée au PNR et au Burundi afin de suivre la dégradation des espèces et la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes qui les abritent, un sujet clé des travaux de recherche en Ecologie du paysage; cette dernière tirant sa force de son étude des relations entre les structures spatiales et les processus écologiques (Bogaert *et al.*, 2008).

V.6. Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements au Gouvernement du Burundi pour la bourse de formation de T. Masharabu.

CHAPITRE VI

EFFECTS OF FABACEAE COVER ON SOIL PARAMETERS AND ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DETERMINANTS OF FLORISTIC VARIABILITY IN NORTH-EASTERN RUVUBU, BURUNDI

Le présent chapitre s'inscrit dans la continuité de nos précédentes études déjà réalisées dans le PNR et vise à contribuer à une meilleure appréhension des paramètres qui expliquent l'abondance des Fabaceae (ou Leguminosae) et la variabilité floristique dans l'aire protégée ainsi que leurs conséquences possibles. L'hypothèse 6 selon laquelle la variation de la composition floristique du PNR est due à l'existence de gradients environnementaux qui contrôlent ses patrons de végétation a été testée.

Masharabu T., Noret N., Bigendako M.J., Godart M.-F., Lejoly J. & Bogaert J. , 2011. Effects of Fabaceae cover on soil parameters and analysis of environmental determinants of floristic variability in North-Eastern Ruvubu, Burundi. *International Journal of Current Trends in Science and Technology* 2(2): 113-124.

VI. EFFECTS OF FABACEAE COVER ON SOIL PARAMETERS AND ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DETERMINANTS OF FLORISTIC VARIABILITY IN NORTH-EASTERN RUVUBU, BURUNDI

VI.1. Abstract

The Fabaceae (or Leguminosae) family is one of the world's largest families of flowering plants and follows the Poaceae in terms of agricultural and economic importance. The main objective of this study was firstly to analyze the effects of Fabaceae cover on soil parameters, secondly to determine environmental factors of Fabaceae abundance and floristic variability in the Ruvubu National Park (Burundi). Data collection was carried on flora and soil in the North-Eastern Ruvubu. Statistical data analysis of the effects of Fabaceae on soil physico-chemical parameters was carried out using linear correlation. In order to explore relationships between floristic composition and environmental parameters, a direct gradient analysis using Canonical Correspondence Analysis (CCA) was conducted. Although the physico-chemical parameters vary among sites, pH, carbon/nitrogen ratio and total nitrogen did not influence significantly Fabaceae cover. However, Fabaceae and woody species cover was negatively correlated with stoniness. The environmental variables explained 48% of the floristic variability which was significantly influenced by altitude. The floristic variability unexplained by environmental factors suggests implication of other factors.

Keywords: altitude, Fabaceae, Ruvubu, soil parameters.

VI.2. Introduction

Under the most commonly used system of classification (APG III, 2009), the Fabaceae (Leguminosae) are divided into three subfamilies (Faboideae, Mimosoideae and Caesalpinioideae). Second only to the grass family (Poaceae) in agricultural and economic importance, the Fabaceae include many species harvested as crops, or used for oils, fibre, fuel, timber, medicinals, chemicals and horticultural varieties (Lavin *et al.*, 2005). The Fabaceae family contains over 18,000 species distributed throughout the world in many ecological settings, from deserts of high latitudes to seasonally dry or wet tropical forests of equatorial regions (Lavin *et al.*, 2005; Lewis *et al.*, 2005). It is the third greatest family of the

flowering plants in absolute number of taxa, exceeded only by Asteraceae and Orchidaceae at the world level (Mabberley, 1997; Lewis *et al.*, 2005). Fabaceae are notably best known for the ability of many of its members to form root nodules with nitrogen fixing rhizobia bacteria (Blondeau, 1980; Sprent, 2002; Lebrun & Stork, 2008). They play a critical role in natural ecosystems, agriculture, and agroforestry, where their ability to fix nitrogen in symbiosis makes them excellent colonizers of low-nitrogen environments, and economic and environmentally friendly crop, pasture, and tree species (Graham & Vance, 2003; Lebrun & Stork, 2008). Fabaceae constitute an important source of nitrogen in tropical natural ecosystems, as evidenced by plant and soil nitrogen to phosphorus ratios, by phosphorus limitation of plant growth in some tropical forests, by an abundance of nitrogen-fixing plants, and by sustained export of bioavailable nitrogen at the ecosystem scale (Hedin *et al.*, 2009). Nitrogen fixation by Fabaceae has been extensively studied by Sprent & Parsons (2000) especially for the genera *Acacia*, *Dalbergia* and *Erythrina* where they outline the occurrence of nodulation in trees and describe their symbiotic relations. Because of the rise in costs of synthetic nitrogen fertilizers, more emphasis is being placed on the use of leguminous cover crops to supply nitrogen to companion or succeeding crops (Frankenberger & Abdelmagid, 1985). But unfortunately, biological nitrogen fixation also contributes to the problem of soil acidification (Ledgard & Steele, 1992). The level of biological nitrogen fixation can vary greatly, being site-dependent and influenced by a wide range of factors including soil properties, environmental conditions, pests and disease, and management (Ledgard & Steele, 1992). The most important environmental constraints in nitrogen-fixation are salinity, extreme pH, the rate of nitrate in soil and the insufficient or excessive soil moisture (Bordeleau & Prévost, 1994). Other factors that can influence the symbiotic fixation are biological components, human pressure and climatic factors (El-Hilali, 2009).

The present study was conducted in Ruvubu National Park (RNP, Burundi) where the Fabaceae family is also the most dominant with 73 species representing 14% of the park flora (Chapitres II & IV). The main vegetation types are made of savannas, gallery forests and swamps (Vande Weghe & Kabayanda, 1992; Chapitre IV). It is observable that Fabaceae are not distributed regularly throughout the park's ecosystems and sites. The hypotheses to test are as follows: (1) Fabaceae cover influences soil parameters (nitrogen, carbon/nitrogen ratio, pH), (2) The installation of Fabaceae and woody species is limited by stoniness and (3) The floristic variability in RNP follows an altitudinal gradient.

What are therefore the main factors that explain the vegetation pattern in RNP in terms of Fabaceae abundance and floristic variability? In this context, the main objective of this study was on one hand to analyze the effects of Fabaceae cover on soil parameters, and on another hand to determine the environmental drivers of Fabaceae abundance and floristic variability in the North-Eastern RNP.

VI.3. Material and method

The study area: The survey was carried out in the North-Eastern RNP (Figure VI.1). The RNP covers an area of 50800ha and is located between latitudes 2°54'-3°22' S and longitudes 30°6'-30°33' E, in the North-Eastern Burundi. The altitude ranges from 1350 to 1836m (Vande Weghe & Kabayanda, 1992). According to Köppen (1923) classification, it has a tropical climate classified as (AW₃)s.

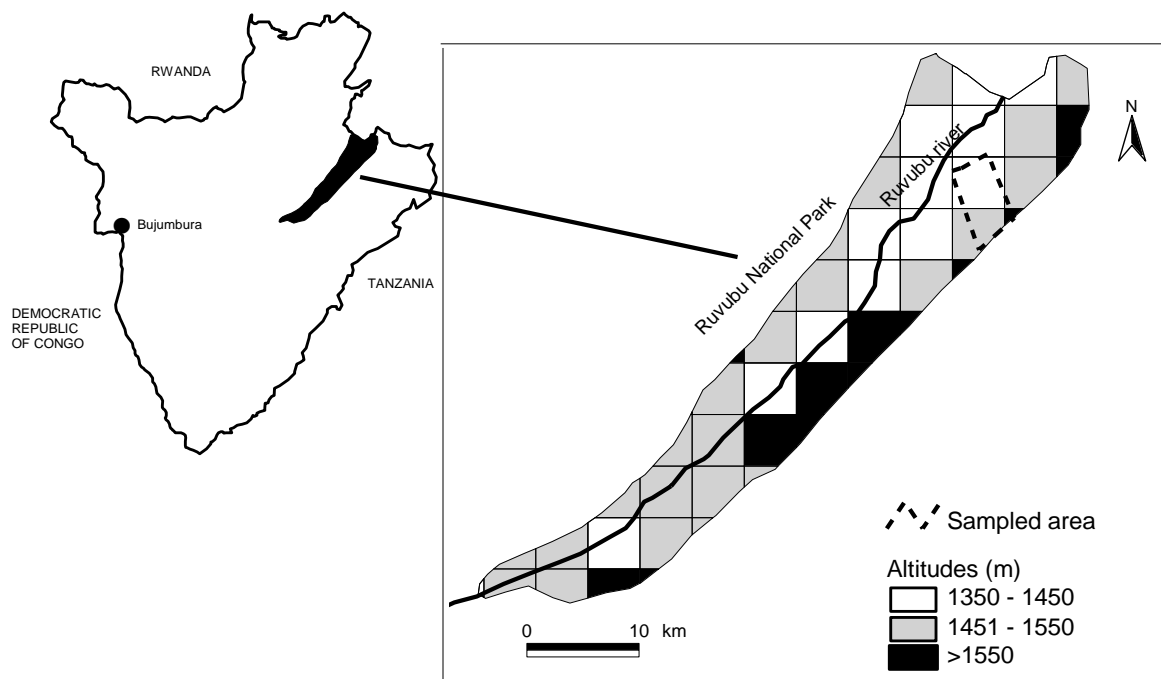


Figure VI.1: Geographical location of the Ruvubu National Park (Burundi), sampled area and variation of altitudes.

Sampling method: The vegetation sampling was conducted according to the classic method of relevés (12 relevés; 154 species, all species combined). The geographical location and elevation of study sites were recorded using GPS Garmin 76 (Global Positioning System). The relevés were conducted in three categories of sites with different Fabaceae cover ($\leq 2\%$,

~10% and > 25%). Sites were respectively coded 1-4 for the first category; 5-7 for the second category and 8-12 for the last category.

Replicates of soil samples were collected from the surface horizon (~20cm depth) in plastic bags: per site, four soil samples (~60g) right underneath one Fabaceae plant and four soil samples (~60g) in the adjacent vegetation where there was no Fabaceae. They were air dried and transported to Belgium to be chemically characterized as described below.

Analytical techniques: The analysis of soil pH, stoniness, total nitrogen, total carbon and C/N ratio were carried out in the Laboratoire d'Ecologie Végétale et de Biogéochimie at the Université Libre de Bruxelles (ULB), Belgium. Acidity was defined by measuring soil pH. The stoniness was determined as the percentage of particles larger than 4 mm using sieve. Before assessing the proportion of nitrogen and total carbon, grinding of the other fraction of soil samples less than 4mm was done using Fritsch balls Grinder. Evaluation of total carbon and total nitrogen was carried out using DUMAS method via LECO® Truspec® CN analyser by gravimetric gas chromatography.

Data Analysis: Effects of Fabaceae cover on soil parameters (stoniness, pH, C/N ratio and total nitrogen) were tested using linear correlation (STATISTIX 7.0; Analytical software, Tallahassee, FL, USA). Data were log-transformed because a given difference in concentration is likely to be ecologically more important at low values than at high (Poulsen *et al.*, 2005), and followed by one-way Analysis of Variance (ANOVA).

In order to explore the relationships between environmental parameters and floristic composition, multivariate analysis of ecological data using CANOCO (Canonical Community Ordination; Jongman *et al.*, 1995) was used. Canonical Correspondence Analysis (CCA) using Monte Carlo permutation tests, an ordination method and a direct gradient analysis based on correspondence factor analysis was employed where two files, one with species data x plots as one matrix and the other with environmental data x plots matrix were employed (Lyaruu, 2010). According to Dray (1999), CCA has answered to a great demand of ecologists and is easily used to analyze the relationships between species and their environment using sample plots or occurrence lists. Furthermore, it permits to predict the presence of a species in terms of mesological parameters (altitude, temperature, rainfall...).

VI.4. Results

VI.4.1. Effects of Fabaceae cover on soil physico-chemical properties

Linear correlation analyses with Fabaceae cover as the independent variable (Figure VI.2) show that Fabaceae cover does not significantly influence pH ($R^2 = 0.07$; $p > 0.05$), C/N ratio ($R^2 = 0.04$; $p > 0.05$) and total nitrogen ($R^2 = 0.03$; $p > 0.05$). However, there is a significant correlation between Fabaceae cover and stoniness ($R^2 = 0.18$; $p < 0.05$).

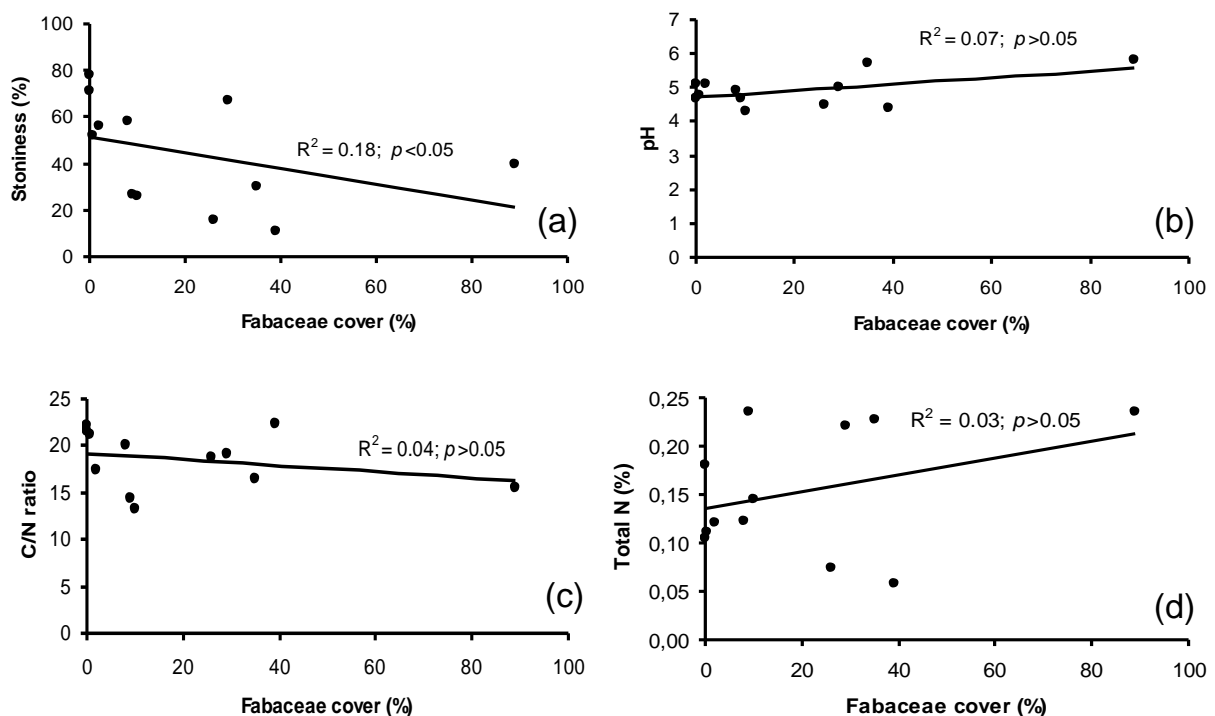


Figure VI.2: Relationships between Fabaceae cover and soil physico-chemical properties in North-Eastern Ruvubu, Burundi. (a) stoniness, (b) pH, (c) carbon/nitrogen (C/N) ratio and (d) total nitrogen (N). Data for soil factors are means except for C/N ratio and total N for which all the points are individual data.

VI.4.2. Environmental heterogeneity, woody species cover and floristic variability

VI.4.2.1. Effects of stoniness on woody species cover

Figure VI.3 shows that woody species cover is negatively correlated with stoniness ($R^2=0.61$; $p < 0.01$).

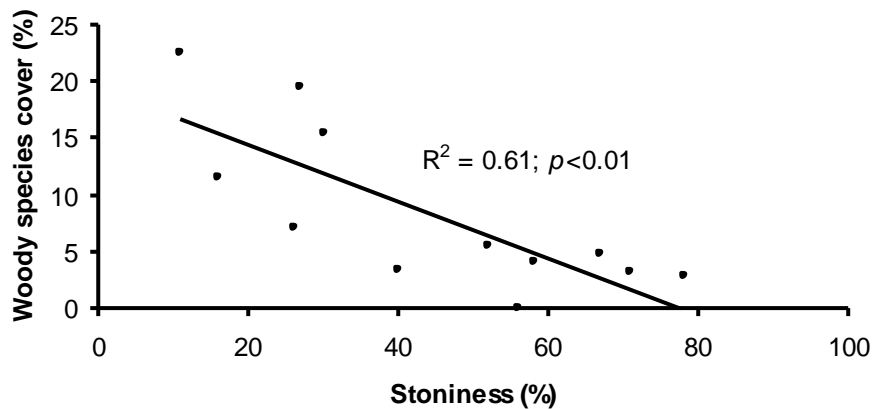


Figure VI.3: Relationships between woody species cover and stoniness in North-Eastern Ruvubu, Burundi. Data for stoniness are means.

VI.4.2.2. Effects of environmental variables on floristic variability

CANOCO shows that the five environmental variables (altitude, total nitrogen, total carbon, stoniness and pH) explain 48% of the total variance of species-environment relationship. Table VI.1 summarizes the results of Monte Carlo permutation test which reveals the relative variability of vegetation data explained by environmental attributes: altitude (13%), total nitrogen (9.4%), total carbon (8.8%), pH (8.4%) and stoniness (8.4%). The floristic variability is significantly influenced by altitude ($p < 0.05$). CCA dendrogram revealed that specific soil characteristics linked with altitude were correlated with distribution patterns of different plant species in RNP (Figure VI.4).

Table VI.1: Results of Monte Carlo permutation test. The test reveals the relative variability of vegetation data explained by environmental variables in North-Eastern Ruvubu, Burundi.

Variable	Variance (%)	F-ratio	<i>p</i>
Altitude	13.00	1.48	0.02*
Nitrogen	9.40	1.11	0.32
Carbon	8.80	1.03	0.45
pH	8.40	0.96	0.52
Stoniness	8.40	0.96	0.54

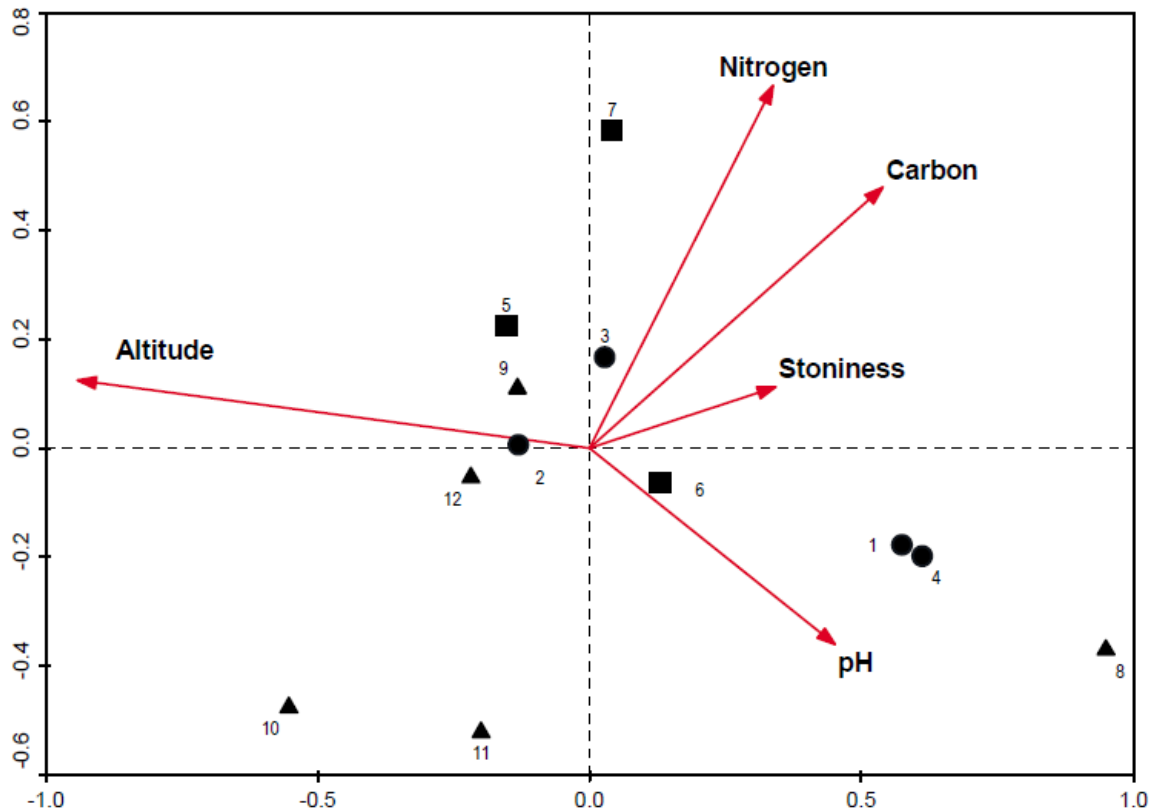


Figure VI.4: Canonical ordination diagram illustrating the distribution of sampling sites for vegetation (class 1= circle: Fabaceae cover \leq 2%, class 2= square: Fabaceae cover \sim 10%, class 3=triangle: Fabaceae cover $>$ 25%) and different environmental variables (arrows) in North-Eastern Ruvubu, Burundi. The first two axes explain 48% of total variance of the species-environment relationship. Floristic variability follows altitudinal gradient.

VI.5. Discussion

Fabaceae are the most abundant family in the RNP and their cover is nevertheless variable depending on the sites (0-90%). What are the explanatory factors and the possible consequences?

VI.5.1. Fabaceae cover and soil physico-chemical properties

Stoniness: Among sites, there was generally a significant difference in stoniness, with a high volume of prospectable soil for future use by the plant in sites with Fabaceae cover $>$ 25%. The installation of trees would be limited by a high percentage of coarse particulate material; thus the stoniness in sites with a high Fabaceae or woody species cover is the lowest. Indeed, the volume of the soil absorbed by the plant is limited by a certain number of factors including physical obstacles such as coarse elements. Plants have difficulties related to the

roots development in environments with high stoniness. According to Lucot & Gaiffe (1995), the values of stoniness permit to determine the total volume of the porous soil, airy and furniture availed for the root system. The volume actually available to the tree is the only source of nutrients but also the stock of useful water.

C/N ratio, total nitrogen and total carbon: Many studies have reported positive influences of trees on soil fertility (Weltzin & Coughenour, 1990; Belsky *et al.*, 1993; Campbell *et al.*, 1994; ter Steege *et al.*, 2006). The level of total carbon, total nitrogen and the C/N ratio are very important factors to take into consideration in agronomic and environmental management (Giroux & Audesse, 2004). Trends of C/N ratio in our sites in RNP (18.5 ± 3.1) corroborate the values reported in tropical savannas. In tropical savannas soils, C/N ratios are generally very high (about 15-19), and in that case, grass vegetation known to be rich in lignin and poor in nitrogen, is mainly the cause (Dabin, 1980). Trends of total nitrogen in our sites in RNP (0.15 ± 0.06) corroborate also those reported in Bwindi, Kasyoha, Kibale and Budongo in Uganda by Poulsen *et al.* (2005) which vary between 0.16-0.49. Even if there was no significant difference of C/N ratio and total nitrogen observed among the three categories of sites in RNP, C/N ratio tends to decrease with Fabaceae cover increase. Total nitrogen tends to follow the opposite trend. That observation validates the hypothesis according to which Fabaceae improve soil concentration in nitrogen as total nitrogen appears to be substantially higher with Fabaceae cover.

Even if nitrogen is the primary nutrient limiting plant production in most natural ecosystems (Seastedt & Knapp, 1993), Fabaceae and other plants have however the possibility to use the atmospheric nitrogen for their own synthesis. Those plants acquire an autonomy that permits them to grow in soils deficient in nitrogen (Blondeau, 1980), which may explain the abundance of Fabaceae in the RNP. However, concentration of soil total nitrogen varies widely from one species to another, a trend observed among species and for the same species of Fabaceae.

Although it is well known that Fabaceae improve the soil fertility due to their ability to fix nitrogen (Lebrun & Stork, 2008), it is also important to know that trees improve the conditions of sites in savannas by adding nutrients through dead leaves, reduction of soil temperature and the loss of water due to evapotranspiration (Högberg, 1992; Amundson *et al.*, 1993), and by attracting birds and mammals that add nutrients to the soils with their

droppings (Belsky *et al.*, 1993). These effects cannot be easily separated from each other (Belsky *et al.*, 1993; Campbell *et al.*, 1994).

Acidity: Chemical characteristics of soils such as pH greatly determine the type of vegetation in an area as they directly influence nutrient uptake (Lyaruu, 2010). Trends of pH in RNP appeared to be slightly acid (4.9 ± 0.5). Most leguminous plants require a neutral or only a slightly acid soil pH for growth (Bordeleau & Prévost, 1994).

Although pH appeared to be varying among sites and decreasing with Fabaceae cover increase, the difference was not significant and the effect of Fabaceae cover on pH was not significant. According to Dabin (1985), the acidity is not generally a direct factor of growth for many vascular plants whereas it is still the case for the microflora; the pH is rather the index of many properties that play a role, either in plants nutrition or in the physical structure of soils which in fact impact on the fertility.

VI.5.2. Determinism of environmental heterogeneity on floristic variability

The floristic variability was significantly influenced by the altitudinal gradient (all classes of Fabaceae cover combined). Our results corroborate those reported in the Albertine Rift and in Central Africa. In the Albertine Rift which consists of a long belt of mountains on either side of the Western Great Rift Valley extending from Lake Albert (on the border between Congo and Uganda) through parts of Burundi and Rwanda to the southern tip of Lake Tanganyika, the floristic patterns were correlated with altitude (Poulsen *et al.*, 2005). In Central Africa (Burundi, Democratic Republic of Congo, Rwanda), Ndayishimiye *et al.* (2010) attributed the Mimosoideae richness to the altitude gradient and habitat heterogeneity. Moreover, many studies have reported that microtopographical variation is strongly correlated to the distribution and performance of plant individuals (Eldridge *et al.*, 1991; Vivian-Smith, 1997). In general, for tropical regions where the altitudinal variation is weak, topography is always cited as discriminating variable correlated with soil type (Sinsin, 1993) or soil humidity (Wala, 2004 in Ouedraogo *et al.*, 2008).

Meanwhile, the floristic variability unexplained by environmental factors (52%) suggests implication of other factors. This can be attributed to an approximate assessment of the environmental heterogeneity. At the regional level, small rainfall changes for example can

contribute to an important floristic variance (Slik *et al.*, 2003; Kouob, 2009). Measurement of other additional environmental variables is therefore likely to increase explained floristic variability, but according to Kouob (2009), stochastic processes will always generate a part of unexplained floristic variability. That author refers to the sampling bias and other parameters that play a great role in plant communities composition and structure reported in many studies, including biotic interactions such as predation, pollination and seed dispersal (Sheil & Salim, 2004), competition and geographical barriers to seed dispersal (Pearce & Ferrier, 2000), as well as recruitment stochasticity and mortality (Hubbell, 1979). Although they were not considered in this study, they could also explain the floristic variation associated with the altitudinal gradient in the study sites.

VI.6. Conclusion

The overall objective of this study was to determine the effects of Fabaceae cover on soil parameters and the environmental drivers of Fabaceae abundance and floristic variability in the RNP. From the results of this study, the main conclusions could be summarized as follows: (1) Fabaceae and woody species cover was negatively correlated with stoniness whereas the effect of Fabaceae cover was not significant as well as on pH, C/N ratio and total nitrogen, (2) the abundance of Fabaceae would be explained by nitrogen deficiency in RNP soils, (3) among sites, floristic variability was significantly influenced by altitude.

Fabaceae taxa are ecologically very successful in terms of dominance and productivity (Arianoutsou & Thanos, 1996). Through their symbiotic abilities, they play an important role in colonising disturbed ecosystems (Arianoutsou & Thanos, 1996; Graham & Vance, 2003), including the RNP which is frequently affected by fires. Therefore, biological nitrogen fixation is an alternative to artificial fertilisation that circumvents much of the negative effects of synthetic fertilizer usage (Dileep Kumar *et al.*, 2001; Valladares *et al.*, 2002), and is of special interest in agriculture, agroforestry and degraded land restoration (Franco & Faria, 1997; Sprent & Parson, 2000; Valladares *et al.*, 2002; Macedo *et al.*, 2008). Soil nitrogen increase using nitrogen-fixing trees is very important in degraded land rehabilitation projects, since, according to Francis & Read (1994), it enhances the capacity of the system to support a more complex community (Macedo *et al.*, 2008; Chaer *et al.*, 2011).

VI.7. Acknowledgements

This work was supported by the Government of Burundi, Alice and David Van Buuren Fund, and the Bureau des Relations Internationales et de la Coopération/ULB. Assistance in the field at Kigamba was provided by the staff of the National (Burundi) Institute for Environment and Nature Conservation (INECN). Soil analysis and interpretation were conducted at the Laboratoire d'Ecologie végétale et de Biogéochimie/ULB, with the assistance of Prof. Thomas Drouet for soil sampling and analysis techniques as well as Mr Philippe Ghysels for his excellent analytical services.

CHAPITRE VII

DISCUSSION GENERALE

L'objectif global de cette thèse est de contribuer à la caractérisation de la biodiversité du Parc National de la Ruvubu (PNR). Deux niveaux d'organisation de la biodiversité (spécifique et écosystémique) ont été pris en considération dans ce travail. Dans ce chapitre consacré à la discussion générale, les points forts et faibles de la méthodologie utilisée ainsi que les principaux résultats présentés dans les chapitres précédents ont été discutés. La discussion générale prend fin avec un regard sur les avancées méthodologiques et l'applicabilité des résultats de la thèse dans la recherche et la conservation.

VII. DISCUSSION GENERALE

VII.1. Analyse rétrospective des méthodes utilisées

VII.1.1. Echantillonnage et approche méthodologique

Dans cette étude, la collecte des données a été réalisée sur base de la technique des relevés dans lesquels sont répertoriées toutes les espèces avec leur abondance-dominance à l'aide de l'échelle de Braun-Blanquet. Cette échelle repose sur les coefficients d'abondance et de recouvrement suivants: +: espèce présente, 1: 0-5%, 2: 5-25%, 3: 25-50%, 4: 50-75%, 5: 75-100% (Braun-Blanquet, 1964 in Lewalle, 1972). L'abondance-dominance d'une espèce étant estimée à vue, son attribution est soumise à une part de subjectivité même si les phytosociologues ont depuis longtemps effectué des relevés de végétation en la quantifiant à l'aide de ces coefficients. Ce caractère subjectif de l'évaluation de l'abondance-dominance suivant cette échelle familière aux phytosociologues est évoqué dans plusieurs travaux parmi lesquels ceux de Robyns (1942), Senterre (2005) et Bangirinama (2010). De surcroît faut-il ajouter que l'identification des espèces dans un relevé constitue elle-même déjà un problème dans la mesure où il s'agit d'une opération nécessitant assez de temps pour pouvoir dégager l'inventaire floristique (Léonard, 1991; Henderson, 2003; Senterre, 2005; Bangirinama, 2010).

Concernant le choix du système de classification des plantes, les systèmes les plus utilisés sont d'une part la classification de Cronquist (1981) basée sur des critères morphologiques, anatomiques et chimiques des plantes, choisie dans la nomenclature des plantes à fleurs d'Afrique tropicale (Lebrun & Stork, 1991-2010) dont la base des données de toutes les familles est disponible en ligne (African Plants Database version 3.3.4, <http://www.village.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>), et d'autre part les systèmes basés sur l'approche phylogénétique tenant compte des données de la botanique systématique moléculaire (APG, 1998; APG II, 2003; APG III, 2009). Nous avons opté dans cette étude pour le premier système, qui nous semble bien adapté sur terrain. Cependant, le dynamisme de la systématique est une réalité. Avec l'appui de la biologie moléculaire, la systématique moléculaire constitue un complément à la systématique classique. En plus de ses apports dans l'étude de l'évolution, la biologie moléculaire contribue efficacement à lever certaines

ambiguïtés de classification. En effet, l'analyse de liens de parenté sous leur forme morphologique utilise une centaine de caractères morphologiques. Grâce au développement des techniques de bio-informatique et de biologie moléculaire, les séquences d'acide nucléique permettent de travailler sur un nombre de caractères beaucoup plus important puisque pour un gène de 15000 paires de bases (cas de l'ADN chloroplastique essentiellement étudié en Botanique), ce sont 15000 caractères qui sont analysés (Mugnier, 2000; Rao *et al.*, 2001; Piroux, 2002). La base des données du Royal Botanic Gardens, Kew (<http://www.kew.org/wcsp/>) qui constitue une bonne alternative pour la vérification des noms suivant la dernière classification des plantes à fleurs proposée par les botanistes de l'Angiosperm Phylogeny Group (APG) ne fournit pas cependant, les noms pour toutes les familles. Sa base de données ne renferme qu'une catégorie de certaines familles sélectionnées et est bien pratique pour les chercheurs qui travaillent sur un groupe taxonomique bien ciblé repris dans cette base de données. A titre d'exemple, les grandes familles (Asteraceae, Leguminosae, Poaceae) du PNR (Chapitre II) et de l'Afrique Centrale (Léonard, 1994) ne sont pas reprises dans cette base des données, une raison de plus qui a motivé que notre choix soit porté à Lebrun & Stork (1991-2010) en ligne. Il est à remarquer que ces familles font aussi partie des grandes familles de la planète (Mabberley, 1997, 2008; Lewis *et al.*, 2005).

La détermination des types de diaspores présente aussi des manquements. Bien qu'assez simple et donc très pratique, la méthode de Dansereau & Lems (1957) qui est la plus connue et de loin la plus largement utilisée, ne manque pas de critiques. Elle se voit reprocher de ne pas considérer des critères aussi importants que les couleurs (vives pour les oiseaux alors que les chauves-souris y sont indifférentes), les odeurs (odorat faible voire nul chez les oiseaux) ou encore les goûts (Senterre, 2005).

L'approche des analyses floristiques présente cependant des avantages incontestables dans l'identification des patrons spatiaux de la diversité et de la composition de la végétation (Robyns, 1942; Slik *et al.*, 2003). De plus, quand ces analyses sont combinées avec les variables environnementales, géologiques et historiques (colonisations, perturbations naturelles ou anthropiques, etc.), elles peuvent fournir une information importante sur les processus qui maintiennent les hauts niveaux de diversité des espèces sous les tropiques (Slik *et al.*, 2003). Selon Médail *et al.* (1998) et Haury *et al.* (2000), la liste floristique reste la base de définition des communautés; chaque espèce étant considérée selon Gillet (2000), comme

un bio-indicateur des conditions climatiques et édaphiques. Raison pour laquelle il a été nécessaire de procéder à l'étude des groupements végétaux du PNR au Chapitre IV.

Pour le cas qui nous incombe, les contraintes techniques et financières ne nous ont pas malheureusement permis de collecter et d'analyser un maximum de données écologiques, dont les analyses deviennent vite coûteuses, notamment les analyses d'azote. C'est ainsi que nous avons privilégié les moins onéreuses depuis l'élaboration même du protocole. En plus des données spatiales des relevés prises avec le GPS (Global Positioning System) suivies de la description des stations échantillonnées, des mesures de la charge caillouteuse ont été effectuées pour quelques stations. Les données climatologiques de trois stations relativement proches du PNR ont également été collectées. La collecte des échantillons de sol ainsi que l'analyse de leur pH, azote total, carbone total et rapport carbone/azote (C/N) n'ont pu être réalisées que dans un nombre limité de relevés (Chapitre VI) préalablement identifiés comme étant riches en légumineuses suite à ces contraintes précédemment évoquées. Les raisons du choix de ces sites sont développées au chapitre VI. Cependant, le dispositif expérimental de cette étude n'a pas permis de déterminer rigoureusement si les Fabaceae sont responsables ou non d'un enrichissement du sol en azote, ni si elles s'installent préférentiellement là où il y a peu d'azote. En effet, il a été observé que les Fabaceae constituent la plus grande famille du PNR (Chap I). Pour tenter d'expliquer leurs effets sur les paramètres du sol, des prélèvements d'échantillons de sols ont été effectués (Chap VI). Mais comme ces prélèvements ont été opérés dans un système déjà en place, il a été difficile d'affirmer si ce sont les Fabaceae qui influencent les paramètres du sol ou l'inverse, ou si elles s'installent préférentiellement sur des sols pauvres en azote. Il convient dès lors de revoir le dispositif expérimental en procédant au suivi dans le temps des paramètres du sol via une expérimentation en conditions semi-naturelles. Le point de repère serait deux sites d'observations préalablement sans Fabaceae, dont l'un serait témoin, et l'autre subirait un amendement en azote. L'installation des Fabaceae sur les deux sites, leurs effets sur les paramètres du sol et vice-versa, pourront alors être suivis dans le temps. Le prélèvement des échantillons de sol et la mesure de leurs paramètres pourront alors permettre de tester rigoureusement les relations entre les plantes et leur environnement.

En dépit de ces contraintes, les approches pluridisciplinaires de la biologie de la conservation nous auront permis de caractériser le PNR à partir des données que nous avons pu rassembler et de la confrontation de nos résultats avec les autres travaux en vue de contribuer à

l'amélioration des conditions de conservation de la biodiversité du PNR. La biodiversité comporte en effet trois dimensions interdépendantes que sont la composition, la structure et le fonctionnement (Noss, 1990). Cet auteur a évoqué une inquiétude croissante sur la composition de la biodiversité qui n'est pas accompagnée par une conscience adéquate de sa structure et de son fonctionnement. Quant à Du Bus de Warnaffe & Devillez (2002), les deux dernières dimensions de la biodiversité sont rarement intégrées par les gestionnaires des ressources biologiques alors que la richesse spécifique est un critère trop limité pour évaluer la qualité écologique d'un milieu donné (Noss, 1990). En intégrant dans cette étude les divers attributs de la biodiversité, nous nous sommes inscrits dans la logique de Savadogo *et al.* (2007) qui mentionnent que la description de la végétation permet d'identifier les espèces à haute importance de conservation. Cela transparait en substance dans plusieurs sections de cette étude et plus particulièrement aux sections V.5.4 et VII.9 traitant des implications pour la conservation.

VII.1.2. Techniques d'analyses multivariées: les ordinations

La collecte des données n'est pas une fin en soi. Après leur collecte, il faut pouvoir les analyser, les interpréter et les mettre à la disposition des gestionnaires et des chercheurs sous forme de rapports ou de publications (White & Edwards, 2000b). Selon Bouxin (2008), les techniques d'analyse multivariées (ordination) semblent bien adaptées à l'analyse des tableaux de relevés de végétation. Parmi les outils disponibles pour analyser les données de la végétation, les algorithmes d'ordination constituent un choix approprié pour explorer les relations entre la structure de la végétation et l'environnement (Kent & Coker, 1992). Les analyses multivariées permettent en outre de rendre compte du degré d'affinité entre diverses communautés végétales (Djitèye, 1988; Sinsin *et al.*, 1996). Elles ont été utilisées depuis quelques décennies dans l'étude de la végétation en Afrique tropicale, notamment par Bouxin (1975), Habiyaemye (1997), Dahdouh-Guebas *et al.* (2002), Noumi & Kitio (2003), Adomou (2005), Bizuru (2005), Senterre (2005), Nshimba (2008), Kouob (2009), Bangirinama (2010), Boupoya (2010), Faye (2010); l'ordination pouvant être directe ou indirecte suivant que l'on a ou pas les mesures des paramètres écologiques à sa disposition. Cependant, les méthodes d'analyse numérique des relevés sont nombreuses et chacune d'entre elles a une part de subjectivité (Feoli *et al.*, 2006; Bouxin, 2008; Ouedraogo *et al.*, 2008.). A cet effet, il appartient alors, selon Senterre (2005), à l'utilisateur de choisir la méthode qui convient le mieux et donne des résultats escomptés en tenant compte des

observations et des réalités du terrain (Bangirinama, 2010). Les logiciels retenus dans le cadre de cette étude sont CANOCO (Canonical Community Ordination: DCA et CCA), TWINSpan (Two-Way Indicator Species Analysis) et MVSP 3.1 (MultiVariate Statistical Package). Parmi les méthodes indirectes d'ordination, la DCA est plus performante car elle est censée corriger l'effet d'arche (ou effet fer à cheval) qui apparaît classiquement lorsque les points correspondant aux relevés ou espèces sont présentés dans le plan formé par les deux premiers axes. Un autre défaut corrigé est la tendance à comprimer les extrémités des axes par rapport à leur milieu (Bouxin, 2008). C'est ainsi que la DCA a été choisie pour individualiser les principales communautés végétales du PNR. Pour l'individualisation des groupements, le tableau brut des relevés a été soumis au logiciel TWINSpan. Ce dernier présente l'intérêt d'organiser de manière simple la matrice de données de départ et d'identifier les espèces indicatrices pour chaque division (Dufrêne & Legendre, 1997; Senterre, 2005; Bangirinama, 2010), une raison qui justifie son choix. Dufrêne & Legendre (1997) ont cependant développé une nouvelle méthode permettant de chercher des bio-indicateurs (IndVal: Indicator Value), une méthode qui n'a pas été appliquée dans le cadre de cette étude. Selon ceux qui l'ont utilisée (Senterre, 2005; Boupoya, 2010), elle est excessivement simple contrairement à TWINSpan qui est une méthode très complexe basée sur le principe de l'analyse factorielle des correspondances. Elle consiste en un calcul d'indice de valeur indicatrice pour chaque espèce par rapport à chaque communauté végétale définie dans une typologie. La typologie des communautés végétales doit donc être obtenue préalablement à l'aide des méthodes d'ordination et de classification (Dufrêne & Legendre, 1997). IndVal constitue donc un complément à TWINSpan (Senterre, 2005). Quant à l'individualisation des principales communautés végétales du PNR, les résultats de la DCA ont reflété la réalité des groupements individualisés à l'aide de TWINSpan. Une fois les groupements individualisés, un dendrogramme (Cluster analysis) a été par la suite généré à l'aide de MVSP 3.1 avec la dissimilitude de Bray-Curtis. Ce dernier a pu permettre d'apprécier les degrés d'affinité entre les communautés végétales. Selon Legendre & Legendre (1998), la distance de Bray-Curtis est l'équivalent quantitatif de l'indice de Sørensen, en présence absence. Enfin, afin d'étudier les relations entre la variabilité floristique et la variabilité écologique, et tester l'hypothèse selon laquelle les facteurs environnementaux mesurés contribuent significativement à la variabilité floristique observée (Dahdouh-Guebas *et al.*, 2002), la CCA a été utilisée dans son option des tests de permutation de Monte Carlo (ter Braak & Šmilauer, 2002). Cette technique d'ordination permet de traiter simultanément deux matrices de relevés (la matrice «espèces» contenant les données floristiques et la matrice

«environnement» reprenant les variables environnementales) dans le but de déterminer la part explicative de chaque variable dans la variabilité floristique (Gillet, 2000).

VII.1.3. Analyse de la diversité

La variété et la complexité des domaines biologiques constituent pour le gestionnaire une difficulté pratique pour évaluer la biodiversité (Larrieu & Gonin, 2009). Dans cette étude, les communautés végétales ont été quantifiées à partir d'indices de diversité biologique. La littérature contient une multitude d'indices pour estimer la diversité. Par exemple, le nombre d'espèces, qui est certainement la mesure la plus utilisée (Brown & Opler, 1990; Dray, 1999), ne tient pas du tout compte de l'abondance: toutes les espèces ont le même poids. Pour certains auteurs (Legendre & Legendre, 1979; Hamilton, 2005), la diversité spécifique est constituée de deux entités qui doivent être interprétées séparément: le nombre d'espèces et la régularité de leurs distributions de fréquence. Pour la diversité alpha, les indices utilisés dans ce travail sont la richesse spécifique, les indices de Shannon-Weaver, de Pielou, de Margalef et le modèle log-normale. Pour la diversité bêta, les indices de Sørensen et de Bray-Curtis ont été utilisés. Ces derniers nous ont permis de bien évaluer la diversité des groupements et des communautés végétales du PNR. La diversité gamma n'a pas été évaluée ici car elle s'applique à de grandes régions géographiques.

Des limites de certains indices ont été relevées dans cette étude. C'est le cas de l'indice de Margalef qui est biaisé dans notre cas par l'effort d'échantillonnage suite à un nombre différent de relevés par communauté (Chap IV), même s'il ne s'écarte pas de la logique de la richesse spécifique. Bien qu'il essaie de compenser les effets de l'effort d'échantillonnage (Margalef, 2004), cet indice est très sensible à la taille de l'échantillon; une observation que nous partageons avec Gamito (2010). Ces limitations peuvent même être constatées mathématiquement.

VII.1.4. Analyse des traits biologiques

La complémentarité entre l'analyse floristique et l'analyse des traits biologiques peut contribuer à mieux appréhender la complexité de l'organisation de la végétation (Khater, 2004). A titre indicatif, le spectre biologique constitue un indicateur supplémentaire et particulièrement important de la structure de l'écosystème ainsi que de son fonctionnement

(Aronson *et al.*, 1995). C'est d'ailleurs pourquoi des spectres d'autres traits biologiques ont été calculés dans ce travail. Selon Sinsin *et al.* (1996), le paramètre qui rend le mieux compte de la physionomie du groupement est le spectre biologique pondéré. Pour Bouxin (1974), un spectre brut ne présente qu'une signification limitée quand diverses espèces se présentent avec des abondances et des fréquences très différentes en plusieurs stations. C'est à la lumière de ce qui précède que nous avons pris l'option de retenir uniquement le spectre pondéré dans l'étude des traits biologiques (Chapitre III). Les traits biologiques analysés concernent les formes biologiques, les types de diaspores et la distribution géographique des espèces.

VII.1.5. Analyse de la distribution d'abondance des espèces

L'étude de la distribution d'abondance des plantes vasculaires au PNR a été réalisée par analyse des fréquences d'occurrence des espèces dans les relevés (Chapitre V). Selon Ricklefs & Miller (2005), la structure des communautés considère aussi le mode d'organisation de la distribution des espèces sur de grandes surfaces contenant une variété d'habitats. Les modèles d'abondances d'espèces ont un intérêt considérable. Qu'ils soient basés sur des hypothèses d'appropriation de ressources ou qu'ils soient purement statistiques, leur utilité consiste dans leur capacité de suivre d'une manière fine les variations de la diversité (Vieira da Silva, 1979). Des modèles de distribution sont souvent utilisés pour évaluer la faisabilité des stratégies de conservation (Beaumont *et al.*, 2005). Dans une forêt relativement stable, par exemple, où les espèces sont fréquentes, l'on s'attendrait à une distribution log-normale d'abondance des espèces (Magurran, 2004; Barima, 2009), raison pour laquelle le test de la log-normale a été retenu dans cette étude dans la mesure où son interprétation peut potentiellement fournir des renseignements sur certains processus écologiques comme les perturbations (Ulrich & Ollik, 2004). La motivation de son choix dans cette étude s'inscrit dans l'objectif ultime de vérifier si le PNR est sujet à des perturbations ou pas. Sinon, d'autres modèles auraient également pu être testés.

VII.2. Bilan floristique du PNR

En matière de monitoring, de conservation et de gestion de la nature, un des critères les plus couramment utilisés est la richesse spécifique même si cet indice est sensible à plusieurs facteurs (étendue de la zone d'étude, effort d'échantillonnage, le nombre d'espèces rares ou

le nombre d'espèces à distribution restreinte,...) dans l'évaluation de la valeur de la conservation d'un site (Dufrêne & Legendre, 1997). Cette étude a évalué la diversité floristique du PNR (Chap II) et a fourni la première liste complète de sa flore vasculaire (Chap IV & Annexe 2): 515 espèces réparties dans 98 familles et 309 genres, dont 96 espèces (19% des espèces) nouvellement signalées dans l'aire protégée. Les Fabaceae (Leguminosae: Faboideae, Caesalpinioideae et Mimosoideae), les Asteraceae et les Poaceae occupent une place de choix (avec plus de 50 espèces chacune) dans l'aire protégée. Même si la diversité biologique est inégalement distribuée à la surface du globe (Lévêque & Mounolou, 2008; Schouten *et al.*, 2009), l'abondance des légumineuses dans le PNR (14%) est proche des valeurs de la fréquence des légumineuses sous les tropiques. La fréquence des légumineuses ligneuses en régions néotropicales est comprise entre 11 et 13%, tandis qu'elle représente 10% de la flore totale dans les forêts tropicales africaines (Rundel, 1989 in Arianoutsou & Thanos, 1996), et entre 15 et 19% en Afrique dans le Miombo (Malaisse, 1978 in Arianoutsou & Thanos, 1996). Dans l'ensemble des 73 espèces de légumineuses répertoriées au PNR, 81% (59 espèces) sont constituées de Fabaceae (Faboideae) tandis que les Mimosaceae (Mimosoideae) et les Caesalpinioideae (Caesalpinioideae) ne représentent respectivement que 11% (huit espèces) et 8% (six espèces) seulement (Annexe 2). En ce qui concerne le PNR, qui est d'ailleurs largement dominé par les savanes, on remarque que les Fabaceae (Faboideae) l'emportent sur les autres formes de légumineuses à exigences forestières. La tendance de ces résultats corrobore celle de Gillon *et al.* (1992) en Côte d'Ivoire du point de vue de l'habitat préférentiel des légumineuses. En zone de mosaïque forêt-savane de la région de Lamto (Côte d'Ivoire), au sein des légumineuses et les espèces introduites mises à part, 72 % des Caesalpinioideae et 73% des Mimosoideae ont la forêt pour habitat préférentiel et se rencontrent en forêt ou en lisière, tandis que 53% des Papilionoideae (Faboideae) ont pour habitat préférentiel la savane (Gillon *et al.*, 1992). En plus de plantes indéterminées ou déterminées partiellement constituées pour la plupart de spécimens stériles, l'étude des galeries forestières marécageuses à *Uapaca guineensis* (Euphorbiaceae) signalées au sud-ouest de la Ruvubu par Nzigidahera (1996, 2000) et qui témoignent bien de l'élément phytogéographique guinéo-congolais qui pénètre jusque là (Nzigidahera, 2000), pourrait modifier les bilans ici présentés et contribuer à allonger la liste.

VII.3. Caractérisation et variabilité des communautés végétales

Selon Du Bus de Warnaffe & Devillez (2002), la richesse spécifique ne décrit que l'aspect composition taxonomique, d'une manière synthétique et approximative; elle a un intérêt patrimonial, mais pas nécessairement écologique. C'est ainsi qu'en plus de l'inventaire floristique, l'étude a également inventorié et décrit les groupements végétaux. En effet, les variations de composition floristique et de structure des groupements végétaux correspondent à des réponses de ceux-ci aux gradients de contraintes écologiques et de perturbations (Bouzellé, 2007). Ainsi, les groupements végétaux individualisés au PNR (Figure IV.2, Tableaux IV.1, 2 et 3) ne se répartissent pas de façon aléatoire, mais ils occupent des positions particulières au sein de l'aire protégée. Ces groupements sont discontinus et varient principalement selon les gradients topographique (altitude et pente), pédologique, hydrologique, selon l'action perturbatrice des feux et selon le microclimat.

Une variabilité floristique influencée significativement par le gradient altitudinal a également été notée au chapitre VI. L'altitude et quatre paramètres physico-chimiques du sol (azote total, carbone total, charge caillouteuse et pH) ont expliqué 48% de la variabilité floristique. En effet, dans la nature, les facteurs de l'environnement (biologique, physique, historique...) n'agissent pas de façon isolée: ils peuvent agir les uns sur les autres ou en synergie. La variabilité floristique inexplicée ici (52%) par les facteurs environnementaux mesurés et testés suggère l'implication d'autres facteurs difficilement quantifiables et dissociables tels que les fluctuations climatiques, le hasard, la mortalité, la compétition inter- et intraspécifique, la prédation, les barrières géographiques à la dissémination des diaspores, les agents disséminateurs, le substrat etc. Cette variance inexplicée est typique pour les études similaires dans les forêts tropicales. Par exemple, dans les forêts tropicales de Panama, la distance géographique entre les relevés et l'environnement expliquent des portions mineures (7%) de la variation floristique. La grande charge de la variation (59%) reste inexplicée par la distance et l'environnement (Lobo *et al.*, 2001). Dans une étude analogue, la distance et l'environnement ont expliqué juste 16% de la variation dans la composition floristique des arbres dans les forêts colombiennes (Duivenvoorden, 1995). Malgré que les processus stochastiques engendrent toujours une part de variance floristique inexplicée (Kouob, 2009), la prise en compte de plusieurs variables environnementales permet d'accroître la part de variabilité floristique expliquée. En portant par exemple à six le nombre de paramètres testés au PNR, soit en intégrant dans les tests de permutation de Monte Carlo le rapport C/N en plus

de l'altitude et des quatre autres paramètres physico-chimiques du sol, la variance expliquée s'élève à 56%.

VII.4. Rôle de l'hétérogénéité de l'habitat sur la diversité biologique et les traits de vie

Selon Burel & Baudry (1999), «l'hétérogénéité perçue à un moment donné et en un endroit donné est la résultante de l'hétérogénéité spatio-temporelle à la fois des contraintes environnementales, des processus écologiques et des perturbations anthropiques ou naturelles». L'hétérogénéité de l'habitat augmente la diversité, particulièrement celle des arbres en savanes (Savadoغو *et al.*, 2007). L'hétérogénéité du milieu et les perturbations contribuent en effet à l'augmentation de la diversité (Dajoz, 2006). C'est ainsi que la forte diversité des groupements de savanes du PNR serait liée en partie à la diversité des biotopes savaniques depuis les bas-fonds jusqu'aux crêtes. Quant aux marais du PNR, leur relative pauvreté spécifique est due à la sélectivité de ces milieux qui résulte de leurs conditions extrêmes. Leur composition floristique est généralement réduite, ce qui a déjà été constaté particulièrement pour la plupart des marais à *Cyperus* du Rwanda et du Burundi (Van Der Ben, 1961). L'engorgement des horizons de surface assure un accès constant à l'eau, mais la saturation du milieu en eau diminue la disponibilité d'oxygène pour la respiration racinaire, provoquant ainsi un stress anoxique dans les bas-fonds et particulièrement dans les marais. Ce stress constitue en quelque sorte une forte contrainte à l'installation des espèces arborées dans les marais (Flores, 2005). En somme, les hémicryptophytes (56%), les phanérophytes (71%) et les géophytes (42%) sont majoritaires respectivement en savanes, dans les galeries forestières et dans les marais. Quant au mode de dissémination des diaspores, le groupe des hétérochores (87% en savanes, 59% dans les galeries forestières et 95% dans les marais) comprenant les anémochores (64% en savanes; 45% dans les galeries forestières, 52% dans les marais) et les zoochores (23% en savanes, 14 % dans les galeries forestières et 43% dans les marais) est majoritaire pour le spectre pondéré (Chap III). Cela nous a alors conduit à accepter notre hypothèse selon laquelle les spectres des formes biologiques et des types de diaspores varient en fonction des prédispositions génétiques des familles dominantes et des conditions du milieu.

Au sujet toujours de la dissémination des diaspores, Lubini (1982) rapporte que les anémochores sont en général plus dominantes chez les espèces herbacées savaniques et rudérales. Il apparaît par ailleurs que l'anémochorie est une stratégie principale de dissémination pour les plantes des milieux ouverts (Habiyaemye, 1997; Senterre, 2005;

Bangirinama, 2010). L'anémochorie (58%) et la zoochorie (19%) représentent également les modes de dissémination majoritaires dans les carrières calcaires du Liban (Khater, 2004). Ces proportions mettent en relief l'importance du vent et des interactions plante-animal dans la dissémination des diaspores. Dans le cas du PNR, la proportion des espèces zoochores témoigne de l'importance que représente la faune dans la dissémination des diaspores et concernerait surtout les oiseaux et quelques vertébrés granivores et frugivores. Plusieurs auteurs (Smythe, 1970; Hubbell, 1979; Lazure & Almeida-Cortez, 2006) ont montré l'importance de la faune dans l'évolution de la végétation et l'hétérogénéité spatiale. Même si les paramètres comme le vent ou les animaux interviennent de manière aléatoire (Lepart & Escarré, 1983) et difficilement évaluable (Trichon, 1997), une étude tout au moins du comportement alimentaire des animaux du PNR apporterait plus de précisions.

VII.5. Interprétation de la répartition des individus dans la communauté à l'aide des fréquences d'occurrence et des modèles de distribution d'abondance

L'analyse de l'équitabilité a indiqué équilibre relatif entre les effectifs des différentes espèces végétales présentes pour l'ensemble du PNR. Cependant, un déséquilibre a été observé en savanes alors que la répartition des espèces dans les galeries forestières et les marais est relativement équitable. En conséquence, malgré la plus grande richesse spécifique et la diversité des habitats en savanes, les espèces présentes dans les savanes du PNR sont mal réparties dans l'ensemble de la communauté par rapport à celles des galeries forestières et des marais. La composition floristique et la physionomie des écosystèmes ne sont donc pas forcément le reflet des familles riches en espèces (Yongo & de Foucault, 2001). Certaines familles s'imposent par l'abondance de leurs individus, cas des Poaceae en savanes ou des communautés à *Cyperus papyrus* dans les marais du PNR.

Quant au test du modèle de distribution, les fréquences d'occurrence des espèces ne s'apparentent pas au modèle de distribution log-normale; ce modèle indiquant selon Magurran & Henderson (2003) et Magurran (2004), que les espèces sont régulièrement réparties dans la communauté. Cela laisse penser d'une part à une instabilité relative du PNR occasionnée par les perturbations, plus particulièrement en savanes et dans les galeries forestières, une situation confirmée d'ailleurs par l'importance des espèces largement distribuées (Chapitre III) et les tendances des valeurs de l'indice d'équitabilité (Chapitre V). Même s'il jouit du statut de protection par la loi, Ntovenimana & Yansheng (2008) ont mis

aussi en évidence les perturbations naturelles et anthropiques au PNR. D'autre part, les communautés naturelles sont reconnues par Sousa (1984) comme étant dynamiques et abiotiquement hétérogènes dans l'espace et dans le temps, et variables dans l'abondance en espèces. Il est vraisemblable que la distribution des espèces au sein d'une communauté dépende à la fois de facteurs liés à la niche écologique et de facteurs aléatoires (Blanc *et al.*, 2003). Ces facteurs explicatifs de la distribution des espèces sont aussi applicables ici. Quelques espèces comme *Parinari curatellifolia* (Chrysobalanaceae), *Hymenocardia acida* (Euphorbiaceae) et *Annona senegalensis* (Annonaceae) se retrouvent disséminées un peu partout dans les savanes du PNR, elles peuvent d'ailleurs être considérées comme ubiquistes au PNR. En ce qui concerne les espèces du PNR considérées comme «très accidentelles» voire «rares» (Chapitre V), elles restent difficilement observables en raison de leur distribution restreinte et/ou de leur faible abondance ou par le fait qu'elles sont confinées à des habitats particuliers difficilement accessibles. Ces espèces auraient une plasticité écologique très limitée ou il s'agirait de nouvelles espèces en cours d'implantation suite aux perturbations d'origines diverses. Selon César (1992) et Zoumana *et al.* (1994) cités dans Achard *et al.* (2001), les perturbations affectant les savanes conduisent à la diminution de certaines espèces, mais aussi à l'ouverture du milieu à de nombreuses autres espèces appartenant à des cortèges floristiques différents.

VII.6. Investigation sur la distribution géographique des plantes et la position biogéographique du PNR

L'analyse détaillée de la distribution géographique des espèces a montré que les espèces largement distribuées (les espèces plurirégionales africaines, pantropicales, paléotropicales, afrotropicales, subcosmopolites, afro-malgaches, montagnardes et cosmopolites) sont majoritaires (89%) dans les marais du PNR (Chapitre III). Ces espèces occupent la deuxième place dans les savanes (37%) et dans les galeries forestières (27%). De façon globale, les communautés végétales du PNR sont relativement homogénéisées et ouverts du point de vue des strates végétales: le nombre de strates est limité. Selon Achard *et al.* (2001), l'homogénéité de la strate herbacée et la dominance des graminées en savanes sont renforcées par le passage régulier des feux. Bouxin (1974) a fait le constat que c'est dans la strate herbacée que l'on observe le plus d'espèces à très large répartition phytogéographique dans les marais de Kamiranzovu (forêt de Rugege, Rwanda). Pour Devineau & Fournier (1997), une forte proportion d'espèces à large répartition peut être un indice de dégradation car la

flore perd de sa spécificité. Aussi faut-il ajouter que la végétation du Burundi porte la marque de l'homme dans le paysage (Jolly & Bonnefille, 1992). Les valeurs numériques associées à l'élément guinéen au PNR ont à leur tour peu de signification (0,66% dans les marais) et corroborent les valeurs de Bouxin (1974) dans les marais de Kamiranzovu (0,7%) au Rwanda.

Au sein du spectre de l'élément-base soudano-zambézien, la prédominance des espèces omni-soudano-zambéziennes (51% de recouvrement relatif en savanes et 50% dans les marais) suivies des espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale, des espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne, des espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale et des espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale laisse présager une interpénétration des domaines zambézien et oriental dans le PNR. Le domaine zambézien occupe au Burundi les escarpements côtiers de la partie Occidentale Sud, partant de Rumonge jusqu'à Nyanza-Lac. Il remonte jusqu'à l'extrême nord du district du Mosso-Malagarazi contre la frontière tanzanienne (Ndabaneze, 1989; Nzigidahera, 2000). Il s'agit de forêts claires dominées par *Brachystegia*, *Julbernardia* et *Isoberlinia*, des arbres caractéristiques et répondant bien à la définition du Miombo (Nzigidahera, 2000, Vancutsem *et al.*, 2006). Dans le centre d'endémisme zambézien, l'unité de végétation la plus largement répandue est «la forêt claire zambézienne de type Miombo» (Malaisse, 1993). La carte (Figure VII.1) de distribution du Miombo (Malmer, 2007) montre que les forêts claires de type Miombo ne s'étendent pas jusqu'au PNR. L'absence des *Brachystegia*, *Julbernardia* et *Isoberlinia* exclut le PNR du Miombo. Le domaine oriental quant à lui regroupe les formations de l'Imbo, dans la région de la plaine de la Rusizi et la plaine côtière du Lac Tanganyika jusqu'au nord de Rumonge, les formations du Burundi Central, dans la région des plateaux centraux et, enfin, les formations du Bugesera au Nord-Est du pays (Ndabaneze, 1983, 1989; Nzigidahera, 2000).

L'hypothèse selon laquelle le PNR serait un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques est confirmée d'une part par l'importance relative des espèces à large amplitude phytogéographique, et d'autre part par son emplacement dans la mosaïque régionale du Lac Victoria avec le domaine zambézien qui se manifeste aux contacts du PNR avec le district du Mosso-Malagarazi. La mosaïque régionale du Lac Victoria est définie comme le carrefour de cinq flores régionales: Guinéo-congolaise, Soudanienne, Zambézienne, Somalie-Masaï et Afromontagnarde (White, 1986, 1993); une raison de plus de

confirmer notre hypothèse. Cependant, la limite entre les domaines zambézien et oriental n'est pas bien tranchée. Nzigidahera (2000) évoque en effet des divergences sur la carte phytogéographique du Burundi. Le domaine zambézien, par exemple, comprendrait la végétation du PNR selon les délimitations des territoires botaniques du Burundi établies par Pouilloux (1979) in Bikwemu (1991) cité dans Nzigidahera (2000), contrairement à Ndabaneze (1983), qui le situe dans le seul district du Mosso-Malagarazi. Lambinon & Sérusiaux (1977) se sont eux aussi interrogés sur l'opportunité d'étendre le domaine zambézien éventuellement vers le nord-est, jusqu'à la vallée de la Ruvubu. Pour ces auteurs, le domaine zambézien n'est représenté au Burundi que dans une partie relativement restreinte. Le seul district qui le concerne, appelé à la suite de Lebrun (1956) cité dans Lambinon & Sérusiaux (1977), est le district du Mosso-Malagarazi et nous appuyons cette délimitation, car reflétant la réalité du terrain. Dans le cas du PNR, Vande Weghe & Kabayanda (1992) situent la limite entre les deux domaines au niveau de la rivière Ruvubu. Cette rivière, qui traverse le PNR constituerait la ligne de démarcation entre les districts du Rwanda-Burundi d'une part, et le district du Mosso-Malagarazi d'autre part, comme le montre la figure VII.2, obtenue par superposition des couches des cartes délimitant les districts phytogéographiques du Burundi, les limites administratives du Burundi et le PNR. Nous pouvons donc conclure que le PNR constitue un carrefour de divers éléments phytogéographiques même si, selon Lambinon & Sérusiaux (1977), les limites précises entre ces derniers restent quelquefois difficiles à tracer.

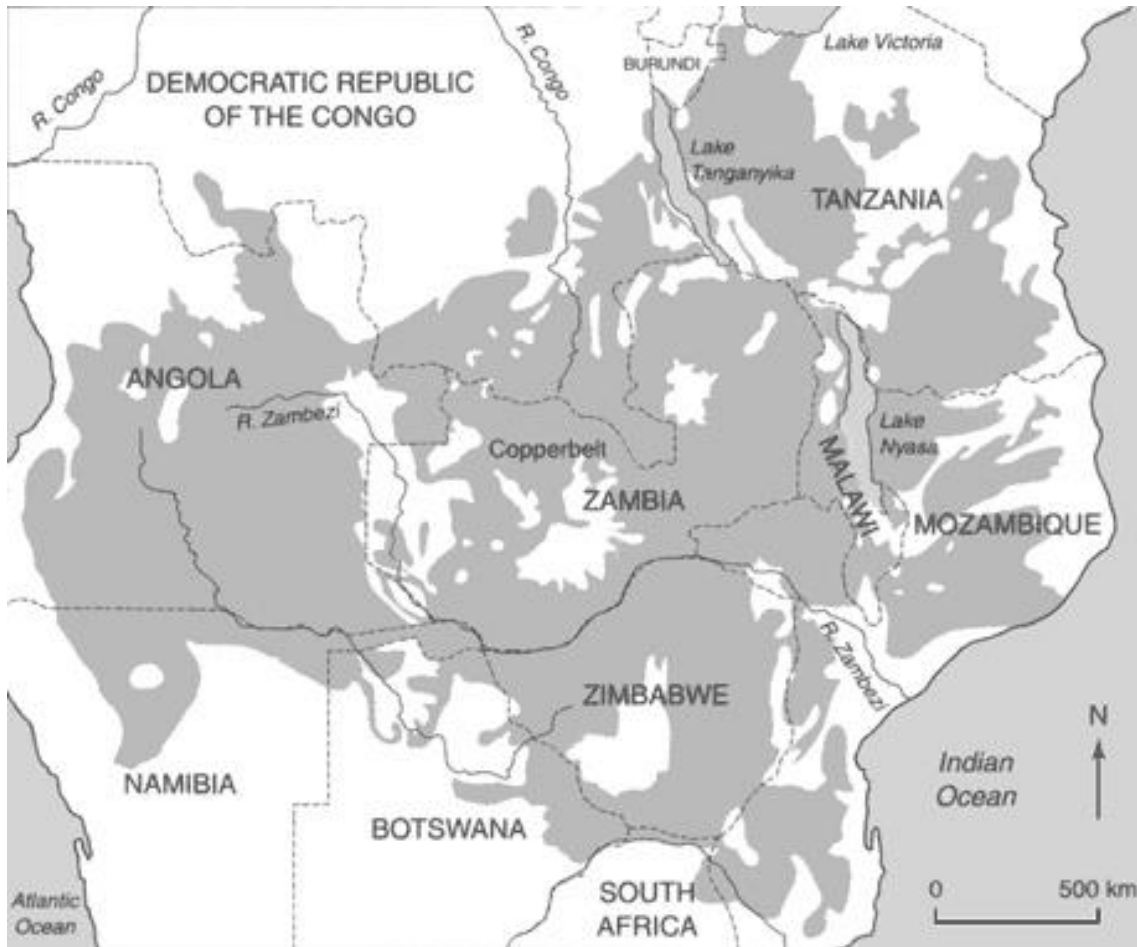


Figure VII.1: Distribution du Miombo (en gris). D'après Malmer (2007).

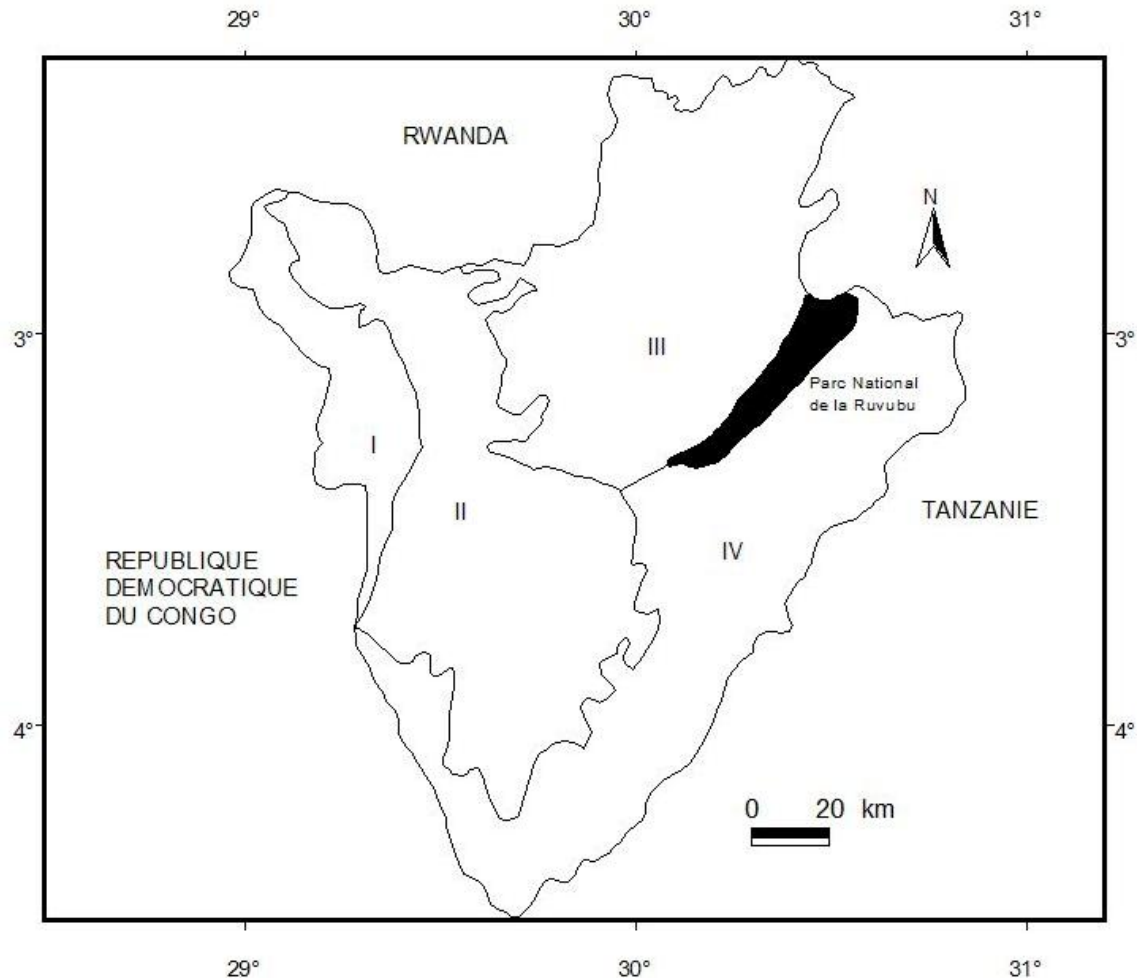


Figure VII.2: Localisation du Parc National de la Ruvubu dans les districts phytogéographiques du Burundi. La délimitation des districts phytogéographiques du Burundi par Ndabaneze (1983) se base sur Lambinon & Sérusiaux (1977). I, district du Graben occidental; II, district afromontagnard; III, district du Rwanda-Burundi; IV, district du Mosso-Malagarazi.

VII.7. Etat des lieux de l'endémisme au PNR

Les distributions géographiques des organismes sont limitées par les facteurs écologiques et historiques. Dès lors, aucun taxon n'est complètement cosmopolite mais beaucoup sont endémiques et confinés dans des régions restreintes. En outre, les espèces endémiques ne sont pas distribuées au hasard mais tendent à être concentrées dans certaines régions du globe (da Silva *et al.*, 2004). Les écologistes s'intéressent alors aux régions d'endémisme suite à leur importance dans la conservation (Linder, 1995; Myers *et al.*, 2000; Crisp *et al.*, 2001), une espèce étant considérée comme endémique à une région particulière si sa zone d'occurrence est limitée dans cette région seulement (Anderson, 1994). Dans son usage biogéographique

classique, le terme «endémique» n'implique pas nécessairement la notion de rareté ou même de distribution restreinte et c'est le cas pour les endémiques régionaux ou continentaux (Quilichini, 1999). Il n'est toutefois pas inutile de souligner que la richesse spécifique et l'endémisme sont deux symboles représentatifs de la biodiversité généralement pris en compte en biologie de la conservation, car reflétant la complexité et la particularité d'une communauté végétale (Caldecott *et al.*, 1996; Quilichini, 1999).

Cette étude n'a pas pu révéler d'espèces uniquement confinées au PNR. Cependant, il renferme certaines espèces affichant un endémisme régional. Il s'agit notamment de *Tapinanthus constrictiflorus* (Loranthaceae), une espèce des forêts ombrophiles de montagne, de *Phragmanthera usuiensis* (Loranthaceae), une espèce des forêts mésophiles submontagnardes et de *Dissotis ruandensis* (Melastomataceae), une espèce des marais d'altitude (Lewalle, 1972). *P. usuiensis* (Photo VII.1) est native de l'Afrique Orientale et Centrale et est distribuée au Burundi, en Ethiopie, en R.D. Congo, au Kenya, en Ouganda, au Rwanda et au Sud du Soudan (Friis *et al.*, 1987). *D. ruandensis* (Photo VII.2), une espèce nouvellement signalée dans les marais du PNR, est uniquement confinée, aux montagnes du Burundi, du Rwanda et de l'Est de la R.D. Congo selon Lewalle (1972). L'absence d'espèces confinées exclusivement au PNR s'expliquerait par le fait même que la mosaïque régionale du Lac Victoria, à laquelle il est rattaché, compte elle-même, selon White (1979, 1993), peu d'espèces endémiques et probablement pas de genres endémiques. Beaucoup d'espèces de la mosaïque régionale du Lac Victoria ont aussi leur occurrence dans d'autres phytochories, principalement les régions Guinéo-Congolaise, Afromontagnarde, Zambézienne et Somalie-Masaï (White, 1979). Pour Brenan (1978), le Burundi et le Rwanda ont un endémisme modéré. Ces pays enregistrent un haut degré d'endémicité au niveau de leurs régions situées dans le Rift Albertin (Mulongaibalo, 1997). Ce dernier est composé d'un système de montagnes (Poulsen *et al.*, 2005) s'étendant de la pointe septentrionale du Lac Albert à la pointe méridionale du Lac Tanganyika et couvrant une superficie de 313000km² (Plumptre *et al.*, 2003; Plumptre *et al.*, 2007). L'endémicité est très accentuée en haute altitude dans les forêts de montagne et surtout dans les marais du Rift Albertin (Nzigidahera, 2000). D'après la classification phytogéographique de White (1993), la région du Rift Albertin est essentiellement celle du centre régional d'endémisme morcelé afromontagnard qui compte au moins 4000 espèces endémiques. Dans le cas du PNR, sa position à la confluence de plusieurs éléments phytogéographiques a alors pour conséquence cette quasi-absence d'espèces particulières uniquement limitées à l'aire protégée.



Photo VII.1: *Phragmanthera usuiensis* (Loranthaceae), une plante hémiparasite du Parc National de la Ruvubu (Burundi). Cette espèce connaît une expansion très inquiétante et attaque plusieurs plantes notamment, *Parinari curatellifolia* (Chrysobalanaceae) et *Anisophyllea boehmii* (Rhizophoraceae). L'espèce dépasse même les limites du parc pour attaquer les agrosystèmes. Il s'agit, selon Lewalle (1972), d'une espèce endémique des forêts mésophiles submontagnardes. Photo Masharabu, 22 avril 2009.



Photo VII.2: *Dissotis ruandensis* (Melastomataceae), une espèce nouvellement signalée au Parc National de la Ruvubu (Burundi) et qui est, selon Lewalle (1972), uniquement confinée aux montagnes du Burundi, du Rwanda et de l'Est de la République Démocratique du Congo. Photo Masharabu, 5 juin 2008.

VII.8. Héritage naturel et implications pour la conservation

En Afrique, certaines forêts et arbres sont protégés et évalués comme des emblèmes culturels et historiques (Lebbie & Guries, 1995; Kakudidi, 2004). Les plantes caractérisent dans beaucoup d'aspects la culture, par exemple la langue, l'histoire, l'art, la religion, la médecine, la politique et la structure sociale (Kakudidi, 2004). La compréhension des connaissances et des usages du matériel biologique pour le développement et la conservation des ressources biologiques rentre directement dans le concept de la biodiversité comme définie par l'UICN en 1990 (Oteng-Yeboah, 1996). Selon Dajoz (2006), les évaluations de la valeur économique de la biodiversité prennent en compte non seulement des services rendus mais aussi la valeur culturelle, éthique et sociale de la biodiversité.

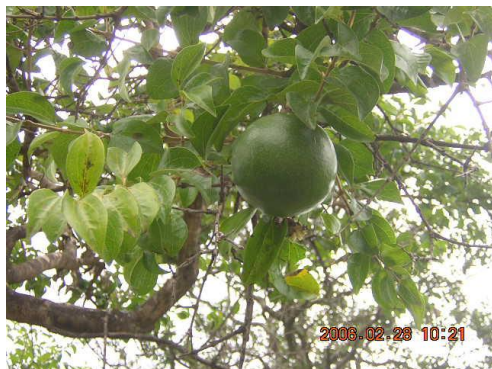
Dans ce cadre, 30 espèces du PNR à usages variés figurent sur la liste des plantes ligneuses autochtones prioritaires pour la revalorisation et la multiplication au Burundi dressée par Bigendako *et al.* (2009) sur base de l'importance que l'espèce présente pour la population, la disponibilité de l'espèce dans la nature en dehors des aires protégées, les possibilités de sa domestication et de la disponibilité des semences. Beaucoup de ces espèces sont utilisées à différentes fins dont les plus citées concernent les usages alimentaires, les usages médicaux, la menuiserie, la construction, le sciage, la vannerie, la fabrication des greniers, des tambours, mortiers, pirogues à bière, pirogues de pêche, ruches, sacs, instruments de musique, clôture des maisons, le bois de chauffe et de carbonisation. Il s'agit par ordre alphabétique des espèces: *Albizia gummifera* (Mimosaceae), *Annona senegalensis* (Annonaceae), *Bridelia brideliifolia* (Euphorbiaceae), *Bridelia micrantha* (Euphorbiaceae), *Carissa edulis* (Apocynaceae), *Cassia didymobotrya* (Caesalpiniaceae), *Clutia abyssinica* (Euphorbiaceae), *Combretum molle* (Combretaceae), *Cordia africana* (Boraginaceae), *Croton macrostachyus* (Euphorbiaceae), *Entada abyssinica* (Mimosaceae), *Erythrina abyssinica* (Fabaceae), *Faurea saligna* (Proteaceae), *Ficus thonningii* (Moraceae), *Harungana madagascariensis* (Hypericaceae), *Kigelia africana* (Bignoniaceae), *Lannea schimperi* (Anacardiaceae), *Gymnosporia arbutifolia* (Celastraceae), *Gymnosporia senegalensis* (Celastraceae), *Newtonia buchananii* (Mimosaceae), *Ozoroa insignis* subsp. *reticulata* (Anacardiaceae), *Pericopsis angolensis* (Fabaceae), *Rhus pyroides* (Anacardiaceae), *Sapium elliptum* (Euphorbiaceae), *Securidaca longipedunculata* (Polygalaceae), *Sesbania sesban* (Fabaceae), *Tephrosia vogelii* (Fabaceae), *Trema orientalis* (Ulmaceae), *Vernonia amygdalina* (Asteraceae), *Zanthoxylum chalybeum* (Rutaceae). Suite à leurs multiples usages, ces espèces sont susceptibles de subir

une pression anthropique. Selon Lévêque & Mounolou (2008), les activités de prélèvements dans le milieu naturel, qui constituent une pratique très ancienne dans l'histoire de l'humanité, sont toujours importantes, quoique plus diversifiées et de nature différente en fonction de l'état de développement économique des régions du monde. Dans le cas du PNR, Nzigidahera (2008) a inventorié 21 espèces de plantes sauvages comestibles. Le tableau VII.1 fournit la famille, le nom scientifique et l'organe récolté. Presque toutes ces plantes proviennent des savanes, notamment *Anisophyllea boehmii*, *Annona senegalensis*, *Erythrococca bongensis*, *Eriosema chrysadenium*, *Hymenocardia acida*, *Parinari curatellifolia*, *Strychnos spinosa*, *Vitex madiensis* et *V. doniana*. Les photos VII.3 (a-f) illustrent quelques exemples de plantes fruitières sauvages comestibles du PNR. Dans le PNR, des plantes sauvages qu'on ne consomme pas au Burundi mais bien ailleurs, ont été enregistrées. C'est notamment *Bidens pilosus* (Asteraceae) qui est consommée comme «épinards» sauvages par les populations du district de Lushoto en Tanzanie, *Pteridium aquilinum* (Dennstaedtiaceae) qui est consommée en Zambie, les fruits de *Phoenix reclinata* (Arecaceae) dont le cœur de la couronne est consommé en Tanzanie et les tiges en Zambie (Malaisse, 1997; Nzigidahera, 2008), les racines de *Cyperus papyrus* (Cyperaceae) et *Nymphaea maculata* (Nymphaeaceae) ainsi que les fruits de *Ficus asperifolia*, *F. vallis-choudae* (Moraceae), *Ochna schweinfurthiana* (Ochnaceae) et *Syzygium cordatum* (Myrtaceae) consommés dans le territoire Bemba, qui s'étend de la R.D. Congo à la Zambie et la Tanzanie (Malaisse, 1997). Il est à retenir que l'étude des usages alimentaires des plantes sauvages constitue certainement le plus ancien et le plus vaste domaine d'investigation en ethnobotanique, même si, au regard des travaux les plus récents, ce domaine est passé en second plan par rapport aux usages médicaux (Dounias *et al.*, 2000). Dans le PNR, la présence également des essences à signification socioculturelle est réelle, à en croire les informations émanant des guides de l'INECN. Ces plantes sont associées aux rituels royaux, sociaux et familiaux. Il s'agit de *Cordia africana* (Boraginaceae), *Dracaena steudneri* (Dracaenaceae), *Erythrina abyssinica* (Fabaceae), *Ficus ingens* (Moraceae), *F. ovata* (Moraceae). Ces plantes sont décrites comme des monuments naturels et même des emblèmes des rois (Vansina, 1972; Ndoricimpa & Guillet, 1984; Mworoha, 1987). Les anthropologues pourraient y travailler et nous éclairer à ce sujet car la valeur culturelle et la signification éthique de la biodiversité sont aussi importantes que l'intérêt biotechnologique de cette dernière (Puig, 2001). L'importance de ces plantes pour la conservation se fait implicitement sentir.

Dans le souci de la préservation du patrimoine naturel végétal (Chapitre V), dix espèces du PNR se retrouvent sur la liste des espèces menacées prioritaires pour la conservation relevées par Nzigidahera (2000) pour le Burundi, dans le cadre de l'analyse de la diversité biologique végétale nationale et de l'identification des priorités pour sa conservation, même si elles ne sont pas reprises sur la liste rouge des espèces menacées de l'UICN (2011). Bien que le PNR n'abrite pas d'espèces végétales menacées inscrites sur la liste rouge de l'UICN (2011), Hakizimana *et al.* (2010) dressent une liste de dix espèces d'oiseaux figurant sur la liste rouge de l'UICN, qu'on retrouve dans le PNR: *Agapornis fischeri* (Psittacidae), *Ardeola idae* (Ardeidae), *Circaetus fasciolatus* (Accipitridae), *Circus macrourus* (Accipitridae), *Falco naumanni* (Falconidae), *Francolinus streptophorus* (Phasianidae), *Gallinago media* (Scolopacidae), *Gyps africanus* (Accipitridae), *Lybius rubrifacies* (Lybiidae) et *Oxyura maccoa* (Anatidae). Selon les catégories et critères de l'UICN (2001) pour la liste rouge de l'UICN (2011), *A. idae* est en danger (*Endangered: EN*), *F. naumanni* est vulnérable (*Vulnerable: VU*) tandis que les huit autres espèces d'oiseaux sont quasi menacées (*Near Threatened: NT*). Par ailleurs, le PNR constitue une Zone Importante de Conservation des Oiseaux «ZICO» (BirdLife International, 2008, 2009; Hakizimana *et al.*, 2010). De surcroît faut-il rappeler que le PNR est une réserve de faune et un refuge des grands mammifères disparus ailleurs dans le pays (Nzigidahera, 2000). Dans l'ensemble des sites protégés de l'Afrique de l'Est et des pays traversés par le fleuve Nil et membres de l'Initiative du Bassin du Nil, le PNR occupe une place toute particulière. Le PNR est l'unique espace protégé en amont du Nil via son affluent le plus méridional qu'est la rivière Ruvubu. Selon Vande Weghe & Kabayanda (1992), le PNR a un intérêt qui dépasse les frontières du Burundi puisqu'il s'agit d'un rare témoin de la transition entre la forêt dense et les savanes humides, car représentant le seul échantillon protégé de l'écosystème des savanes humides à *Parinari-Pericopsis*. Les zones humides sont d'importance internationale sur plusieurs aspects dont les processus écologiques qui s'y déroulent et leur influence sur les espèces migratrices (Frazier, 1999). Le PNR est en effet un site Ramsar potentiel (BirdLife International, 2008); un des objectifs de la Convention de Ramsar étant de juguler la tendance à la disparition des zones humides et de leur biodiversité (Frazier, 1999). En définitive, nous pouvons conclure que le PNR abrite plusieurs éléments de la biodiversité protégés par la communauté internationale. Cela lui confère alors une fonction importante de réservoir de la biodiversité.

Tableau VII.1: Plantes sauvages comestibles du Parc National de la Ruvubu, Burundi (adapté de Nzigidahera, 2008).

Famille	Non scientifique	Organe récolté
Anacardiaceae	<i>Lannea edulis</i>	Fruit
	<i>Rhus longipes</i>	Fruit
Apocynaceae	<i>Landorphia kirkii</i>	Fruit
Chrysobalanaceae	<i>Parinari curatellifolia</i>	Fruit
Clusiaceae	<i>Garcinia huillensis</i>	Fruit
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea bulbifera</i>	Bulbilles
Euphorbiaceae	<i>Erythrococca bongensis</i>	Feuilles
Fabaceae	<i>Eriosema chrysadenium</i>	Tubercules
	<i>Eriosema lebrunii</i>	Tubercules
	<i>Sphenostylis marginata</i>	Feuilles
Hymenocardiaceae	<i>Hymenocardia acida</i>	Fruit
Rhizophoraceae	<i>Anisophyllea boehmii</i>	Fruit
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i>	Fruit
Rubiaceae	<i>Mussaenda arcuata</i>	Fruit
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	Feuilles
Strychnaceae	<i>Strychnos spinosa</i>	Fruit
Verbenaceae	<i>Vitex doniana</i>	Fruit
	<i>Vitex madiensis</i>	Fruit
Zingiberaceae	<i>Aframomum angustifolium</i>	Fruit
	<i>Costus spectabilis</i>	Feuilles



(a) *Strychnos spinosa* (Strychnaceae)



(b) *Anisophyllea boehmii* (Rhizophoraceae)



(c) *Vitex madiensis* (Verbenaceae)



(d) *Vitex doniana* (Verbenaceae)



(e) *Aframomum angustifolium* (Zingiberaceae)



(f) Fruit de *A. angustifolium*

Photos VII.3: Quelques plantes fruitières sauvages comestibles du Parc National de la Ruvubu, Burundi (Photos Masharabu 2006-2010).

VII.9. Avancées méthodologiques et applicabilité de la thèse

La répartition des espèces dans des groupes taxonomiques, biologiques, écologiques ou de valeur patrimoniale constitue une approche intéressante pour faire le diagnostic des caractéristiques des communautés (Chevalier *et al.*, 2001). Néanmoins, mesurer la biodiversité et comprendre les mécanismes impliqués dans ses variations locales ou régionales en Afrique subsaharienne est une tâche très difficile en raison des biais d'échantillonnage (White & Edwards, 2000a; Küper *et al.*, 2006; Droissart, 2008) et de la complexité des écosystèmes. Un constat est que les localités facilement accessibles sont le plus souvent suréchantillonnées (Droissart, 2008). La méthodologie développée dans cette thèse nous aura permis d'identifier et de prendre en compte ces biais en échantillonnant suivant des itinéraires recoupant la plupart des situations écologiques des communautés végétales du PNR (Figure I.13).

L'aire protégée accusait jusque là très peu d'études détaillées de sa flore et de sa végétation, particulièrement à cause de son accessibilité difficile liée à son éloignement par rapport à Bujumbura la capitale d'une part, et d'autre part suite au contexte de la crise que le pays a traversé depuis 1993. Le Burundi sort à peine depuis 2006 de treize ans de guerre civile. La plupart des sites protégés du pays ne connaissent pas non plus d'études détaillées de leur flore et de leur végétation. En se référant sur le cas des légumineuses récoltées et conservées à l'Herbarium de l'Université du Burundi, Bizuru (2005) a pu mettre en évidence les zones les plus prospectées du Burundi. Il est remarquable que la partie occidentale du Burundi, aux environs de Bujumbura, a été la plus étudiée par rapport au reste du pays dont la Ruvubu. Avec l'appui des approches pluridisciplinaires de la biologie de la conservation, notre étude constitue une première dans l'étude d'une aire protégée au Burundi.

Dans ce travail, des approches diversifiées, comprenant des échantillonnages de la végétation et du sol et des analyses de laboratoire ont été combinées. La caractérisation de la biodiversité du PNR à travers l'inventaire et l'évaluation de sa flore et de ses communautés végétales, l'analyse des traits biologiques, la distribution d'abondance des familles et espèces, l'analyse des déterminants environnementaux de la variabilité floristique ainsi que les biens et services offerts par le PNR revêt un caractère pluridisciplinaire. Cette analyse des qualités écologiques, sociales et économiques de la flore et de la végétation du PNR a fait appel à des domaines divers tels que la systématique, la phytosociologie, l'écologie du paysage,

l'ethnobotanique, la statistique, l'anthropologie, l'ornithologie, la biogéochimie et autres. La démarche pluridisciplinaire permet en effet de mettre en relation des données et des résultats de types différents (Lévêque *et al.*, 2000) et devrait être envisagée et encouragée pour des études similaires d'évaluation et de caractérisation de la biodiversité. Dès lors, les résultats de cette étude serviront d'une part aux services de recherche et de conservation dans la mesure où ils constituent une contribution à la compréhension du système de la biodiversité du PNR et pourront contribuer à l'orientation des programmes de planification de la conservation et de la gestion durable du PNR et du bassin du Nil. Ils permettront d'autre part aux services publics et à leurs partenaires d'avoir des éléments de référence pour la promotion de la gestion durable de la biodiversité du PNR et le développement des communautés riveraines du parc ainsi que du bassin du Nil. Le concept de développement durable passe ainsi par la réhabilitation des écosystèmes, qui doit être faite en collaboration entre les sociétés spécialisées en réhabilitation, les groupes industriels exploitant les ressources, les collectivités locales et les chercheurs (Aronson *et al.*, 2006; Lagrange, 2009). Le schéma (Figure VII.3) que nous proposons donne un aperçu des principales phases à intégrer dans la conception et l'orientation des programmes de planification de la conservation. Cette approche complémentaire à notre étude tient compte des atouts et particularités des aires protégées ainsi que de l'environnement humain, l'homme et la nature étant au centre des préoccupations de la conservation. Elle combine les analyses multivariées intégrant les données de la végétation et de l'environnement collectées sur terrain, les analyses spatiales et les analyses socio-économiques. Les analyses spatiales à partir des photographies aériennes et des images satellitaires permettraient de prospecter les milieux difficilement accessibles, mais aussi de détecter les changements intervenus dans le temps. Ces analyses constituent ainsi, dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle de la végétation, un complément aux relevés effectués localement. L'intégration des analyses socio-économiques à partir des enquêtes ethnobotaniques s'avère aussi nécessaire dans la mesure où, selon Aronson *et al.* (1995), toute politique de conservation doit prendre comme base de réflexion que la population continuera de demeurer la force dominante, autant dans les écosystèmes naturels que dans les agrosystèmes.

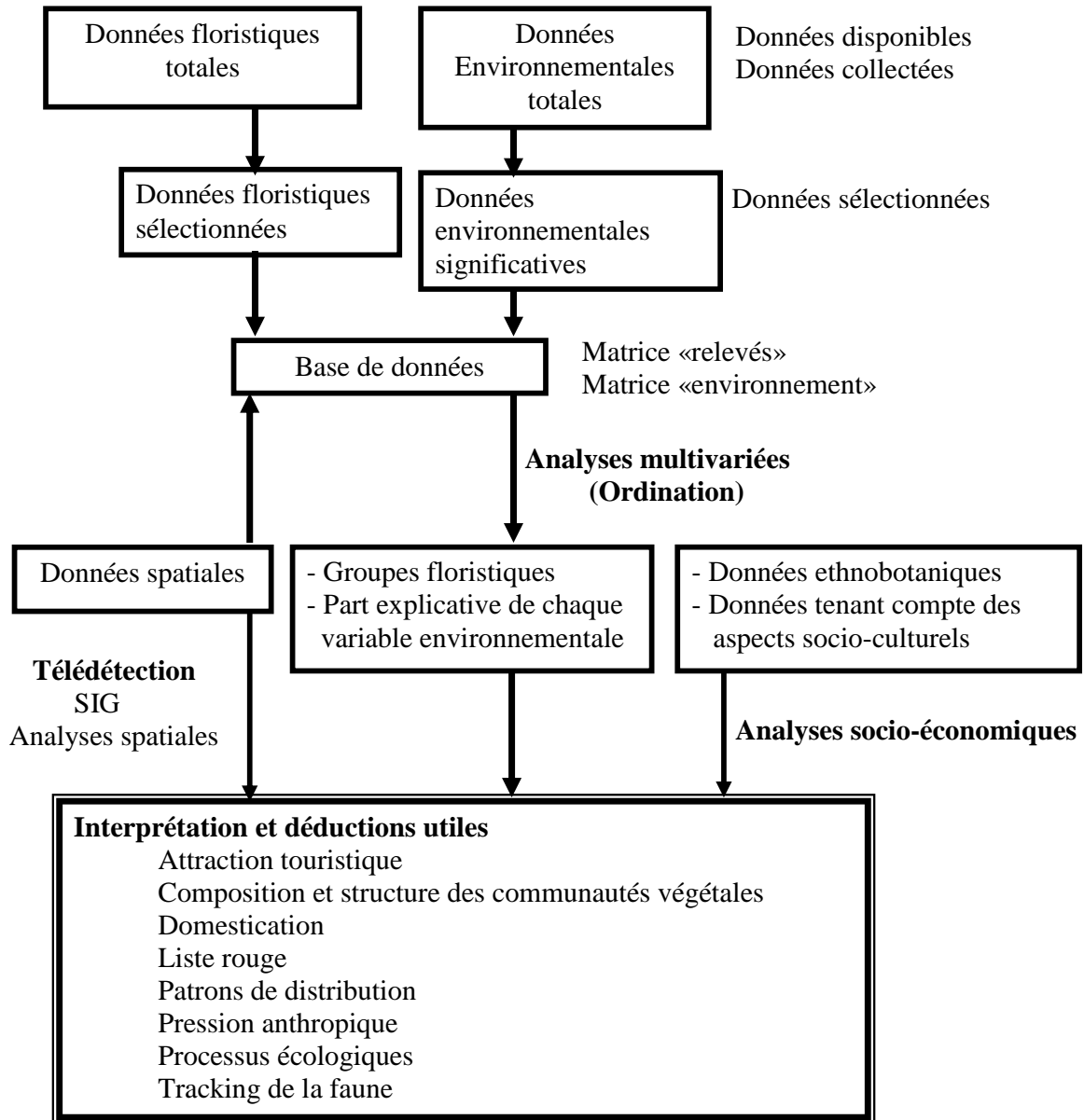


Figure VII.3: Cadre conceptuel des principales phases à intégrer dans la conception et l'orientation des programmes de planification de la conservation. Cette approche pluridisciplinaire tient compte des atouts et particularités des aires protégées ainsi que de l'environnement humain. L'approche combine les analyses multivariées intégrant les données de la végétation et de l'environnement collectées localement sur terrain, les analyses spatiales avec comme outils la télédétection et les Systèmes d'Information Géographique (SIG), et les analyses socio-économiques à partir des enquêtes ethnobotaniques. Schéma développé par T.Masharabu.

CHAPITRE VIII
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

VIII. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

VIII.1. Conclusions

La pression anthropique et les changements climatiques entraînent une forte dégradation des écosystèmes. Afin de pouvoir orienter la conservation, il est dès lors nécessaire de disposer de toute une série d'informations sur l'état actuel de la biodiversité.

Dans cette optique, l'objectif global de la présente étude était de contribuer à la caractérisation de la biodiversité du Parc National de la Ruvubu (PNR), la plus grande aire protégée du Burundi qui, jusque là, restait mal connue avec toutes les conséquences que cela comporte sur la conservation. Ce travail a combiné des approches diversifiées, comprenant des échantillonnages de la végétation et du sol et des analyses de laboratoire.

Cette étude comporte l'intérêt d'avoir fourni la première liste complète de la flore vasculaire du PNR (515 espèces réparties en 98 familles et 309 genres), dont 19% des espèces sont nouvellement signalées. La flore du PNR représente 17% de la flore du Burundi, 5% de la flore d'Afrique Centrale (Burundi, R.D. Congo et Rwanda) et 4,8% de la flore d'Afrique Orientale. Les légumineuses (Fabaceae, Caesalpinaceae et Mimosaceae) sont les plus abondantes et représentent 14% de la flore du PNR. Leur recouvrement ainsi que celui des ligneux sont négativement corrélés avec la charge caillouteuse. Les tendances du rapport C/N (18.5 ± 3.1) corroborent les valeurs reportées dans les savanes tropicales. Pour les sols, les valeurs du pH affichent une tendance légèrement acide (4.9 ± 0.5).

Au sujet des traits biologiques, les savanes sont dominées par des hémicryptophytes, les galeries forestières sont dominées par des phanérophytes (71%) et les marais, par des géophytes (42%). Les savanes, les galeries forestières et les marais sont dominés par des plantes anémochores à raison respectivement de 64%, 45% et 52%. Le PNR constitue un carrefour de plusieurs éléments phytogéographiques avec une prépondérance des espèces soudano-zambéziennes en savanes (46%), des espèces de liaison dans les galeries forestières (50%) et des espèces cosmopolites dans les marais (38%).

A côté de l'inventaire floristique et des traits biologiques, l'étude a également fourni la liste et la classification des groupements végétaux de l'aire protégée. Dix groupements ont été

individualisés, dont cinq sont nouveaux. Ces groupements présentent une certaine discontinuité. La variabilité floristique est significativement influencée par le gradient altitudinal.

Sur base des fréquences d'occurrence des espèces dans les relevés, les savanes (92% d'espèces accidentelles) manifestent un déséquilibre alors que la répartition des espèces dans les galeries forestières et les marais est relativement équitable. Les tendances de l'équitabilité laissent entrevoir des communautés végétales perturbées, particulièrement en savanes.

Du point de vue de l'héritage naturel et de la conservation, trente espèces utilitaires dans différents usages figurent sur la liste des plantes ligneuses autochtones prioritaires pour la revalorisation et la multiplication au Burundi. Un effort spécial de conservation est à garantir à dix espèces du PNR figurant sur la liste des espèces végétales menacées du Burundi prioritaires pour la conservation. Même si le PNR n'abrite pas d'espèces végétales menacées inscrites sur la liste rouge de l'UICN, une liste de dix espèces d'oiseaux du PNR figurant sur cette liste rouge a été dressée par Hakizimana *et al.* (2010). Par conséquent, le PNR constitue un site d'une haute valeur: richesse floristique, faunistique et écosystémique, valeur socio-économique de ses produits, dernier refuge et sanctuaire des grands mammifères considérés comme des espèces menacées de disparition au Burundi, réservoir d'eau alimentant le Nil, régulation du climat, ZICO et site Ramsar potentiel. Tous ces atouts militent en faveur du renforcement des stratégies de conservation et de réhabilitation de la biodiversité du PNR, moyennant évidemment un appui financier, technique et logistique efficient.

Enfin, du point de vue de l'applicabilité, les résultats de cette étude serviront aux services de recherche et de conservation dans la mesure où ils constituent une contribution à la compréhension de la complexité de la biodiversité du PNR et pourront alors influencer l'orientation des programmes de planification de la conservation et de la gestion durable du parc et du bassin du Nil. Ils permettront en outre aux services publics et à leurs partenaires d'avoir des éléments de référence pour la promotion de la gestion durable de la biodiversité du parc et le développement des communautés riveraines ainsi que du bassin du Nil.

VIII.2. Perspectives

La connaissance de la biodiversité du PNR est loin d'être complète. Compte tenu de l'impérieuse nécessité de la sauvegarde de la biodiversité, une série de projets innovants portant sur des interventions spécifiques devrait être instaurée et suivie. Les projets feraient d'abord l'objet d'études de faisabilité environnementale, technique et économique. En conséquence, afin de promouvoir une bonne planification de la conservation et de la gestion durable de la biodiversité du PNR qui tient compte de ses atouts et particularités floristiques, faunistiques, écologiques, touristiques et socio-économiques, nous terminons en traçant de nouvelles pistes de recherche à travers la formulation des perspectives pluridisciplinaires nécessitant une collaboration avec des partenaires locaux et internationaux:

1. Les composants temporels d'abondance des espèces ont des implications importantes pour la planification de la conservation (Magurran & Henderson, 2003). Afin de suivre la dégradation des espèces et la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes qui les abritent, un monitoring et une analyse spatiale de la végétation du PNR sont à entreprendre.

2. La présence au PNR des espèces considérées comme menacées nous interpelle. Une étude de la distribution potentielle des espèces cataloguées sur la liste des espèces menacées du Burundi est à conduire. En effet, si les fréquences d'occurrence des espèces et leur distribution peuvent s'expliquer par des facteurs environnementaux mesurables, les aires d'occurrence potentielles peuvent permettre de localiser les zones d'occurrences des espèces menacées au PNR et au Burundi.

3. Les échantillons de sol pour analyses de pH, charge caillouteuse, azote total, carbone total et rapport carbone/azote (C/N) n'ont été prélevés que dans un nombre limité de sites du PNR. Etant donné que la prise en considération de plusieurs variables environnementales est susceptible d'accroître la part de variabilité floristique expliquée, une étude des déterminants environnementaux de l'abondance des Fabaceae et de la variabilité floristique au PNR sur plusieurs sites et sur une gamme variée de paramètres est à envisager dans le futur. Dans ce cadre, un projet de recherche sur la valorisation de l'intégration de l'arbre Leguminosae dans les exploitations agricoles au Burundi par l'exploitation du potentiel fixateur d'azote de la symbiose Rhizobium-Leguminosae est à conduire.

4. Le PNR regorge d'espèces d'intérêt alimentaire et pharmaceutique. Il est souhaitable d'envisager des études biochimiques et d'évaluation de la valeur nutritionnelle des plantes sauvages comestibles ainsi que l'identification et la quantification des principes actifs de plantes médicinales du PNR afin de procéder à la validation de leurs effets; tout cela dans une perspective des modalités de leur domestication et conservation génétique.

5. L'homme et la nature sont au centre des préoccupations de la conservation. Nous nous proposons dans le futur de mener des études sur les relations entre le PNR et les communautés humaines riveraines afin de promouvoir la conservation de l'intégrité et de la biodiversité du PNR. Une étude d'aménagement touristique du PNR incluant le développement et la conservation rentrerait également dans ce même cadre.

CHAPITRE IX
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

IX. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achard F., Hiernaux P. & Banoïn M., 2001. Les jachères fourragères naturelles et améliorées en Afrique de l'Ouest. In: Floret C. & Pontanier R. (eds.), *La jachère en Afrique tropicale*, pp. 201-239. John Libbey Eurotext, Paris.
- Adomou A.C., 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: implications for biogeography and conservation. PhD Thesis, Wageningen University, 136 p.
- Alexandre A., 1996. Phytolithes, interactions sol-plante et paléoenvironnements. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, 130 p.
- Amundson R.G., Ali A.R. & Belsky J., 1993. Stomatal responsiveness to changing light intensity increases rain use efficiency of below-tree-crown vegetation in tropical savannas. *Journal of Arid Environment* 29: 139-153.
- Anderson S., 1994. Area and endemism. *Quarterly Review of Biology* 69: 451-471.
- Antrop M., 2001. The language of landscape ecologists and planners-A comparative content analysis of concepts used in landscape ecology. *Landscape and Urban Planning* 55(3): 163-173.
- APG III, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- APG II, 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.
- APG, 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85(4): 531-553.
- Arianoutsou M. & Thanos C.A., 1996. Legumes in the fire-prone Mediterranean regions: an example from Greece. *International Journal of Wildland Fire* 6: 77-82.
- Arnaud P.M. & Emig C.C., 1986. La population, unité fonctionnelle de la biocénose. 4 p. *Colloque CNRS «Biologie des Populations», Lyon sept. 1986.*
- Arnesen G., Joly D. & Nilsen L., 2008. Modélisation de la distribution des plantes arctiques vasculaires. Exemple de l'archipel de Svalbard dans l'Arctique européen. Journées de Climatologie-Nantes, 13-14 mars 2008. Climat et société: Climat et végétation, 17 p.
- Aronson J., Clewell A.F., Blignaut J.N. & Milton S.J., 2006. Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. *Journal for Nature Conservation* 14: 135-139.

- Aronson J., Floret C., Le Floc'h E., Ovalle C. & Pontanier R., 1995. Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. In: Pontanier R., M'Hiri A., Akrimi N., Aronson J. & Le Floc'h (eds.), L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait? pp. 11-29. John Libbey Eurotext, Paris.
- Bamba I., 2010. Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 205 p.
- Bangirinama F., 2010. Processus de la restauration écosystémique au cours de la dynamique post-culturelle au Burundi: mécanismes, caractérisation et séries écologiques. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 222 p.
- Barbault R., 2008. Ecologie générale: structure et fonctionnement de la biosphère. 6^{ème} édition. Dunod, Paris, 390 p.
- Barnaud G., 1998. Conservation des zones humides: concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation. Collection Patrimoines Naturels, 34, Paris, SPN / IEGB / MNHN, 451 p.
- Barima Y.S.S., 2009. Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieu de transition forêt-savane dans le Département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 182 p.
- Beaumont L.J., Hughes L. & Poulsen M., 2005. Predicting species' distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Ecological Modelling* 186: 250-269.
- Belsky A.J., Mwangi S.M. & Duxbury J.M., 1993. Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agroforestry Systems* 24: 1-20.
- Bidou J.E., Ndayirukiye S., Ndayishimiye J.P. & Sirven P., 1991. Géographie du Burundi. Hatier, Paris, 288 p.
- Bigawa S. & Ndorere V., 2002. Evaluation des besoins en matière de formation forestière au Burundi. RIFFEAC et FAO. Bujumbura. 32 p.
- Bigendako M.J., 1989. Recherche ethnopharmacognosique sur les plantes utilisées en médecine traditionnelle au Burundi occidental. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 352 p.
- Bigendako M.J., Gapusi J.R. & Masharabu T., 2009. Connaissances actuelles, expériences et potentialités des espèces ligneuses autochtones du Burundi. In: ACVE (ed.), Projet de

- revalorisation des espèces ligneuses autochtones du Burundi. IUCN Netherlands & Ecosystems Grants Programme Project N° 600409, 157 p.
- BirdLife International, 2009. Important Bird Area factsheet: Ruvubu National Park, Burundi. Available: <http://www.birdlife.org> (Page consultée le 15/6/2010).
- BirdLife International, 2008. BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation. Version 2.1. Cambridge, UK: BirdLife International. Available: <http://www.birdlife.org> (Page consultée le 07/4/2010).
- Bizuru E., 2005. Etude de la flore et de la végétation des marais du Burundi. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 311 p.
- Blanc L., Flores O., Molino J.F., Gourlet F.S. & Sabatier D., 2003. Diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes en forêt guyanaise. *Revue Forestière Française* 55: 131-146.
- Blondeau R., 1980. Fixation biologique de l'azote atmosphérique. Vuibert, Paris, 103 p.
- Blundell M., 1987. Collins photo guide to the wild flowers of East Africa. Harper Collins Publishers. London, UK, 464 p.
- Bogaert J., Ndiokubwayo S., Bizimana S. & Habonimana B., 2008. Définition et identification des processus de transformation pour l'analyse de la dynamique spatio-temporelle du paysage. *Revue de l'Université du Burundi-Série Sciences Exactes* 23: 11-23.
- Bogaert J., Ceulemans R. & Salvador-Van Eysenrode D., 2004. Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation. *Environmental Management* 33(1): 62-73.
- Bogaert J., Barima Y.S.S., Ji J., Jiang H., Bamba I., Iyongo W.M.L., Mama A., Nyssen E., Dahdouh-Guebas F. & Koedam N. A methodological framework to quantify anthropogenic effects on landscape pattern. In: Hong S.-K., Wu J., Kim J.-E. & Nakagoshi N (eds.), *Landscape ecology in Asian Cultures*. Springer. In press.
- Bonnefille R., 1987. Evolution forestière et climatique au Burundi durant les quarante derniers milliers années. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 305 (11): 1021-1026.
- Bordeleau L. M. & Prévost D., 1994. Nodulation and nitrogen fixation under extreme environments. *Plant and Soil* 161: 115-135.
- Boupoya M.C-A., 2010. Flore et végétation des clairières intraforestières sur sol hydromorphe dans le Parc National de l'Ivindo (Nord-Est Gabon). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 246 p.

- Bouxin G., 2008. Analyse statistique des données de végétation. Les techniques d'analyse factorielle et d'ordination, 82 p.
[en ligne]: <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV/ASDV.htm> (Page consultée le 03/8/2010).
- Bouxin G., 1975. Ordination and classification in the savanna vegetation of the Akagera Park (Rwanda, Central Africa). *Vegetatio* 29(3): 155-167.
- Bouxin G., 1974. Etude phytogéographique des plantes vasculaires du marais Kamiranzovu (forêt de Rugege, Rwanda). *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 44: 141-159.
- Bouzillé J.-B., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité. Concepts, méthodes et démarches. Ed. Tec & Doc, Paris, 331 p.
- Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. Ed. Mac Gray Hill, New York, London, 439 p.
- Bray R.J. & Curtis J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*. 27 (4): 325-349.
- Brenan J. P. M., 1978. Some aspects of the phytogeography of tropical Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 65(2): 437-478.
- Brown J. W. & Opler P. A., 1990. Patterns of butterfly species density in Peninsular Florida. *Journal of Biogeography* 17: 615-622.
- Buda P., Simm H., Mugabukomeye B. & Hakizimana E., 2005. Parc National de l'Akagera. Plan d'aménagement et de gestion 2006-2010. Draft. Kigali. GTZ/DED & ORTPN, 96 p.
- Burel, F. & Baudry, J. 1999. Ecologie du paysage: concepts, méthodes et applications. Ed. TEC & DOC, Paris. 359 p.
- Bütler R., 2000. Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage. Fiche d'enseignement, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne, 17 p.
- Buzas M.A. & Culver S.J., 1999. Understanding regional species diversity through the log series distribution of occurrences. *Diversity and Distributions* 8: 187-195.
- Caldecott J.O., Jenkins M.D., Johnson T.H. & Groombridge B., 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. *Biodiversity Conservation* 5: 699-727.
- Campbell B. M., Frost P., King J. A., Mwanza M. & Mhlanga L., 1994. The influence of trees on soil fertility on two contrasting semi-arid soil types at Matopos, Zimbabwe. *Agroforestry Systems* 28: 159-172.

- Cazenave-Piarrot A., 2004. Burundi: une agriculture à l'épreuve de la guerre civile. *Les Cahiers d'Outre-Mer* (226-227): 313-338.
- Chaer G.M., Resende A.S., Campello E.F.C., de Faria S.M., Boddey R.M. & Schmidt S., 2011. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology* 31(2): 139-149.
- Champsoloix R., 1959. A propos de la forêt claire du Sud-Est Asiatique. *Bois et Forêts des Tropiques* 64: 3-11.
- Chevalier R., Gosselin M. & Bergès L., 2001. Suivis de végétation: vers une méthode simple et efficace. *Revue Forestière Française* 53: 373-375.
- Chidumayo E.N. & Kwibisa L., 2003. Effects of deforestation on grass biomass and soil nutrient status in miombo woodland, Zambia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96: 97-105.
- Clerici N., Bodini A., Eva H., Grégoire J.-M., Dulieu D. & Paolini C., 2007. Increased isolation of two Biosphere Reserves and surround protected areas (WAP ecological complex, West Africa). *Journal for Nature Conservation* 15: 26-40.
- Coulson R.N., Saarenmaa H., Daugherty W.C., Rykiel E.J., Saunders M.C. & Fritgerarld J.W., 1999. A knowledge system environment for ecosystem management. In: Klopatek J.M. & Gardner R.H. (eds.) *Landscape ecological analysis. Issues and applications*, pp 57-79. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Craven P., 2009. Phytogeographic study of the Kaokoveld centre of endemism. PhD Dissertation, University of Stellenbosch, 233 p.
- Crisp M.D., Laffan S., Linder H.P. & Monro A., 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography* 28: 183-198.
- Cronquist A., 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, 1262 p.
- Dabin B., 1985. Les sols tropicaux acides. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie* 21(1): 7-19.
- Dabin B., 1980. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie* 18(3-4): 197-215.
- Dahdouh-Guebas F., Kairo J.G., Jayatissa L.P., Cannicci S. & Koedam N., 2002. An ordination study to view vegetation structure dynamics in disturbed and undisturbed mangroves forests in Kenya and Sri Lanka. *Plant Ecology* 161: 123-135.
- Dajoz R., 2006. Précis d'écologie. 8^e édition. Dunod, Paris, 631 p.
- Dajoz R., 2003. Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615 p.

- Damerdji A., Ladjimi L. & Doumandji S., 2005. Malacofaune associée à *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae): inventaire et aperçu bioécologique près de Mansourah (Tlemcen, Algérie). *Sciences & Technologie C* 23: 11-20.
- Dansereau P. & Lems K., 1957. The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance. *Contribution de l'Institut de Botanique de l'Université de Montréal* 71: 1-52.
- da Silva J.M.C., de Sousa M.C. & Castelletti C.H.M., 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography* 13: 85-92.
- Davis J.I., 1983. Phenotypic plasticity and the selection of taxonomic characters in *Puccinellia* (Poaceae). *Systematic Botany* 8(4): 341-351.
- Derleyn P., Taverne L., Ndabakubije V., Madodo G. & Karonkano J., 1983. Etude sur les serpents des vallées de la Kayongozzi et de la Ruvubu (Burundi). *Revue de Zoologie Africaine* 97(4): 770-800.
- Devineau J.L. & Fournier A., 1997. La flore et la végétation. In: Devineau J.L., Fournier A. & Kaloga B (eds.), Les sols et la végétation de la région de Bondoukuy (Ouest burkinabé), présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire (SPOT), p.p. 29-47, Orstom éditions.
- De Vos L., 1991. Les poissons du Parc National de la Ruvubu (Burundi). Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique. *Annales Sciences Zoologiques* 265: 25 p.
- Dileep Kumar B.S., Berggren I. & Mårtensson A.M., 2001. Potential for improving pea production by co-inoculation with fluorescent *Pseudomonas* and *Rhizobium*. *Plant and Soil* 229: 25-34.
- Diop M.S., 1999. Diversité aviaire et comportement reproducteur des Petits Calaos à bec rouge (*Tockus erythrorhynchus*) et à bec noir (*Tockus nasutus*) dans les aires protégées de la Petite-Côte du Sénégal. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 187 p.
- Djitéye M.A., 1988. Composition, structure et production des communautés végétales sahéliennes: application à la zone de Niono (Mali). Thèse de doctorat, Université Paris-Sud, Orsay, 150 p.
- Dounias E., Rodrigues W. & Petit C. (eds.), 2000. Revue de la Littérature Ethnobotanique pour l'Afrique Centrale et l'Afrique de l'Ouest. *Bulletin du Réseau Africain d'Ethnobotanique* 2: 5-117.

- Dray S., 1999. Utilisation des listes d'occurrences spécifiques spatialisées en écologie et en biogéographie. Rapport bibliographique, Université Claude Bernard Lyon I, 31 p.
- Droissart V., 2008. Etude taxonomique et biogéographique de plantes rares: le cas des Orchidaceae endémiques d'Afrique Centrale atlantique. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 249 p.
- Drouet J.-L., Sonohat-Popa G. & Nijs I., 2000. Numerical plants for biodiversity research. In: Ceulemans R., Bogaert J., Deckmyn G. & Nijs I. (eds.), Topics in ecology: structure and function in plants and ecosystems, p.p. 155-166. University of Antwerpen, UIA, Wilrijk.
- Du Bus de Warnaffe G. & Devillez F., 2002. Quantifier la valeur écologique des milieux pour intégrer la conservation de la nature dans l'aménagement des forêts: une démarche multicritères. *Annals of Forest Science* 59: 369-387.
- Dudley N., 2008. Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées. Gland, Suisse: UICN. 96 p.
- Dufrêne M. & Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Duivenvoorden J.F., 1995. Tree species composition and rain forest-environment relationships in the middle Caquetá area, Colombia, NW Amazonia. *Vegetatio* 120: 91-113.
- Dupon J.F., 1986. Les effets de l'exploitation minière sur l'environnement des îles hautes: le cas de l'extraction du minerai de Nickel en Nouvelle-Calédonie. ORSTOM, Nouméa, Stredder Print Limited, Nouvelle-Calédonie. 6 p.
- Dushimirimana S., Masharabu T., Bizuru E. & Bigendako M.J., 2010. Flore et végétation naturelle des marais de Nyamuswaga, Burundi. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 8: 10-15.
- Eldridge D.J., Westoby M. & Holbrook K.G., 1991. Soil-surface characteristics, microtopography and proximity to mature shrubs: Effects on survival of several cohorts of *Atriplex vesicaria* seedlings. *Journal of Ecology* 78: 357-364.
- El-Hilali I., 2009. La symbiose Rhizobium-Lupin: Biodiversité des Microsymbiotes et mise en évidence d'une Multi-Infection Nodulaire chez *Lupinus luteus*. Thèse de doctorat, Université Mohammed V-Agdal, 206 p.
- Fattorini M. & Halle S., 2004. The dynamic environmental filter model: how do filtering effects change in assembling communities after disturbance? In: Temperton V.M.,

- Hobbs R.J., Nuttle T. & Halle S. (eds.), *Assembly rules and restoration ecology*, pp. 96-114. Island Press, Washington.
- Faye E., 2010. Diagnostic partiel de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal: application de méthodes floristique, phytosociologique, ethnobotanique et cartographique. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 251 p.
- Feoli E., Ferro G., Ganis P., 2006. Validation of phytosociological classifications based on a fuzzy set approach. *Community Ecology* 7: 99-108.
- Flores O., 2005. Déterminisme de la régénération chez quinze espèces d'arbres tropicaux en forêt guyanaise: Les effets de l'environnement et de la limitation par la dispersion. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, 306 p.
- Forman R.T.T. & Godron M., 1986. *Landscape ecology*. John Wiley & sons, New York, 620 p.
- Francis R. & Read D.J., 1994. The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. *Plant and Soil* 159: 11-25.
- Franco A.A. & Faria S.M., 1997. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 897-903.
- Frankenberger Jr. & Abdelmagid H.M., 1985. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. *Plant and Soil* 87: 257-271.
- Frazier S., 1999. Vue d'ensemble des sites Ramsar. Wetlands International, 42 p.
- Friis I., Gilbert M. G. & Vollesen K., 1987. Additions to the flora of Ethiopia, 2. *Willdenowia* 16: 531-564.
- Frontier S., Pichod-Viale D., Leprêtre A., Davoult D. & Luczak C., 2008. *Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution*. 4^e édition. Dunod, Paris, 558 p.
- Gamito S., 2010. Caution is needed when applying Margalef diversity index. *Ecological Indicators* 10: 550-551.
- Gaudet J., 1975. Mineral concentrations in Papyrus in various african swamps. *Journal of Ecology* 63: 483-491.
- Germain R., 1952. Les associations végétales de la plaine de la Rusizi (Congo belge) en relation avec le milieu. *Publication de l'INEAC, Série Scientifique* 52: 321 p.
- Gichohi H., Gakahu C., Mwangi E., 1996. Savanna ecosystems. In: McClanahan, T.R. & Young, T.P. (eds.) *East African ecosystems and their conservation*, pp. 273-298. Oxford University Press, New York.

- Gillet F., 2000. La Phytosociologie synusiale intégrée-Guide méthodologique. 4^{ème} édition revue et corrigée. Documents du Laboratoire d'Ecologie Végétale, 1: 68 p. Université de Neuchâtel-Institut de Botanique.
- Gillon Y., Rasplus J.-Y., Boughdad A. & Mainguet A.-M., 1992. Utilisation des graines de Légumineuses par un peuplement de Bruchidae et d'Anthribidae (Coleoptera) en zone de mosaïque forêt-savane (Lamto: Côte-d'Ivoire). *Journal of African Zoology* 106: 421-443.
- Giroux M. & Audesse M., 2004. Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme. *Agrosol* 15(2): 107-110.
- Grime J.P., 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169-1194.
- Graham P.H. & Vance C.P., 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant physiology* 131: 872-877.
- Gwali S., Okullo P., Hafashimana D. & Mujuni Byabashaija D., 2010. Taxonomic diversity, distinctness, and abundance of tree and shrub species in Kasagala forest reserve in Uganda: implications for management and conservation policy decisions. *Tropical Conservation Science* 3 (3): 319-333.
- Habiyaremye M.K.F.X., 1997. Etude phytocoenologique de la dorsale orientale du Lac Kivu (Rwanda). Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren (Belgique). *Annales Sciences Economiques* 24, 276 p.
- Habonimana B., Bogaert J., Nzigidahera B. & Nahimana G., 2010. Les forêts claires de Nkayamba et de Nyamirambo de la Réserve Naturelle de Rumonge: phytogéographie et types biologiques. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 8: 44-50.
- Habonimana B., Nzigidahera B. & Inamahoro M., 2004. Approche participative d'identification des espèces végétales autochtones menacées au Burundi: Diagnostic des connaissances traditionnelles. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 2: 10-16.
- Hakizimana D., Masharabu T., Citegetse G., Bizimana D. & Manirambona A., 2010. Zones Importantes de Conservation des Oiseaux au Burundi. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 8: 4-9.

- Hakizimana P., Bangirinama F., Habonimana B. & Bogaert J., 2011. Analyse comparative de la flore de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'environnement et la Conservation de la Nature* 9: 53-61.
- Hakizimana C., 2009. Contribution à une cohabitation durable homme-buffle au Parc National de la Ruvubu: cas de la Commune Kigamba au Burundi. Mémoire de Master, Université de Liège, 49 p.
- Hamilton A.T., 2005. Species diversity or biodiversity? *Journal of Environmental Management* 75: 89-92.
- Haury J., Peltre M.-C., Muller S., Thiebaut G., Trémolières M., Demars B., Barbe J., Dutartre A., Daniel H., Bernez I., Guerlesquin M. & Lambert E., 2000. Les macrophytes aquatiques bioindicateurs des systèmes lotiques-Intérêts et limites des indices macrophytiques. Synthèse bibliographique des principales approches européennes pour le diagnostic biologique des cours d'eau. UMR INRA-ENSA EQHC Rennes & CREUM-Phytoécologie Université de Metz. Agence de l'Eau Artois-Picardie, 101 p. + annexes.
- Hautier L., Patiny S., Thomas-Odjo A., & Charles Gaspar C., 2003. Evaluation de la biodiversité de l'entomofaune circulante au sein d'associations culturales au Nord Benin. *Notes fauniques de Gembloux* 52: 39-51.
- Hedin L.O., Brookshire E.N.J., Menge D.N.L. & Barron A.R., 2009. The nitrogen paradox in tropical forest ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 613-35.
- Henderson P.A., 2003. Practical methods in Ecology. Blackwell Publishing, 163 p.
- Henry R., 2010. Plant resources for food, fuel and conservation. Earthscan, London, 182 p.
- Hill M.O., 1994. DECORANA and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in FORTRAN 77. TABLEFIT programs (ed.), Huntingdon, England, 58 p.
- Hill J.L. & Hill R.A., 2001. Why are tropical rain forests so species rich? Classifying, reviewing and evaluating theories. *Progress in Physical Geography* 25(3): 326-354.
- Högberg P., 1992. Root symbioses of trees in African dry tropical forests. *Journal of Vegetation Science* 3: 393-400.
- Hubbell S.P., 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Monographs in population biology. 32. Princeton University Press. Princeton and Oxford, 375 p.

- Hubbell S.P., 1979. Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest. *Science* 203: 1299-1309.
- Huston M.A., 1994. Biological diversity. The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press, 681 p.
- Hyde M.A. & Wursten B., 2011. Flora of Zimbabwe. [en ligne]
<http://www.zimbabweflora.co.zw> (Page consultée le 25 août 2011).
- INECN, 2009. Quatrième rapport du Burundi à la convention sur la diversité biologique. Mise en œuvre de l'objectif 2010 de la CDB. Bujumbura, Burundi, 67 p.
- Jolly D. & Bonnefille R., 1992. Histoire et dynamique du marécage tropical de Ndurumu (Burundi), données polliniques. *Review of Palaeobotany and Palynology* 75: 133-151.
- Jones M.B. & Muthuri F.M., 1985. The canopy structure and microclimate of Papyrus (*Cyperus papyrus*) swamps. *Journal of Ecology* 73(2): 481-491.
- Jongman R.H.G., ter Braak C.J.F. & van Tongeren O.F.R., 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, 299 p.
- Julve P., 1989. Sur les relations entre les types biologiques et stratégies adaptatives chez les végétaux. *Bulletin d'Ecologie* 20(1): 79-80.
- Kakudidi E.K., 2004. Cultural and social uses of plants from and around Kibale National Park, Western Uganda. *African Journal of Ecology* 42(1) 114-118.
- Kent M. & Coker P., 1992. Vegetation description and analysis. A practical approach. John Wiley & Sons, Chichester, UK. 363 p.
- Khater C., 2004. Dynamiques végétales post-perturbations sur les carrières calcaires au Liban. Stratégies pour l'écologie de la restauration en régions Méditerranéennes. Thèse, Université Montpellier II, 185 p.
- Knight R.L. & Landres P.B., 2002. Central concept and issues of biological conservation. In: Gutzwiller, K.J. (ed.), *Applying landscape ecology in biological conservation*, pp. 22-33. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
- Koffi K.J., 2008. Analyse des structures spatiales des données de distributions phytogéographique des Acanthaceae en Afrique centrale. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 240 p.
- Köppen W., 1923. Die Klimate der Erde-Grundriss der Klimakunde. Walter de Gruyter & Co., Berlin, Leipzig, 369 p.
- Kouob B.S., 2009. Organisation de la diversité végétale dans les forêts matures de terre ferme du Sud-Est Cameroun. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 195 p.

- Kovach W.L., 1997. MVSP: MultiVariate Statistical Package data analysis. *Kovach Computing Services*; 85 Nant-y-Felin, Pentraeth, Anglesey.
- Kumar, B. 2010. *Cyperus papyrus*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. [En ligne]: www.iucnredlist.org. (Page consultée le 16 août 2011).
- Küper W., Sommer J. H., Lovett J. C. & Barthlott W., 2006. Deficiency in African plant distribution data-missing pieces of the puzzle. *Botanical Journal of the Linnean Society* 150: 355-368.
- Labat J.-N., 1996. Biogéographie, endémisme et origine des Leguminosae-Papilionoideae de Madagascar. In: Lourenço, W.R. (éd.), Biogéographie de Madagascar, pp. 95-10. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Lagrange A., 2009. Etudes écologique et microbiologique des espèces du genre *Costularia* (Cyperaceae), pionnières des sols ultramafiqes en Nouvelle-Calédonie: perspectives d'application à la restauration écologique. Thèse de doctorat, Université de la Nouvelle-Calédonie, 234 p.
- Lambinon J. & Sérusiaux E., 1977. Contribution à l'étude des lichens du Kivu (Zaïre), du Rwanda et du Burundi, I. Introduction. Genre *Everniopsis*, Normandia et *Placopsis*. *Bulletin du Jardin Botanique de Belgique* 47: 459-471.
- Larrieu L. & Gonin P., 2009. L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. XIII^e Congrès Forestier Mondial, Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octobre 2009.
- Lavin M., Herendeen P.S. & Wojciechowsk M.F., 2005. Evolutionary rates analysis of Leguminosae implicates a rapid diversification of lineages during the Tertiary. *Systematic Biology* 54(4): 575-594.
- Lazure L. & Almeida-Cortez J.S., 2006. Impacts des mammifères néotropicaux sur les graines. *Neotropical Biology and Conservation* 1(2): 51-61.
- Lebbie A.R. & Guries R.P., 1995. Ethnobotanical value and conservation of sacred groves of the Kpaa Mende in Sierra Leone. *Economic Botany* 49(3): 287-308.
- Lebrun J., 1947. La végétation de la plaine alluviale au Sud du lac Edouard. Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, Exploration du Parc National Albert. Mission Lebrun (1937-1938). Fascicule 1: 472-800. Bruxelles.
- Lebrun J.-P. & Stork A.L., 1991-2010. Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale et Tropical African Flowering Plants: Ecology and Distribution, vol. 1, 2, 3, 4, 5 in prep. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.

- Lebrun J.-P. & Stork A.L., 2008. Tropical african flowering plants. Ecology and distribution. Vol.3: Mimosaceae-Fabaceae (incl. Derris). Ed. Conservatoire et Jardins botaniques de la ville de Genève, 325 p.
- Ledgard S.F. & Steele K.W., 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil* 141: 137-153.
- Legendre P. & Legendre L., 1998. Numerical ecology. Developments in environmental modelling 20. Elsevier. 853 p.
- Legendre L. & Legendre P., 1979. Ecologie numérique 1: Le traitement multiple des données écologiques. Masson, 197 p.
- Léonard J., 1994. Statistiques des Spermatophytes de la Flore d'Afrique Centrale de 1940 à 1990. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 63: 181-194.
- Léonard J., 1991. Contribution à l'étude de la flore et de la végétation des déserts de l'IRAN. Fascicule 10 (et dernier). I^{ère} partie. Etude de la végétation. Analyse phytosociologique et phytochorique des groupements végétaux. Jardin Botanique National de Belgique, 283 p.
- Léonard, J., 1951. Contribution à l'étude de la végétation des bords d'éléphants au Congo belge: le *Rhynchosporo-Cyperetum longibracteati*. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique* 84 (1-2): 13-27.
- Lepart J. & Escarré J., 1983. La succession végétale, mécanismes et modèles: analyse bibliographique. *Bulletin d'Ecologie* 14(3): 133-178
- Lévêque C. & Mounolou J.-C., 2008. Biodiversité. Dynamique biologique et conservation. 2^e édition. Dunod, Paris, 259 p.
- Lévêque C., Pavé A., Abbadie L., Weill A. & Vivien F.-D., 2000. Les zones ateliers, des dispositifs pour la recherche sur l'environnement et les anthroposystèmes. *Natures, Sciences, Sociétés* 8(4): 44-52.
- Lewalle J., 1972. Les étages de végétation du Burundi occidental. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 42 (1/2): 1-247.
- Lewis G., Shrire B., Mackinder B. & Lock M. (eds.), 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew, 592 p.
- Linder H.P., 2001. Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography* 28: 169-182.
- Linder H.P., 1995. Setting conservation priorities-the importance of endemism and phylogeny in the southern African orchid genus *Herschelia*. *Conservation Biology* 9: 585-595.

- Linder H.P. & Rudall P.J. 2005. Evolutionary history of Poales. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 36: 107-124.
- Lisowski S., 1991. Les Asteraceae dans la flore d'Afrique centrale. Vol. I. Ed.W.Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences. Krakow, 462 p.
- Lobo J.M., Castro I., Moreno J.C., 2001. Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Botanical Journal of the Linnean Society*: 73:233-253.
- Loiselle B.A., Howell C.A., Graham C.H., Goerck J.M., Brooks T., Smith K.G. & Williams P.H., 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology* 17: 1591-1600.
- Lubini A., 1982. Végétation messicole et postculturale des sous-régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre). Thèse de doctorat, Université de Kisangani, 489 p.
- Lubini A., 1980. Etude analytique du groupement messicole à *Spermacoce latifolia* dans la région de Kisangani (Zaïre). *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 50: 123-133.
- Lucot E. & Gaiffe M., 1995. Méthode pratique de description des sols forestiers caillouteux sur substrat calcaire. *Etude et Gestion des Sols* 2(2): 91-104.
- Ludwig J.A. & Reynolds J.F., 1988. Statistical ecology: A primer on methods and computing. Wiley-Interscience Publications, New York, 337 p.
- Lyaruu H.V., 2010. The influence of soil characteristics on plant species diversity and their distribution patterns in Western Serengeti, Tanzania. *Agricultural Journal* 5(3): 234-241.
- Mabberley D.J., 2008. Mabberley's plant book. A portable dictionary of Plants, their classifications, and uses. 3rd Edition. Cambridge University Press, 1040 p.
- Mabberley D.J., 1997. The plant book. A portable dictionary of the vascular plants. 2nd Edition. Cambridge University Press, 858 p.
- Macedo M.O., Resende A.S., Garcia P.C., Boddey R.M., Jantalia C.P. , Urquiaga S., Campello E.F.C. & Franco A.A., 2008. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management* 255:1516-1524.
- Magurran A.E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford, 256 p.
- Magurran A.E. & Henderson P.A., 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions. *Nature* 422: 714-716.

- Malaisse F., 1997. Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle. Les presses agronomiques de Gembloux/Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, 384 p.
- Malaisse F., 1993. Endémisme, biodiversité et spéciation dans le centre «domanial» d'endémisme shabo-zambien: remarques préliminaires. Actes du colloque international de Phytogéographie tropicale: 193-203. Paris, juin 1993.
- Malmer A., 2007. General ecological features of Miombo woodlands and considerations for utilization and management. In Proceedings of the First MITMIOMBO Project Workshop held in Morogoro, Tanzania, 6th-12th February 2007. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 50: 34-42.
- Médail F., Roche P. & Tatoni T., 1998. Functional groups in phytoecology: an application to the study of isolated plant communities in Mediterranean France. *Acta Oecologica* 19(3): 263-274.
- Mengue-Medou C., 2002. Les aires protégées en Afrique: perspectives pour leur conservation. *VertigO* 3(1): 49-59.
- Mérigot B., Bertrand J. A., Gaertner J-C., Durbec J-P., Mazouni N. & Manté C., 2007. The multi-component structuration of the species diversity of ground fish assemblages of the east coast of Corsica (Mediterranean Sea): Variation according to the bathymetric strata. *Fisheries Research* 88(1-3): 120-132.
- MINATE, 2001: Stratégie nationale et plan d'actions en matière de diversité biologique, SNPA-DB. Bujumbura, 112 p.
- MINATET, 2000. Schéma directeur d'aménagement et de mise en valeur des marais. Projet PNUD/FAO BDI/96/001. Bujumbura; 48 p.
- MINATTE, 2005. Programme d'action national de lutte contre la dégradation des terres. Bujumbura, 67 p.
- Molinier R. & Müller P., 1938. La dissémination des espèces végétales. *Revue Générale de Botanique* 50: 1-178.
- Mugnier J., 2000. La nouvelle classification des plantes à fleurs. *Pour la Science* 26: 52-56.
- Mullenders W., 1954. La végétation de Kaniama (entre Lubishi-Lubilash, Congo belge). *Publications de l'INEAC*, série scientifique n° 61, 499 p.
- Mulongaibalo M., 1997. Celebrating ARCOS 15th Anniversary. *Backbone* 20: 2.
- Mworoha E., 1987. Histoire du Burundi des origines à la fin du XIX^e siècle. Hatier, Paris, 272 p.

- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. & Kents J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Ndabaneze P., 1989. Catalogue des Graminées du Burundi. Les Editions de Lejeunia, Nouvelle série N°132, 127 p.
- Ndabaneze P., 1983. La flore graminéenne du Burundi, Taxonomie et Ecogéographie. Thèse de doctorat, Université de Liège, 293 p.
- Ndabirorere S., 1999. Données statistiques des produits forestiers non-ligneux du Burundi. Programme de partenariat CE-FAO (1998-2001). [En ligne]: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/X6698F/X6698F00.pdf> (Page consultée le 09/4/2009).
- Ndacayisaba L., 2002. Contribution à l'inventaire des Dicotylédones récoltées au Burundi (1^{ère} Partie): de Acanthaceae à Melianthaceae. Mémoire de Licence, Université du Burundi, 145 p.
- Ndayishimiye J., Bigendako M. J., Lejoly J., Sibomana S., Koffi J. K. & Bogaert J., 2010. Modèle de distribution des Mimosoideae de l'Afrique Centrale. In: van der Burgt X., van der Maesen J. & Onana J.-M. (eds.), Systematics and conservation of African plants, pp. 243-250. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Ndoricimpa L. & Guillet C., 1984. L'arbre-mémoire. Traditions orales du Burundi. Ed. Khartala, Paris, 250 p.
- Nimpagaritse E., 2003. Contribution à l'inventaire des Dicotylédones récoltées au Burundi (2^{ème} Partie): De Menispermaceae à Zygophyllaceae. Mémoire de Licence, Université du Burundi, 295 p.
- Nkeshimana J., 2003. Contribution à l'étude des Phanérogames: Inventaire des Monocotylédones du Burundi. Mémoire de Licence, Université du Burundi, 149 p.
- Noon B.R. & Dale V.H., 2002. Broad-scale ecological science and its application. In: Gutzwiller, K.J. (ed.), Applying landscape ecology in biological conservation, pp 34-52. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
- Noss R.F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- Noumi E. & Kitio E., 2003. Association semi-aquatique à *Cyclosorus striatus* (Schum.) Ching (Thelipteridaceae) dans la région de Yaoundé (Cameroun). *African Journal of Science and Technology* 4(2): 29-37.
- Nshimba H., 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RDCongo. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 271 p.

- Ntovenimana R. & Yansheng, 2008. Anthropogenic impacts on protected areas of Burundi. Case study of Ruvubu National Park. *The Journal of American Science* 4(2): 26-33.
- Nzigidahera B., 2008. S'alimenter en savanes de l'Est du Burundi: Plantes comestibles du Parc National de la Ruvubu. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 5: 18-23.
- Nzigidahera B., 2004. Stratégie nationale et plan d'action en renforcement des capacités en matière de diversité biologique. INECN, Bujumbura, 105 p.
- Nzigidahera B., 2000. Analyse de la diversité biologique végétale nationale et identification des priorités pour sa conservation. INECN, Bujumbura, 126 p.
- Nzigidahera B., 1996. Flore du Sud et de l'Est du Burundi. Arbres et arbustes. APRN- GTZ- INECN, Gitega, 155 p.
- Ortega-Huerta M.A. & Peterson A.T., 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in north-eastern Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 39-54.
- Oteng-Yeboah A.A., 1996. Biodiversity in three traditional groves in the Guinea savanna, Ghana. In: van der Maesen L.J.D., van der Burgt X.M. & van Medenbach de Rooy J.M. (eds.), *The Biodiversity of African Plants*, p.p. 188-197. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Ouedraogo O., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K. & Guinko S., 2008. Diversité et structure des groupements ligneux du parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica* 11: 5-16.
- Pearce J. & Ferrier S., 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling* 133: 225-245.
- Peterson A.T. & Robins C.R., 2003. Using ecological-niche modelling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology* 17: 1161-1165.
- Piroux A., 2002. Evolution des classifications botaniques: utilitaires, morphologiques, phylogéniques. Mémoire de DESS, Ecole Nationale Supérieure des Sciences de l'Information et des Bibliothèques, Lyon, 49 p.
- Plumptre A.J., Davenport T.R.B., Behangana M., Kityo R., Eilu G., Ssegawa P., Ewango C., Meirte D., Kahindo C., Herremans M., Peterhans J. K., Pilgrim J.D., Wilson M., Languy M. & Moyer D., 2007. The biodiversity of the Albertine Rift. *Biological Conservation* 134: 178-194.

- Plumptre A.J., Behangana M., Davenport T.R.B., Kahindo C., Kityo R., Ndomba E., Nkuutu D., Owiunji I., Ssegawa P. & Eilu G., 2003. The biodiversity of the Albertine Rift. Albertine Rift technical reports No. 3. 105 p.
- PNUE, 1993. Lignes directrices concernant les monographies nationales sur la diversité biologique. UNEP/Bio. Div./Guidelines/CS/Rev. 2. 130 p.
- Pontanier R. & Floret C., 2003. Les indicateurs du fonctionnement et du changement du milieu naturel. In: Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Floret C. (éd), Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasad, N'Djamena, Tchad-Cirad, Montpellier, France.
- Poulsen A.D., Hafashimana D., Eilu G., Liengola I.B., Ewango C.E.N. & Hart T.B., 2005. Composition and species richness of forest plants along the Albertine Rift, Africa. *Biologiske Skrifter* 55: 129-143.
- Puig H., 2001. Diversité spécifique et déforestation: l'exemple des forêts tropicales humides du Mexique. *Bois et forêts des tropiques* 268 (2): 41-55.
- Quilichini A., 1999. Biologie et écologie d'une espèce endémique corso-sarde rare et protégée: *Anchusa crispa* Viv. (Boraginaceae): implications pour sa Conservation. Thèse de doctorat, Université de Corse Pascal Paoli, 119 p.
- Ramade F., 2009. Eléments d'écologie: Ecologie fondamentale. 4^e édition. Dunod. 689 p.
- Ramade F., 2005. Eléments d'écologie: Ecologie appliquée. 6^e édition. Dunod. 864 p.
- Randriatafika F., Rabenantoandro J., Birkinshaw C. & Vincelette M., 2007. Biology, ecology, risk of extinction, and conservation strategy for *Eligmocarpus cynometroides* (Fabaceae): a priority species at Petriky. In Ganzhorn J.U., Goodman S.M. & Vincelette M. (eds.), Biodiversity, ecology and conservation of littoral ecosystems in Southeastern Madagascar, Tolagnaro (Fort Dauphin), pp.369-377. Series editor Alfonso Alonso. SI/MAB Series # 11. Smithsonian Institution, Washington DC.
- Rao G., Wu S. & Yang J., 2001. Chloroplast DNA sequence data. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 137(3): 291-296.
- Raunkiaer C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, London, 632 p.
- Ricklefs R.E. & Miller G.L., 2005. Ecologie. De Boeck, Belgique. 821 p.
- Robyns W., 1942. Le concept des phytocénoses biotiques principalement dans les régions intertropicales. *Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat à Bruxelles* 16(4): 413-433.
- Rodgers W.A., 1996. The Miombo woodlands. In: McClanahan, T.R. & Young, T.P. (eds.),

- East African ecosystems and their conservation, pp. 299-326. Oxford University Press, New York.
- Rollet B., 1979. Application de diverses méthodes d'analyse de données à des inventaires forestiers détaillés levés en forêt tropicale. *Oecologia Plantarum* 14: 319-344.
- Roux J.P., 2009. Synopsis of the Lycopodiophyta and Pteridophyta of Africa, Madagascar and neighbouring islands. *Strelitzia* 23. South African National Biodiversity Institute, 296 p.
- Sabatier D., Molino J.-F. & Prévost M.-F. (ed), 2007. La forêt amazonienne dévoilée. *Sciences au Sud-Le journal de l'IRID* n° 38.
- Savadogo P., Mulualet Tigabu M., Sawadogo L. & Odén P.C., 2007. Woody species composition, structure and diversity of vegetation patches of a Sudanian savanna in Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques* 294(4): 5-20.
- Scherrer B., 2007. Biostatistique. Vol. 1, 2^e édition. Les éditions de la Chenelière inc., Montréal, 816 p.
- Schmitz A., 1988. Révision des groupements végétaux décrits du Zaïre, du Rwanda et du Burundi. Musée royal de l'Afrique Centrale, Tervuren (Belgique). *Annales Sciences Economiques* 17: 315 p.
- Schouten M.A., Verweij P.A., Barendregt A., Kleukers R.M.J.C., Kalkman V. J. & de Ruiter P.C., 2009. Determinants of species richness patterns in the Netherlands across multiple taxonomic groups. *Biodiversity and Conservation* 18: 203-217.
- Seastedt T.R. & Knapp A.K., 1993. Consequences of nonequilibrium resource availability across multiple time scales: The transient maxima hypothesis. *The American Naturalist* 141(4): 621-633.
- Senterre B., 2005. Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 345 p.
- Shannon C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27 (1, 2): 379-423, (3): 623-656.
- Sheil D. & Salim A., 2004. Forest tree persistence, elephants, and stem scars. *Biotropica* 36(4): 505-521.
- Sibomana S., Nshimba S.-M., Koffi K.J., Robbrecht E., Lejoly J., Habonimana B. & Bogaert J., 2008. Identification des plantes menacées du Burundi par analyse de la vulnérabilité. *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani* 13: 77-85.

- Simbizi C., 1988. La crise alimentaire de 1943-1944 au Burundi. Mémoire de Licence, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université du Burundi, 173 p.
- Sinsin B., 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages du périmètre Nikki-Kalale au Nord-Benin. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 350 p.
- Sinsin B., Oumorou M. & Ogoubyi V., 1996. Les faciès à *Adropogon pseudapricus* des groupements post-cultureux et des savanes arbustives du Nord-Bénin: dissemblance floristique et caractères communs. In: van der Maesen L.J.D., van der Burgt X.M. & van Medenbach de Rooy J.M. (eds.), *The Biodiversity of African Plants*, p.p. 231-238. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Slik J.W.F., Poulsen A.D., Ashton P.S., Cannon C.H., Eichhorn K.A.O., Kartawinata K., Lanniari I., Nagamasu H., Nakagawa M., Van Nieuwstadt M.G.L., Payne J., Purwaningsih Saridan A., Sidiyasa K., Verburg R.W., Webb C.O. & Wilkie P., 2003. A floristic analysis of the lowland dipterocarp forests of Borneo. *Journal of Biogeography* 30: 1517-1531.
- Smythe N., 1970. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. *The American Naturalist* 104: 25-35.
- Soares M., Abreu J., Nunes H., Silveira P., Schrire B. & Figueiredo E., 2007. The Leguminosae of Angola: diversity and endemism. *Systematics and Geography of Plants* 77: 141-212.
- Sørensen T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Videnski Selskab Biologiske Skrifter* 5: 1-34.
- Soulé M.E., 1985. What is Conservation Biology? *BioScience* 35: 727-734.
- Sousa W.P., 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353-391.
- Sprent J., 2002. Knobs, knots and nodules: The renaissance in Legume symbiosis research. *New Phytologist* 153: 2-16.
- Sprent J.I. & Parsons R., 2000. Nitrogen fixation in legume and non-legume trees. *Field Crops Research* 65: 183-196.
- ter Braak C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.

- ter Braak C.J.F. & Šmilauer P., 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, NY, USA (www.canoco.com): Microcomputer Power.
- ter Steege H., Pitman N.C.A., Phillips O.L., Chave J., Sabatier D., Duque A., Molino J.-F., Prévost M.-F., Spichiger R., Castellanos H., von Hildebrand P. & Vásquez R., 2006. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature* 443: 444-447.
- Thompson K., Shewry P.R. & Woolhouse H.W., 1979. Papyrus swamp development in the Upemba basin, Zaïre: studies of population structure in *Cyperus papyrus* stands. *Botanical Journal of the Linnean Society* 78: 299-316.
- Thuiller W., Lavorel S. & Araujo M.B., 2005. Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecology and Biogeography* 14: 347-357.
- Tolimieri N. & Anderson M.J., 2010. Taxonomic distinctness of demersal fishes of the California current: Moving beyond simple measures of diversity for marine ecosystem-based management. *Plosone* 5(5): e10653.
- Trichon V., 1997. Hétérogénéité spatiale d'une forêt tropicale humide de Sumatra: effet de la topographie sur la structure floristique. *Annals of Forest Science* 54: 431-446.
- Troupin G., 1978-1988. Flore du Rwanda, Spermatophytes. Volumes I à IV. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique & Institut National de Recherche Scientifique, Butare, République Rwandaise.
- Troupin G., 1971. Syllabus de la flore du Rwanda. Spermatophytes. Musée Royal de l'Afrique Centrale. Tervuren (Belgique), 356 p.
- Troupin G., 1966. Etude phytocénologique du Parc National de l'Akagera et du Rwanda Oriental. Recherche d'une méthode d'analyse appropriée à la végétation d'Afrique Intertropicale. INRS, Butare, Publication n° 2, 293 p.
- Tryon R., 1986. The biogeography of species, with special reference to ferns. *The Botanical Review* 52: 117-156.
- Turner M.G., 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 171-197.
- UICN, 2011. IUCN red list of threatened species. Version 2011.1. [en ligne]: www.iucnredlist.org (Page consultée le 16 août 2011).

- UICN, 2001. Catégories et critères de l'UICN pour la liste rouge: Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. 32 p.
- UICN, 1994. Lignes directrices pour les catégories de gestion des aires protégées. CPNAP avec l'assistance du WCMC. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, 261 p.
- Ulrich W. & Ollik M., 2004. Frequent and occasional species and the shape of relative abundance distributions. *Diversity and Distributions* 10 (4): 263-269.
- Valladares F., Villar-Salvador P., Dominguez S., Fernandez-Pascual M., Peñuelas J.L. & Pugnaire F.I., 2002. Enhancing the early performance of the leguminous shrub *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.: fertilisation versus *Rhizobium* inoculation. *Plant and Soil* 240: 253-262.
- Vancutsem C., Pekel J.-F., Evrard C., Malaisse F. & Defourny P., 2006. Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo au 1:3 000 000. Notice explicative. UCL-Geomatics (Louvain-la-Neuve, Belgique). Presses Universitaires de Louvain, 30 p.
- Van Der Ben D., 1961. Phytosociologie. In: Pahaut, P., Van Der Ben, Bodeux, A. & Damiean, G. (eds), Archives de la mission de la Karuzi (Urundi) I, pp. 109-133. Service des publications d'Assistance technique-Ministère des Affaires Etrangères et du Commerce Extérieur, Bruxelles.
- Vande Weghe J.P., 2004. Forêts d'Afrique centrale: la nature et l'homme. Ed. Lannoo SA, Bruxelles. 367 p.
- Vande Weghe J.P. & Kabayanda A., 1992. Le Parc National de la Ruvubu et sa région limitrophe: étude d'identification de la Ruvubu: Etude N° ET/44/2/92. MINATE-CEE, 195 p.
- Van Hecke P., Rousseau R., Moermans R. & Bogaert J., 2000. Relating species richness, evenness and diversity profiles for measuring heterogeneity. In: Ceulemans R., Bogaert J., Deckmyn G. & Nijs I. (eds.), Topics in ecology: structure and function in plants and ecosystems, p.p. 167-176. University of Antwerpen, UIA, Wilrijk.
- Vansina J., 1972. La légende du passé: traditions orales du Burundi. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique, Archives d'anthropologie n°16,257 p.
- Vieira da Silva J., 1979. Introduction à la théorie écologique. Masson, 112 p.
- Vivian-Smith G., 1997. Microtopographic heterogeneity and floristic diversity in experimental wetland communities. *Journal of Ecology* 85: 71-82.

- Weber H.E., Moravec J. & Theurillat J.-P., 2000. International code of phytosociological nomenclature, 3rd edition. *Journal of vegetation Science* 11: 739-768.
- Weltzin J.F. & Coughenour M.B., 1990. Savanna tree influence on understory vegetation and soil nutrients in northwestern Kenya. *Journal of Vegetation Science* 1: 325-334.
- White F., 1993. The AETFAT chorological classification of Africa: history, methods and applications. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 62: 225-281.
- White F., 1986. La végétation d'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation d'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO, ORSTOM-UNESCO, 384 p.
- White F., 1979. The Guineo-Congolian Region and its relationships to other phytochoria. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 49: 11-55.
- White F., 1976. The vegetation map of Africa: the history of a completed project. *Boissiera* 24: 659-666.
- White L. & Edwards A., 2000a. Vegetation inventory and description. In: White L. & Edwards A. (eds.), Conservation research in the African rain forests: a technical handbook, pp. 119-155. Wildlife Conservation Society, New York.
- White L. & Edwards A., 2000b. An introduction to data analysis and interpretation. In: White L. & Edwards A. (eds.), Conservation research in the African rain forests: a technical handbook, pp. 31-51. Wildlife Conservation Society, New York.
- Wilson S.D. & Keddy P.A. 1986. Species competitive ability and position along a natural stress/disturbance gradient. *Ecology* 67(5): 1236-1242.
- Wilson M.V. & Schmida A. 1984: Measuring Beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology* 72: 1055-1064.
- Yongo O. & de Foucault B., 2001. Analyse phytogéographique de la forêt de Ngotto (République Centrafricaine). *Systematic and Geography of Plants* 71: 847-857.

CHAPITRE X
ANNEXES

X. ANNEXES

ANNEXE 1: Références et résumés des publications ne relevant pas de la thèse.

1. FLORE ET VEGETATION NATURELLE DES MARAIS DE NYAMUSWAGA, BURUNDI

Référence: Dushimirimana S., Masharabu T., Bizuru E. & Bigendako M.J., 2010. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 8: 10-15.

Résumé: La disparition de la végétation naturelle des marais de Nyamuswaga (Burundi) suite à la politique de mise en valeur agricole nous a poussé à entreprendre une étude de la flore et la végétation de ces marais. Soixante-trois espèces ont été inventoriées. On a l'impression d'avoir une végétation monospécifique de *Cyperus papyrus*. Trois groupements végétaux ont été individualisés: groupement à *Cyperus papyrus* et *Thelypteris gongylodes*, groupement à *Polygonum setosulum* et groupement à *Pteridium aquilinum*. La végétation des marais de Nyamuswaga connaît une évolution régressive où le groupement à *Cyperus papyrus* et *Thelypteris gongylodes* est remplacé par *Ludwigia abyssinica*, qui à son tour fait place au groupement à *Polygonum setosulum* et enfin s'installe le groupement à *Pteridium aquilinum* qui probablement évoluera en une savanisation ou steppisation. Cette tendance régressive s'explique par les changements des conditions écologiques notamment le pH du sol, la teneur en matières organiques et la profondeur de l'eau.

Mots-clés: Flore, végétation, marais, Nyamuswaga, Burundi.

Abstract: Flora and natural vegetation of Nyamuswaga swamps, Burundi.

The disappearance of natural vegetation in Nyamuswaga swamps due to agricultural enhancement politics pushed us to undertake the study of its flora and vegetation. Sixty-three species have been inventoried. The vegetation seems to be monospecific with domination of *Cyperus papyrus*. Three vegetation types were individualized: *Cyperus papyrus* and *Thelypteris gongylodes* community, *Polygonum setosulum* community and *Pteridium aquilinum*. Nyamuswaga swamps vegetation has a regressive evolution in which *Cyperus papyrus* and *Thelypteris gongylodes* is replaced by *Ludwigia abyssinica* community, which gives place to *Polygonum setosulum* community and finally to *Pteridium aquilinum* that probably will evolve in a savanna or steppe. This regressive tendency is explained by the ecological conditions changes as the soil pH, the organic matter content and water depth.

Keywords: Flora, vegetation, swamps, Nyamuswaga, Burundi.

2. ZONES IMPORTANTES DE CONSERVATION DES OISEAUX AU BURUNDI

Référence: Hakizimana D., Masharabu T., Citegetse G., Bizimana D. & Manirambona A., 2010. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 8: 4-9.

Résumé: Cette étude vise à identifier les Zones Importantes de Conservation des Oiseaux (ZICOs) au Burundi sur base des critères reconnus au niveau mondial. Les critères considérés étaient: présence d'un nombre important d'espèces d'oiseaux globalement menacées, présence des espèces d'oiseaux confinées aux zones d'endémisme, assemblage d'espèces

d'oiseaux à distribution limitée à un ou plusieurs biomes, les espèces coloniales ou grégaires. Le Parc National de la Kibira, le Parc National de la Ruvubu, la Réserve Naturelle Forestière de Bururi, la Réserve Naturelle de la Rusizi et la Réserve Naturelle du lac Rwihinda ont été identifiés comme des ZICOs. La Réserve Naturelle Forestière de Kigwena, la Réserve Naturelle de Rumonge et la vallée de Malagarazi sont des ZICOs potentielles.

Mots-clés: ZICO, oiseaux, conservation, biodiversité, BirdLife International.

Abstract: This study aims to identify Important Birds Areas (IBA) in Burundi on the basis of standardized criteria. The criteria considered were: species of global conservation concern, assemblage of restricted-range species, assemblage of biome-restricted species and gregarious species. Kibira National Park, Ruvubu National Park, Bururi Forest Nature Reserve, Rusizi Nature Reserve and Rwihinda lake managed reserve were identified as IBA. The Kigwena Forest Nature Reserve, Rumonge Nature Reserve and Malagarazi valley are potential IBA.

Keywords: IBA, birds, conservation, biodiversity, Birdlife International.

3. EVOLUTION DES PARAMETRES FLORISTIQUES AU COURS DE LA DYNAMIQUE POST CULTURALE DANS LES JACHERES DU SITE BIBARA DANS LE PARC NATIONAL DE LA RUVUBU (BURUNDI)

Référence: Bangirinama F., Masharabu T., Bigendako M.J., Lejoly J., De Cannière C. & Bogaert J., 2009. *Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature* 7: 3-13.

Résumé: Une étude synchronique a été réalisée dans les jachères réparties en trois classes d'âges (0-2 ans, 3-5 ans et plus de 5 ans) du site de Bibara dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi). L'objectif poursuivi était de montrer que l'évolution des paramètres floristiques pendant la dynamique post culturale peut traduire le stade de la succession. Les paramètres retenus étaient : les types biologiques, phytogéographiques, foliaires et des diaspores. Après traitement des données, quatre groupements floristiques ont été individualisés. L'analyse de l'évolution des paramètres floristiques met en évidence que les stades jeunes sont caractérisés par les thérophytes à diaspores sclérochores souvent anémochores, tandis que les stades âgés sont dominés par des phanérophytes à diaspores sarcochores essentiellement zoochores. La proportion des espèces à large distribution diminue avec l'âge de la jachère contrairement aux espèces à distribution régionale. Une augmentation progressive avec l'âge de la jachère d'espèces mésophylles et une diminution d'espèces leptophylles ont été observées. L'évolution de l'affinité floristique entre les groupements constitue également un indicateur du stade de la succession post culturale.

Mots-clés: paramètres floristiques, jachère, dynamique post culturale, Ruvubu (Burundi).

Abstract: A synchronic study was led in three age classes of fallows (0-2 years, 3-5 years and more than 5 years) located in the Bibara site of Ruvubu National Park (Burundi). The aim was to show that the evolution of the floristic parameters during the post cultivation dynamic can reveal the succession stage. Those parameters were: biological and phytogeographic types, leaf size and diaspores dispersion. The data analysis gave for floristic associations. The young stages are characterized by sclerochorus herbaceous (therophyts) with often anemochorus dispersion, while the old stages are dominated by sarcochorus

phanerophytes with essentially autochorous dispersion. The number of large distribution species decreased with the fallow age in contrary to the regional distribution species. The increased number of species with large leaves in size and the regression of species with small leaves in size were observed during the post cultivation dynamic. The similitude degree evolution between associations showed also the stage of the post cultivation succession.

Keywords: floristic parameters, fallows, post cultivation dynamic, Ruvubu (Burundi).

4. ETAT DE LA DIVERSITE VEGETALE RUDERALE DANS LES ECOSYSTEMES DES ZONES URBAINES DE BUJUMBURA

Référence: Masharabu T., Bigendako M.J. & Lejoly J., 2008. *Revue de l'Université du Burundi-Série Sciences Exactes* 24: 2-14.

Résumé: Dans le souci d'étudier la végétation rudérale dans les zones urbaines de Bujumbura, des relevés phytosociologiques selon la méthode de Braun-Blanquet ont été effectués. Ce travail a pour objectif de faire une étude sur l'état des lieux de la diversité végétale spontanée dans les parcelles et les espaces non encore bâtis de l'écosystème urbain de Bujumbura. L'ordination des relevés a été effectuée grâce aux logiciels TWINSpan et CANOCO. Trois groupements à savoir le groupement à *Amaranthus hybridus*, le groupement à *Cynodon dactylon* et le groupement à *Asystasia gangetica* ont été identifiés.

Abstract: With the aim to study the ruderal vegetation in the urban zones of Bujumbura, phytosociological relevés were carried out according to the Braun-Blanquet method. This work aims to make a study on the inventory of fixtures of spontaneous vegetable diversity in the pieces and not yet built spaces of the urban ecosystem of Bujumbura. The ordination used TWINSpan and CANOCO software. Three communities, namely community with *Amaranthus hybridus*, community with *Cynodon dactylon* and community with *Asystasia gangetica* were identified.

5. DEFORESTATION IN CENTRAL AND WEST AFRICA: LANDSCAPE DYNAMICS, ANTHROPOGENIC EFFECTS AND ECOLOGICAL CONSEQUENCES

Référence: Barima Y.S.S., Djibu J.P., Alongo S., Ndayishimiye J., Bomolo O., Kumba S. Iyongo L., Bamba I., Mama A., Toyi M., Kasongo E., Masharabu T., Visser M. & Bogaert J. 2011. In: Daniels J.A. (ed.), *Advances in Environmental Research*, Volume 7, pp. 95-120. Nova Science Publishers.

Abstract: Through a series of five case studies, possible drivers and consequences of deforestation are discussed. Three studies focus on the Katanga Province (Democratic Republic of the Congo). The potential threat of mining activities for the forest ecosystems in the province is assessed in a first study; these mining concessions could cover up to 75% of the provincial area. It is shown that more than 75% of the forests could disappear if all mining concessions are deforested. A second study in the Katanga Province focuses on two main *miombo* species, *Brachystegia boehmii* and *Julbernardia paniculata*, which are known to be important hosts of caterpillars of *Elaphrodes lactea*; both species are also preferred for charcoal production. A density decrease of both species has been observed, which corresponds to a type of selective deforestation in which the forest is gradually emptied of its most valuable trees, the tallest ones first. The third study investigated the potential impact of deforestation on Caesalpinoideae species, and more specifically on indicator species of this subfamily for the phytogeographic sectors of Ndjele (1988). Overlay of species distribution maps with the Ndjele (1988) classification, complemented with a habitat analysis of the

indicator species, indicated that four out of five indicator species will be profoundly threatened by potential deforestation. A fourth case study, situated in the Oriental Province of the Democratic Republic of the Congo, linked soil condition, measured by the organic soil content which is known to determine soil fertility, to land cover. Data show that shifting agriculture, which creates mosaics of primary forest, cropland, fallow land and secondary forest, reduces the organic carbon content of all anthropogenic soils, when compared to primary forest soils. A fifth case study analyses landscape dynamics in a forest-savannah transition zone in Ivory Coast. By means of a first-order Markov chain model which simulates land cover change between 1986 and 2050, it is shown that anthropogenic land covers will become the dominant patch types, likely due to a synergy of different forest degradation factors such as agricultural practices, forest fires, forest exploitation and anthropogenic pressure. All studies underline the potential ecological impact of deforestation on natural and semi-natural landscapes and their biodiversity, from a local scale up to the provincial level. Man's role in this type of landscape dynamics cannot be underestimated, since anthropogenic activities and demographic pressure are identified as the main causes of landscape transformation.

Keywords: Anthropogenic effects, Caesalpinioideae, deforestation, *Elaphrodes lactea* G., forest exploitation, forest-savannah transition zone, fragmentation, Katanga, landscape dynamics, landscape metrics, Markov chain, mining, *miombo* woodland, phytogeography, shifting agriculture, soil carbon.

ANNEXE 2: Liste floristique du Parc National de la Ruvubu, Burundi.

Les taxons sont classés par ordre alphabétique des familles, des genres et des espèces au sein des genres en commençant par les classes Dicotylédones et des Monocotylédones, et enfin les Ptéridophytes. Le système de classification suivi est celui de Lebrun & Stork (1991-2010) pour les plantes à fleurs (Phanérogames: Dicotylédones et Monocotylédones) et celui de Roux (2009) pour les Ptéridophytes. Le tableau fait aussi mention des paramètres floristiques dans la mesure du possible: formes biologiques (FB), distribution phytogéographique (DP) et types de diaspores (TD). Formes biologiques: phanérophytes (P), chaméphytes (Ch), hémicryptophytes (H), thérophytes (T), géophytes (G), hydrophytes (Hy). Types phytogéographiques: espèces omni-soudano-zambéziennes (SZ), espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale [SZ(O)], espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale zambézienne [SZ(OZ)], espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale [SZ(EO)], espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne orientale et zambézienne [SZ(EOZ)], espèces soudano-zambéziennes à dominance zambézienne [SZ(Z)], espèces de liaison soudano-zambézienne et guinéenne (LSZ-G), espèces de liaison soudano-zambézienne et montagnarde (LSZ-Mo), espèces plurirégionales africaines (Plur-Afr), espèces cosmopolites (Cos), espèces afrotropicales (Afr-Trop), espèces afro-malgaches (Afr-Mal), espèces subcosmopolites (Subcosm), espèces pantropicales (Pan), espèces montagnardes (Mo), espèces endémiques (End), espèces paléotropicales (Pal), espèces guinéennes (G), espèces introduites (Intr). Types de diaspores: ballochores (Ballo), barochores (Baro), desmochores (Desmo), pogonochores (Pogo), ptérochores (Ptéro), sarcochores (Sarco), sclérochores (Scléro).

Famille	Espèce	FB	DP	TD
DICOTYLEDONES				
Acanthaceae	<i>Acanthus polystachyus</i> Delile	P	Afr-Trop	Ballo
	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T.Anderson	Ch	Pan	Ballo
	<i>Brillantaisia patula</i> T.Anderson	Ch	Afr-Trop	Ballo
	<i>Dicliptera colorata</i> C.B.Clarke	Ch	Afr-Trop	Ballo
	<i>Dyschoriste nobilior</i> C.B.Clarke	Ch	Afr-Trop	Ballo
	<i>Dyschoriste radicans</i> Nees	Ch	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Dyschoriste trichocalyx</i> (Oliv.) Lindau subsp. trichocalyx	Ch	Pal	Ballo
	<i>Dyschoriste trichocalyx</i> (Oliv.) Lindau subsp. verticillaris (C.B.Clarke) Vollesen	G	Pan	Ballo
	<i>Hypoestes aristata</i> (Vahl) Sol. ex Roem. & Schult.	Ch	Plur-Afr	Ballo
	<i>Hypoestes cancellata</i> Nees	Ch	Plur-Afr	Ballo
	<i>Isoglossa cyclophylla</i> Mildbr.	Ch		Ballo

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i> (Vahl) Vahl	Ch	Plur-Afr	Ballo
	<i>Justicia matammensis</i> (Schweinf.) Oliv.	Ch	Afr-Trop	Ballo
	<i>Justicia striata</i> (Klotzsch) Bullock	Ch	Plur-Afr	Ballo
	<i>Monechma subsessile</i> (Oliv.) C.B.Clarke	Ch	Afr-Trop	Ballo
	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	Ch	Pan	Ballo
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Ch	Pan	Desmo
	<i>Alternanthera pungens</i> Kunth	Ch	Pan	Desmo
	<i>Celosia stuhlmanniana</i> Schinz	Ch	Afr-Trop	Desmo
	<i>Cyathula uncinulata</i> (Schrاد.) Schinz	Ch	Afr-Trop	Desmo
Anacardiaceae	<i>Lannea edulis</i> (Sond.) Engl.	P	Plur-Afr	Sarco
	<i>Lannea schimperi</i> (Hochst. ex A.Rich.) Engl.	P	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Ozoroa insignis</i> Delile subsp. <i>reticulata</i> (Baker f.) J.B.Gillett	P	SZ	Sarco
	<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Rhus longipes</i> Engl.	P	SZ	Sarco
	<i>Rhus natalensis</i> Bernh. ex C.Krauss	P	SZ	Sarco
	<i>Rhus pyroides</i> Burch.	P	SZ	Sarco
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	P	SZ	Sarco
	<i>Monanthes orophila</i> (Boutique) Verdc.	P	Plur-Afr	Sarco
	<i>Uvaria angolensis</i> Welw. ex Oliv.	P	Afr-Trop	Sarco
Apiaceae	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Ch	Pal	Ballo
	<i>Diplolophium africanum</i> Turcz.	H	Afr-Trop	Ptéro
	<i>Heteromorpha arborescens</i> (Spreng.) Cham. & Schltldl.	P	SZ(OZ)	Ptéro
	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	H	Pan	Ballo
	<i>Steganotaenia araliacea</i> Hochst.	P	LSZ-G	Ptéro
Apocynaceae	<i>Adenium obesum</i> (Forssk.) Roem. & Schult.	P	Afr-Trop	Pogo
	<i>Ancylobotrys amoena</i> Hua	P	Afr-Trop	Pogo
	<i>Carissa edulis</i> (Forssk.) Vahl	P	Pal	Sarco

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Apocynaceae	<i>Cryptolepis oblongifolia</i> (Meisn.) Schltr.	P	SZ	Pogo
	<i>Gomphocarpus fruticosus</i> (L.) W.T.Aiton	H	Plur-Afr	Ptéro
	<i>Landolphia kirkii</i> R.A.Dyer	P	SZ(OZ)	Baro
	<i>Landolphia owariensis</i> P.Beauv.	P	Afr-Trop	Baro
	<i>Pachycarpus eximius</i> (Schltr.) Bullock	H	Afr-Trop	Ptéro
	<i>Raphionacme welwitschii</i> Schltr. & Rendle	Ch	SZ	Ballo
	<i>Tacazzea apiculata</i> Oliv.	P	SZ	Pogo
	<i>Voacanga africana</i> Stapf	P	LSZ-G	Ballo
Araliaceae	<i>Cussonia arborea</i> Hochst. ex A.Rich.	P	Afr-Trop	Sarco
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	T	Subcos	Pogo
	<i>Anisopappus africanus</i> (Hook.f.) Oliv. & Hiern	T	Afr-Trop	Pogo
	<i>Aspilia ciliata</i> (Schumach.) Wild	T	Plur-Afr	Pogo
	<i>Aspilia pluriseta</i> Schweinf.	T	Plur-Afr	Pogo
	<i>Athroisma psyllioides</i> (Oliv.) Mattf.	Ch	SZ(O)	Desmo
	<i>Berkheya spekeana</i> Oliv.	Ch	Afr-Trop	Pogo
	<i>Bidens pilosus</i> L.	T	Pan	Desmo
	<i>Bidens steppia</i> (Steetz) Sherff	T	SZ(OZ)	Desmo
	<i>Bothriocline longipes</i> (Oliv. & Hiern) N.E.Br.	T	SZ(OZ)	Pogo
	<i>Bothriocline nyungwensis</i> Wech.	Ch	Afr-Trop	Pogo
	<i>Cirsium buchwaldii</i> O.Hoffm.	T	SZ(O)	Pogo
	<i>Conyza aegyptiaca</i> (L.) Aiton	T	Pal	Pogo
	<i>Conyza subscaposa</i> O.Hoffm.	T	Afr-Trop	Pogo
	<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) E.Walker	T	Pan	Pogo
	<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S.Moore	T	Afr-Mal	Pogo
	<i>Crassocephalum rubens</i> (Juss. ex Jacq.) S.Moore	T	Afr-Mal	Pogo
	<i>Crassocephalum vitellinum</i> (Benth.) S.Moore	T	Mo	Pogo
<i>Dicoma anomala</i> Sond.	Ch	LSZ-G	Pogo	

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Asteraceae	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Ch	Pan	Pogo
	<i>Elephantopus scaber</i> L.	T	Intr	Pogo
	<i>Emilia caespitosa</i> Oliv.	T	LSZ-Mo	Pogo
	<i>Emilia humbertii</i> Robyns	T	SZ(O)	Pogo
	<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	Ch	Pan	Pogo
	<i>Gutenbergia cordifolia</i> Benth. ex Oliv. var. <i>cordifolia</i>	T	SZ(O)	Pogo
	<i>Ethulia conyzoides</i> L.f.	Ch	Plur-Afr	Desmo
	<i>Eupatorium africanum</i> Oliv. & Hiern	H	SZ	Pogo
	<i>Gerbera ambigua</i> (Cass.) Sch.Bip.	H	SZ(Z)	Desmo
	<i>Guizotia scabra</i> (Vis.) Chiov.	H	Plur-Afr	Scléro
	<i>Helichrysum keilii</i> Moeser	H	SZ(EOZ)	Pogo
	<i>Helichrysum mechowianum</i> Klatt	H		Pogo
	<i>Helichrysum nitens</i> Oliv. & Hiern	T	SZ	Pogo
	<i>Helichrysum nudifolium</i> (L.) Less.	T	Plur-Afr	Pogo
	<i>Helichrysum odoratissimum</i> (L.) Sweet	T	Plur-Afr	Pogo
	<i>Launaea exauriculata</i> (Oliv. & Hiern) Amin ex Boulos	T		Pogo
	<i>Microglossa pyrifolia</i> (Lam.) Kuntze	P	Pal	Pogo
	<i>Mikania capensis</i> DC.	P	Afr-Mal(Mo)	Pogo
	<i>Nidorella spartioides</i> (O.Hoffm.) Cronquist	Ch	Afr-Trop	Desmo
	<i>Piloselloides hirsuta</i> (Forssk.) C.Jeffrey	Ch	Afr-Mal	Pogo
	<i>Pleiotaxis pulcherrima</i> Steetz	Ch	SZ(Z)	Pogo
	<i>Senecio abyssinicus</i> Sch.Bip. ex A.Rich.	Ch	Afr-Trop	Pogo
	<i>Senecio ruwenzoriensis</i> S.Moore	Ch	SZ(O)	Pogo
	<i>Solanecio mannii</i> (Hook.f.) C.Jeffrey	T	Afr-Trop	Pogo
	<i>Spilanthes mauritiana</i> (A.Rich. ex Pers.) DC.	Ch	Afr-Mal	Pogo
	<i>Tagetes minuta</i> L.	Ch	Pal	Pogo
	<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	H	Plur-Afr	Pogo

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Asteraceae	<i>Vernonia amygdalina</i> Delile	P	Plur-Afr	Pogo
	<i>Vernonia chthonocephala</i> O.Hoffm.	T	Pal	Pogo
	<i>Vernonia fontinalis</i> S.Moore	T	Pal	Pogo
	<i>Vernonia guineensis</i> Benth.	Ch		Pogo
	<i>Vernonia lasiopus</i> O.Hoffm.	P	LSZ-Mo	Pogo
	<i>Vernonia perrottetii</i> Sch.Bip. ex Walp.	T	LSZ-Mo	Pogo
	<i>Vernonia petersii</i> Oliv. & Hiern ex Oliv.	T	SZ(OZ)	Pogo
	<i>Vernonia pogosperma</i> Klatt	T	Afr-Trop	Pogo
	<i>Vernonia turbinella</i> S.Moore	T		Pogo
	<i>Vernonia ugandensis</i> S.Moore	Ch	SZ(OZ)	Pogo
Balsaminaceae	<i>Impatiens briartii</i> De Wild. & T.Durand	Ch	SZ(Z)	Sarco
Bignoniaceae	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	P	Afr-Trop	Baro
	<i>Markhamia obtusifolia</i> (Baker) Sprague	P	SZ(OZ)	Ptéro
	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	P	Afr-Trop	Ptéro
Bombacaceae	<i>Pachira glabra</i> Pasq.	P		
Boraginaceae	<i>Cordia africana</i> Lam.	P	Plur-Afr	Sarco
	<i>Trichodesma zeylanicum</i> (Burm.f.) R.Br.	H	Pal	Ballo
Caesalpinaceae	<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston	P	Pan	Ballo
	<i>Cassia didymobotrya</i> Fresen.	P	SZ	Ballo
	<i>Cassia kirkii</i> Oliv.	H	Afr-Mal	Ballo
	<i>Cassia mimosoides</i> L.	T(H)	Pal	Ballo
	<i>Cassia siamea</i> Lam.	T		Ballo
	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	P	Afr-Trop	Ballo
Celastraceae	<i>Gymnosporia arbutifolia</i> (Hochst. ex A.Rich.) Loes.	P	SZ(EO)	Ballo
	<i>Gymnosporia gracilipes</i> (Welw. ex Oliv.) Loes. subsp. <i>arguta</i> (Loes.) Jordaan	P		Ballo
	<i>Gymnosporia senegalensis</i> (Lam.) Loes.	P	Plur- Afr	Ballo
Celastraceae	<i>Maytenus heterophylla</i> (Eckl. & Zeyh.) N.Robson	P	Afr-Mal	Ballo

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Chrysobalanaceae	<i>Magnistipula butayei</i> De Wild.	P	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.	P	SZ(OZ)	Sarco
Clusiaceae	<i>Garcinia huillensis</i> Welw. ex Oliv.	P	Afr-Trop	Sarco
Combretaceae	<i>Combretum collinum</i> Fresen.subsp. binderanum (Kotschy) Okafor	P	Afr-Trop	Ptéro
	<i>Combretum collinum</i> Fresen.subsp. collinum	P	SZ	Ptéro
	<i>Combretum molle</i> R.Br. ex G.Don	P	SZ	Ptéro
	<i>Terminalia mollis</i> M.A.Lawson	P	SZ	Ptéro
Convolvulaceae	<i>Dichondra repens</i> J.R.Forst. & G.Forst.	Ch	Pan	Ballo
	<i>Hewittia sublobata</i> (L.f.) Kuntze	Ch	Pal	Ballo
	<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	Ch	Pal	Ballo
	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R.Br.	T	Pal	Ballo
	<i>Ipomoea involucrata</i> P.Beauv.	Ch	Subcos	Ballo
	<i>Ipomoea obscura</i> (L.) Ker Gawl.	T	Afr-Mal	Ballo
	<i>Ipomoea rubens</i> Choisy	T	Afr-Mal	Ballo
Cucurbitaceae	<i>Momordica foetida</i> Schumach.	T	Afr-Trop	Ballo
	<i>Zehneria scabra</i> (L.f.) Sond.	T	Pal	Ballo
	<i>Zehneria thwaitesii</i> (Schweinf.) C.Jeffrey	G	Plur-Afr	Sarco
Euphorbiaceae	<i>Acalypha brachiata</i> C.Krauss	Ch	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Acalypha hispida</i> Burm.f.	P		Ballo
	<i>Acalypha manniana</i> Müll.Arg.	P	Afr-Trop	Ballo
	<i>Acalypha ornata</i> Hochst. ex A.Rich.	Ch	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Acalypha polymorpha</i> Hutch. ex Müll.Arg.	H	Afr-Trop	Ballo
	<i>Acalypha psilostachya</i> Hochst. ex A.Rich.	Ch	Mo	Ballo
	<i>Acalypha supera</i> Forssk.	T	Pal	Ballo
	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schumach. & Thonn.) Müll.Arg.	P	LSZ-G	Ballo
	<i>Bridelia micrantha</i> (Hochst.) Baill.	P	SZ	Ballo
<i>Bridelia atroviridis</i> Müll.Arg.	P	SZ	Ballo	

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Euphorbiaceae	<i>Bridelia brideliifolia</i> (Pax) Fedde	P	LSZ-Mo	Ballo
	<i>Bridelia scleroneura</i> Müll.Arg.	P	Afr-Trop	Ballo
	<i>Clutia abyssinica</i> Jaub. & Spach	P	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Croton macrostachyus</i> Hochst. ex Delile	P	SZ	Sarco
	<i>Erythrococca bongensis</i> Pax	P	Afr-Trop	Ballo
	<i>Euphorbia pseudograntii</i> Pax	P		Sarco
	<i>Euphorbia tirucalli</i> L.	P	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	P	SZ(O)	Ballo
	<i>Macaranga schweinfurthii</i> Pax	P	SZ	Ballo
	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	T(H)	Pal	Ballo
	<i>Phyllanthus ovalifolius</i> Forssk.	T	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst.) Pax	P	LSZ-G	Sarco
	<i>Tragia brevipes</i> Pax	Ch	Plur- Afr	Ballo
	<i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg.	P	G	Sarco
	<i>Uapaca kirkiana</i> Müll.Arg.	P	G	Sarco
<i>Uapaca sansibarica</i> Pax	P	SZ(Z)	Sarco	
Fabaceae	<i>Aeschynomene elaphroxylon</i> (Guill. & Perr.) Taub.	P	Afr-Mal	Ballo
	<i>Crotalaria aculeata</i> De Wild.	Ch	Plur-Afr	Ballo
	<i>Crotalaria cleomifolia</i> Welw. Ex Baker	Ch		Ballo
	<i>Crotalaria glauca</i> Willd. var. <i>elliottii</i> Baker f.	T	LSZ-G	Ballo
	<i>Crotalaria lachnophora</i> A.Rich.	Ch	SZ	Ballo
	<i>Crotalaria lebrunii</i> Baker f.	T(Ch)	Mo	Ballo
	<i>Crotalaria ononoides</i> Benth.	T(Ch)	LSZ-G	Ballo
	<i>Crotalaria shirensis</i> (Baker f.) Milne-Redh.	Ch	SZ(Z)	Ballo
	<i>Crotalaria</i> sp (TM 594)	Ch		
	<i>Crotalaria spartea</i> Baker	T	SZ(Z)	Ballo
	<i>Crotalaria spinosa</i> Hochst. ex Benth.	T	Pal	Ballo

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
	<i>Dalbergia nitidula</i> Baker	P	SZ(OZ)	Baro
	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC. var. <i>adscendens</i>	Ch	Pan	Desmo
	<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth.	Ch	Plur- Afr	Desmo
	<i>Desmodium ramosissimum</i> G.Don	Ch	Afr-Mal	Desmo
	<i>Desmodium salicifolium</i> (Poir.) DC.	T	Plur- Afr	Desmo
	<i>Desmodium setigerum</i> (E.Mey.) Benth. ex Harv.	Ch	Plur- Afr	Desmo
	<i>Desmodium triflorum</i> (L.) DC.	Ch	Pan	Desmo
	<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC.	Ch	Pal	Desmo
	<i>Dolichos kilimandscharicus</i> Taub.	Ch	SZ(OZ)	Desmo
	<i>Dolichos pseudocajanus</i> Baker	Ch	SZ(Z)	Desmo
	<i>Drogmansia pteropus</i> var. <i>pteropus</i> (Baker) De Wild.	H(G)	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Eriosema chrysadenium</i> Taub.	G	SZ	Ballo
	<i>Eriosema lebrunii</i> Staner & De Craene	G	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Eriosema nutans</i> Schinz	G	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Eriosema psoraleoides</i> (Lam.) G.Don	G	Afr-Mal	Ballo
	<i>Eriosema rhodesicum</i> R.E.Fr.	G	SZ(Z)	Ballo
	<i>Eriosema stanerianum</i> Hauman	G	Plur- Afr	Ballo
	<i>Erythrina abyssinica</i> Lam. ex DC.	P	SZ	Ballo
	<i>Indigofera arrecta</i> Benth. ex Harv.	Ch	LSZ-G	Ballo
	<i>Indigofera emarginella</i> Steud. ex A.Rich.	P	Plur- Afr	Ballo
	<i>Indigofera homblei</i> Baker f. & Martin	P	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Indigofera paracapitata</i> J.B.Gillett	T	SZ	Ballo
	<i>Indigofera rhynchocarpa</i> Welw. ex Baker	Ch	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Indigofera spicata</i> Forssk.	Ch	Pal	Ballo
	<i>Indigofera zenkeri</i> Harms ex Baker f.	G	Afr-Trop	Ballo
	<i>Kotschya aeschynomoides</i> (Welw. ex Baker) Dewit & P.A.Duvign.	P	Mo	Ballo
	<i>Kotschya africana</i> Endl. var. <i>bequaertii</i> (De Wild.) Verdc.	P	LSZ-Mo	Ballo

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Fabaceae	<i>Kotschya ochreatea</i> (Taub.) Dewit & P.A.Duvign.	P	G	Ballo
	<i>Kotschya strigosa</i> (Benth.) Dewit & P.A.Duvign.	P	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Millettia dura</i> Dunn	P	SZ(O)	Ballo
	<i>Mucuna stans</i> Welw. ex Baker	P	SZ(Z)	Ballo
	<i>Neorautanenia mitis</i> (A.Rich.) Verdc.	G	Afr-Trop	Ballo
	<i>Pericopsis angolensis</i> (Baker) Meeuwen	P	Afr-Trop	Ballo
	<i>Rhynchosia goetzei</i> Harms var. <i>pseudocaribaea</i> Verdc.	Ch	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Rhynchosia hirta</i> (Andrews) Meikle & Verdc.	Ch	SZ(Z)	Ballo
	<i>Rhynchosia minima</i> var. <i>macrocalyx</i> (Chiov.) Verdc.	Ch	Pan	Ballo
	<i>Rhynchosia sublobata</i> (Schumach. & Thonn.) Meikle	Ch	SZ	Ballo
	<i>Sesbania macrantha</i> Welw. ex E.Phillips & Hutch.	P	SZ	Ballo
	<i>Sesbania sesban</i> (L.)Merr. var. <i>nubica</i> Chiov.	P	Pal	Ballo
	<i>Smithia elliotii</i> Baker f.	H	SZ(EOZ)	Ball
	<i>Sphenostylis marginata</i> E.Mey.	Ch	Afr-Trop	Ballo
	<i>Sphenostylis stenocarpa</i> (Hochst. ex A.Rich.) Harms	H	Afr-Trop	Ballo
	<i>Tephrosia linearis</i> (Willd.) Pers.	T	Afr-Mal	Ballo
	<i>Tephrosia vogelii</i> Hook.f.	T	SZ	Ballo
	<i>Teramnus labialis</i> (L.f.) Spreng.	Ch	G	Ballo
	<i>Trifolium simense</i> Fresen.	Ch	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth.	Ch	Pan	Ballo
<i>Vigna parkeri</i> Baker	Ch	SZ	Ballo	
Flacourtiaceae	<i>Oncoba bukobensis</i> (Gilg) Hul & Breteler	T	SZ(OZ)	Ballo
Gentianaceae	<i>Anthocleista grandiflora</i> Gilg	P	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg	P	LSZ-G	Sarco
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	P	Afr-Mal	Sarco
Hypericaceae	<i>Psorospermum febrifugum</i> Spach	P	SZ	Sarco
Lamiaceae	<i>Haumaniastrum caeruleum</i> (Oliv.) P.A.Duvign. & Plancke	Ch	SZ	Scléro

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Lamiaceae	<i>Hoslundia opposita</i> Vahl	P	Afr-Mal	Scléro
	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R.Br.	T	Pan	Scléro
	<i>Leucas calostachya</i> Oliv.	Ch	SZ(O)	Scléro
	<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R.Br.	T	Pan	Scléro
	<i>Leucas tettensis</i> Vatke	T	SZ(Z)	Scléro
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	T	Pal	Ballo
	<i>Ocimum obovatum</i> E.Mey. ex Benth.	Ch	Afr-Mal	Scléro
	<i>Platostoma rotundifolium</i> (Briq.) A.J.Paton	Ch	Afr-Trop	Scléro
	<i>Plectranthus edulis</i> (Vatke) Agnew	Ch	SZ(O)	Scléro
	<i>Plectranthus defolius</i> Hochst. ex Benth.	Ch	SZ(OZ)	Scléro
	<i>Plectranthus stachyoides</i> Oliv.	Ch	SZ(O)	Scléro
	<i>Pycnostachys eminii</i> Gürke	Ch	SZ(OZ)	Scléro
	<i>Micromeria imbricata</i> (Forssk.) C.Chr.	Ch	Plur-Afr	Scléro
	<i>Solenostemon platostomoides</i> (Robyns & Lebrun) Troupin	Ch	LSZ-Mo	Scléro
<i>Stachys aculeolata</i> Hook.f.	Ch	Mo	Scléro	
Leeaceae	<i>Leea guineensis</i> G.Don	P	Pal	Sarco
Loranthaceae	<i>Tapinanthus constrictiflorus</i> (Engl.) Danser	P	End	Sarco
	<i>Phragmanthera usuiensis</i> (Oliv.) M.G.Gilbert.	P	End	Sarco
Malvaceae	<i>Abutilon hirtum</i> (Lam.) Sweet	T	Pan	Desmo
	<i>Hibiscus acetosella</i> Welw. ex Hiern	Ch	SZ(Z)	Desmo
	<i>Hibiscus aponeurus</i> Sprague & Hutch.	Ch	SZ(EOZ)	Desmo
	<i>Hibiscus diversifolius</i> Jacq.	Ch	Pan	Desmo
	<i>Hibiscus fuscus</i> Garcke	Ch	SZ(EOZ)	Desmo
	<i>Pavonia urens</i> Cav.	Ch	Plur-Afr	Desmo
	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	T	Pan	Desmo
	<i>Sida alba</i> L.	T	Pan	Desmo
<i>Sida cordifolia</i> L.	T	Pan	Desmo	

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	T	Pan	Desmo
	<i>Urena lobata</i> L.	P	Pan	Desmo
Melastomataceae	<i>Antherotoma naudinii</i> Hook.f.	T	Plur-Afr	Sarco
	<i>Dissotis brazzae</i> Cogn.	Ch	Afr-Trop	Sarco
	<i>Dissotis ruandensis</i> Engl.	Ch	End	Sarco
	<i>Dissotis senegambiensis</i> (Guill. & Perr.) Triana	Ch	Afr-Trop	Sarco
	<i>Dissotis trothae</i> Gilg	P	SZ(O)-Mo	Sarco
	<i>Tristemma incompletum</i> R.Br.	Ch	LSZ-G	Sarco
	<i>Tristemma mauritianum</i> J.F.Gmel.	Ch	Afr-Mal	Sarco
Meliaceae	<i>Lepidotrichilia volkensii</i> (Gürke) Leroy	P	Mo	Ballo
	<i>Turraea floribunda</i> Hochst.	P	Plur-Afr	Ballo
Melanthaceae	<i>Bersama abyssinica</i> Fresen.	P	Mo	Ballo
Menispermaceae	<i>Cissampelos mucronata</i> A.Rich.	G	Afr-Trop	Sarco
	<i>Stephania abyssinica</i> (Quart.-Dill. & A.Rich.) Walp.	P	Pal	Sarco
	<i>Tinospora caffra</i> (Miers) Troupin	G	SZ(OZ)	
Mimosaceae	<i>Acacia hockii</i> De Wild.	P	Afr-Trop	Ballo
	<i>Acacia sieberiana</i> DC.	P	SZ(O)	Ballo
	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.Wight	P	SZ	Ballo
	<i>Albizia antunesiana</i> Harms	P	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A.Sm.	P	Afr-Mal	Ballo
	<i>Entada abyssinica</i> Steud. ex A.Rich.	P	SZ	Ballo
	<i>Mimosa pigra</i> L.	P (Ch)	Pan	Ballo
	<i>Newtonia buchananii</i> (Baker f.) G.C.C.Gilbert & Boutique	P	LSZ-Mo	Ballo
Monimiaceae	<i>Xymalos monospora</i> (Harv.) Baill.	P	LSZ-Mo	Ballo
Moraceae	<i>Ficus asperifolia</i> Miq.	P	LSZ-G	Sarco
	<i>Ficus ingens</i> (Miq.) Miq.	P	Pur-Afr	Sarco
	<i>Ficus natalensis</i> Hochst. subsp. <i>leprieurii</i> (Miq.) C.C.Berg	P	SZ(Z)	Sarco

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Moraceae	<i>Ficus ottoniifolia</i> (Miq.) Miq.	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Ficus ovata</i> Vahl	P	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Ficus thonningii</i> Blume	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Ficus vallis-choudae</i> Delile	P	LSZ-G	Sarco
	<i>Ficus verruculosa</i> Warb.	P	SZ(OZ)	Sarco
Myristicaceae	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	P	G	Sarco
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk. var. <i>golungensis</i> Hiern	P	Plur- Afr	Sarco
	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk. var. <i>mildbraedii</i> (Gilg & G.Schellenb.) Lebrun	P		Sarco
	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk. var. <i>rufescens</i> (A.DC.) Taton	P	Afr-Mal	Sarco
Myrtaceae	<i>Eugenia malangensis</i> (O.Hoffm.) Nied.	G	SZ(Z)	Sarco
	<i>Syzygium cordatum</i> Hochst. ex C.Krauss	P	LSZ-G	Sarco
	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC. subsp. <i>guineense</i>	P	G	Sarco
	<i>Syzygium rowlandii</i> Sprague	P	G	Sarco
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea lotus</i> L.	Hy	Cos	Sarco
	<i>Nymphaea maculata</i> Schumach. & Thonn.	Hy	Cos	Sarco
Ochnaceae	<i>Ochna holstii</i> Engl.	P	SZ	Sarco
	<i>Ochna schweinfurthiana</i> F.Hoffm.	P	SZ	Sarco
Olacaceae	<i>Strombosia scheffleri</i> Engl.	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Ximenia americana</i> L. var. <i>caffra</i> (Sond.) Engl.	P	Pan	Sarco
Oleaceae	<i>Jasminum dichotomum</i> Vahl	P	Afr-Trop	Ballo
	<i>Schrebera alata</i> (Hochst.) Welw.	P	SZ(EOZ)	Ptéro
Onagraceae	<i>Ludwigia abyssinica</i> A.Rich.	Ch	Plur-Afr	Pogo
	<i>Ludwigia adscendens</i> (L.) H.Hara	Ch	Plur-Afr	Ballo
Opiliaceae	<i>Opilia amentacea</i> Roxb.	P	Pal	Ballo
Oxalidaceae	<i>Biophytum helenae</i> Buscal. & Muschl.	T	LSZ-Mo	Ballo
	<i>Oxalis corniculata</i> L.	T	Cos	Ballo
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	T	Cos	Ballo

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Passifloraceae	<i>Passiflora edulis</i> Sims	H	Intr	Sarco
Pedaliaceae	<i>Sesamum angolense</i> Welw.	Ch	SZ(OZ)	Pogo
	<i>Sesamum angustifolium</i> (Oliv.) Engl.	Ch	Afr-Trop	Pogo
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca dodecandra</i> L'Hér.	P	SZ(EOZ)	Ballo
Pittosporaceae	<i>Pittosporum mildbraedii</i> Engl.	P	Mo	Ballo
Polygalaceae	<i>Polygala bakeriana</i> Chodat	Ch(H)	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Securidaca longipedunculata</i> Fresen.	P	SZ	Ballo
Polygonaceae	<i>Persicaria setosula</i> (A.Rich.) K.L.Wilson	Ch	Mo (Afr-Trop)	Sarco
	<i>Persicaria strigosa</i> (R.Br.) Nakai	G	Pal	Sarco
	<i>Polygonum pulchrum</i> Blume	G	Pal	Ballo
	<i>Rumex usambarensis</i> (Dammer) Dammer	Ch	SZ(OZ)	Ptéro
Primulaceae	<i>Lysimachia ruhmeriana</i> Vatke	Ch	Plur-Afr	Ballo
Proteaceae	<i>Faurea rochetiana</i> (A.Rich.) Chiov. ex Pic. Serm.	P	SZ(EOZ)	Pogo
	<i>Faurea saligna</i> Harv.	P	SZ(OZ)	Pogo
	<i>Protea madiensis</i> Oliv.	P	SZ(OZ)	Pogo
Ranunculaceae	<i>Clematis hirsuta</i> Guill. & Perr.	Ch	Pal	Pogo
	<i>Clematis simensis</i> Fresen.	Ch	Pal	Pogo
	<i>Clematis villosa</i> DC.	Ch	Afr-Mal	Pogo
Rhamnaceae	<i>Gouania longispicata</i> Engl.	P	Afr-Trop	Ptéro
	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Anisophyllea boehmii</i> Engl.	P	SZ(OZ)	Sarco
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i> Poir.	P	Mo	Sarco
Rubiaceae	<i>Agathisanthemum globosum</i> (Hochst. ex A.Rich.) Bremek.	Ch	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Chassalia subochreatea</i> (De Wild.) Robyns	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Craterispermum schweinfurthii</i> Hiern	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Fadogia ancylantha</i> Schweinf.	Ch	Afr-Trop	Sarco
	<i>Fadogia cienkowskii</i> Schweinf.	Ch	SZ(OZ)	Sarco

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Rubiaceae	<i>Gardenia ternifolia</i> Schumach. & Thonn. subsp. jovis-tonantis (Welw.) Verdc.	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Hymenodictyon floribundum</i> (Hochst. & Steud.) Robbr.	P	SZ	Sarco
	<i>Keetia venosa</i> (Oliv.) Bridson	P	LSZ-G	Sarco
	<i>Lasianthus kilimandscharicus</i> K.Schum.	P	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Mussaenda arcuata</i> Lam. ex Poir.	P	Plur-Afr	Sarco
	<i>Oldenlandia herbacea</i> (L.) Roxb.	T	Subcos	Ballo
	<i>Oldenlandia lancifolia</i> (Schumach.) DC.	T	Plur-Afr	Ballo
	<i>Oldenlandia scopulorum</i> Bullock	Ch	SZ(O)	Ballo
	<i>Paraknoxia parviflora</i> (Stapf ex Verdc.) Verdc. ex Bremek.	T	Afr-Trop	Ballo
	<i>Pavetta ternifolia</i> (Oliv.) Hiern	P	LSZ-Mo	Sarco
	<i>Pavetta urundensis</i> Bremek.	P	SZ(Z)	Sarco
	<i>Pentas zanzibarica</i> (Klotzsch) Vatke var. rubra Verdc.	Ch	Pal	Ballo
	<i>Rubia cordifolia</i> L. subsp. conotricha (Gand.) Verdc.	Ch	Pal	Sarco
	<i>Rytigynia kigeziensis</i> Verdc.	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Rytigynia monantha</i> (K.Schum.) Robyns	P	SZ(O)	Sarco
	<i>Spermacoce dibrachiata</i> Oliv.	Ch	SZ(Z)	Ballo
	<i>Spermacoce natalensis</i> Hochst.	Ch	SZ	Ballo
	<i>Spermacoce princeae</i> (K.Schum.) Verdc. var. princeae	Ch	SZ(O)	Ballo
	<i>Spermacoce senensis</i> (Klotzsch) Hiern	T	SZ(EOZ)	Ballo
	<i>Spermacoce sphaerostigma</i> (A.Rich.) Vatke	T	Pal	Ballo
	<i>Tapiphyllum discolor</i> (De Wild.) Robyns	Ch	SZ(O)	Sarco
	<i>Virectaria major</i> (K.Schum.) Verdc. subsp. major	Ch	Mo	Ballo
Rutaceae	<i>Clausena anisata</i> (Willd.) Hook.f. ex Benth.	P	LSZ-G	Sarco
Sapindaceae	<i>Allophylus ferrugineus</i> Taub.	P	LSZ-Mo	Sarco
	<i>Blighia unijugata</i> Baker	P	Plur-Afr	Sarco
	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	P	LSZ-G	Ptéro
Sapindaceae	<i>Paullinia pinnata</i> L.	P	Pan	Sarco

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gorungosanum</i> Engl.	P	LSZ-G	Sarco
Scrophulariaceae	<i>Buchnera keilii</i> Mildbr.	Ch		Pogo
	<i>Lindernia sp</i>	Ch		Ballo
Solanaceae	<i>Solanum anguivi</i> Lam.	P	Pan	Sarco
	<i>Solanum dasyphyllum</i> Schumach. & Thonn.	Ch	SZ	Sarco
	<i>Solanum incanum</i> L.	Ch	Pal	Sarco
	<i>Solanum nigrum</i> L.	T	Cos	Sarco
	<i>Solanum tettense</i> Klotzsch	Ch	Afr-Trop	Sarco
	<i>Solanum terminale</i> Forssk.	P	Pal	sarco
Sterculiaceae	<i>Dombeya buettneri</i> K.Schum.	P	SZ	Ballo
	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	P	Afr-Trop	Ballo
Strychnaceae	<i>Strychnos cocculoides</i> Baker	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Strychnos innocua</i> Delile	P	Afr-Trop	Sarco
	<i>Strychnos potatorum</i> L.f.	P	Pal	Sarco
	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	P	SZ	Sarco
Thymelaeaceae	<i>Gnidia ericoides</i> C.H.Wright	Ch		Ballo
	<i>Gnidia goetzeana</i> Gilg	Ch	SZ(OZ)	Ballo
	<i>Gnidia kraussiana</i> Meisn.	Ch	Plur-Afr	Ballo
Tiliaceae	<i>Triumfetta cordifolia</i> A.Rich.	T	SZ	Desmo
	<i>Triumfetta flabellato-pilosa</i> R.Wilczek	Ch	Pur-Afr	Desmo
	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	T	Pan	Desmo
	<i>Triumfetta tomentosa</i> Bojer	T(Ch)	SZ	Desmo
Ulmaceae	<i>Celtis africana</i> Burm.f.	P	Pal	Ptéro
	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	P	Pal	Sarco
Urticaceae	<i>Boehmeria macrophylla</i> Hornem.	P	Pal	Ballo
Urticaceae	<i>Urtica massaica</i> Mildbr.	H	Mo	Scléro
Verbenaceae	<i>Clerodendrum formicarum</i> Gürke	P	Plur- Afr	Sarco

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Verbenaceae	<i>Clerodendrum rotundifolium</i> Oliv.	P	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Clerodendrum silvanum</i> Henriq.	P		Sarco
	<i>Lantana camara</i> L.	P	Intr	Sarco
	<i>Rotheca myricoides</i> (Hochst.) Steane & Mabb.	P	SZ	Sarco
	<i>Vitex doniana</i> Sweet	P	SZ(OZ)	Sarco
	<i>Vitex madiensis</i> subsp. <i>milanjiensis</i> (Britten) F.White	P	Plur- Afr	Sarco
	Vitaceae	<i>Cissus oliveri</i> (Engl.) Gilg	H	LSZ-G
<i>Cissus petiolata</i> Hook.f.		P	LSZ-G	Sarco
<i>Cissus rubiginosa</i> (Welw. ex Baker) Planch.		P	SZ(OZ)	
<i>Cyphostemma adenocaula</i> (Steud. ex A.Rich.) Desc. ex Wild & R.B.Drumm.		G	Afr-Trop	Sarco
<i>Cyphostemma mildbraedii</i> (Gilg & M.Brandt) Desc. ex Wild & R.B.Drumm.		G	SZ(Z)	Sarco
<i>Cyphostemma ukerewense</i> (Gilg) Desc.		G	LSZ-G	Sarco
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch.		P		Sarco
<i>Rhoicissus tridentata</i> (L.f.) Wild & R.B.Drumm.		P	Subcos	Sarco
MONOCOTYLEDONES				
Agavaceae	<i>Agave sisalana</i> Perrine	G	Intr	Ballo
Aloaceae	<i>Aloe lateritia</i> Engl.	P	SZ (OZ)	Ballo
Amaryllidaceae	<i>Boophone disticha</i> (L.f.) Herb.	G	SZ	Ballo
	<i>Scadoxus multiflorus</i> (Martyn) Raf.	G	Pal	Ballo
Anthericaceae	<i>Chlorophytum cameronii</i> (Baker) Kativu var. <i>cameronii</i>	H		Desmo
	<i>Chlorophytum cameronii</i> (Baker) Kativu var. <i>pteroaulon</i> (Welw. ex Baker) Nordal	H		Desmo
Arecaceae	<i>Phoenix reclinata</i> Jacq.	P	Plur-Afr	Sarco
Asparagaceae	<i>Asparagus africanus</i> Lam.	G	Plur-Afr	Sarco
	<i>Asparagus buechananii</i> Baker	G	SZ(Z)	Sarco
	<i>Asparagus flagellaris</i> (Kunth) Baker	G	Afr-Trop	Sarco
Asphodelaceae	<i>Kniphofia grantii</i> Baker	G		Ptéro
Balanophoraceae	<i>Thonningia sanguinea</i> Vahl	G	Afr-Trop	Pogo

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Colchicaceae	<i>Gloriosa superba</i> L.	G	Pal	Ballo
Commelinaceae	<i>Commelina africana</i> L. var. <i>africana</i>	Ch	Plur-Afr	Ballo
	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Ch	Pal	Ballo
	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f. subsp. <i>diffusa</i>	Ch	Pan	Ballo
	<i>Cyanotis foecunda</i> Hochst. ex Hassk.	G	Pal	Ballo
	<i>Floscopa africana</i> (P.Beauv.) C.B.Clarke	H	Afr-Mal	Ballo
Cyperaceae	<i>Anosporum pectinatus</i> (Vahl) Lye	Hy	Afr-Mal	Scléro
	<i>Bulbostylis boeckeleriana</i> (Schweinf.) Beetle	H	SZ(EOZ)	Scléro
	<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	G	Plur-Afr	Scléro
	<i>Cyperus angolensis</i> Boeckeler	G	Afr-Mal	Scléro
	<i>Cyperus atroviridis</i> C.B.Clarke	H	Afr-Trop	Scléro
	<i>Cyperus denudatus</i> L.f.	G	Pal	Scléro
	<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.	G	Plu-Afr	Scléro
	<i>Cyperus distans</i> L.f.	H (G)	Pan	Scléro
	<i>Cyperus latifolius</i> Poir.	G	Afr-Mal	Scléro
	<i>Cyperus papyrus</i> L.	G	Cos	Scléro
	<i>Kyllinga sphaerocephala</i> Boeckeler	G	SZ(OZ)	Scléro
	<i>Mariscus macrocarpus</i> Kunth	G	SZ(EOZ)	Scléro
	<i>Mariscus sumatrensis</i> (Retz.) J.Raynal	G	Pal	Scléro
	<i>Scleria nyasensis</i> C.B.Clarke	G	Plur-afr	Scléro
	<i>Scleria vogelii</i> C.B.Clarke	G		Scléro
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea alata</i> L.	G	Pal	Baro
	<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	G	Pan	Baro
	<i>Dioscorea dumetorum</i> (Kunth) Pax	G	LSZ-G	Ptéro
	<i>Dioscorea praehensilis</i> Benth.	G	LSZ-G	Ptéro
	<i>Dioscorea quartiniana</i> A.Rich.	G	Afr-Mal	Baro
	<i>Dioscorea schimperiana</i> Hochst. ex Kunth	G	Afr-Trop	Baro

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Dracaenaceae	<i>Dracaena steudneri</i> Engl.	P	SZ(EOZ)	Sarco
Hyacinthaceae	<i>Albuca abyssinica</i> Jacq.	G	SZ(Z)	Ballo
Hypoxidaceae	<i>Curculigo pilosa</i> (Schumach. & Thonn.) Engl.	G	Afr-Mal	Baro
Iridaceae	<i>Aristea angolensis</i> Baker	G	SZ	Ballo
	<i>Gladiolus atropurpureus</i> Baker	G	SZ(OZ)	Ptéro
	<i>Gladiolus dalenii</i> Van Geel	G	Pal	Ptéro
Orchidaceae	<i>Brachycorythis pleistophylla</i> Rchb.f.	G	Afr-Mal	Scléro
	<i>Eulophia livingstoniana</i> (Rchb.f.) Summerh.	G	Afr-TTrop	Scléro
Poaceae	<i>Andropogon schirensis</i> Hochst. ex A.Rich.	Ch (H)	Plur	Scléro
	<i>Aristida adoensis</i> Hochst.	H	SZ(O)	Scléro
	<i>Arundinella nepalensis</i> Trin.	H	Pal	Scléro
	<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A.Rich.) Stapf	H	LSZ-G	Scléro
	<i>Ctenium somalense</i> (Chiov.) Chiov.	H	Afr-Mal	Scléro
	<i>Cymbopogon caesius</i> (Nees ex Hook. & Arn.) Stapf ssp. caesius	H	Pal	Scléro
	<i>Cymbopogon caesius</i> (Nees ex Hook. & Arn.) Stapf ssp. giganteus (Chiov.) Sales	H	Pal	Scléro
	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	Ch	Subcos	Scléro
	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst. ex A.Rich.) Stapf	G	Pal	Scléro
	<i>Digitaria atrofusca</i> (Hack.) A.Camus	G		Scléro
	<i>Digitaria longiflora</i> (Retz.) Pers.	G	Pal	Scléro
	<i>Digitaria pearsonii</i> Stapf	G	SZ(EOZ)	Scléro
	<i>Digitaria ternata</i> (A.Rich.) Stapf	Ch	SZ(Z)	Scléro
	<i>Echinochloa pyramidalis</i> (Lam.) Hitchc. & Chase	H	Plur-Afr	Scléro
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. subsp. indica	Ch	Pal	Scléro
	<i>Eragrostis capensis</i> (Thunb.) Trin.	Ch	SZ(OZ)	Scléro
	<i>Eragrostis exasperata</i> Peter	H	SZ(OZ)	Scléro
<i>Eragrostis olivacea</i> K.Schum.	Ch	SZ(OZ)	Scléro	
<i>Eragrostis racemosa</i> (Thunb.) Steud.	H	Afr-Mal	Scléro	

Annexe 2: Suite

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Poaceae	<i>Eragrostis tenella</i> (L.) P.Beauv. ex Roem. & Schult.	H	Plur-Afr	Scléro
	<i>Exothea abyssinica</i> (Hochst. ex A.Rich.) Andersson	H	Pal	Scléro
	<i>Harpachne schimperi</i> Hochst. ex A.Rich.	H	Pal	Scléro
	<i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf	H	Plur- Afr	Scléro
	<i>Hyparrhenia diplandra</i> (Hack.) Stapf	H	LSZ-G	Scléro
	<i>Hyparrhenia familiaris</i> (Steud.) Stapf	H	Subcos	Scléro
	<i>Hyparrhenia filipendula</i> (Hochst.) Stapf	H	Subcos	Scléro
	<i>Hyparrhenia newtonii</i> (Hack.) Stapf	H	Subcos	Scléro
	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	H	Pan	Scléro
	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch.	G	Subcos	Scléro
	<i>Loudetia arundinacea</i> (Hochst. ex A.Rich.) Steud.	H	SZ	Scléro
	<i>Loudetia kagerensis</i> (K.Schum.) C.E.Hubb. ex Hutch.	H	Afr-Trop	Scléro
	<i>Loudetia simplex</i> (Nees) C.E.Hubb.	H	Plur- Afr	Scléro
	<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	H	Pan	Scléro
	<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	Ch	Pan	Scléro
	<i>Oplismenus compositus</i> (L.) P.Beauv.	Ch	Pan	Scléro
	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.	Ch	Pan	Scléro
	<i>Panicum adenophorum</i> K.Schum.	H	SZ(OZ)	Scléro
	<i>Panicum laxum</i> Sw.	H	Pan	Scléro
	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	H	Plur- Afr	Scléro
	<i>Panicum nervatum</i> (Franch.) Stapf	H		Scléro
	<i>Panicum phragmitoides</i> Stapf	H	Pan	Scléro
	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	H	Pan	Scléro
	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.	H	Pan	Pogo
	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	H	Afr-trop	Pogo
	<i>Pennisetum unisetum</i> (Nees) Benth.	H		Scléro
	<i>Sacciolepis africana</i> C.E.Hubb. & Snowden	H	SZ(OZ)	Scléro

Annexe 2: Fin

Famille	Espèce	FB	DP	TD
Poaceae	<i>Setaria kagerensis</i> Mez	H	SZ(O)	Scléro
	<i>Setaria megaphylla</i> (Steud.) T.Durand & Schinz	H	Pan	Scléro
	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.	T	Subcos	Scléro
	<i>Setaria sphacelata</i> (Schumach.) Stapf & C.E.Hubb. ex M.B.Moss	H	Pan	Scléro
	<i>Sporobolus pyramidalis</i> P.Beauv.	H	Pal	Scléro
	<i>Urelytrum digitatum</i> K.Schum.	H		Scléro
Smilacaceae	<i>Smilax anceps</i> Willd.	P	Plur- Afr	Sarco
Xyridaceae	<i>Xyris capensis</i> Thunb.	H	Pan	Scléro
Zingiberaceae	<i>Aframomum angustifolium</i> (Sonn.) K.Schum.	G	SZ(EO)	Sarco
	<i>Aframomum zambesiaceum</i> (Baker) K.Schum.	G	SZ	Sarco
	<i>Costus spectabilis</i> (Fenzl) K.Schum.	G	SZ	Sarco
PTERIDOPHYTES				
Cyatheaceae	<i>Alsophila manniana</i> (Hook.) R.M.Tryon	P	Pal (Mo)	Scléro
	<i>Alsophila mildbraedii</i> Brause	P		Scléro
	<i>Alsophila mossambicensis</i> (Baker) R.M.Tryon			Scléro
Dennstaedtiaceae	<i>Histiopteris incisa</i> (Thunb.) J.Sm.	G	Pan	Scléro
	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	G	Cos	Scléro
Dryopteridaceae	<i>Cyclosorus interruptus</i> (Willd.) H.Itô	G	LSZ-G	Scléro
Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis undulata</i> (Afzel. ex Sw.) J.Sm.	G		Scléro
Osmundaceae	<i>Osmunda regalis</i> L.	G	Cos	Scléro
Pteridaceae	<i>Pteris burtonii</i> Baker	G		Scléro

ANNEXE 3: Composition floristique des groupements

Les tableaux qui suivent reprennent la composition floristique des groupements individualisés au Parc National de la Ruvubu (Burundi): Tableaux 3.1-5 : Groupements des savanes; Tableaux 3.6-8: Groupements des galeries forestières; Tableaux 3.9-11: Groupements des marais. Les relevés dans lesquels sont répertoriées toutes les espèces ont été effectués à l'aide de l'échelle de Braun-Blanquet. Cette échelle repose sur les coefficients d'abondance et de recouvrement suivants: +: espèce présente, 1: 0-5%, 2: 5-25%, 3: 25-50%, 4: 50-75%, 5: 75-100% (Braun-Blanquet, 1964 in Lewalle, 1972). Quelques plantes indéterminées (Indet) totalement ou partiellement, constituées pour la plupart de spécimens stériles, ont été répertoriées. Pour une partie des relevés, la prise de coordonnées GPS (Global Positioning System) ne s'est militée qu'aux degrés et minutes suite à des problèmes techniques. Les coordonnées GPS des relevés (Latitude Sud, Longitude Est, Altitude) sont les suivantes: R1 (3°10'7,23" ; 30°17'7,59" ; 1591m) ; R2 (3°10'7,36" ; 30°17'8,14" ; 1575m) ; R3 (3°10'7,38" ; 30°17'8,37" ; 1560m) ; R4 (3°10'7,78" ; 30°17'7,14" ; 1585m) ; R5 (3°10'8,21" ; 30°17'7,33" ; 1570m) ; R6 (3°10'8,45" ; 30°17'8,37" ; 1480m) ; R7 (3°02'49,6" ; 30°29'7,77" ; 1550m) ; R8 (3°02'53,2" ; 30°29'8,34" ; 1534m) ; R9 (3°02'54,9" ; 30°29'8,54" ; 1518m) ; R10 (3°02'6,25" ; 30°29'8,27" ; 1525m) ; R11 (3°02'7,29" ; 30°29'9,24" ; 1545m) ; R13 (2°59'35,5" ; 30°27'9,29" ; 1360m) ; R14 (2°59'35,5" ; 30°27'9,29" ; 1360m) ; R15 (2°59'35" ; 30°27'6,30" ; 1360m) ; R16 (2°59'35" ; 30°27'6,30" ; 1360m) ; R17 (3°3'38,4" ; 30°30'0,79" ; 1648m) ; R18 (3°3'7,86" ; 30°29'8,63" ; 1648m) ; R19 (3°2'8,61" ; 30°30'55,9" ; 1625m) ; R20 (3°2'7,96" ; 30°30'49,3" ; 1622m) ; R21 (3°3'30,4" ; 30°30'7,3" ; 1630m) ; R22 (3°3'26,3" ; 30°29'9,43" ; 1603m) ; R23 (3°3'10,7" ; 30°29'7,90" ; 1554m) ; R24 (3°3'51,4" ; 30°30'9,4" ; 1664m) ; R25 (3°3'54,6" ; 30°30'0,49" ; 1662m) ; R26 (3°5'18" ; 30°28'8,03" ; 1684) ; R27 (3°5'16,5" ; 30°28'7,93" ; 1678m) ; R28 (3°5'13,7" ; 30°28'56,8" ; 1622m) ; R29 (3°5'36,1" ; 30°28'52,2" ; 1664m) ; R30 (3°05'29,5" ; 30°28'44,9" ; 1638m) ; R31 (3°3'6,65" ; 30°29'8,49" ; 1646m) ; R32 (3°3'6,26" ; 30°29'8,59" ; 1626m) ; R33 (3°3'48" ; 30°29'8,33" ; 1628m) ; R34 (3°3'33,9" ; 30°29'7,04" ; 1584m) ; R35 (3°3'27,6" ; 30°29'56,6" ; 1572m) ; R36 (3°3'08,9" ; 30°29'6,58" ; 1570m) ; R37 (3°3'25,7" ; 30°29'8,73" ; 1593m) ; R38 (3°3'33 ; 30°30'13,6" ; 1647m) ; R39 (3°1'33,8" ; 30°29'6,81" ; 1406m) ; R40 (3°01'16,9" ; 30°29'8,49" ; 1418m) ; R41 (3°1'52" ; 30°29'9,70" ; 1422m) ; R42 (3°1'14,3" ; 30°30'7,9" ; 1444m) ; R43 (3°1'23,6" ; 30°30'7,3" ; 1442m) ; R44 (3°1'28,3" ; 30°30'18" ; 1459m) ; R45 (3°1'33,7" ; 30°30'21" ; 1463m) ; R46 (3°01'44,7" ; 30°29'9,54" ; 1668m) ; R47 (3°1'6,64 ; 30°30'01,3" ; 1444m) ; R48 (3°1'6,60 ; 30°29'8,13" ; 1422m) ; R49 (3°1'40" ; 30°29'8,55" ; 1420m) ; R50 (3°1'39,4" ; 30°29'7,96" ; 1442m) ; R51 (3°01'52,1" ; 30°29'8,05" ; 1441m) ; R52 (3°01'47,6" ; 30°29'8,72" ; 1454m) ; R53 (3°01'57,2" ; 30°29'7,80" ; 1432m) ; R54 (3°01'8,30" ; 30°29'8,86" ; 1431m) ; R55 (3°01'8,71" ; 30°29'9,73" ; 1448m) ; R56 (3°01'9,42" ; 30°29'9,77" ; 1465m) ; R57 (3°1'9,08" ; 30°29'8,69" ; 1464m) ; R58 (3°03'3,07,3" ; 30°30'1,08,8" ; 1663m) ; R59 (3°03'3,06,4 ; 30°29'1,46" ; 1653m) ; R60 (3°03'1,10" ; 30°30'11,5" ; 1614m) ; R61 (3°03'03,2" ; 30°30'11,4" ; 1661) ; R62 (3°02'9,82" ; 30°30'18,1" ; 1604) ; R63 (3°3'08" ; 30°30'22,2" ; 1675m) ; R64 (3°03'13,1" ; 30°30'26,6" ; 1623m) ; R65 (3°03'32,6" ; 30°30'21,1" ; 1657m) ; R66 (3°11'42,7" ; 30°17'8,06" ; 1380) ; R67 (3°11'39,1" ; 30°17'8,06" ; 1400m) ; R68 (3°11'22" ; 30°17'8,06" ; 1446m) ; R69 (3°10'46" ; 30°17'39" ; 1603m) ; R70 (2°56'7,27" ; 30°26'19,5" ; 1503m) ; R71 (2°56'6,71" ; 30°26'19,1" ; 1498m) ; R72 (2°56'8,90" ; 30°26'25,6" ; 1500m) ; R73 (2°56'8,95" ; 30°26'26,8" ; 1495m) ; R74 (2°56'8,95" ; 30°26'26,8" ; 1490m) ; R75 (2°56'8,95" ; 30°26'26,8" ; 1486m) ; R76 (2°59'27,7" ; 30°27'8,59" ; 1355m) ; R77 (2°59'16,8" ; 30°27'7,09" ; 1350m) ; R78 (2°59'15,9" ; 30°27'7,97" ; 1350m) ; R79 (2°58'40,3" ; 30°27'25,3" ; 1370m) ; R80 (2°58'34,9" ; 30°27'19,1" ; 1376m) ; R81 (2°57'6,54" ; 30°26'9,17" ; 1446m) ; R82 (2°57'41,9" ; 30°26'44,9" ; 1480m) ; R83 (3°01'32,8" ; 30°29'6,04" ; 1390m) ; R84 (3°01'32,8" ; 30°29'6,04" ; 1390m) ; R85 (3°01'29,8" ; 30°29'58,5" ; 1391m) ; R86 (3°01'29,8" ; 30°29'58,5" ; 1391m) ; R87 (3°00'56" ; 30°28'9,35" ; 1382m) ; R88 (3°00'56" ; 30°28'9,35" ; 1382m) ; R89 (3°00'56" ; 30°28'9,35" ; 1382m) ; R90 (3°00'53,2" ; 30°28'9,16" ; 1382m) ; R91 (3°00'53,2" ; 30°28'9,16" ; 1382m) ; R92 (3°00' ; 30°28' ; 1382m) ; R93 (3°00' ; 30°28' ; 1382m) ; R94 (3°00' ; 30°28' ; 1382m) ; R95 (3°00' ; 30°28' ; 1382m) ; R96 (2°59' ; 30°27' ; 1350m) ; R97 (2°59' ; 30°27' ; 1350m) ; R98 (3°00' ; 30°28' ; 1382m) ; R99 (3°00' ; 30°28' ; 1382m) ; R100 (3°00' ; 30°28' ; 1382m) ; R101 (2°59' ; 30°27' ; 1350m) ; R102 (2°59' ; 30°27' ; 1350m) ; R103 (2°59' ; 30°27' ; 1350m) ; R104 (2°59' ; 30°27' ; 1350m) ; R105 (2°58' ; 30°27' ; 1380m) ; R106 (2°58' ; 30°27' ; 1380m) ; R107 (2°58' ; 30°27' ; 1380m) ; R108 (2°58' ; 30°27' ; 1380m) ; R109 (2°58' ; 30°27' ; 1380) ; R110 (2°58' ; 30°27' ; 1380m) ; R111 (3°3' ; 30°30' ; 1648) ; R112 (3°3' ; 30°30' ; 1648m) ; R113 (3°3' ; 30°30' ; 1648m) ; R114 ; 3°3' ; 30°30' ; 1648m).

Annexe 3.1: Groupement à *Hyparrhenia diplandra*

Familles	Espèces	Relevés	R1	R4	R9	R10	R11	R21	R23	R24	R38	R40	R48	R49	R50	R65
Poaceae	<i>Hyparrhenia diplandra</i>	3	4	4	4	4	4	3	2	5	5	3	4	2	3	3
Mimosaceae	<i>Entada abyssinica</i>				3	3		+		3	1	+	+	1	+	2
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia acida</i>						3	+	2			3	1	3	2	
Poaceae	<i>Loudetia arundinacea</i>	2			+		+	2	3			1			1	
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>	+			+							2	2	3	1	
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>								1	2	1	+	1	+	+	+
Fabaceae	<i>Indigofera emarginella</i>				+			+		+	+	1	1	+	+	
Chrysobalanaceae	<i>Parinari curatellifolia</i>	+					+	1	3			+	+			
Fabaceae	<i>Dolichos kilimandscharicus</i>	+	+		+							+	1	+	+	+
Proteaceae	<i>Protea madiensis</i>	1	2				+	+						+		+
Poaceae	<i>Urelytrum digitatum</i>	4	1				1									
Asteraceae	<i>Bidens steppia</i>	+	2			+	+		+	+						
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>				+							3				+
Poaceae	<i>Loudetia simplex</i>		2				1						2			
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>		+	+		1		+	+							+
Araliaceae	<i>Cussonia aborea</i>		+					1	+		+	+		+		
Thymeleaceae	<i>Gnidia kraussiana</i>							1	1			+		+	+	
Poaceae	<i>Hyparrhenia familiaris</i>		1						+	1				1		
Rhizophoraceae	<i>Anisophyllea boehmii</i>				+			1	+			+	+			
Poaceae	<i>Hyparrhenia cymbaria</i>				1	1										1
Poaceae	<i>Panicum phragmitoides</i>				1	1					+					+
Fabaceae	<i>Pericopsis angolensis</i>								2						2	
Acanthaceae	<i>Acanthus polystachyus</i>				1					1						+
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i>				+							+	+	+	+	
Poaceae	<i>Digitaria abyssinica</i>									1	+			+		+
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea bulbifera</i>				1	+						1				
Fabaceae	<i>Eriosema psoraleoides</i>					1				2						
Fabaceae	<i>Erythrina abyssinica</i>					1					2					
Anacardiaceae	<i>Lannea schimperi</i>								1	+		+			+	
Combretaceae	<i>Terminalia mollis</i>		+									1		+	+	
Mimosaceae	<i>Albizia antunesiana</i>		+					+	+			+				

Annexe 3.1 : Suite

Familles	Espèces	Relevés	R1	R4	R9	R10	R11	R21	R23	R24	R38	R40	R48	R49	R50	R65
Asparagaceae	<i>Asparagus africanus</i>							1			+				+	
Asteraceae	<i>Aspilia pluriseta</i>							+	2							
Rubiaceae	<i>Fadogia cienkowskii</i>			+								+			+	+
Anacardiaceae	<i>Rhus pyroides</i>									1		+				+
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i>				+	+				1						
Verbenaceae	<i>Vitex madiensis</i> subsp. <i>milanjiensis</i>						+	+			1					
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>			+	+											+
Fabaceae	<i>Crotalaria glauca</i> var. <i>elliotti</i>					+		+						+		
Fabaceae	<i>Crotalaria spinosa</i>				1	+										
Aspidiaceae	<i>Dryopteris inequalis</i>										1			+		
Asteraceae	<i>Helichrysum keilii</i>							+				+		+		
Poaceae	<i>Imperata cylindrica</i>									2						
Lamiaceae	<i>Plectranthus stachyoides</i>					+										1
Hypericaceae	<i>Psorospermum febrifugum</i>							+	1							
Poaceae	<i>Setaria pumila</i>			1										+		
Olacaceae	<i>Ximenia caffra</i> var. <i>natalensis</i>				+	1										
Asteraceae	<i>Berkheya spekeana</i>										+					+
Asteraceae	<i>Conyza sumatrensis</i>				+			+								
Fabaceae	<i>Dalbergia nitidula</i>														1	
Asteraceae	<i>Emilia humbertii</i>			+		+										
Poaceae	<i>Eragrostis olivacea</i>												1			
Poaceae	<i>Eragrostis racemosa</i>		+	+												
Asteraceae	<i>Gutenbergia cordifolia</i>				+	+										
Moraceae	<i>Ficus ovata</i>			+	+											
Commelinaceae	<i>Floscopa glomerata</i>								+			+				
Thymeleaceae	<i>Gnidia goetzeana</i>				+	+										
Apiaceae	<i>Heteromorpha arborescens</i>				+	+										
Lamiaceae	<i>Hoslundia opposita</i>					+			+							
Poaceae	<i>Hyparrhenia filipendula</i>													1		
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>							1								
Poaceae	<i>Hyparrhenia</i> sp (TM 447)														1	
Acanthaceae	<i>Hypoestes cancellata</i>		+				+									
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i>		+	+												

Annexe 3.1 : Suite

		Relevés	R1	R4	R9	R10	R11	R21	R23	R24	R38	R40	R48	R49	R50	R65
Familles	Espèces															
Fabaceae	<i>Kotschyia strigosa</i>				1											
Celastraceae	<i>Gymnosporia senegalensis</i>									+					+	
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>				+									+		
Asteraceae	<i>Pleiotaxis pulcherrima</i>		+											+		
Fabaceae	<i>Rhynchosia minima</i>								1							
Poaceae	<i>Setaria kagerensis</i>				1											
Fabaceae	<i>Tephrosia vogelii</i>				+		+									
Tiliaceae	<i>Triumfetta cordifolia</i>				1											
Asteraceae	<i>Vernonia guineensis</i>											+		+		
Asteraceae	<i>Vernonia perrottettii</i>		+	+												
Asteraceae	<i>Vernonia ugandensis</i>				+	+										
Xyridaceae	<i>Xyris capensis</i>				+							+				
Mimosaceae	<i>Acacia sieberiana</i>				+											
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i>				+											
Acanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i>					+										
Poaceae	<i>Brachiaria brizantha</i>		+													
Euphorbiaceae	<i>Bridelia micrantha</i>				+											
Euphorbiaceae	<i>Bridelia atroviridis</i>					+										
Caesalpiaceae	<i>Cassia mimosoides</i>			+												
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gorungosanum</i>					+										
Verbenaceae	<i>Clerodendrum rotundifolium</i>				+											
Commelinaceae	<i>Commelina africana</i> var <i>africana</i>									+						
Fabaceae	<i>Crotalaria glauca</i>											+				
Euphorbiaceae	<i>Croton macrostachyus</i>					+										
Amaranthaceae	<i>Cyathula uncinulata</i>										+					
Vitaceae	<i>Cyphostemma adenocaulis</i>													+		
Fabaceae	<i>Desmodium salicifolium</i>															+
Fabaceae	<i>Desmodium setigerum</i>															+
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea praehensilis</i>										+					
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>													+		
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>											+				
Acanthaceae	<i>Dyschoriste radicans</i>													+		
Asteraceae	<i>Elephantopus scaber</i>							+								

Annexe 3.1 : Suite

		Relevés	R1	R4	R9	R10	R11	R21	R23	R24	R38	R40	R48	R49	R50	R65
Familles	Espèces															
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>					+										
Convolvulaceae	<i>Hewittia sublobata</i>														+	
Malvaceae	<i>Hibiscus diversifolius</i>			+												
Dennstaedtiaceae	<i>Histiopteris incisa</i>									+						
Acanthaceae	<i>Hypoestes verticillaris</i>			+												
-	Indet TM 292		+													
-	Indet TM 293													+		
Asteraceae	Indet TM 294		+													
Lamiaceae	Indet TM 295							+								
Lamiaceae	Indet TM 299				+											
Fabaceae	Indet TM 351		+													
-	Indet TM 389		+													
Euphorbiaceae	Indet TM 407														+	
-	Indet TM 409		+													
Asteraceae	Indet TM 436														+	
Fabaceae	<i>Kotschyia africana</i>											+				
Cyperaceae	<i>Kyllinga sphaerocephala</i>										+					
Cyperaceae	<i>Mariscus sumatraensis</i>													+		
Ochnaceae	<i>Ochna schweinfurthiana</i>													+		
Rubiaceae	<i>Oldenlandia herbacea</i>		+													
Anacardiaceae	<i>Ozoroa insignise</i> subsp. <i>reticulata</i>			+												
Poaceae	<i>Pennisetum polystachyon</i>			+												
Fabaceae	<i>Rhynchosia</i> sp (TM 245)															+
Fabaceae	<i>Rhynchosia sublobata</i>							+								
Asteraceae	<i>Senecio ruwenzoriensis</i>															+
Pedaliaceae	<i>Sesamum angolense</i>		+													
Lamiaceae	<i>Solenostemon platostomoides</i>															+
Rubiaceae	<i>Spermacoce dibrachiata</i>		+													
Rubiaceae	<i>Spermacoce sinensis</i>				+											
Fabaceae	<i>Sphenostylis marginata</i>											+				
Strychnaceae	<i>Strychnos spinosa</i>															+
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pseudograntii</i>			+												
Rubiaceae	<i>Tapiphyllum discolor</i>												+			

Annexe 3.1 : Fin

Familles	Espèces	Relevés	R1	R4	R9	R10	R11	R21	R23	R24	R38	R40	R48	R49	R50	R65
Asteraceae	<i>Vernonia petersii</i>		+													
Fabaceae	<i>Vigna luteola</i>			+												
Fabaceae	<i>Vigna parkeri</i>					+										

Annexe 3.2: Groupement à *Loudetia simplex* et *Protea madiensis*

Familles	Espèces	Relevés	R7	R26	R27	R29	R34	R36	R37	R39	R41	R42	R47	R51	R53	R54	R55	R56	R60	R62	R63	R68	R69
Poaceae	<i>Loudetia simplex</i>		4	3	3	5	4	4	1	2	4	5	3	1		3	4	3	4	3	2		
Proteaceae	<i>Protea madiensis</i>			2	3					+	+	+	1	+	+	2			+		+	1	1
Chrysobalanaceae	<i>Parinari curatellifolia</i>		2	1		+	2	1	1	1		+	1	3	+					+		2	1
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>									3	1		1	2	2	1						4	4
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia acida</i>		+			3		+	1	3	1	+	2	1	3	+	+	+	1	+		3	3
Poaceae	<i>Hyparrhenia familiaris</i>		2				+		4	1								+		+			
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i>		+	+	+		+			+			+	+	+	+		+	+		+		
Fabaceae	<i>Dolichos kilimandscharicus</i>									+	+			1	1	+	+				+	+	+
Poaceae	<i>Hyparrhenia filipendula</i>			1			+	+				+	1	1	+	+							
Hypericaceae	<i>Psorospermum febrifugum</i>		+	+			1	+	+					+		+	+				+		
Mimosaceae	<i>Albizia antunesiana</i>		+			+	+			+		+		+	+				+	+			
Thymeleaceae	<i>Gnidia kraussiana</i>			+			+			+	+	+	+	+	+	+							
Fabaceae	<i>Sphenostylis marginata</i>			1						+	+	+	+	+	+	+	+		+				
Xyridaceae	<i>Xyris capensis</i>		+								+	+	+			+	1		+		+		
Rhizophoraceae	<i>Anisophyllea boehmii</i>			+		+				+			+			+			+			+	+
Mimosaceae	<i>Entada abyssinica</i>						+					+		+	+	+						+	+
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>		+	+		+	+															+	+
Fabaceae	<i>Indigofera emarginella</i>		+							1				+		1							
Cyperaceae	<i>Kyllinga sphaerocephala</i>			2	+				+												+		
Poaceae	<i>Loudetia arundinacea</i>		+															+	1	+	+		
Rubiaceae	<i>Agathisanthemum globosum</i>		+	+	+				+							+							
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>					+			3														
Poaceae	<i>Eragrostis racemosa</i>								+					+	+						+	+	
Asteraceae	<i>Helichrysum keilii</i>									+	+			+	+	+							
Fabaceae	<i>Kotschya aeschynomoides</i>			+	+					+	+		+										
Ochnaceae	<i>Ochna schweinfurthiana</i>						+				+					+			+	+			

Annexe 3.2 : Suite

		Relevés	R7	R26	R27	R29	R34	R36	R37	R39	R41	R42	R47	R51	R53	R54	R55	R56	R60	R62	R63	R68	R69
Familles	Espèces																						
Fabaceae	<i>Pericopsis angolensis</i>												1		1			+					
Rubiaceae	<i>Spermacoce dibrachiata</i>			+	+												+					+	+
Rubiaceae	<i>Tapiphyllum discolor</i>			+	+	+	+										+						
Zingiberaceae	<i>Aframomum angustifolium</i>																						3
Poaceae	<i>Ctenium somalense</i>																				3		
Poaceae	<i>Eragrostis olivacea</i>														1			1					
Poaceae	<i>Hyparrhenia newtonii</i>									3													
Asteraceae	<i>Pleiotaxis pulcherrima</i>			+					+													+	+
Fabaceae	<i>Crotalaria spinosa</i>	+																				+	+
Araliaceae	<i>Cussonia arborea</i>						+	+														+	
Asteraceae	<i>Dicoma anomala</i>			+	+							+											
Fabaceae	<i>Eriosema chrysadenium</i>										+		+					+					
Commelinaceae	<i>Floscopa glomerata</i>			+	+				+														
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>														2								
Poaceae	<i>Hyparrhenia</i> sp (TM 534)														1		+						
Poaceae	Indet TM 168							+									1						
Anacardiaceae	<i>Lannea schimperi</i>	+					+		+														
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>					+				+					+								
Rubiaceae	<i>Rubia cordifolia</i> subsp. conotricha			+	+		+																
Poaceae	<i>Setaria kagerensis</i>			+																		1	
Fabaceae	<i>Tephrosia linearis</i>				+																	+	+
Asteraceae	<i>Vernonia turbinella</i>										+	1											
Verbenaceae	<i>Vitex doniana</i>											1					+						
Euphorbiaceae	<i>Acalypha polymorpha</i>																					+	+
Amaranthaceae	<i>Althernanthera punges</i>																					+	+
Asteraceae	<i>Berkheya spekeana</i>																					+	+
Asteraceae	<i>Bidens steppia</i>																					+	+
Asteraceae	<i>Conyza sumatrensis</i>			+																+			
Fabaceae	<i>Crotalaria spartea</i>																					+	+
Fabaceae	<i>Desmodium triflorum</i>																					+	+
Fabaceae	<i>Drogmansia pteropus</i> var <i>pteropus</i>																+			+			
Acanthaceae	<i>Dyschoryste trichocalyx</i>																					+	+
Fabaceae	<i>Eriosema psoraleoides</i>																					+	+

Annexe 3.2 : Suite

		Relevés	R7	R26	R27	R29	R34	R36	R37	R39	R41	R42	R47	R51	R53	R54	R55	R56	R60	R62	R63	R68	R69	
Familles	Espèces																							
Fabaceae	<i>Eriosema rhodesicum</i>																					+	+	
Fabaceae	<i>Eriosema stanerianum</i>											+							+					
Fabaceae	<i>Erythrina abyssinica</i>																					+	+	
Rubiaceae	<i>Fadogia cienkowskii</i>													+							+			
Malvaceae	<i>Hibiscus acetosella</i>																					+	+	
-	Indet TM 384							+										+						
Euphorbiaceae	Indet TM 407				+							+												
Fabaceae	<i>Indigofera homblei</i>																					+	+	
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i>																					+	+	
Fabaceae	<i>Kotschyia africana</i>										+	+												
Fabaceae	<i>Kotschyia strigosa</i>																					+	+	
Poaceae	<i>Loudetia kagerensis</i>																							
Poaceae	<i>Pennisetum unisetum</i>				+	+																		
Apocynaceae	<i>Raphionacme welwitschii</i> Schltr. & Rendle			+	+																			
Oleaceae	<i>Schrebera alata</i>																						1	
Polygalaceae	<i>Securidaca longepedunculata</i>																						+	+
Pedaliaceae	<i>Sesamum angolense</i>																						+	+
Poaceae	<i>Setaria pumila</i>																						+	+
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>																						+	+
Tiliaceae	<i>Triumfetta flabelloto-pilosa</i>					+																	+	+
Tiliaceae	<i>Triumfetta rhomboidea</i>																						+	+
Poaceae	<i>Urelytrum digitatum</i>																						1	
Asteraceae	<i>Vernonia fontinalis</i>																						+	+
Asteraceae	<i>Vernonia lasiopus</i>																						+	+
Verbenaceae	<i>Vitex madiensis</i> subsp. milanjiensis																						+	+
Olacaceae	<i>Ximenia caffra</i> var. natalensis																							1
Agavaceae	<i>Agave sisalana</i>																							+
Aloaceae	<i>Aloe lateritia</i>																						+	
Asparagaceae	<i>Asparagus africanus</i>																						+	
Asteraceae	<i>Aspilia pluriseta</i>																							+
Acanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i>																							+
Oxalidaceae	<i>Biophytum helenae</i>																							+
Poaceae	<i>Brachiaria brizantha</i>																							+

Annexe 3.2 : Suite

		Relevés	R7	R26	R27	R29	R34	R36	R37	R39	R41	R42	R47	R51	R53	R54	R55	R56	R60	R62	R63	R68	R69
Familles	Espèces																						
Verbenaceae	<i>Rothea myricoides</i>								+														
Commelinaceae	<i>Commelina africana</i> var <i>africana</i>					+																	
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>																						+
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> subsp. <i>diffusa</i>																						+
Fabaceae	<i>Crotalaria glauca</i> var <i>elliotti</i>		+																				
Fabaceae	<i>Crotalaria shirensis</i>																						+
Commelinaceae	<i>Cyanotis foecunda</i>																						+
Fabaceae	<i>Desmodium salicifolium</i>																						+
Apiaceae	<i>Diplolophium africanum</i>																						+
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>						+																
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>																				+		
Rubiaceae	<i>Fadogia ancylantha</i>			+																			
Proteaceae	<i>Faurea rochetiana</i>								+														
Thymeleaceae	<i>Gnidia ericoides</i>				+																		
Convolvulaceae	<i>Hewittia sublobata</i>													+									
Rubiaceae	<i>Hymenodictyon floribundum</i>		+																				
Acanthaceae	<i>Hypoestes cancellata</i>		+																				
Acanthaceae	<i>Hypoestes verticillaris</i>		+																				
-	Indet TM 389		+		+																+	+	
-	Indet TM 293																+						
-	Indet TM 504																						+
Lamiaceae	Indet TM 529																						+
Fabaceae	<i>Indigofera paracapitata</i>			+																			
Fabaceae	<i>Indigofera rhynchocarpa</i>					+																	
Bignoniaceae	<i>Kigelia africana</i>					+																	
Celastraceae	<i>Gymnosporia senegalensis</i>																					+	
Poaceae	<i>Panicum laxum</i>								+														
Anacardiaceae	<i>Rhus pyroides</i>			+																			
Asteraceae	<i>Senecio ruwenzoriensis</i>								+														
Solanaceae	<i>Solanum incanum</i>																						+
Strychnaceae	<i>Strychnos spinosa</i>									+													
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pseudograntii</i>																						+
Fabaceae	<i>Tephrosia vogelii</i>		+																				

Annexe 3.2 : Fin

		Relevés	R7	R26	R27	R29	R34	R36	R37	R39	R41	R42	R47	R51	R53	R54	R55	R56	R60	R62	R63	R68	R69
Familles	Espèces																						
Combretaceae	<i>Terminalia mollis</i>												+										
Asteraceae	<i>Vernonia guineensis</i>										+												
Fabaceae	<i>Vigna parkeri</i>		+																				

Annexe 3.3: Groupement à *Hyparrhenia diplandra* et *Entada abyssinica*

		Relevés	R22	R25	R28	R30	R31	R32	R33	R44	R45	R46	R52	R57	R58	R59	R61
Familles	Espèces																
Poaceae	<i>Hyparrhenia diplandra</i>		2	1	2	2		3	2	3		3		3	3	3	
Mimosaceae	<i>Entada abyssinica</i>		+	1			3		+			4	2	+	1	+	2
Poaceae	<i>Hyparrhenia cymbaria</i>						+			1	+	1	+	3	3	+	
Acanthaceae	<i>Acanthus polystachyus</i>			2					+				+		+		+
Acanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i>					2											+
Acanthaceae	<i>Dyschoriste trichocalyx</i> subsp. verticillaris							+									+
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i>						3		3						+	1	
Amaranthaceae	<i>Cyathula uncinulata</i>			1		+	+	+		+	+	+	+			+	
Anacardiaceae	<i>Lannea schimperi</i>		+												+		
Anacardiaceae	<i>Rhus pyroides</i>			+	1	+	3	+	3		1	+	+	+	+	+	
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>		1			+	1	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Apocynaceae	<i>Carissa edulis</i>										+						
Apocynaceae	<i>Landolphia kirkii</i>						1	1	+								
Aspidiaceae	<i>Dryopteris inequalis</i>					+	+		+								
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>					+	+					1					
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i>														+		+
Asteraceae	<i>Berkheya spekeana</i>																+
Asteraceae	<i>Conyza sumatrensis</i>					1											
Asteraceae	<i>Crassocephalum multicorymbosum</i>																+
Asteraceae	<i>Crassocephalum vitellinum</i>					+	1										+
Asteraceae	<i>Gutenbergia cordifolia</i>														+		
Asteraceae	<i>Helichrysum keilii</i>									+							
Asteraceae	Indet TM 324														+		
Asteraceae	Indet TM 325					+											

Annexe 3.3 : Suite

		Relevés	R22	R25	R28	R30	R31	R32	R33	R44	R45	R46	R52	R57	R58	R59	R61
Familles	Espèces																
Asteraceae	Indet TM 436													+		+	+
Asteraceae	<i>Senecio ruwenzoriensis</i>																+
Asteraceae	<i>Vernonia amygdalina</i>										+						
Asteraceae	<i>Vernonia ugandensis</i>			1									+				
Celastraceae	<i>Gymnosporia arbutifolia</i>							1	+							+	
Celastraceae	<i>Gymnosporia senegalensis</i>																1
Chrysobalanaceae	<i>Magnistipula butayei</i>			+													
Chrysobalanaceae	<i>Parinari curatellifolia</i>	1							+	1				3			
Clusiaceae	<i>Garcinia huillensis</i>																
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>				1									+	+	+	
Hypericaceae	<i>Psorospermum febrifugum</i>					1											+
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>													+			+
Combretaceae	<i>Terminalia mollis</i>	3															
Commelinaceae	<i>Commelina africana</i> var <i>africana</i>				+									+			
Commelinaceae	<i>Floscopa glomerata</i>				+												
Convolvulaceae	<i>Dichondra repens</i>										+						
Convolvulaceae	<i>Hewittia sublobata</i>															+	
Cyperaceae	<i>Kyllinga sphaerocephala</i>						+										
Cyperaceae	<i>Mariscus sumatraensis</i>		+			+	1	+			+	+	+	+	+	+	+
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea bulbifera</i>				1	1	+			+			+				
Dracaenaceae	<i>Dracaena steudneri</i>			+	3												
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i>								+								
Euphorbiaceae	<i>Bridelia micrantha</i>		1	3	1	3	+				1					+	
Euphorbiaceae	<i>Croton macrostachyus</i>		+	1	2	1				+	+	+					
Euphorbiaceae	<i>Erythrococca bongensis</i>		+			1	+	1									
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia acida</i>	+															
Euphorbiaceae	<i>Tragia brevipes</i>																+
Fabaceae	<i>Crotalaria aculeata</i>					+	1										
Fabaceae	<i>Crotalaria ononoides</i>						+										
Fabaceae	<i>Crotalaria spinosa</i>											1					
Fabaceae	<i>Dolichos kilimandscharicus</i>																+
Fabaceae	<i>Eriosema psoraleoides</i>							+									
Fabaceae	<i>Erythrina abyssinica</i>		3	2	+	2	1						1	+		+	+

Annexe 3.3 : Suite

		Relevés	R22	R25	R28	R30	R31	R32	R33	R44	R45	R46	R52	R57	R58	R59	R61
Familles	Espèces																
Fabaceae	<i>Indigofera rhynchocarpa</i>		+														
Fabaceae	<i>Rhynchosia goetzei</i> var. <i>pseudocaribaea</i>																+
Fabaceae	<i>Rhynchosia</i> sp (TM 245)				+	1	+			+	+	1		+			
Fabaceae	<i>Sphenostylis marginata</i>											1	+				
Fabaceae	<i>Tephrosia vogelii</i>				2												
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>									+		+	1				
Lamiaceae	<i>Hoslundia opposita</i>		+							+	+						
Lamiaceae	Indet TM 206							+									
Lamiaceae	Indet TM 303												+				
Lamiaceae	<i>Plectranthus defoliatus</i>			2		+	1	+	1							+	
Lamiaceae	<i>Plectranthus stachyoides</i>						1		+				1				
Asparagaceae	<i>Asparagus africanus</i>							+	+	+							+
Malvaceae	<i>Hibiscus aponeurus</i>				+										+		
Malvaceae	<i>Hibiscus diversifolius</i>					+											
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>						+				+						+
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>														+		
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>														+		
Mimosaceae	<i>Acacia sieberiana</i>			3												4	3
Mimosaceae	<i>Albizia adiantifolia</i>					+			4	1			+			+	
Mimosaceae	<i>Albizia antunesiana</i>		+											+			1
Moraceae	<i>Ficus ovata</i>				2	1											
Moraceae	<i>Ficus</i> sp (TM 140)					+											
Moraceae	<i>Ficus</i> sp (TM 400)					2		4			3						
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> var. <i>golungensis</i>		+		2	3				+		+		+			2
Myrtaceae	<i>Syzygium cordatum</i>					+										+	
Olacaceae	<i>Ximenia caffra</i> var. <i>natalensis</i>			+		2							1				
Osmundaceae	<i>Osmunda regalis</i>			3													
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>											+					
Poaceae	<i>Cynodon nlemfuensis</i>					+	3	+			+						
Poaceae	<i>Digitaria abyssinica</i>															+	
Poaceae	<i>Hyparrhenia familiaris</i>					1											
Poaceae	<i>Hyparrhenia filipendula</i>		3				+				+		2				3
Poaceae	<i>Hyparrhenia newtonii</i>																1

Annexe 3.3 : Suite		Relevés	R22	R25	R28	R30	R31	R32	R33	R44	R45	R46	R52	R57	R58	R59	R61
Familles	Espèces																
Poaceae	<i>Imperata cylindrica</i>			1							+	1	3				
Poaceae	<i>Loudetia arundinacea</i>													+			
Poaceae	<i>Loudetia simplex</i>		3														
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>			1										+	+		
Poaceae	<i>Panicum phragmitoides</i>					1	+			+			+	+	+		1
Poaceae	<i>Setaria kagerensis</i>					3		+		1	+		1		2	3	
Polygonaceae	<i>Rumex usambarensis</i>																+
Proteaceae	<i>Protea madiensis</i>		1														
Ranunculaceae	<i>Clematis hirsuta</i>												+				
Rhizophoraceae	<i>Anisophyllea boehmii</i>													+			
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i>					+		+		+				+	+		
Rubiaceae	<i>Agathisanthemum globosum</i>													+			
Rubiaceae	<i>Keetia venosa</i>					+		+			1						
Rubiaceae	<i>Rubia cordifolia</i> subsp. <i>Conotricha</i>														+	+	
Rubiaceae	<i>Rytigynia monantha</i>																+
Rubiaceae	<i>Spermacoce sphaerostigma</i>														+		
Sapindaceae	<i>Allophylus ferrugineus</i>									1							+
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>										2						
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gorungosanum</i>					1	2	+	+								
Smilacaceae	<i>Smilax anceps</i>					1						+		+		+	
Solanaceae	<i>Solanum dasyphyllum</i>										+						
Solanaceae	<i>Solanum incanum</i>												+				
Solanaceae	<i>Solanum indicum</i>						1										
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>						+										
Thymeleaceae	<i>Gnidia goetzeana</i>						+										
Thymeleaceae	<i>Gnidia kraussiana</i>		+														+
Tiliaceae	<i>Triumfetta cordifolia</i>									+	+	+	+				
Tiliaceae	<i>Triumfetta rhomboidea</i>								+			+			+		
Urticaceae	<i>Urtica massaica</i>						+										
Verbenaceae	<i>Clerodendrum formicarum</i>										1						
Verbenaceae	<i>Clerodendrum rotundifolium</i>			+	+	+		+	+	+	+	+					+
Verbenaceae	<i>Clerodendrum silvanum</i>						+										
Verbenaceae	<i>Vitex madiensis</i> subsp. <i>milanjiensis</i>		+											+			

Annexe 3.3 : Fin

		Relevés	R22	R25	R28	R30	R31	R32	R33	R44	R45	R46	R52	R57	R58	R59	R61
Familles	Espèces																
Vitaceae	<i>Rhoicissus tridentata</i>		+	1			+	1	+	+			+	+	+	1	+
Zingiberaceae	<i>Aframomum angustifolium</i>		3				1	+	+								

Annexe 3.4: Groupement à *Loudetia arundinacea* et *Hymenocardia acida*

		Relevés	R70	R71	R72	R73	R74	R75	R81	R82
Familles	Espèces									
Poaceae	<i>Loudetia arundinacea</i>		4	3	3	4		4	4	3
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia acida</i>		2	2	3	3	2	2	3	3
Poaceae	<i>Hyparrhenia diplandra</i>		2	1	2	2	2	2	2	2
Chrysobalanaceae	<i>Parinari curatellifolia</i>		1	1	1	1	1	1	1	1
Poaceae	<i>Pennisetum polystachyon</i>		1	1	1	1	1	1	1	1
Pedaliaceae	<i>Sesamum angolense</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Poaceae	Indet TM 534		1				1			
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Araliaceae	<i>Cussonia aborea</i>		1	1	1	1	1	1	+	1
Caesalpiniaceae	<i>Cassia mimosoides</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Rubiaceae	<i>Spermacoce dibrachiata</i>					+	+		+	+
Mimosaceae	<i>Albizia antunesiana</i>						+		+	+
Fabaceae	<i>Crotalaria spinosa</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Poaceae	Indet TM 533		1					1		1
Malvaceae	<i>Hibiscus diversifolius</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Hypericaceae	<i>Psorospermum febrifugum</i>		+				+	+	+	+
Proteaceae	<i>Protea madiensis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Rhynchosia sublobata</i>						+	+	+	+
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>		+	+	+	+	+		+	+
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>			1					4	
Asteraceae	<i>Vernonia turbinella</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Desmodium velutinum</i>		1	+	+		+	+	+	
Fabaceae	<i>Eriosema psoraleoides</i>			1	1		+	1		
Verbenaceae	<i>Clerodendrum rotundifolium</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Asteraceae	<i>Conyza sumatrensis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Asteraceae	<i>Bidens steppia</i>						+	1	+	+
Cyperaceae	<i>Mariscus macrocarpus</i>		+				+	+	+	+
Asteraceae	<i>Emilia humbertii</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Asteraceae	<i>Senecio ruwenzoriensis</i>			+			+	+	+	+
Euphorbiaceae	<i>Acalypha polymorpha</i>						1		1	
Fabaceae	<i>Eriosema psoraleoides</i>								1	1
Fabaceae	<i>Indigofera emarginella</i>						+	+	+	+
Solanaceae	<i>Solanum incanum</i>			+	1	+				
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Mimosaceae	<i>Albizia gummifera</i>			+						
Asteraceae	<i>Crassocephalum rubens</i>						+		+	+
Lamiaceae	<i>Leucas calastachya</i>		+	+						+
Xyridaceae	<i>Xyris capensis</i>						+	+	+	
Oxalidaceae	<i>Biophytum helenae</i>			+					+	
Poaceae	<i>Brachiaria brizantha</i>			+		+				
Caesalpiniaceae	<i>Caesalpinia decapetala</i>		1							
Combretaceae	<i>Combretum collinum subsp. binderanum</i>			+					+	
Acanthaceae	<i>Dyschoryste trichocalyx</i>		+			+				
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia tirucalli</i>		1							
Fabaceae	<i>Indigofera zenkeri</i>								+	+
Asteraceae	<i>Pleiotaxis pulcherrima</i>				+	+				
Anacardiaceae	<i>Rhus pyroides</i>			+						+
Asteraceae	<i>Vernonia petersii</i>		1							

Annexe 3.4 : Suite et Fin

		Relevés	R70	R71	R72	R73	R74	R75	R81	R82
Familles	Espèces									
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp (TM 566)				+	+				
Rubiaceae	<i>Virectaria major</i>								+	+
Mimosaceae	<i>Acacia hockii</i>			+						
Agavaceae	<i>Agave sisalana</i>					+				
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Aloaceae	<i>Aloe lateritia</i>					+				
Poaceae	<i>Andropogon schirensis</i>					+				
Combretaceae	<i>Combretum collinum</i> susp. <i>collinum</i>								+	
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>			+						
Boraginaceae	<i>Cordia africana</i>			+						
Fabaceae	<i>Crotalaria shirensis</i>			+						
Fabaceae	<i>Crotalaria</i> sp (TM 594)			+						
Poaceae	<i>Cynodon nlemfuensis</i>			+						
-	Indet TM 549					+				
-	Indet TM 550						+			
-	Indet TM 579			+						
-	Indet TM 580			+						
-	Indet TM 587			+						
Asteraceae	Indet TM 595			+						
Fabaceae	<i>Indigofera arrecta</i>						+			
Fabaceae	<i>Tephrosia linearis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Kotschya strigosa</i>					+				
Anacardiaceae	<i>Lannea schimperi</i>								+	
Scrophulariaceae	<i>Lindernia</i> sp (TM 578)			+						
Ochnaceae	<i>Ochna schweinfurthiana</i>								+	
Fabaceae	<i>Pericopsis angolensis</i>								+	
Lamiaceae	<i>Plectranthus stachyoides</i>									+
Fabaceae	<i>Neorautanenia mitis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp (TM 596)			+						
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp (TM 597)			+						
Verbenaceae	<i>Vitex doniana</i>					+				
Strychnaceae	<i>Strychnos spinosa</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Indigofera spicata</i>			+						
Strychnaceae	<i>Strychnos innocua</i>			+						

Annexe 3.5 : Groupement à *Loudetia simplex* et *Parinari curatellifolia*

Familles	Espèces	Relevés	R2	R3	R5	R6	R8	R12	R35	R64
Poaceae	<i>Loudetia simplex</i>	4	5	4	4	4	4	1	3	3
Chrysobalanaceae	<i>Parinari curatellifolia</i>	3	3	3	3	1	1	1	1	1
Asteraceae	<i>Bidens steppia</i>	2	2	2	2					
Poaceae	<i>Hyparrhenia filipendula</i>					1	3	2		1
Poaceae	<i>Loudetia arundinacea</i>						1	2	1	1
Poaceae	<i>Urelytrum digitatum</i>			3			1	1		
Poaceae	<i>Hyparrhenia familiaris</i>			2	1			1		
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>	3					1			
Mimosaceae	<i>Albizia antunesiana</i>	+	1	1						
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia acida</i>	+					+	2		
Fabaceae	<i>Pericopsis angolensis</i>						+		3	
Proteaceae	<i>Protea madiensis</i>	+				2			+	
Poaceae	<i>Eragrostis racemosa</i>	+	1			+				
Poaceae	<i>Hyparrhenia diplandra</i>	1				1				
Acanthaceae	<i>Hypoestes verticillaris</i>			+	1	+				
Rubiaceae	<i>Oldenlandia herbacea</i>			+	2					
Rhizophoraceae	<i>Anisophyllea boehmii</i>			+		1				
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>					+			+	+
Caesalpiniaceae	<i>Cassia mimosoides</i>	+	+			+				
-	Indet TM 389	+	+							+
Fabaceae	<i>Indigofera emarginella</i>							+	+	+
Anacardiaceae	<i>Lannea schimperi</i>								1	+
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i>								+	+
Araliaceae	<i>Cussonia aborea</i>					+				+
Fabaceae	<i>Dalbergia nitidula</i>	+	+							
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>			1						
Fabaceae	<i>Dolichos kilimandscharicus</i>					+				+
Asteraceae	<i>Emilia caespitosa</i>								1	
Rubiaceae	<i>Fadogia cienkowskii</i>								+	+
Asteraceae	<i>Guizotia scabra</i>	+		+						
Acanthaceae	<i>Hypoestes cancellata</i>						+	+		
Lamiaceae	<i>Plectranthus stachyoides</i>	1								
Fabaceae	<i>Tephrosia vogelii</i>					+	+			
Verbenaceae	<i>Vitex madiensis</i> subsp. <i>milanjiensis</i>	+							+	
Xyridaceae	<i>Xyris capensis</i>						+			+
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i>							+		
Rubiaceae	<i>Agathisanthemum globosum</i>								+	
Aloaceae	<i>Aloe lateritia</i>					+				
Melastomataceae	<i>Antherotoma naudinii</i>							+		
Asparagaceae	<i>Asparagus africanus</i>								+	
Euphorbiaceae	<i>Bridelia micrantha</i>							+		
Euphorbiaceae	<i>Bridelia atroviridis</i>							+		
Apocynaceae	<i>Carissa edulis</i>	+								
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>								+	
Commelinaceae	<i>Commelina africana</i> var <i>africana</i>								+	
Asteraceae	<i>Dicoma anomala</i>					+				
Melastomataceae	<i>Dissotis senegambiensis</i>									+
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>								+	
Fabaceae	<i>Eriosema stanerianum</i>							+		
Asteraceae	<i>Gutenbergia cordifolia</i>								+	
Rubiaceae	<i>Fadogia ancylantha</i>	+								

Annexe 3.5 : Suite et Fin

		Relevés	R2	R3	R5	R6	R8	R12	R35	R64
Familles	Espèces									
Proteaceae	<i>Faurea rochetiana</i>		+							
Malvaceae	<i>Hibiscus diversifolius</i>					+				
-	Indet TM 292			+						
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i>		+							
Bignoniaceae	<i>Kigelia africana</i>			+						
Cyperaceae	<i>Mariscus sumatraensis</i>									+
Celastraceae	<i>Gymnosporia senegalensis</i>						+			
Asteraceae	<i>Microglossa pyrifolia</i>				+					
Ochnaceae	<i>Ochna schweinfurthiana</i>									+
Poaceae	<i>Pennisetum unisetum</i>									+
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus niruri</i>					+				
Hypericaceae	<i>Psorospermum febrifugum</i>								+	
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>			+						
Pedaliaceae	<i>Sesamum angolense</i>		+							
Solanaceae	<i>Solanum incanum</i>								+	
Lamiaceae	<i>Solenostemon platostomoides</i>									+
Strychnaceae	<i>Strychnos spinosa</i>			+						
Fabaceae	<i>Tephrosia linearis</i>						+			
Fabaceae	<i>Vigna luteola</i>					+				
Verbenaceae	<i>Vitex doniana</i>							+		

Annexe 3.6 : Groupement à *Syzygium cordatum* et *Alchornea cordifolia*

		Relevés	R13	R14	R15	R16	R18	R19	R20	R79	R80
Familles	Espèces										
Myrtaceae	<i>Syzygium cordatum</i>		4	4	4	4	4	3	4	3	2
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i>		3	4	3	4		4	3		
Zingiberaceae	<i>Aframomum angustifolium</i>						4	4	3	3	4
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>		3	2	2	2	1	1		1	1
Smilacaceae	<i>Smilax anceps</i>		1	1	1	+	2	3	2	1	1
Acanthaceae	<i>Acanthus polystachyus</i>		2	2	2	1		+		1	1
Mimosaceae	<i>Albizia gummifera</i>		2	2	2	2		2			
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>		+	+	+	+	2	2	2		
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i>		1	1	1	1		2	1		
Lamiaceae	<i>Haumaniastrum caeruleum</i>						4	3	2		
Meliastaceae	<i>Bersama abyssinica</i>						2	3	2		
Monimiaceae	<i>Xymalos monospora</i>						2	2	3		
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>									3	3
Tiliaceae	<i>Triumfetta cordifolia</i>		+	+	+	+	1	1			
Asteraceae	<i>Vernonia petersii</i>				+		2	1	1		
Gentianaceae	<i>Anthocleista schweinfurthii</i>		+	+	+	+	1		+		
Myristicaceae	<i>Pycnanthus angolensis</i>		1	1	+	1					
Cyatheaceae	<i>Alsophila manniana</i>						2	+	1		
Verbenaceae	<i>Clerodendrum formicarum</i>						1	+	2		
Lamiaceae	<i>Leucas martinicensis</i>		+	+	+	+			1		

Annexe 3.6 : Suite

		Relevés	R13	R14	R15	R16	R18	R19	R20	R79	R80
Familles	Espèces										
Olacaceae	<i>Strombosia scheffleri</i>							2	2		
Asteraceae	<i>Vernonia amygdalina</i>	+	+	+	+					+	+
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	+	+	+	+				+		
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>							2	1		
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>	+	+	+	+			+			
Fabaceae	<i>Erythrina abyssinica</i>						2	1			
Acanthaceae	<i>Isoglossa cyclophylla</i>				+		2	+			
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> var. <i>golungensis</i>						+	1	1		
Fabaceae	<i>Millettia dura</i>						2		1		
Agavaceae	<i>Agave sisalana</i>									1	1
Caesalpiniaceae	<i>Cassia mimosoides</i>	+	+	+	+						
Euphorbiaceae	<i>Clutia abyssinica</i>						1	1			
Asteraceae	<i>Crassocephalum multicorymbosum</i>	+	+	+	+						
Cyperaceae	<i>Mariscus sumatraensis</i>						1		1		
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea dumetorum</i>	+	+	+	+						
Fabaceae	<i>Teramnus labialis</i>						+		2		
Asteraceae	<i>Gutenbergia cordifolia</i>	+	+	+	+						
Fabaceae	<i>Kotschyia africana</i>									1	1
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	+	+	+	+						
Celastraceae	<i>Gymnosporia senegalensis</i>							+	2		
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	+	+	+	+						
Arecaceae	<i>Phoenix reclinata</i>	+		+						+	+
Anacardiaceae	<i>Rhus pyroides</i>	+	+	+	+						
Mimosaceae	<i>Newtonia buchananii</i>						1		1		
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>	+	+	+	+						
Malvaceae	<i>Sida rhomboidea</i>	+	+	+	+						
Ulmaceae	<i>Trema orientalis</i>	1	1								
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp (TM 596)									1	1
Asteraceae	<i>Crassocepharum sarcobasis</i>	+	+	+							
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>						1	+			
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>						1		+		
Moraceae	<i>Ficus vallis-choudae</i>						2				
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>									1	+
Fabaceae	<i>Neorautanenia mitis</i>								2		
Rubiaceae	<i>Pavetta ternifolia</i>						1		+		
Fabaceae	<i>Desmodium barbatum</i>	+	+	+	+						
Euphorbiaceae	<i>Sapium ellipticum</i>						1		+		
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i>									+	+
Euphorbiaceae	<i>Bridelia brideliifolia</i>									+	+
Lamiaceae	<i>Brillantaisia patula</i>									1	
Caesalpiniaceae	<i>Cassia kirkii</i>									+	+
Caesalpiniaceae	<i>Cassia siamea</i>							+	+		

Annexe 3.6 : Fin

		Relevés	R13	R14	R15	R16	R18	R19	R20	R79	R80
Familles	Espèces										
Asteraceae	<i>Conyza sumatrensis</i>									+	+
Asteraceae	<i>Crassocephalum vitellinum</i>								1		
Fabaceae	<i>Desmodium adscendens</i>	+					+				
Fabaceae	<i>Desmodium salicifolium</i>						1				
Fabaceae	<i>Desmodium</i> sp (TM 557)	+	+								
Moraceae	<i>Ficus asperifolia</i>									+	+
Moraceae	<i>Ficus thonningii</i>						1				
Malvaceae	<i>Hibiscus acetocella</i>							1			
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i>			+			+				
Polygonaceae	<i>Persicaria setosula</i>									+	+
Fabaceae	<i>Sesbania sesban</i>									+	+
Fabaceae	<i>Tephrosia vogelii</i>						+				+
Boraginaceae	<i>Trichodesma zeylanicum</i>	+				+					
Tiliaceae	<i>Triumfetta flabelloto-pilosa</i>						1				
Tiliaceae	<i>Triumfetta tomentosa</i>						1				
Rubiaceae	<i>Pavetta virungensis</i>						1			+	
Apocynaceae	<i>Voacanga africana</i>								1		
Cyatheaceae	<i>Alsophila mildbraedii</i>							+			
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>							+			
Dennstaedtiaceae	<i>Histiopteris incisa</i>						+				
Scrophulariaceae	<i>Buchnera keilii</i>						+				
Caesalpiniaceae	<i>Cassia didymobotrya</i>						+				
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gorungosanum</i>									+	
Asteraceae	<i>Cirsium buchwaldii</i>									+	
Commelinaceae	<i>Commelina africana</i> var africana							+			
Euphorbiaceae	<i>Croton macrostachyus</i>							+			
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea alata</i>									+	
Celastraceae	<i>Gymnosporia arbutifolia</i>						+				
Asteraceae	<i>Mikania capensis</i>							+			
Poaceae	<i>Setaria kagerensis</i>	+	+	+	+						
Fabaceae	<i>Vigna luteola</i>						+			+	
Solanaceae	<i>Solanum anguivii</i>						+				
Solanaceae	<i>Solanum dasyphyllum</i>						+				
Rubiaceae	<i>Spermacoce dibrachiata</i>										+
Tiliaceae	<i>Triumfetta rhomboidea</i>				+						
Asteraceae	<i>Emilia caespitosa</i>	+	+	+	+						
Poaceae	<i>Oplismenus hirtellus</i>						+				
Osmundaceae	<i>Osmunda regalis</i>						+				
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>							+			
Pedaliaceae	<i>Sesamum angolense</i>	+	+	+	+						
Apocynaceae	<i>Landolphia kirkii</i>						2	3	2		

Annexe 3.7 : Groupement à *Alchornea cordifolia*

		Relevés	R66	R67	R76	R105	R106	R107	R108	R109	R110
Familles	Espèces										
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i>	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4
Euphorbiaceae	<i>Bridelia brideliifolia</i>	2	2	+	2	2	2	2	2	2	2
Poaceae	<i>Setaria kagerensis</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2
Myrtaceae	<i>Syzygium cordatum</i>	2	2		2	2	2	2	2	2	2
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Arecaceae	<i>Phoenix reclinata</i>	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i>	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Millettia dura</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Pericopsis angolensis</i>	+	3		+	+					
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Oxalidaceae	<i>Biophytum helenae</i>		+								
Caesalpiniaceae	<i>Cassia mimosoides</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea alata</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>	+	+		+	+					
Apiaceae	<i>Heteromorpha arborescens</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> var. <i>golungensis</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>			+							
Poaceae	<i>Panicum phragmitoides</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Asteraceae	<i>Bothriocline longipes</i>	+			+	+					+
Rubiaceae	<i>Spermacoce sphaerostigma</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Apiaceae	<i>Steganotaenia araliacea</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia acida</i>	+	3		+						+
Convolvulaceae	<i>Ipomoea involucrata</i>			+							
Euphorbiaceae	<i>Acalypha ornata</i>	+	+		+	+				+	+
Combretaceae	<i>Combretum collinum</i> sussp. <i>collinum</i>	+	+		+	+					+
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea dumetorum</i>	+	+		+	+	+				
Moraceae	<i>Ficus asperifolia</i>	+	+						+	+	+
Malvaceae	<i>Hibiscus diversifolius</i>	+	+		+	+	+				
Fabaceae	<i>Neorautanenia mitis</i>	+	+		+	+					+
Rubiaceae	<i>Virectaria major</i>	+	+		+		+				+
Mimosaceae	<i>Entada abyssinica</i>	+	+								
Asteraceae	<i>Bothriocline cordifolia</i>	+	+		+	+					
Moraceae	<i>Ficus ovata</i>	+	+		+	+					
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus niruri</i>	+	+		+						+
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	+	+	1							
Ochnaceae	<i>Ochna schweinfurthiana</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Acanthaceae	<i>Acanthus polystachyus</i>	+	+	1							
Anacardiaceae	<i>Rhus pyroides</i>	+	+	1	+	+				+	+
Cucurbitaceae	<i>Zehneria thwaitesii</i>	+	+		+						
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>	+	+								
Asteraceae	<i>Emilia caespitosa</i>	+	+								
Clusiaceae	<i>Garcinia huillensis</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Eriosema psoraleoides</i>			1							
Poaceae	Indet TM 465	+	+								
Cyperaceae	Indet TM 466	+	+								
-	Indet TM 475	+									
-	Indet TM 476		+								
-	Indet TM 490	+	+								
Osmundaceae	<i>Osmunda regalis</i>	+	+								
Polygonaceae	<i>Persicaria setosula</i>			1							

Annexe 3.7 : Suite et fin

		Relevés	R66	R67	R76	R105	R106	R107	R108	R109	R110
Familles	Espèces										
Mimosaceae	<i>Albizia adiantifolia</i>		+	+		+	+	+	+	+	+
Verbenaceae	<i>Vitex madiensis</i> subsp. milanjiensis		+	+		+	+				
Onagraceae	<i>Ludwigia abyssinica</i>				2						
Tiliaceae	<i>Triumfetta tomentosa</i>		+	+							
Acanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i>			+							
Asteraceae	<i>Bidens pilosus</i>			+							
Asteraceae	<i>Bidens steppia</i>			+							
Euphorbiaceae	<i>Bridelia micrantha</i>			+							
Fabaceae	<i>Desmodium</i> sp (TM 557)				+						
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>			+							
Zingiberaceae	<i>Aframomum angustifolium</i>		+	+		+	+	+	+	+	+
Smilacaceae	<i>Smilax anceps</i>				1						
Strychnaceae	<i>Strychnos spinosa</i>		+	+							
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i>		+	+							
Rhizophoraceae	<i>Anisophyllea boehmii</i>			+							

Annexe 3.8 : Groupement à *Syzygium cordatum* et *Aframomum angustifolium*

		Relevés	R17	R111	R112	R113	R114
Familles	Espèces						
Myrtaceae	<i>Syzygium cordatum</i>		4	4	4	4	4
Zingiberaceae	<i>Aframomum angustifolium</i>		3	3	3	3	3
Poaceae	<i>Oplismenus compositus</i>		3	3	3	3	3
Meliastaceae	<i>Bersama abyssinica</i>		2	2	2	2	2
Asteraceae	<i>Gutenbergia cordifolia</i>		+				+
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>		2	2	2	2	2
Tiliaceae	<i>Triumfetta tomentosa</i>		+				
Mimosaceae	<i>Newtonia buchananii</i>		2	2	2	2	2
Monimiaceae	<i>Xymalos monospora</i>		2	2	2	2	2
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i>		3	2	2	1	1
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>		1	1	1	1	1
Caesalpiniaceae	<i>Cassia didymobotrya</i>		1	1	1	1	1
Euphorbiaceae	<i>Clutia abyssinica</i>		2	2	2	2	2
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>		1	1	1	1	1
Asteraceae	<i>Crassocepharum vitellinum</i>		1	1	1	1	1
Euphorbiaceae	<i>Croton macrostachyus</i>		1	1	1	1	1
Fabaceae	<i>Desmodium salicifolium</i>		1	1	1	1	1
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>		1	1	1	1	1
Acanthaceae	<i>Justicia flava</i>		1	1	1	1	1
Myrsinaceae	<i>Maesa lanceolata</i> var. <i>golungensis</i>		1	1	1	1	1
Smilacaceae	<i>Smilax anceps</i>		+	+	+	+	+
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i>		+				
Fabaceae	<i>Millettia dura</i>		1	1	1	1	1
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>		1	1	1	1	1
Pteridaceae	<i>Pteris burtonii</i>		1	1	1	1	1
Rosaceae	<i>Rubus apetalus</i>		1	1	1	1	1
Cyatheaceae	<i>Alsophila mildbraedii</i>		+				+
Solanaceae	<i>Solanum dasyphyllum</i>		1	1	1	1	1
Fabaceae	<i>Tephrosia vogelii</i>		1	1	1	1	1
Poaceae	<i>Echinochloa pyramidalis</i>			1	1	1	1
Fabaceae	<i>Teramnus labialis</i>		1	1			1
Malvaceae	<i>Abutilon hirtum</i>		+	+	+	+	+
Gentianaceae	<i>Anthocleista schweinfurthii</i>		+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Kotschya aeschynomoides</i>		+	+	+	+	+
Lamiaceae	<i>Haumaniastrum caeruleum</i>		2	2	2	2	2
Euphorbiaceae	<i>Sapium ellipticum</i>		1	1	1	1	1
Celastraceae	<i>Gymnosporia arbutifolia</i>		+	+	+	+	+
Rubiaceae	<i>Pavetta ternifolia</i>		+	+	+	+	+
Rubiaceae	<i>Pavetta virungensis</i>		+	+	+	+	+
Anacardiaceae	<i>Rhus longipes</i>		+	+	+	+	+
Cyperaceae	<i>Scleria niasensis</i>		+	+	+	+	+
Verbenaceae	<i>Clerodendrum formicarum</i>		1	1	1	1	1
Cyatheaceae	<i>Alsophila manniana</i>		1	1			
Tiliaceae	<i>Triumfetta cordifolia</i>		1	+	+		
Acanthaceae	<i>Acanthus polystachyus</i>		+	+			+
Fabaceae	<i>Erythrina abyssinica</i>		1	+			
Tiliaceae	<i>Triumfetta flabelloto-pilosa</i>		+				
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>		1				
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus niruri</i>		+				
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp (TM 596)		+				

Annexe 3.9 : Groupement à *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus interruptus*

		Relevés	R83	R84	R85	R86	R88	R90	R91	R94	R95
Famille	Espèces										
Cyperaceae	<i>Cyperus papyrus</i>		4	4	4	4	4	4	4	5	5
Dryopteridaceae	<i>Cyclosorus interruptus</i>		+	+	+	+	+	+	+	2	2
Cyperaceae	<i>Cyperus latifolius</i>		1	1	2	2	1	1	1	1	1
Melastomataceae	<i>Tristemma incompletum</i>		1	1	1	1					
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caesalpiniaceae	<i>Cassia kirkii</i>		1	1	1	1	1	1	1		
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i>					+					
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Melastomataceae	<i>Dissotis ruandensis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Eriosema lebrunii</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Malvaceae	<i>Hibiscus diversifolius</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Onagraceae	<i>Ludwigia abyssinica</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Polygonaceae	<i>Persicaria strigosa</i>		1	2			1	+			
Lamiaceae	<i>Plectranthus</i> sp (TM 629)		+	+	+	+	+	+	+		
Myrtaceae	<i>Syzygium cordatum</i>		+	+	+	+	+				
Fabaceae	<i>Desmodium</i> sp (TM 557)								+	+	+
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea maculata</i>				2						
Menispermaceae	<i>Cissampelos mucronata</i>				+	+					
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fabaceae	<i>Desmodium velutinum</i>		+				+				
Asteraceae	<i>Bothriocline longipes</i>		+				+				
Malvaceae	<i>Urena lobata</i>		+				+				
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i>				+						
Cyperaceae	<i>Cyperus distans</i>				+						
Fabaceae	<i>Kotschya africana</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiliaceae	<i>Triumfetta rhomboidea</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rubiaceae	<i>Virectaria major</i>				+						
Poaceae	<i>Echinochloa pyramidalis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fabaceae	<i>Crotalaria lachnophora</i>					+		+			
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>		+	+	+	+		+	+	+	+
Cyperaceae	<i>Scleria nyasensis</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lamiaceae	<i>Brillantaisia patula</i>		1	1	1	1	1	1	1		
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cyperaceae	<i>Mariscus sumatraensis</i>				+						
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>						+				
Rubiaceae	<i>Mussaenda arcuata</i>					+					

Annexe 3.10 : Groupement à *Cyperus latifolius* et *Dissotis ruandensis*

		Relevés	R87	R89	R92	R93	R98	R99	R100
Famille	Espèces								
Cyperaceae	<i>Cyperus latifolius</i>		3	2	3	3	2	2	2
Melastomataceae	<i>Dissotis ruandensis</i>		3	3	3	3			
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i>		2	2	2	2	1	1	1
Dryopteridaceae	<i>Cyclosorus interruptus</i>		1	2	1	1	+	+	+
Poaceae	<i>Echinochloa pyramidalis</i>		1	1	1	1	+	+	+
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>		1				+	+	+
Melastomataceae	<i>Dissotis trothae</i>		+	+	+	+			
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea maculata</i>		+		+		+	+	
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i>		+		+	+			
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>			2					
Poaceae	<i>Hypparrhenia dichroa</i>			1					
Fabaceae	<i>Kotschya africana</i>			+					
Onagraceae	<i>Ludwigia abyssinica</i>			+					
Osmundaceae	<i>Osmunda regalis</i>			+					

Annexe 3.11 : Groupement à *Dissotis brazzae*

		Relevés	R77	R78	R96	R97	R101	R102	R103	R104
Familles	Espèces									
Melastomataceae	<i>Dissotis brazzae</i>		4	4	4	4	3	3	3	3
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea maculata</i>		2	2	3	2	1	1	1	1
Polygonaceae	<i>Persicaria setosula</i>		1	1	1	2	+	+	+	+
Onagraceae	<i>Ludwigia abyssinica</i>		1	1	1	1	+	+	+	+
Mimosaceae	<i>Mimosa pigra</i>		1	1	1	1		+		+
Convolvulaceae	<i>Ipomoea eriocarpa</i>		+	+						
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>				+	+				
Poaceae	<i>Echinochloa pyramidalis</i>								+	
Cyperaceae	<i>Scleria nyasensis</i>						+			

ANNEXE 4: Listes des espèces les plus fréquentes relevées dans le Parc National de la Ruvubu.

Les tableaux (Annexes 4.1, 2 et 3) repris dans cette annexe donnent les listes des espèces les plus fréquentes relevées dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi), respectivement pour les savanes, les galeries forestières et les marais. Selon Dajoz (2003), les espèces constantes (espèces communes) se retrouvent dans 50% ou plus des relevés. Les espèces accessoires ne sont présentes que dans 25 à 49% des relevés. F(%): Fréquence d'occurrence des espèces dans les relevés. C: espèce commune, A: espèce accessoire.

Annexe 4.1: Liste des espèces les plus fréquentes relevées dans les savanes du Parc National de la Ruvubu. F(%): Fréquence d'occurrence des espèces dans les relevés. C: espèce commune, A: espèce accessoire.

Espèce	Famille	F(%)	Type d'espèces
<i>Parinari curatellifolia</i> Planch ex Benth.	Chrysobalanaceae	61.2	C
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	Euphorbiaceae	55.2	C
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	50.7	C
<i>Protea madiensis</i> Oliv.	Proteaceae	49.3	A
<i>Aspilia ciliata</i> (Schum.) Wild	Asteraceae	44.8	A
<i>Hyparrhenia diplandra</i> (Hack.) Stapf	Poaceae	41.8	A
<i>Loudetia arundinacea</i> (Hochst. ex A.Rich.) Steud.	Poaceae	41.8	A
<i>Entada abyssinica</i> Steud. ex A.Rich	Mimosaceae	40.3	A
<i>Loudetia simplex</i> (Nees) C.E.Hubb.	Poaceae	40.3	A
<i>Albizia antunesiana</i> Harms	Mimosaceae	34.3	A
<i>Dolichos kilimandscharicus</i> Taub.	Fabaceae	31.3	A
<i>Indigofera emarginella</i> Steud. ex A. Rich.	Fabaceae	29.9	A
<i>Psorospermum febrifugum</i> Spach	Hypericaceae	29.9	A
<i>Cussonia aborea</i> A.Rich.	Araliaceae	28.4	A
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	28.4	A
<i>Hyparrhenia filipendula</i> (Hochst.) Stapf	Poaceae	26.9	A
<i>Rhus pyroides</i> Burch.	Anacardiaceae	26.9	A
<i>Anisophyllea boehmii</i> Engl.	Rhizophoraceae	25.4	A
<i>Clerodendrum rotundifolium</i> Oliv.	Verbenaceae	25.4	A
<i>Gnidia kraussiana</i> Meisn.	Thymeleaceae	25.4	A

Annexe 4.2: Liste des espèces les plus fréquentes relevées dans les galeries forestières du Parc National de la Ruvubu. F(%): Fréquence d'occurrence des espèces dans les relevés. C: espèce commune.

Espèce	Famille	F(%)	Type d'espèce
<i>Syzygium cordatum</i> Hochst. ex C.Krauss	Myrtaceae	95.7	C
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	87.0	C
<i>Rubus apetalus</i> Poir.	Rosaceae	87.0	C
<i>Aframomum angustifolium</i> (Sonn.) K.Schum.	Zingiberaceae	78.3	C
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	78.3	C
<i>Maesa lanceolata</i> var. <i>golungensis</i> Hiern	Myrsinaceae	69.6	C
<i>Millettia dura</i> Dunn.	Fabaceae	69.6	C
<i>Dissotis trothae</i> Gilg.	Melastomataceae	65.2	C
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	Dennstaedtiaceae	65.2	C
<i>Smilax anceps</i> Willd.	Smilacaceae	65.2	C
<i>Harungana madagascariensis</i> Poir. ex Lam.	Hypericaceae	60.9	C
<i>Acanthus polystachyus</i> Delile	Acanthaceae	56.5	C
<i>Phoenix reclinata</i> Jacq.	Arecaceae	56.5	C
<i>Setaria kagerensis</i> Mez	Poaceae	56.5	C
<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpiaceae	52.2	C
<i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg.	Gentianaceae	47.8	C
<i>Bridelia brideliifolia</i> (Pax) Fedde	Euphorbiaceae	47.8	C
<i>Rhus pyroides</i> Burch.	Anacardiaceae	47.8	C
<i>Gutenbergia cordifolia</i> (Oliv.) S.Moore	Asteraceae	43.5	C
<i>Dioscorea alata</i> L.	Dioscoreaceae	39.1	C

Annexe 4.3: Liste des espèces les plus fréquentes relevées dans les marais du Parc National de la Ruvubu. F(%): Fréquence d'occurrence des espèces dans les relevés. C: espèce commune, A: espèce accessoire.

Espèce	Famille	F(%)	Type d'espèce
<i>Dissotis brazzae</i> Cogn.	Melastomataceae	75.0	C
<i>Ludwigia abyssinica</i> A.Rich.	Onagraceae	75.0	C
<i>Echinochloa pyramidalis</i> (Lam.) Hitchc. & Chase	Poaceae	70.8	C
<i>Cyperus latifolius</i> Poir.	Cyperaceae	66.7	C
<i>Cyclosorus interruptus</i> (Willd.) H.Itô	Dryopteridaceae	66.7	C
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	58.3	C
<i>Dissotis ruandensis</i> Engl.	Melastomataceae	54.2	C
<i>Dissotis trothae</i> Gilg.	Melastomataceae	54.2	C
<i>Harungana madagascariensis</i> Poir. ex Lam.	Hypericaceae	54.2	C
<i>Nymphaea maculata</i> Schumach. & Thonn.	Nymphaeaceae	54.2	C
<i>Kotschya africana</i> Endl. var <i>bequaertii</i> (De Wild) Verdc.	Fabaceae	41.7	A
<i>Scleria nyasensis</i> C.B. Clarke	Cyperaceae	41.7	A
<i>Aspilia ciliata</i> (Schumach.) Wild	Asteraceae	37.5	A
<i>Cyperus papyrus</i> L.	Cyperaceae	37.5	A
<i>Hibiscus diversifolius</i> Jacq.	Malvaceae	37.5	A
<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	Tiliaceae	37.5	A
<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.	Cyperaceae	33.3	A
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	Poaceae	33.3	A
<i>Persicaria setosula</i> (A.Rich.) K.L.Wilson	Polygonaceae	33.3	A
<i>Brillantaisia patula</i> T.Anders	Acanthaceae	29.2	A

ANNEXE 5: Listes des espèces très accidentelles (voire rares, car n'ayant été relevées qu'une seule fois) relevées dans le Parc National de la Ruvubu.

Les tableaux (Annexes 5.1, 2 et 3) repris dans cette annexe donnent les listes des espèces très accidentelles relevées dans le Parc National de la Ruvubu (Burundi), respectivement pour les savanes, les galeries forestières et les marais. Selon Dajoz (2003), les espèces accidentelles possèdent une fréquence d'occurrence dans les relevés inférieure à 25%.

Annexe 5.1: Liste des espèces très accidentelles relevées dans les savanes du Parc National de la Ruvubu.

Famille	Espèces	Famille	Espèce
Acanthaceae	<i>Dyschoriste radicans</i> Kuntze	Fabaceae	<i>Indigofera spicata</i> Forssk.
Anacardiaceae	<i>Ozoroa insignis</i> Delile subsp. <i>reticulata</i> (Baker f.) J.B.Gillett	Fabaceae	<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.var <i>macrocalyx</i>
Apiaceae	<i>Diplolophium africanum</i> Turcz.	Melastomataceae	<i>Antherotoma naudinii</i> Hook.f.
Asteraceae	<i>Crassocephalum multicorymbosum</i> S.Moore	Melastomataceae	<i>Dissotis senegambiensis</i> (Guill. & Pen.) Triana
Asteraceae	<i>Elephantopus scaber</i> L.	Mimosaceae	<i>Acacia hockii</i> De Wild.
Asteraceae	<i>Emilia caespitosa</i> Oliv.	Mimosaceae	<i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A.Sm.
Asteraceae	<i>Microglossa pyrifolia</i> Kuntze	Oleaceae	<i>Schrebera alata</i> (Hochst.) Welw.
Asteraceae	<i>Vernonia amygdalina</i> Delile	Osmundaceae	<i>Osmunda regalis</i> L.
Boraginaceae	<i>Cordia africana</i> Lam.	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.
Caesalpinaceae	<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston	Poaceae	<i>Andropogon schirensis</i> Hochst.
Chrysobalanaceae	<i>Magnistipula butayi</i> De Wild.	Poaceae	<i>Ctenium somalense</i> (Chiov.) Chiw.
Combretaceae	<i>Combretum collinum</i> Fresen. Susp. <i>collinum</i>	Polygonaceae	<i>Rumex usambarensis</i> (Engl. ex Dammer) Dammer
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Ranunculaceae	<i>Clematis hirsuta</i> Guill. & Perr.
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f. subsp. <i>diffusa</i>	Rubiaceae	<i>Hymenodictyon floribundum</i> (Hochst & Steud.) Robyns
Commelinaceae	<i>Cyanotis foecunda</i> Hochst. ex Hassk.	Rubiaceae	<i>Rytigynia monantha</i> (K.Schum.) Robyns
Convolvulaceae	<i>Dichondra repens</i> J. R.Forster & Forster	Rubiaceae	<i>Spermacoce sphaerostigma</i> (A. Rich.) Vatke
Dennstaedtiaceae	<i>Histiopteris incisa</i> (Thun) J. Sm.	Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea praehensilis</i> Benth.	Scrophulariaceae	<i>Lindernia sp</i>
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Solanaceae	<i>Solanum dasyphyllum</i> Schumach. & Thonn.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia tirucalli</i> L.	Solanaceae	<i>Solanum indicum</i> L.
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.
Euphorbiaceae	<i>Tragia brevipes</i> Pax	Strychnaceae	<i>Strychnos innocua</i> Delile
Fabaceae	<i>Crotalaria ononoides</i> Benth.	Thymeleaceae	<i>Gnidia ericoides</i> C.H.Wright
Fabaceae	<i>Crotalaria sp</i>	Urticaceae	<i>Urtica massaica</i> Mildbr.
Fabaceae	<i>Desmodium setigerum</i> (E.Mey.) Benth. ex Harv.	Verbenaceae	<i>Clerodendrum formicarum</i> Gürke
Fabaceae	<i>Indigofera arrecta</i> Hochst. ex A.Rich.	Verbenaceae	<i>Rothea myricoides</i> (Hochst.) Steane & Mabb.
Fabaceae	<i>Indigofera paracapitata</i> J.B. Gillett	Vitaceae	<i>Cyphostemma adenocaula</i> Descouings. ex Wild & R.B.Drumm

Annexe 5.2: Liste des espèces très accidentelles relevées dans les galeries forestières du Parc National de la Ruvubu.

Famille	Espèce
Acanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T.Anderson
Acanthaceae	<i>Brillantaisia patula</i> T. Anders.
Asteraceae	<i>Bidens pilosus</i> L.
Asteraceae	<i>Bidens steppia</i> Scherff.
Asteraceae	<i>Cirsium buchwaldii</i> O.Hoffm.
Asteraceae	<i>Mikania capensis</i> DC.
Commelinaceae	<i>Commelina africana</i> L. var africana
Convolvulaceae	<i>Ipomoea involucrata</i> P.Beauv.
Euphorbiaceae	<i>Bridelia micrantha</i> (Hochst.) Baill.
Malvaceae	<i>Hibiscus acetosella</i> Wel. ex Fic.
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm.f.
Moraceae	<i>Ficus vallis-choudae</i> Delile
Onagraceae	<i>Ludwigia abyssinica</i> A. Rich.
Oxalidaceae	<i>Biophytum helenae</i> Buscal. & Muschl.
Rhizophoraceae	<i>Anisophyllea boehmii</i> Engl.
Rubiaceae	<i>Spermacoce dibrachiata</i> Oliv.
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gorungosanum</i> Engl.
Scrophulariaceae	<i>Buchnera keilii</i> Mildbr.
Solanaceae	<i>Solanum anguivi</i> Lam.
Tiliaceae	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.

Annexe 5.3: Liste des espèces très accidentelles relevées dans les marais du Parc National de la Ruvubu.

Famille	Espèce
Acanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T.Anderson
Cyperaceae	<i>Cyperus distans</i> L.F.
Cyperaceae	<i>Mariscus sumatrensis</i> (Retz.) A.Raynal
Osmundaceae	<i>Osmunda regalis</i> L.
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.
Rubiaceae	<i>Mussaenda arcuata</i> Poir.
Rubiaceae	<i>Virectaria major</i> (K.Schum.) Verdc. subsp. major