

Caractérisation de la végétation de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi

Paul HAKIZIMANA^{1, 2}
Frédéric BANGIRINAMA³
Tatien MASHARABU¹
Bernadette HABONIMANA¹
Charles DE CANNIÈRE²
Jan BOGAERT⁴

¹ Université du Burundi
BP 2700, Bujumbura
Burundi

² Université libre de Bruxelles
Service d'écologie du paysage
et systèmes de production végétale
CP 169, BP 1050, Bruxelles
Belgique

³ École normale supérieure
BP 6983, Bujumbura
Burundi

⁴ Université de Liège/Gembloux
Agro-Bio Tech
BP 5030, Gembloux
Belgique



Photo 1.

Vue panoramique de la forêt dense de Kigwena au Burundi (faciès occidental bordé par le lac Tanganyika).
Photo P. Hakizimana, 2006.

RÉSUMÉ

CARACTÉRISATION DE LA VÉGÉTATION DE LA FORÊT DENSE DE KIGWENA ET DE LA FORÊT CLAIRE DE RUMONGE AU BURUNDI

L'objectif principal de cette étude est de décrire l'hétérogénéité spatiale de la végétation des forêts de Kigwena et de Rumonge au Burundi à travers l'identification et la caractérisation des groupements végétaux en présence. Cette étude met également en évidence l'organisation sociologique de la végétation des deux forêts et contribue à élargir les connaissances phytosociologiques qui restent encore fragmentaires sur la végétation des écosystèmes forestiers du Burundi. Les analyses sont basées sur les données issues de 23 relevés phytosociologiques réalisés à travers les faciès de la forêt de Kigwena et de mesures du diamètre à hauteur de poitrine dans 12 transects tracés dans la forêt de Rumonge. Quatre et trois groupements végétaux ont été respectivement individualisés, caractérisés et classés dans les taxons supérieurs (classe, ordre et alliance). Dans la forêt de Kigwena, la typologie de la végétation obéit à un gradient d'humidité et d'anthropisation et l'effet lisière marque nettement la diversité biologique des groupements végétaux. Mais, dans la forêt de Rumonge, l'hétérogénéité des faciès de végétation correspondrait aux phénomènes de dégradation localisée dans un même fond floristique.

Mots-clés : groupement végétal, diversité biologique, hétérogénéité spatiale, végétation, anthropisation, Burundi.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF VEGETATION IN THE DENSE FOREST OF KIGWENA AND THE MIOMBO FOREST OF RUMONGE, IN BURUNDI

The aim of this study is to describe the spatial heterogeneity of the vegetation of the Kigwena and Rumonge forests in Burundi by identifying and characterizing their plant communities. The study also highlights the sociological organization of the two forests and contributes to knowledge on the phytosociology of Burundi's forest ecosystems, which is still fragmentary. The analyses are based on data collected from 23 phytosociological plots in Kigwena forest and from measurements of tree diameter at breast height along 12 transects in Rumonge forest. Four and three plant communities, respectively, were identified and characterised and their higher taxa classified (class, order and alliance). In Kigwena forest, the typology of the vegetation follows a moisture and anthropisation gradient. The forest edge effect clearly influences the biological diversity of the plant communities. In Rumonge forest, however, the heterogeneity of the vegetation seems to correspond to local degradation phenomena in the same vegetation context.

Keywords: plant community, biological diversity, spatial heterogeneity, vegetation, anthropisation, Burundi.

RESUMEN

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DENSO DE KIGWENA Y DEL BOSQUE ABIERTO DE RUMONGE EN BURUNDI

El principal objetivo de este estudio es describir la heterogeneidad espacial de la vegetación de los bosques de Kigwena y de Rumonge en Burundi mediante la identificación y caracterización de las comunidades vegetales presentes. El estudio pone también de manifiesto la organización sociológica de la vegetación de ambos bosques y contribuye a ampliar los conocimientos fitosociológicos, aún muy fragmentados, sobre la vegetación de los ecosistemas forestales de Burundi. Los análisis se basan en los datos procedentes de 23 inventarios fitosociológicos, realizados a través de las facies del bosque de Kigwena, y de las medidas del diámetro a la altura del pecho en 12 transectos establecidos en el bosque de Rumonge. Cuatro y tres comunidades vegetales fueron respectivamente identificadas, caracterizadas y clasificadas en los taxones superiores (clase, orden y alianza). En el bosque de Kigwena, la tipología de la vegetación responde a un gradiente de humedad y antropización y el efecto de borde marca claramente la diversidad biológica de las comunidades vegetales. Sin embargo, en el bosque de Rumonge, la heterogeneidad de las facies de vegetación podría deberse a fenómenos de degradación localizada en un mismo fondo florístico.

Palabras clave: comunidad vegetal, diversidad biológica, heterogeneidad espacial, vegetación, antropización, Burundi.

Introduction

Une approche beaucoup plus explicative de la structure du paysage végétal et de son évolution passe par une analyse phytoécologique. Cette technique conduit à une partition de l'espace en unités de gestion (OLDEMAN, 1990 ; DAJOZ, 2006). Ces auteurs indiquent que la série de la végétation s'individualise à partir de critères quantitatifs en rapport avec les surfaces forestières, les surfaces en herbes, les surfaces cultivées, les surfaces dégradées par l'urbanisation, et par des critères qualitatifs en rapport avec les types de groupements végétaux.

Les patrons de distribution des espèces sont rarement uniformes et continus dans le temps et dans l'espace, et l'identification des facteurs influençant ces variations est devenue une préoccupation majeure en écologie (KREBS, 1978 ; BROWN, 1984 ; MACKEY, LINDENMAYER, 2001). De plus, les études de la typologie forestière apportent une réponse biologique à l'hétérogénéité stationnelle qui est le reflet des caractéristiques géomorphologiques et pédologiques (PAUTOU, VIGNY, 1989 ; SABATIER, PREVOST, 1989 ; HOUNKPEVI *et al.*, 2011). Selon ces auteurs, la spécificité phytosociologique d'une forêt s'exprime par la présence des groupements végétaux s'individualisant par des caractères structuraux (composition floristique) et fonctionnels (productivité primaire). Ces groupements sont associés en combinaisons originales dans des unités spatiales ou se relaient dans des chronoséquences sur une même portion de territoire.

Afin de dégager la signification des diverses combinaisons en présence, la caractérisation floristique de chacun des ensembles s'avère à présent indispensable. Pour ce faire, l'analyse des données espèces/relevés permet, malgré un examen rendu difficile par la quantité même des variables (espèces), de mettre en évidence la liaison statistique (compte tenu des fréquences) d'un certain nombre de taxons. Cela suggère de répondre à la question suivante : la végétation d'une forêt correspond-elle structurellement à une seule et même entité biologique ou est-elle l'expression de combinaisons distinctes, plus ou moins autonomes, c'est-à-dire soumises à un déterminisme propre, et dont l'organisation horizontale serait du type « mosaïque » ?

La présente étude concerne les forêts de Kigwena et de Rumonge qui, étant séparées d'environ 15 km seulement, présentent une physionomie floristique différente. En effet, la première est une forêt dense de type périguinéen alors que la seconde est une forêt claire de type Miombo (HAKIZIMANA *et al.*, 2011). Érigées en aires protégées depuis respectivement 1952 et 1972, ces forêts subissent toujours la pression anthropique (prélèvements illicites de ressources végétales naturelles, agriculture intensive, etc.) liée à une forte densité de population atteignant 312 habitants/km² (BOSERUP, 1970 ; MINATTE, 2009). Dans ces conditions, leur superficie continue de diminuer et leur biodiversité ne cesse de s'éroder (NZIGIDAHERA, 2000). La caractérisation de la végétation des deux forêts vient donc à point nommé pour contribuer à leur conservation optimale.

L'hypothèse centrale stipule que l'existence de groupements végétaux reflète l'hétérogénéité spatiale de la végétation des forêts en fonction des paramètres écologiques (SABATIER, PREVOST, 1989 ; AOUDJI *et al.*, 2011 ;

HOUNKPEVI *et al.*, 2011). L'objectif principal de cette étude est donc de décrire l'hétérogénéité spatiale de la végétation des forêts de Kigwena et de Rumonge. Les objectifs spécifiques sont entre autres d'identifier les groupements végétaux en présence et de les caractériser en insistant sur l'analyse de leur diversité spécifique et de leur organisation sociologique respectives. En effet, les groupements végétaux constituent des complexes à valeur de phytocénoses qui intéressent non seulement les forestiers, mais aussi les scientifiques (RIGAULT, DAGOSTINI, 2004 ; DAJOZ, 2006 ; BANGIRINAMA *et al.*, 2010).

Méthodologie

Description des sites d'étude

Les forêts de Kigwena et de Rumonge sont géographiquement voisines et sont localisées au Sud-Ouest du Burundi dans le même district phytogéographique du Mosso-Malagarazi (figure 1). Coincée entre le lac Tanganyika et la route nationale n° 3 (RN3), la forêt dense de Kigwena s'étend sur une superficie de 500 ha répartis sur un sol plus ou moins marécageux où l'altitude ne dépasse pas 820 m. Décrivant sommairement la végétation de cette forêt, LEWALLE (1972) affirme que celle-ci est dominée par des espèces d'arbres comme *Pseudospondias microcarpa*, *Pycnanthus angolensis*, *Spathodea campanulata* qui peuvent atteindre 30 m de haut. La présence d'espèces comme *Myrianthus arboreus* et *M. holstii* témoigne de la secondarisation de cette forêt.

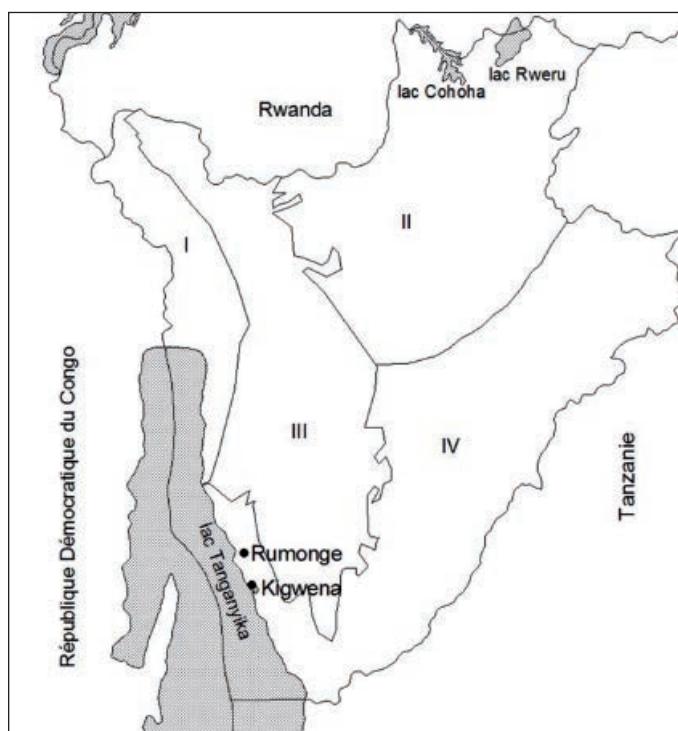


Figure 1.

Localisation des sites des forêts de Kigwena et de Rumonge sur la carte des districts phytogéographiques du Burundi. I : District du graben occidental ; II : District du Rwanda et du Burundi ; III : District afromontagnard ; IV : District du Mosso-Malagarazi.

Tableau I.
Coefficients d'abondance-dominance
et leurs recouvrements moyens respectifs
selon BRAUN-BLANQUET (1932).

Coefficient	Recouvrement de la surface du relevé par l'espèce (%)	Recouvrement moyen (RM) (%)
5	75-100	87,5
4	50-75	62,5
3	25-50	37,5
2	5-25	15
1	1-5	3
+	≤ 1	0,5

La forêt claire de Rumonge s'étend sur une superficie d'environ 600 ha répartis sur un relief collinaire surplombant la plaine occidentale du Burundi. L'altitude la plus élevée atteint 1 000 m et le sol est caillouteux aux sommets des collines alors que les flancs présentent un sol relativement profond. Cette forêt tropophile est dominée principalement par des arbres du genre *Brachystegia* et *Uapaca*. Le sous-bois est très peu abondant et est dominé par des espèces de graminées (LEWALLE, 1972).

Le climat de la région de Kigwena-Rumonge est caractérisé par une saison des pluies pendant les mois d'octobre à mai alternant avec une saison sèche de juin jusqu'au mois de septembre. La moyenne des précipitations annuelles est de 1 170 mm. Grâce à ces conditions climatiques favorables, une agriculture s'y est développée depuis longtemps et une grande partie de la couverture végétale naturelle qui s'étendait sur quelques milliers d'hectares a été défrichée (NZIGIDAHERA, 2000). L'élevage n'est pas à proprement parler une activité économiquement développée dans la région de Kigwena-Rumonge. Seules quelques têtes de vaches appartenant à une minorité d'éleveurs sont recensées dans les villages riverains des forêts de Kigwena et de Rumonge.

Méthodes d'échantillonnage

Dans la forêt dense de Kigwena, la collecte des données s'est déroulée selon la méthode des relevés phytosociologiques avec notation des coefficients d'abondance-dominance des espèces tels que définis par BRAUN-BLANQUET (1932) et repris par d'autres chercheurs comme BANGIRINAMA *et al.* (2010) (tableau I). Dans la forêt claire de Rumonge, les données ont été recueillies par la mesure du diamètre à hauteur de poitrine (*dbh*) pour les espèces d'arbres (DALLMEIER, 1992) complétée par le relevé et la notation des espèces du sous-bois. Cette collecte des données a été réalisée dans 23 placettes de superficie variable allant de 50 m² à 500 m² dans la forêt dense de Kigwena et dans 12 transects de 2 000 m² à 5 000 m² en fonction de la taille des collines dans la forêt claire de Rumonge. Les transects ont été tracés sur la base d'un échantillon stratifié de 12 collines, soit deux collines choisies à la périphérie Nord de la forêt (C1 et C2), deux collines à l'Est (C3 et C4), deux collines au Sud (C5 et C6), deux collines à l'Ouest (C7 et C8) et quatre autres dans sa

partie centrale (C9, C10, C11 et C12). La détermination scientifique des espèces s'est référée à la nomenclature de LEBRUN et STORK (1991-1997). Pour les deux forêts, l'identification des groupes écosociologiques a été effectuée jusqu'au niveau de l'alliance, suivant la terminologie utilisée notamment par SCHMITZ (1988), BIZURU (2005) et BANGIRINAMA (2010).

Méthodes d'analyse des données

La détermination des groupements végétaux ou des communautés végétales a été réalisée sur la base de la matrice des espèces avec leur présence/absence grâce au logiciel Mvsp (*Multi-Variate Statistical Package* ; KOVACH, 1997). Cette technique nous a fourni un dendrogramme discriminant les groupements végétaux. La méthode Upgma (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean*) basée sur l'indice de similarité de SØRENSEN (1948) (*K*) a été utilisée. Cet indice est donné par la formule (1) suivante :

$$K = \frac{2a}{2a+b+c} \cdot 100$$

où *a* est le nombre d'espèces communes aux deux groupements végétaux comparés, *b* et *c* sont les nombres d'espèces absentes dans l'un mais présentes dans l'autre.

Les liens entre la variabilité écologique et la distribution spatiale des groupements végétaux ont été mis en évidence grâce à l'analyse indirecte de gradients par la Pca (*Principal Component Analysis* ; HILL, 1994). Cette méthode s'est avérée adéquate pour l'analyse des données de notre étude dans lesquelles nous ne disposions pas de valeurs environnementales mesurées. La comparaison de la diversité spécifique des groupements végétaux a été réalisée sur la base de la richesse spécifique respective (*S*) et des indices de diversité calculés avec les inventaires floristiques obtenus et dont les seuils sont définis par GILLET (2000) et DAZOZ (2006). Les indices retenus sont entre autres :

- l'indice de Margalef (*R_{Mg}*) (MAGURRAN, 2004) dont la valeur s'obtient par la formule (2) suivante :

$$R_{Mg} = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

où *N* est le nombre d'individus ;

- l'indice de diversité de SHANNON, WEAVER (1949) (*H*) donné par la formule (3) suivante :

$$H = \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$$

où *p_i* exprime la probabilité de rencontrer l'espèce *i* dans le peuplement;

- l'indice d'équitableté de PIÉLOU (1966) (*R*) obtenu par la formule (4) suivante :

$$R = \frac{H}{H_{\max}}$$

où *H* correspond à l'indice de diversité de Shannon-Weaver (diversité observée) ; *H_{max}* correspond à la diversité maximale théorique calculée en supposant que les espèces présentes dans le peuplement sont toutes représentées par un effectif identique. Cette valeur est donc réalisée en cas d'équfréquence des espèces inventoriées et est alors égale à $\ln(S)$.

Résultats

Caractérisation des groupements végétaux de la forêt de Kigwena

Détermination des groupements végétaux

Partant de la matrice de 23 relevés et 310 espèces recensées, quatre groupements ont été mis en évidence sur la base des fréquences relatives des espèces (figure 2). Le niveau de 20 % de dissimilarité considéré pour la définition de ces groupements a permis d'en obtenir le maximum possible. Le critère de la stratification des relevés et des réalités de terrain ont guidé la détermination de la zone de végétation correspondant à chacun des quatre groupements individualisés :

- groupement à *Pycnanthus angolensis*, *Pseudospondias microcarpa*, *Myrianthus arboreus* et *Pteridium aquilinum* ; il correspond à la végétation de la zone intérieure de forêt dense (Gr 1) ;
- groupement à *Phragmites mauritianus*, *Scleria nyassensis* et *Albizia gummifera* ; il correspond à la végétation de la zone Ouest de la forêt, en bordure du lac Tanganyika (Gr 2) ;
- groupement à *Pycnanthus angolensis*, *Anthocleista schweinfurthii* et *Panicum maximum* ; il correspond à la végétation de la zone de lisière Est de la forêt, près de la RN3 (Gr 3) ;
- groupement à *Hyparrhenia diplandra*, *Dracaena afromontana* et *Triumfetta tomentosa* ; il correspond à la zone Nord de la forêt, occupée par une végétation de savane arborée (Gr 4).

Déterminisme écologique des groupements végétaux individualisés

La distribution spatiale des groupements individualisés est représentée sur la figure 3. Les deux premiers axes de la Pca présentent à eux seuls une variance cumulée de 24,9 %. La signification écologique des deux axes est expliquée par les observations de terrain, la stratification des relevés et l'écologie des espèces caractéristiques.

Ainsi, du côté négatif de l'axe 1 (en abscisse), se placent les relevés formant le groupement 1 (intérieur de la forêt, moins perturbé) et le groupement 3 (lisière Est de la forêt). Du côté positif de ce même axe, se distribuent les relevés formant le groupement 2 (abords du lac Tanganyika) et le groupement 4 (savane arborée au Nord de la forêt) correspondant aux zones plus perturbées par des activités humaines de pêche, d'agriculture, d'élevage, de prélèvements illicites de ressources, etc. Visiblement, l'axe 1 exprime donc un gradient croissant de perturbations d'origine anthropique depuis le noyau central de la forêt vers ses zones périphériques.

De même, du côté négatif de l'axe 2 (en ordonnée), se positionnent les relevés constituant le groupement 3 et le groupement 4 correspondant aux zones sèches de la forêt. Par contre, du côté positif de cet axe, se retrouvent les relevés formant le groupement 1 et le groupement 2. Ce dernier correspond à la zone la plus humide de la forêt, aux abords du lac Tanganyika, avec la présence des embouchures des rivières qui traversent la forêt. L'axe 2 représente un gradient croissant d'humidité du sol, à partir de la lisière Est ou de la savane arborée du Nord de la forêt vers la bordure du lac Tanganyika.

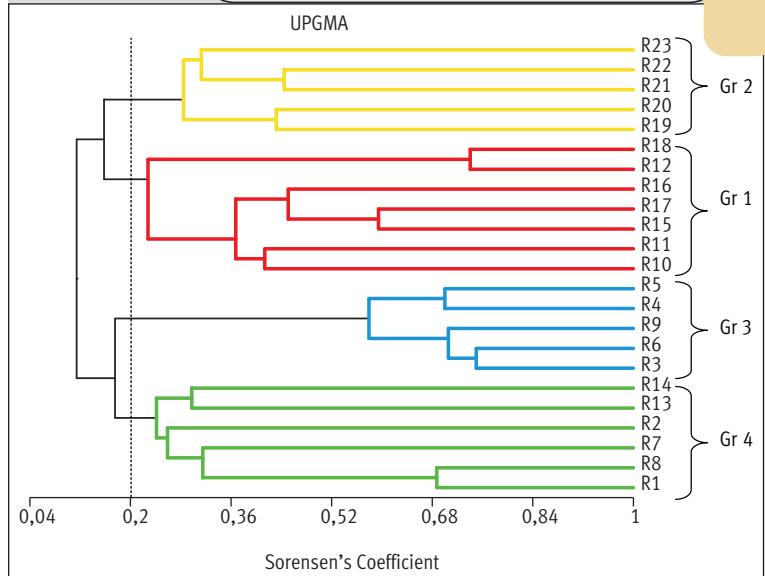


Figure 2.

Disposition des quatre groupements individualisés dans la forêt de Kigwena sur un dendrogramme.

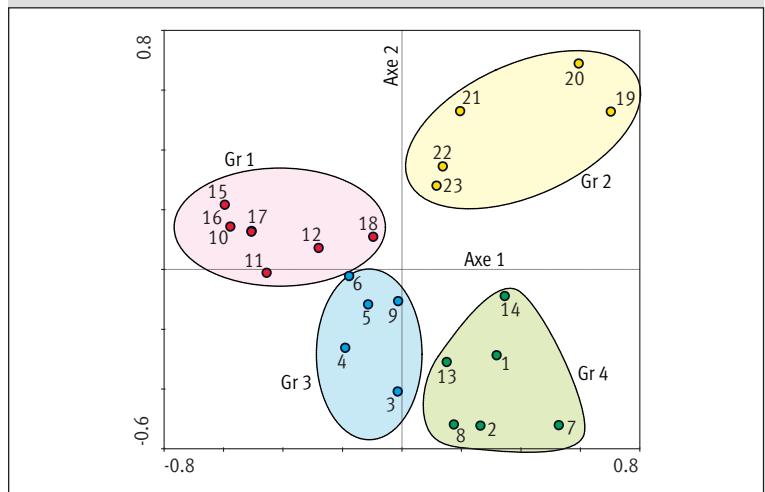


Figure 3.

Représentation de la répartition des groupements végétaux dans le plan des axes 1 et 2 de la PCA. L'axe 1 représente le gradient croissant d'anthropisation tandis que l'axe 2 exprime le gradient croissant d'humidité.

Diversité biologique des groupements végétaux

Les valeurs de la richesse spécifique et des autres indices de diversité et d'équitabilité sont fournies dans le tableau II. Les valeurs de l'indice de Margalef montrent que le groupement correspondant à la zone de savane arborée (Gr 4) est floristiquement plus diversifié que les trois autres. Pour ce groupement, la valeur de l'indice de Margalef est plus élevée ($R_{Mg} = 84,3$) par rapport à celles des autres groupements. Le groupement 1 correspondant à la zone intérieure de la forêt est le moins diversifié car il présente une valeur de l'indice de Margalef la plus basse ($R_{Mg} = 53,5$). Les valeurs de l'indice de Piélou sont supérieures à 0,5 pour tous les groupements. Ce qui signifie que, dans les quatre groupements, les espèces se partagent les niches écologiques de manière relativement équitable.

Tableau II.
Indices de diversité biologique des groupements végétaux dans la forêt de Kigwena.

Groupement	Nombre de relevés	<i>S</i>	<i>H</i>	R_{Mg}	<i>R</i>
Groupement 1	7	105	5,2	53,5	0,77
Groupement 2	5	133	5,6	82,0	0,80
Groupement 3	5	114	5,6	70,2	0,82
Groupement 4	6	152	5,7	84,3	0,78

S : richesse spécifique ; *H* : indice de diversité de Shannon-Weaver ;
 R_{Mg} : indice de diversité de Margalef ;
R : indice d'équitableté de Pielou.

Le degré de similarité entre les quatre groupements végétaux comparés deux à deux par l'indice de similarité de Sørensen est repris dans le tableau III. L'affinité floristique entre les quatre groupements est dans tous les cas inférieure à 50 %. Cela montre que chaque groupement individualisé constitue une unité relativement distincte des autres.

Identification des groupes écosociologiques

Dans la forêt de Kigwena, la classification des groupements végétaux dans les syntaxons supérieurs donne quatre classes, quatre ordres et quatre alliances :

- Classe des *Mitragynetea* Schmitz 1963, Ordre des *Mitragyno-Raphietalia* Schnell 1952 Lebrun et Gilbert 1954, Alliance des *Mitragyno-Sympphonion* Devred 1958 : représentés par le groupement 1 de l'intérieur de la forêt et des abords des rivières qui la traversent pour se jeter dans le lac Tanganyika.
- Classe des *Phragmitetea* Tüxen et Preising 1942 de type herbacé semi-aquatique, Ordre des *Papyretalia* Lebrun 1947, Alliance des *Papyrion* Lebrun 1947 : représentés par le groupement 2 caractérisé par des espèces semi-aquatiques vers le lac Tanganyika à l'Ouest de la forêt.
- Classe des *Musango-Terminalietea* Lebrun et Gilbert 1954, Ordre des *Musangetalia* Lebrun et Gilbert 1954, Alliance des *Macarango-Anthocleistion* Lubini 1982 : représentés par le groupement 3 dans la partie orientale de la forêt.

Tableau III.
Valeurs de similarité de Sørensen (en %) entre paires de groupements végétaux de la forêt de Kigwena.

	Groupement 1	Groupement 2	Groupement 3	Groupement 4
Groupement 1	100			
Groupement 2	41,3	100		
Groupement 3	35,5	37,7	100	
Groupement 4	29,5	40,0	41,4	100

Tableau IV.
Indices de diversité biologique des groupements végétaux de la forêt de Rumonge.

Groupement	Nombre de collines	<i>S</i>	R_{Mg}
Groupement 1	4	122	87,3
Groupement 2	4	122	87,3
Groupement 3	4	118	84,4

S : richesse spécifique ;
 R_{Mg} : indice de diversité de Margalef.

▪ Classe des *Hyparrhenietea* Schmitz 1963, Ordre des *Hyparrhenietalia diplandrae* Lebrun 1947, Alliance des *Setario-Hyparrhenion diplandrae* Schmitz 1988 : représentés par le groupement 4 correspondant à la végétation des savanes non steppiques occupant la partie Nord de la forêt.

Caractérisation des groupements végétaux de la forêt de Rumonge

Individualisation des groupements végétaux

Trois groupements végétaux ont été individualisés dans la forêt de Rumonge sur un dendrogramme (figure 4). Le niveau de définition des trois groupements végétaux a été fixé à une dissimilitude d'environ 64 %. On remarque que la similitude s'établit entre les collines prospectées soit dans les parties Centre, Nord, et Ouest (groupement 1 : Gr 1), soit dans les parties Centre, Est et Sud (groupement 2 : Gr 2) ou encore dans les parties Centre, Est, Ouest et Sud (groupement 3 : Gr 3). Aucun des trois groupements ne renferme à la fois des collines des parties Nord et Sud ou des parties Nord et Est de la forêt. Pour la forêt claire de Rumonge, il n'est donc pas très aisés de déterminer les zones de végétation correspondant à chacun des trois groupements végétaux.

Diversité biologique des groupements végétaux identifiés

Le tableau IV présente les valeurs de la richesse biologique des groupements végétaux déterminés dans la forêt de Rumonge. Les groupements végétaux Gr 1 et Gr 2 renferment chacun 122 espèces alors que le groupement végétal Gr 3 compte 118 espèces. Ce dernier est relativement moins diversifié en taxons par rapport aux deux précédents. Cela est confirmé par les valeurs de l'indice de diversité de Margalef qui équivaut à $R_{Mg} = 84,4$ pour Gr 3 alors qu'il équivaut à $R_{Mg} = 87,3$ pour Gr 1 et Gr 2.

La matrice de similarité des paires de groupements végétaux est présentée au tableau V. Toutes les valeurs de l'indice de similarité de Sørensen sont supé-

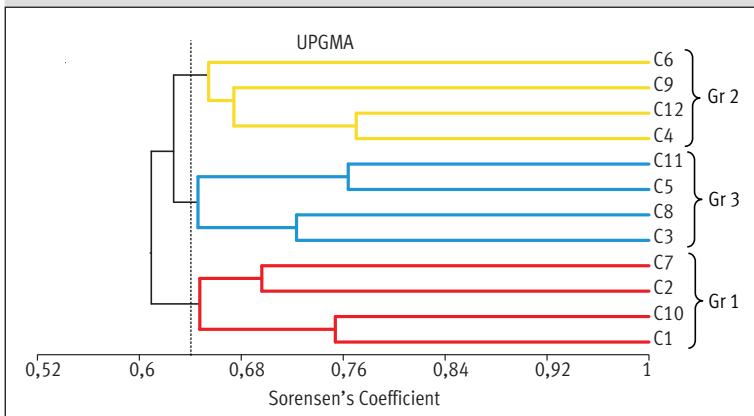


Figure 4.
Disposition des trois groupements végétaux identifiés dans la forêt claire de Rumonge. C1-C12 : les 12 collines prospectées ; Gr 1-Gr 3 : les trois groupements identifiés.

Tableau V.
Valeurs de similarité de Sørensen (en %) entre paires de groupements végétaux de la forêt de Rumonge.

	Groupement 1	Groupement 2	Groupement 3
Groupement 1	100		
Groupement 2	87,7	100	
Groupement 3	82,5	83,8	100

rieures à 50 %. Cela signifie que les affinités floristiques sont importantes pour les trois paires de groupements végétaux. Les groupements végétaux identifiés dans la forêt de Rumonge sont donc très similaires.

Identification des groupes écosociologiques

Dans la forêt de Rumonge, les groupements végétaux identifiés ont été rapprochés à trois classes, trois ordres et quatre alliances, à savoir :

- Classe des *Hyparrhenietea* Schmitz 1963, Ordre des *Hyparrhenio-Combretetalia* Schmitz 1988, Alliance des *Combreto-Hyparrhenion dichroae* Strel 1963. Ces groupes écosociologiques correspondent aux îlots de savane boisée occupant les zones très dégradées et colonisées par *Hyparrhenia filipendula*, proie facile pour les feux de brousse, mêlée aux divers *Combretum* plus résistants au passage du feu.
- Classe des *Erythrophleetea africanae* Schmitz 1963, Ordre des *Julbernardio-Brachystegietalia spiciformis* Schmitz 1988, Alliance des *Berlinio-Marquesion* Lebrun et Gilbert 1954 ainsi que celle des *Xyeroxydostegietalia* Schmitz 1950 caractérisant l'ensemble de la forêt claire dominée par les espèces d'arbres de *Brachystegia* et *Uapaca*.
- Classe des *Ruderali-Manihotetea* Léonard in Taton 1949, Ordre des *Bidentetalia pilosae* Schmitz 1971, Alliance des *Bidention pilosae* Lebrun in Mullenders 1949 qui représente le type de végétation nitrophile, rudérale, culturelle et post-culturelle colonisant surtout les lisières de la forêt.

Discussion et conclusion

L'étude des groupements végétaux constitue une source fondamentale de données de base importantes pour la conservation, l'aménagement et la gestion durables des écosystèmes naturels même si, dans certains cas, l'interprétation écologique des groupes identifiés peut paraître difficile (SONKE, 1998 ; BANGIRINAMA *et al.*, 2010). Les groupements végétaux individualisés dans la forêt de Kigwena et dans la forêt de Rumonge expliquent l'hétérogénéité spatiale des deux écosystèmes forestiers.

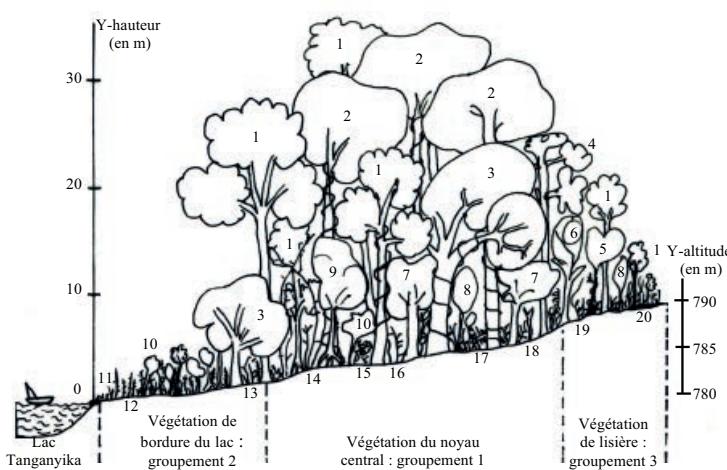
L'analyse de cette hétérogénéité spatiale montre que la forêt de Kigwena est subdivisée en quatre zones floristiquement distinctes : le noyau central de la forêt peu perturbé, plus dense et dominé par des espèces de grands arbres comme *Pycnanthus angolensis*, *Pseudospondias microcarpa* et *Myrianthus arboreus* (groupe 1) ; la partie humide en bordure du lac Tanganyika (groupe 2) où dominent les plantes herbacées des familles des Cyperaceae (*Scleria nyassensis* et *Cyperus sp.*) et des Poaceae (*Phragmites mauritianus*) ; la lisière Est dominée par *Pycnanthus angolensis*, *Anthocleista schweinfurtii* et *Panicum maximum* (groupe 3) ; la partie savane arborée au Nord (groupe 4) hautement perturbée par l'action anthropique, avec prédominance des *Hyparrhenia*. La forêt de Kigwena présente ainsi une organisation en mosaïque. Cette caractéristique, confirmée par les faibles valeurs de l'indice de Sørensen (tableau III), avait déjà été soulignée par les études sur les forêts intertropicales humides réalisées par OLDEMAN (1990). Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Piélou (tableau II) montrent que les espèces des quatre groupements végétaux se partagent plus ou moins équitablement les niches écologiques (BAR-



Photo 2.
Vue panoramique de la forêt claire de Rumonge au Burundi (paysage collinaire, traversé par la route nationale n° 3).
Photo P. Hakizimana, 2006.

OUEST

EST



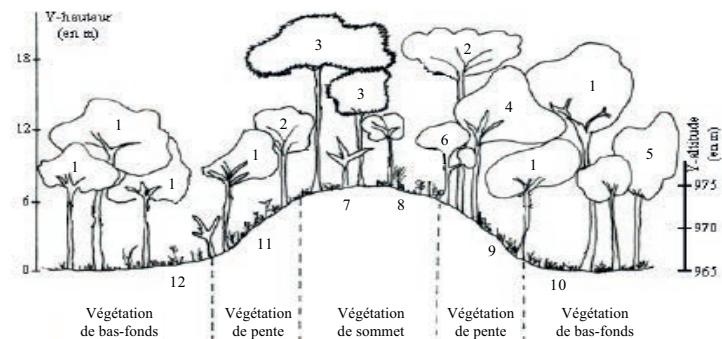
Annexe 1.

Représentation schématique du profil structural simplifié de la végétation dans la forêt dense de Kigwena. Les groupements repris sont ceux qui ont été identifiés et décrits dans les sections précédentes. Cependant, il n'a pas été possible d'illustrer le groupement 4 représentant la zone de savane arborée dans la partie Nord de la forêt.

Espèces : 1 = *Pycnanthus angolensis* ; 2 = *Pseudospondias microcarpa* ; 3 = *Albizia gummifera* ; 4 = *Terminalia mollis* ; 5 = *Neoboutonia macrocalyx* ; 6 = *Cordia africana* ; 7 = *Myrianthus arboreus* ; 8 = *Anthocleista schweinfurthii* ; 9 = *Spathodea campanulata* ; 10 = *Landolphia kirkii* ; 11 = *Cyperus articulatus* ; 12 = *Phragmites mauritianus* ; 13 = *Scleria nyassensis* ; 14 = *Eremospatha* sp. ; 15 = *Brillantaisia cicatricosa* ; 16 = *Sericostachys tomentosa* ; 17 = *Pteridium aquilinum* ; 18 = *Cyathea dregei* ; 19 = *Disa robusta* ; 20 = *Panicum maximum*.

OUEST

EST



Annexe 2.

Représentation schématique du profil structural simplifié de la végétation dans la forêt claire de Rumonge.

Espèces : 1 = *Brachystegia bussei* ; 2 = *B. microphylla* ; 3 = *B. utilis* ; 4 = *Isoberlinia angolensis* ; 5 = *Brachystegia spiciformis* ; 6 = *Anisophyllea boehmii* ; 7 = *Uapaca nitida* ; 8 = *U. kirkiana* ; 9 = *Loudetia simplex* ; 10 = *Scleria bulbifera* ; 11 = *Hyparrhenia filipendula* ; 12 = *Kyllinga colorata*.

BAULT, 1997 ; GILLET, 2000). En considérant les facteurs du déterminisme écologique (le gradient d'humidité et celui d'anthropisation), on remarque que les groupements 1 et 2 sont floristiquement proches, d'une part, et que, d'autre part, les groupements 3 et 4 sont également floristiquement proches (figures 2 et 3). Ce rapprochement floristique est également confirmé par les valeurs du tableau III.

Il en est de même de la forêt claire de Rumonge qui peut être subdivisée en trois unités paysagères. RIGAULT et DAGOSTINI (2004) ont montré que, malgré l'homogénéité floristique sur la majeure partie de sa surface, il était possible de distinguer physionomiquement dans la forêt tropophile une multitude de faciès de dégradation (chablis, appauvrissement du sous-bois, envahissements localisés, etc.). C'est ce phénomène que nous observons dans la forêt de Rumonge. Le milieu est fractionné en un grand nombre de bosquets de superficie très réduite, composés du même fond floristique, mais chacun étant dominé par une espèce grégiaire particulière selon les cas. Cette situation s'observe à petite échelle lorsqu'on considère une seule colline pour laquelle la végétation de bas-fond se différencie de la végétation de pente et de sommet, avec un certain degré de ségrégation entre principales espèces d'arbres. La forte similitude floristique entre les groupements végétaux identifiés est confirmée par les valeurs élevées de l'indice de similarité de Sørensen (tableau V). Cela incite à penser que l'hétérogénéité spatiale des faciès observée dans la forêt de Rumonge ne serait pas liée à un quelconque gradient écologique, mais qu'elle pourrait s'expliquer par l'historique des dégradations localisées de la forêt.

Dans la forêt dense de Kigwena, la diversité floristique dépend de l'unité paysagère considérée. En effet, le noyau central de la forêt moins perturbé (groupement 1) est le moins diversifié en espèces (tableau II). Il est riche en espèces forestières telles que *Pseudospondias microcarpa* et *Pycnanthus angolensis*. Ces espèces assurent le développement d'une strate arborescente inférieure importante constituée de *Myrianthus arboreus*, *Spathodea campanulata* et *Sterculia tragacantha*. La zone de lisière Est de la forêt (groupement 3), la zone en bordure du lac Tanganyika (groupement 2) et la savane arborée du Nord de la forêt (groupement 4) sont plus diversifiées. Cet ordre de diversité croissante était attendu. En effet, FORMAN et GODRON (1986) et BUREL et BAUDRY (1999) affirment que, jusqu'à un certain seuil, les perturbations augmentent la diversité d'un écosystème. En outre, ces auteurs indiquent que les perturbations sont intenses en zones périphériques qui tendent à une diversification, et sont très faibles ou quasi nulles en zone intérieure qui tend vers une homogénéisation (BAROT *et al.*, 1999 ; HENKEL, 2003). L'effet lisière induit donc un changement de faciès en favorisant à la fois le développement hétérogène de certaines espèces de la forêt et des espèces héliophiles, des espèces rudérales, des espèces de marais, adaptées aux perturbations diverses liées au piétinement, au stress hydrique et aux activités humaines (TOMIMATSU, OHARA, 2004 ; VERHEYEN, HERMY, 2004 ; HARPER *et al.*, 2005).

S'agissant de la diversité floristique de la forêt claire de Rumonge, on observe que sa végétation garde le même fond du cortège floristique et un noyau d'espèces communes. NZIGIDAHERA (2000) avait formulé des conclusions similaires. La

strate arborescente supérieure d'environ 20 m est constituée de grands arbres des genres *Brachystegia* et *Isoberlinia*. La strate arborescente inférieure est dominée par *Parinari curatellifolia*, *Anisophyllea boehmii*, *Uapaca kirkiana*, *U. nitida* et *U. sansibarica*. Le groupement végétal 3 (figure 4) présente la plus faible valeur de l'indice de diversité de Margalef (tableau IV), alors que celui-ci comprend trois collines périphériques (C3, C5 et C8) et une seule colline de l'intérieur de la forêt (C11). Par contre, le groupement végétal 2 qui comprend deux collines périphériques (C4 et C6) et deux collines de l'intérieur (C9 et C12) présente la même valeur de l'indice de diversité de Margalef que le groupement végétal 1 qui comprend trois collines périphériques (C1, C2 et C7) et une seule colline de l'intérieur (C10). On peut donc conclure que, pour cette forêt, la composition floristique globale n'est pas significativement affectée par l'effet lisière (TOMIMATSU, OHARA, 2004 ; VERHEYEN, HERMY, 2004 ; HARPER *et al.*, 2005).

Les groupements végétaux identifiés dans la forêt de Kigwena peuvent être rattachés à ceux déjà décrits par d'autres auteurs. Le groupement à *Phragmites mauritianus* et *Scleria nyassensis* et *Albizia gummosa* rencontré en bordure du lac Tanganyika est semblable à celui décrit sur les rives de la Rusizi et dans les marais de Gatumba par BIZURU (2005) et BANGIRINAMA (2010). Le groupement à *Hyparrhenia diplandra*, *Dracaena afromontana* et *Triumfetta tomentosa* et celui à *Pycnanthus angolensis*, *Anthocleista schweinfurthii* et *Panicum maximun* individualisés dans la partie savane et en lisière de la forêt de Kigwena sont à rapprocher de ceux décrits dans les jachères de Kigwena par BANGIRINAMA (2010).

Enfin, la dominance des espèces de *Brachystegia* et d'*Uapaca* ainsi que *Pycnanthus angolensis* accompagnée de *Spathodea campanulata* représente respectivement l'identité tropophile et périguinéenne de la forêt de Rumonge et de la forêt de Kigwena. Ces descriptions et appellations corroborent les conclusions des études réalisées par MALAISSE (1968) et LEWALLE (1972). En outre, la prédominance des espèces de graminées et des espèces rudérales surtout dans les zones de lisière, la présence d'espèces comme *Albizia adianthifolia*, *Dracaena afromontana*, *Elaeis guineensis*, *Myrianthus arboreus* et d'espèces pyrophytées comme *Combretum paniculatum* et *Euphorbia candelabrum* sont des signes éloquents de l'empreinte de l'action anthropique (piétinement, agriculture, élevage, pêche) et de la secondarisation des forêts de Kigwena et de Rumonge.

Cette étude a permis d'identifier et de caractériser les groupements végétaux formant la végétation des forêts de Kigwena et de Rumonge. Par rapport aux résultats obtenus, il se dégage des perspectives de recherche qui devraient être entreprises dans un proche avenir. Il s'agit notamment de :

- l'analyse, par le biais d'observations diachroniques, des relations dynamiques dans le temps et dans l'espace entre les groupements végétaux qui ont été définis au sein de la végétation des deux forêts ;
- l'analyse approfondie des traits de vie et de l'écologie des principales espèces d'arbres des deux forêts ;
- l'étude approfondie des mécanismes de régénération naturelle, de la mortalité, de la croissance et du recrutement des espèces d'arbres pour mieux comprendre la dynamique de renouvellement naturel des deux forêts.

Remerciements

Les auteurs remercient la Commission universitaire pour le développement (Cud), les Fondations De Meurs-François et Van Buuren, le Gouvernement du Burundi, le Professeur Jean Lejoly ainsi que les responsables de l'Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature (Inecn) dans la région de Rumonge.

Références bibliographiques

AOUDJI A. K. N., YEVIDE A. S. I., GANGLO J. C., ATINDOGBE G., TOYI M. S., DE CANNIÈRE C., AZONTONDE A. H., ADJAKIDJE V., DE FOUCAUD B., SINSIN B. A., 2011. Structural characteristics and forest sites identification in Pahou forest reserve, South-Benin. Bois et Forêts des Tropiques, 308 (2): 47-58.

BANGIRINAMA F., 2010. Processus de la restauration écosystémique au cours de la dynamique post-culturelle du Burundi : mécanismes, caractérisation et séries écologiques. Thèse de doctorat, Université libre de Bruxelles, Belgique, 240 p.

BANGIRINAMA F., BIGENDAKO M. J., LEJOLY J., NORET N., DE CANNIÈRE C., BOGAERT J., 2010. Définition d'indices successifs pour la caractérisation du processus de la succession post-culturelle au Burundi. Bois et Forêts des Tropiques, 305 (3) : 57-66.

BARBAULT R., 1997. Écologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère. 4^e édition. Paris, France, Masson, 277 p.

BAROT S., GIGNOUX J., MENAUT J. C., 1999. Seed shadows, survival and recruitment: how simple mechanisms lead to dynamics of population recruitment curves. Oikos, 86 (2): 320-330.

BIZURU E., 2005. Étude de la flore et de la végétation des marais du Burundi. Thèse de doctorat, Université libre de Bruxelles, Belgique, 311 p.

BOSERUP E., 1970. Évolution agraire et pression démographique. Paris, France, Flammarion, 219 p.

BRAUN-BLANQUET J., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. New York, Londres, Mac Gray Hill, 439 p.

BROWN J. H., 1984. On the relationship between distribution and abundance. American Naturalist, 124: 255-279.

BUREL F., BAUDRY J., 1999. Écologie du paysage : Concepts, méthodes et applications. Paris, France, Technique et Documentation, 359 p.

DAJOZ R., 2006. Précis d'écologie. 8^e édition. Paris, France, Dunod, 631 p.

DALLMEIER F. (Ed.), 1992. Long term monitoring of biological diversity in tropical areas: methods for establishment and inventory of permanent plots. Paris, France, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco), Man and Biosphere Digest 11, 72 p.

FORMAN R. T. T., GODRON M., 1986. Landscape Ecology. New York, États-Unis, John Wiley and Sons, 619 p.

GILLET F., 2000. La phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. 4^e édition revue et corrigée. Neuchâtel, Suisse, Université de Neuchâtel, Institut de botanique, Documents du Laboratoire d'écologie végétale 1, 68 p.

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 : 52-61.

HARPER K. A., MACDONALD S. E., BURTON P. J., CHEN J., BROSOFSKE K. D., SAUNDERS S. C., EUSKIRCHEN E. S., ROBERTS D., JAITEH M. S., ESSEN P. E, 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19: 768-782.

HENKELT W., 2003. Monodominance in the ectomycorrhizal *Dicymbae corymbosa* (Caesalpiniaceae) from Guyana. *Journal of Tropical Ecology*, 19: 417-437.

HILL M. O., 1994. DECORANA and TWINSPLAN, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs. In: FORTRAN 77. TABLEFIT programs (ed.). Huntingdon, Royaume-Uni, Institute of Terrestrial Ecology, 58 p.

HOUNKPEVI A., YEVIDE A. S. I., GANGLO J. C., DEVINEAU J.-L., AZONTONDE A. H., ADJAKIDJE V., AGBOSOU E. K., DE FOUCAU B., 2011. Structure et écologie de la forêt à *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A.D.C. et à *Dialium guineense* Willd. de la réserve de Massi (La Lama), Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 308 (2) : 33-46.

KOVACH W. L., 1997. MVSP: MultiVariate Statistical Package data analysis. Pentraeth, Royaume-Uni, Kovach Computing Services, 137 p.

KREBS C. J., 1978. The experimental analysis of distribution and abundance. New York, États-Unis, Harper & Row.

LEBRUN J.-P., STORK A. L., 1991-1997. Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Genève, Suisse, Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, 4 volumes.

LEWALLE J., 1972. Les étages de végétation du Burundi occidental. Bulletin du Jardin botanique national de Belgique, 42 (1/2) : 1-247.

MACKEY B. G., LINDENMAYER D. B., 2001. Towards a hierarchical framework for modelling the spatial distribution of animals. *Journal of Biogeography*, 28: 1147-1166.

MALAISSE F., 1968. Étude écologique de la rivière Luanza et de son bassin. Thèse de doctorat, Université officielle du Congo, Lubumbashi, 473 p.

MAGURRAN A. E., 2004. Measuring biological diversity. Oxford, Royaume-Uni, Blackwell Publishing, 256 p.

MINATTE, 2009. Quatrième rapport du Burundi à la Convention sur la Diversité Biologique. Mise en œuvre de l'objectif 2010 de la CDB. Bujumbura, Burundi, Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature, 101 p.

NZIGIDAHERA B., 2000. Analyse de la diversité biologique végétale nationale et identification des priorités pour sa conservation. Bujumbura, Burundi, Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature, 126 p.

OLDEMAN R. A. A., 1990. Forests: Elements of sylvology. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag.

PAUTOU G., VIGNY F., 1989. Étagement et connectivité: particularités des systèmes de montagne. *Revue de géographie alpine*, 77 (1-3) : 29-38.

PIÉLOU E. C., 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10: 370-383.

RIGAULT F., DAGOSTINI G., 2004. Étude floristique et faunistique de la forêt sèche de Nekoro. I : Caractérisation floristique et physionomique de la forêt de Nekoro. Rapport de recherche. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Ird, 27 p.

SABATIER D., PREVOST M.-F., 1989. Quelques données sur la composition floristique et la diversité des peuplements forestiers de Guyane française. *Bois et Forêts des Tropiques*, 219 : 31-55.

SCHMITZ A., 1988. Révision des groupements végétaux décrits du Zaïre, du Rwanda et du Burundi. Tervuren, Belgique, Muséum royal d'Afrique centrale, Annales Sciences économiques, vol. 17, 315 p.

SHANNON C. E., WEAVER W., 1949. A Mathematical Model of Communication. Urbana, IL, États-Unis, University of Illinois Press.

SONKE B., 1998. Études floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat. Université libre de Bruxelles, Laboratoire de botanique systématique et de phytosociologie, Belgique, 276 p.

SØRENSEN T., 1948. A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyse of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter, 5 (4) : 1-34.

TOMIMATSU H., OHARA M., 2004. Edge effects on recruitment of *Trillium camschatcense* in small forest fragments. *Biological conservation*, 117: 509-519.

VERHEYEN K., HERMY M., 2004. Recruitment and growth of herb-layer species with different colonizing capacities in ancient and recent forests. *Journal of Vegetation Science*, 15: 125-134.