



Analyse de l'effet de la structure spatiale des arbres sur la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge au Burundi

Paul Hakizimana^{1,2,*}, Frédéric Bangirinama³, François Havyarimana^{1,2},
Bernadette Habonimana¹ & Jan Bogaert²

¹Université du Burundi; B.P 2700 Bujumbura, Burundi, hakizaedi@yahoo.fr ou pahakizi@ulb.ac.be

²Université Libre de Bruxelles, Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale,
CP 169; B.P 1050 Bruxelles, Belgique

³Ecole Normale Supérieure, B.P. 6983 Bujumbura, Burundi

Reçu: le 22 Septembre 2010

Accepté: le 15 Avril 2011

Publié: le 25 Avril 2011

RESUME

Mots clés: Agrégat, classe de diamètre, indice d'équitabilité, plantule, transect.

L'objectif de la présente étude est de mettre en évidence la structure spatiale des arbres et de déterminer son influence sur la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge, en vue de sa conservation et sa valorisation optimales. La collecte des données a été effectuée par la mesure du diamètre à hauteur de poitrine le long de 12 transects. Lors de l'analyse de ces données, le test de Dajoz a permis de déterminer le modèle de distribution spatiale horizontale des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt (*Brachystegia bussei* Harms, *B. microphylla* Harms et *B. utilis* Burtty & Hutch). Le test χ^2 a été utilisé pour comparer la répartition des fréquences des classes de diamètre pour les trois espèces testées. Pour estimer la différence entre le nombre de plantules en zones d'agrégats par rapport aux zones hors agrégats, le test signé de Wilcoxon a été utilisé. En outre, l'indice d'équitabilité a permis de vérifier la prépondérance des proportions entre les classes de diamètre. Enfin, l'indice de régénération naturelle a été calculé.

ABSTRACT

Key words: Aggregate, diameter class, evenness index, seedlings, transect.

This study aimed to characterise the spatial pattern of the trees of the Rumonge woodland and to determine its influence on the natural regeneration, in order to conserve the woodland optimally and to enable its valorisation. Data collection consisted of the measurement of the diameter at breast height in 12 transects. Data analysis by means of the Dajoz test enabled to determine the distribution model of the three most abundant tree species in the woodland (*Brachystegia bussei* Harms, *B. microphylla* Harms and *B. utilis* Burtty & Hutch.). The χ^2 test was used to compare the frequency distributions of the diameter classes of the species considered. To assess the differences between the number of seedlings observed inside and outside the tree aggregates, the Wilcoxon test was used. Differences between the proportions characterising the diameter classes were quantified by an evenness index. The index of natural regeneration was also calculated.

I. INTRODUCTION

Dans une forêt, la structure spatiale des arbres dépend de leur densité et de leur distribution horizontale qui peut être aléatoire, agrégée ou uniforme (Büttler, 2000; Dale, 2000). La régénération naturelle se réalise par multiplication végétative au moyen des rejets issus des souches déjà existantes et par germination des graines provenant des arbres matures (Puig, 2001).

Vande Weghe (2004) indique que la structure spatiale et la régénération naturelle des arbres sont intimement liées et jouent un rôle important dans la dynamique de la forêt. En outre, les perturbations d'origine anthropique affectent la structure spatiale et la régénération naturelle des arbres.



Il s'agit des prélèvements incontrôlés des ressources forestières, de l'agriculture extensive et des feux de forêt que Forman & Godron (1986) et Bradstock *et al.* (2002) considèrent comme étant les plus néfastes compte tenu de la fréquence et de l'étendue qu'ils affectent en peu de temps.

La présente étude porte sur la forêt claire de Rumonge qui jouit du statut d'«aire protégée» (Réserve Naturelle) depuis 1972 (Bigendako, 1997). Comme cette forêt est entourée par les villages de Buzimba, Muhanda, Mutambara, Mwagu et Nyabiraba, les populations riveraines ne peuvent pas s'empêcher d'y prélever illicitement des ressources forestières variées dont elles ont besoin. Sa conservation se retrouve ainsi compromise. Dans un contexte de l'aménagement et de la gestion durable des écosystèmes forestiers naturels en général et de la forêt claire de Rumonge en particulier, cette étude s'avère donc nécessaire.

L'objectif de cette étude est multiple. Il s'agit essentiellement de déterminer la densité des arbres dans la forêt claire de Rumonge, d'analyser leur distribution spatiale horizontale, de mettre en évidence l'effet du modèle spatial trouvé sur le nombre de plantules et d'évaluer l'état de la régénération naturelle des principales espèces d'arbres, en l'occurrence les trois premières espèces d'arbres les plus abondantes dans cette forêt. L'hypothèse centrale à vérifier dans cette recherche est que le modèle de distribution spatiale des arbres influence la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge.

II. METHODOLOGIE

II.1. Description du site d'étude

La Réserve Naturelle de Rumonge est l'une des 14 aires protégées du Burundi. Elle est localisée au Sud-Ouest du Burundi au voisinage de la forêt dense de Kigwena (Fig. 1), dans une région de haute densité démographique (Lewalle, 1972; Nzigidahera, 2000). Elle est essentiellement dominée par la forêt claire type Miombo du domaine zambézien (Malaisse, 1982, 1984; Mutamba, 2007). La forêt claire de Rumonge jouit d'un climat tropical de type AW4s (Köppen, 1923). Elle s'étend sur une superficie d'environ 600 ha répartis sur un relief collinaire dont le sommet le plus élevé atteint 1000 m. Le sol est caillouteux aux sommets des collines alors que les flancs présentent un sol relativement profond. En général, le climat de Rumonge est caractérisé par une saison des pluies pendant les mois d'Octobre à Mai alternant avec une saison sèche de Juin à Septembre. La moyenne des précipitations annuelles est de 1170 mm.

La forêt claire de Rumonge est une formation trophile dominée principalement d'arbres du genre *Brachystegia* (*B. bussei*, *B. microphylla*, *B. spiciformis* Benth. et *B. utilis*).

Toutefois, dans des populations homogènes de *Brachystegia*, plusieurs espèces du genre *Uapaca* émergent dans certains endroits (Lewalle, 1972).

Grâce aux conditions climatiques favorables, l'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 Rumonge. Seules quelques têtes de vaches appartenant à une minorité d'éleveurs sont recensées sur les collines entourant la forêt claire de Rumonge.

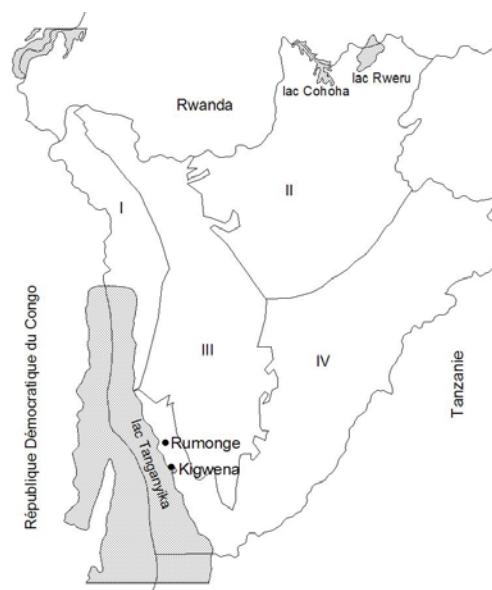


Fig. 1: Localisation du site de la forêt claire de Rumonge sur la carte des Districts phytogéographiques du Burundi. I: District du Graben occidental; II: District du Rwanda et du Burundi; III: District Afromontagnard; IV: District du Mosso-Malagarazi (White, 1983).

II.2. Méthode d'échantillonnage

Pour établir la liste des espèces d'arbres et leur densité dans la forêt claire de Rumonge, la collecte des données a été réalisée par la mesure du diamètre à hauteur de poitrine (*dhp*). Cependant, seules les données de *dhp* \geq 10 cm (Blanc, 1998) ont été retenues pour la suite des analyses en conformité avec les indications de Dallmeier (1992). Ces mesures se sont déroulées le long de 12 transects tracés à travers la forêt en accord avec Malaisse (1974). La largeur des transects est restée de 20 m alors que la longueur a varié de 100 à 250 m suivant la taille de la colline concernée. Pour chaque transect, le comptage des plantules (*dhp* < 10 cm) de chacune des espèces d'arbres plus abondantes a également été effectué dans des zones d'agrégats (A) et dans des zones hors agrégats (B). Pour ce faire, la surface du transect était d'abord subdivisée en placeaux de 20 m x 10 m. Ensuite, nous avons procédé au comptage du nombre de pieds d'arbres dans tous les placeaux pour l'espèce concernée.

Enfin, nous avons considéré le plateau renfermant le plus grand nombre de pieds comme zone d'agrégats et le plateau avec le plus petit nombre de pieds comme zone hors agrégats. Ainsi, le comptage des plantules s'est déroulé dans ces deux plateaux pour avoir des échantillons appariés ou couplés. L'identification des espèces d'arbres s'est basée sur la nomenclature de Lebrun & Stork (1991-1997).

II.3. Méthode d'analyse des données

Au niveau de la distribution spatiale horizontale des arbres, Büttler (2000) et Dale (2000) distinguent trois modèles spatiaux horizontaux: le modèle spatial horizontal aléatoire quand, étant donné la localisation d'un individu, la probabilité qu'un autre individu se retrouve à sa proximité est non affectée; le modèle spatial horizontal agrégé quand cette probabilité est augmentée et le modèle spatial horizontal uniforme quand cette probabilité est réduite. Dans cette étude, le modèle de distribution spatiale horizontale des arbres a été testé et confirmé par la méthode de Dajoz (2000) (*Da*) adaptée aux petits échantillons. Ce test a été appliqué sur base du nombre de pieds d'arbres recensés sur une surface d'inventaire égale pour tous les 12 transects ($n_p = 12$). La suite des analyses a été donnée par les valeurs de $\lambda = \sigma^2 / m$; σ^2 étant la variance et m la moyenne arithmétique. Dans le cas d'une distribution uniforme, $\lambda < 1$; dans une distribution aléatoire, $\lambda \approx 1$ et dans une distribution agrégée, $\lambda > 1$. La valeur de λ varie, pour un taux de probabilité donné, entre des limites de confiance qui sont fonction du nombre de prélèvements n_p . L'écart à l'unité de λ est significatif pour $\alpha = 0.05$ dans le cas où $Da > \beta$ (en l'occurrence, $Da = \lambda - 1$ et

$$\beta = 2 \times \sqrt{(2 \times n_p) \times (n_p - 1)^{-2}} = 0,9).$$

L'effet des agrégats sur le nombre de plantules a été déterminé au moyen du test signé de Wilcoxon (*W*) (Scherrer, 2007). Ce test est le plus approprié pour la comparaison des nombres appariés ou couplés en l'occurrence les nombres de plantules d'arbres dénombrées dans des zones d'agrégats et dans des zones hors agrégats du même transect.

L'état de régénération a été déterminé par l'analyse de la répartition diamétrique des individus d'arbres en classes de diamètre selon la règle de Blanc (1998). Pour tester cet état, l'indice d'équité (*R*) et le test χ^2 ont été appliqués (Piérou, 1966 ; Motulsky, 2002 ; Scherrer, 2007). La valeur de *R* est donnée par la formule ci-dessous:

$$R = \frac{H}{H_{\max}}, \quad (1); \quad \text{où } H \text{ correspond à l'indice de}$$

diversité de Shannon-Weaver (diversité observée); H_{\max} correspond à la diversité maximale théorique calculée en supposant une équiprobabilité des traits biologiques.

Enfin, la valeur de l'indice de régénération naturelle (R_n) a été déterminée par le rapport de la proportion des plantules ($dhp < 10$ cm) sur celle des autres individus d'arbres ($dhp \geq 10$ cm). Selon Havyarimana (2009), si la valeur de cet indice est inférieure à l'unité, la population est déficitaire; si par contre elle est supérieure ou égale à l'unité, la population est équilibrée, c'est-à-dire qu'au niveau de la répartition des individus d'arbres en classes de diamètre, les effectifs ne cessent de diminuer au fur et à mesure que l'on passe de la classe de diamètre inférieur aux classes de diamètre supérieur.

III. RESULTATS

III.1. Analyse de la densité des espèces d'arbres dans la forêt claire de Rumonge

Dans la forêt claire de Rumonge, 2199 individus d'arbres répartis dans 34 espèces ont été recensés. Le tableau 1 présente la liste et la densité de ces espèces identifiées. La densité moyenne des arbres dans la forêt claire de Rumonge est de 550 pieds/ha. Les trois espèces les plus représentées sont *Brachystegia bussei*, *B. microphylla* et *B. utilis* dont l'abondance relative respective est de 45,0%, 7,9% et 22,0% ; avec une densité respective de 248 pieds/ha, 44 pieds/ha et 121 pieds/ha.

Tableau 1: Liste des espèces d'arbres identifiées et leur densité dans la forêt claire de Rumonge. *N*: nombre de pieds par espèce ; *D*: densité (nombre de pieds/ha).

Espèces	<i>N</i>	%	<i>D</i>
<i>Brachystegia bussei</i> Harms	990	45,0	248
<i>Brachystegia utilis</i> Burtt Davy & Hutch.	484	22,0	121
<i>Brachystegia microphylla</i> Harms	174	7,9	44
<i>Uapaca nitida</i> Muell. Arg.	163	7,4	41
<i>Isobertinia angolensis</i> (Benth.) Hoyle & Bren.	101	4,6	25
<i>Anisophyllea boehmii</i> Engl.	95	4,3	24
<i>Uapaca kirkiana</i> Muell. Arg.	37	1,7	9
<i>Combretum molle</i> R.Br. ex G. Don	35	1,6	9
<i>Brachystegia spiciformis</i> Benth.	33	1,5	8
<i>Garcinia huillensis</i> Welw. ex Oliv.	17	0,8	4
<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.	16	0,7	4
<i>Strychnos potatorum</i> L. f.	8	0,4	2
<i>Lannea schimperi</i> (Hochst.) Engl.	7	0,3	2
<i>Albizia adianthifolia</i> (Scumach.) W.F. Wight	4	0,2	1
<i>Clematis hirsuta</i> Guill. & Perr.	4	0,2	1
<i>Erythrina abyssinica</i> Lam. ex DC.	4	0,2	1
<i>Trema orientalis</i> Blume	4	0,2	1
<i>Acacia hockii</i> De Wild.	3	0,1	1
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	2	0,1	1
<i>Ficus ovata</i> Vahl	2	0,1	1
<i>Sterculia quinqueloba</i> (Garcke) K. Schum.	2	0,1	1
<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	2	0,1	1
<i>Acacia gerrardii</i> Benth.	1	0,0	0
<i>Chlorophora excelsa</i> (Welw.) Benth.	1	0,0	0
<i>Clerodendrum angolense</i> Guerke	1	0,0	0
<i>Cordia africana</i> Lam.	1	0,0	0
<i>Ficus ingens</i> Miq.	1	0,0	0
<i>Ficus thonningii</i> Blume	1	0,0	0
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	1	0,0	0
<i>Rytigynia kivuensis</i> Robyns	1	0,0	0
<i>Strychnos innocua</i> Del.	1	0,0	0
<i>Syzygium guineense</i> (Wild.) DC.	1	0,0	0
<i>Uapaca sansibarica</i> Pax	1	0,0	0
<i>Vitex doniana</i> Sweet	1	0,0	0
TOTAL : 34 espèces	2199	100,0	550

III.2. Analyse du modèle de distribution spatiale horizontale des arbres

Le tableau 2 montre le nombre d'individus d'arbres pour chacune des trois espèces les plus abondantes sur une même superficie d'inventaire de 0,2 ha au niveau des 12 transects prospectés. Il visualise également le test du modèle de distribution spatiale

horizontale selon Dajoz (2000) (Da). Les individus des principales espèces d'arbres de la forêt claire de Rumonge sont spatialement répartis suivant le modèle agrégé. En effet, $\lambda > 1$ pour toutes les trois espèces testées. Pour $\alpha = 0,05$, cet écart à l'unité est significatif étant donné que les valeurs de Da sont largement supérieures à β , soit $Da > 0,9$ (Tableau 2).

Tableau 2: Nombre d'individus pour les trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge. x_1 à x_{12} : nombre d'individus; λ : rapport de la variance sur la moyenne arithmétique; Da : test du modèle de distribution spatiale horizontale.

Espèce	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	λ	Da
<i>Brachystegia bussei</i>	62	35	88	22	22	70	46	50	83	42	63	29	9,9	8,9
<i>Brachystegia microphylla</i>	6	14	5	3	10	12	6	5	10	6	4	37	8,6	7,6
<i>Brachystegia utilis</i>	50	16	8	25	35	8	28	14	88	29	11	19	18,7	17,7

III.3. Comparaison du nombre de plantules en zones d'agrégats et en zones hors agrégats

Le tableau 3 présente le nombre de plantules dénombrées dans les zones d'agrégats et dans les zones hors agrégats pour les trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge (*Brachystegia bussei*, *B. microphylla* et *B. utilis*). Les plantules sont plus abondantes en zones d'agrégats qu'en zones hors agrégats. Cette différence est confirmée par le test signé de Wilcoxon (W) qui montre que pour les trois espèces testées, la valeur de W est inférieure à la valeur de $W_{0,05} = 17$. Il y a donc une différence significative entre le nombre de plantules en zones d'agrégats et en zones hors agrégats. L'influence de la structure spatiale sur la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge est donc confirmée.

Tableau 3: Nombre de plantules recensées en zones d'agrégats (A) et en zones hors agrégats (B) pour les trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge

<i>Brachystegia bussei</i>		<i>Brachystegia microphylla</i>		<i>Brachystegia utilis</i>	
A	B	A	B	A	B
72	62	29	25	62	40
68	55	38	22	38	29
69	72	23	15	50	37
73	64	21	20	55	41
53	46	31	34	70	42
68	42	43	22	36	42
49	41	26	16	45	46
85	73	37	23	52	37
56	60	24	18	38	35
91	89	28	30	62	64
64	58	19	14	28	23
37	36	15	12	50	36
Total: 785	698	334	251	586	472
$W = 7,0$		$W = 5,5$		$W = 8,0$	

III.4. Analyse de la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge

La figure 2 montre la répartition diamétrique des individus des trois espèces d'arbres les plus abondantes. Les valeurs de l'indice d'équitabilité confirment que pour chacune des trois espèces, la classe des plantules ($dhp < 10$ cm) renferme plus d'individus que les autres classes de diamètre. En effet, cet indice équivaut à $R = 0,16$ pour *Brachystegia bussei* et *B. utilis*, et à $R = 0,14$ pour *B. microphylla*. Les classes de diamètre ne se partagent donc pas équitablement les proportions des individus d'arbres car ces valeurs de l'indice d'équitabilité sont proches de zéro. De plus, l'analyse comparative de la répartition des proportions des fréquences des différentes classes de diamètre pour les trois espèces d'arbres indique qu'il n'y a pas de différence significative car $\chi^2 = 3,1$ ($p > 0,05$). En outre, les valeurs de l'indice de régénération naturelle traduisent l'état d'équilibre de la forêt claire de Rumonge car elles sont supérieures à l'unité pour toutes les espèces analysées. En effet, pour *Brachystegia bussei* et *B. utilis*, $R_n = 2,3$ et pour *B. microphylla*, $R_n = 1,3$ (Tableau 4).

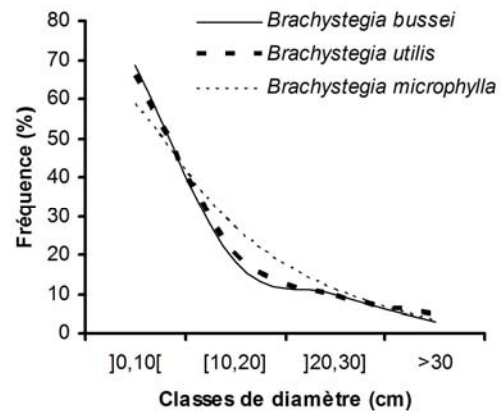


Fig. 2: Courbes dendrologiques de répartition diamétrique des individus des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge

Tableau 4: Valeurs de l'indice de régénération des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge. N_p : nombre de plantules ($dhp < 10$ cm); N_a : nombre d'arbres adultes ($dhp \geq 10$ cm); R_n : indice de régénération naturelle

Espèce	N_p	N_a	R_n
<i>Brachystegia bussei</i>	183	79	2,3
<i>Brachystegia microphylla</i>	31	24	1,3
<i>Brachystegia utilis</i>	104	46	2,3

IV. DISCUSSION

Dans la forêt claire de Rumonge, l'analyse de la densité des arbres confirme les observations de Lewalle (1972) sur la prépondérance des espèces de *Brachystegia*, d'*Uapaca* et d'*Isobertinia*. En outre, la densité relevée (550 pieds/ha) est supérieure à la moyenne de 400 pieds/ha observée dans d'autres forêts claires du domaine zambézien notamment par Malaisse (1984). Cela traduit que la forêt claire de Rumonge est au stade évolutif moins avancé que celles décrites par Malaisse. En effet, plus la forêt claire est jeune, plus elle présente de nombreux arbustes peu espacés; ce qui est l'inverse pour un vieux peuplement avec de grands arbres très espacés. Cette densité obtenue reste cependant dans le même ordre de grandeur généralement obtenu en Afrique tropicale où la densité des arbres dans les différents inventaires varie entre 368 et 645 pieds/ha (Sonké, 1998).

La répartition des arbres en classes de diamètre suit une allure régulièrement décroissante, avec un maximum dans les premières classes de diamètre. Sonké (1998) avait abouti aux mêmes conclusions dans la Réserve de Faune du Dja au Cameroun. Dans la nature, une telle distribution diamétrique traduit un état d'équilibre (Bouko *et al.*, 2007), lui-même synonyme d'une bonne régénération naturelle (Puig, 2001). Cela montre que, grâce à la croissance des nombreux plantules et via leur recrutement dans les classes de diamètre supérieur (Riera *et al.*, 1990, 1998), la forêt claire de Rumonge va se maintenir.

L'analyse de la répartition spatiale horizontale par le test de Dajoz (2000) montre que les individus d'arbres de la forêt claire de Rumonge sont distribués de manière agrégée. Cette structure spatiale agrégée influe à son tour sur l'état de la régénération naturelle de cette forêt. L'état de régénération équilibrée est confirmé par les valeurs de R_n qui sont toutes supérieures à l'unité (Havyarimana, 2009). Ecologiquement, l'agrégation des arbres observée s'explique soit par la variation ou l'hétérogénéité des caractéristiques du milieu, soit par les caractères génétiques et le comportement des êtres vivants de même espèce qui ont souvent tendance à se regrouper (Büttler, 2000 ; Dale, 2000; Dajoz, 2006). Dans la forêt claire de Rumonge, le modèle agrégé de la distribution spatiale des arbres s'expliquerait par la variation des caractéristiques du sol. Celui-ci est d'une structure caillouteuse aux sommets des collines alors qu'il est relativement profond et fin sur les flancs et vers les bas-fonds.

De plus, la structure spatiale détermine l'environnement local autour de chaque arbre (en particulier le nombre de voisins) et donc ses conditions de croissance. Cet environnement local modifie l'expression des processus naturels comme la croissance, la mortalité et la régénération du peuplement ; cela peut conduire à une composition locale monospécifique (Barot *et al.*, 1999). Cette tendance est confirmée pour la forêt claire de Rumonge dans laquelle toutes les trois espèces d'arbres les plus abondantes sont du même genre *Brachystegia*.

Ces auteurs précisent que la densité est une notion particulièrement importante en aménagement forestier car elle renseigne sur le degré d'occupation de l'espace par le peuplement. Pour le cas de la forêt claire de Rumonge, le fait d'avoir un équilibre au niveau de la régénération naturelle traduit qu'il n'est pas nécessaire d'y introduire d'autres essences de repeuplement. Par ailleurs, la densité de 550 pieds/ha rentre dans la fourchette connue en Afrique tropicale (Sonké, 1998). Cependant, cette densité d'arbres observée dans la forêt claire de Rumonge montre qu'il y a une intense compétition entre ces arbres pour les ressources.

Le comportement du stade juvénile de la forêt claire de Rumonge apporte plus d'informations quant à l'avenir de cet écosystème. En effet, la régénération d'une espèce d'arbre est sujette de la densité et de la distribution spatiale des individus (Dubourdiou, 1997). Ainsi, la proportion prépondérante de plantules trouvée dans la forêt claire de Rumonge est un signe d'une régénération équilibrée. Cette conclusion corrobore les observations de Kohyama (1991), Kubota (1995), Reader *et al.* (1995) et de Berkowitz *et al.* (1995).

En conclusion, on remarque que la structure spatiale horizontale agrégée des arbres de la forêt claire de Rumonge favorise la régénération naturelle dans un état équilibré en dépit des nombreux facteurs de perturbation d'origine anthropique qui s'exercent sur cet écosystème. La présente analyse constitue un argument important qui plaide en faveur de la prise des mesures de protection intégrale visant le maintien de la bonne régénération naturelle de cette forêt. Il n'est donc pas envisageable de procéder à l'introduction des essences par reforestation dans la forêt claire de Rumonge. Ces mesures de protection porteraient sur le maintien de l'intégrité de la forêt notamment en la préservant de toute action pouvant perturber la structure spatiale des arbres comme les coupes de bois et les défrichements culturels. Les feux de brousse très répétitifs sont aussi à bannir étant donné qu'ils peuvent perturber l'état des jeunes plantules en équilibre avec le reste des organismes de la forêt.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), les Fondations De Meurs-François et Van Buuren, le Gouvernement du Burundi, le Professeur Jean Lejoly, les lecteurs anonymes de notre manuscrit ainsi que les responsables de l'INECN à Rumonge.

BIBLIOGRAPHIE

- 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.
- Berkowitz, A.R., Canham, C.D., Kelly, V.R., (1995). Competition vs. Facilitation of tree seedling growth and survival in early successional communities. *Ecology*, 76 (4) : 1156- 1168.
- Bigendako, M.J., (1997). *Biodiversité, Patrimoine culturel et historique*. Tourisme. FAO, Bujumbura, 167 p.
- Blanc, L., (1998). *Les formations forestières du Parc National de Cat Tien (Viêt-Nam) : caractérisation structurale et floristique, étude de la régénération naturelle et de la dynamique successione*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, 207 p.
- Bouko, S.B., Sinsin, B., Soulé, G.B. (2007). Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité des forêts claires et savanes du Bénin. *Tropicicultura*, 25 (4) : 221-227.
- Bradstock, R.A., Williams, J.E., Gill, A.M., eds, (2002). *Flammable Australia. The Fire Regimes and Biodiversity of a Continent*. Cambridge University Press, Melbourne, 488 p.
- Bütler, R., (2000). *Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage*. Fiche d'enseignement, Laboratoire de gestion des écosystèmes (GECOS), Lausanne, 18 p.
- Dajoz, R., (2000). *Précis d'écologie*. Dunod, Paris, 615p.
- Dajoz, R., (2006). *Précis d'écologie*. 8^{ème} édition, Dunod, Paris, 631 p.
- Dale, M.R.T., (2000). *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. Cambridge University Press, 326 p.
- Dallmeier, F., (Ed.), (1992). *Long term monitoring of biological diversity in tropical areas: methods for establishment and inventory of permanent plots*. Man And Biosphere Digest 11, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 72 p.
- Dubourdieu, J., (1997). *Manuel d'aménagement forestier : gestion durable et intégrée des écosystèmes forestiers*. Office National des Forêts, Paris; Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 244 p.
- Forman, R.T.T., Godron, M., (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, New York, 619 p.
- Havyarimana, F., (2009). *Impact de la distribution spatiale des espèces arborescentes sur la diversité végétale dans la réserve naturelle forestière de Bururi (Burundi)*. Mémoire, Université Libre de Bruxelles, 55 p. + Annexes.
- Kohyama, T., (1991). A functional model describing sapling growth under a tropical forest canopy. *Functional Ecology*, 5 : 83-90.
- Köppen, W., (1923). *Die Klimate der Erde-Gundriss der Klimakunde*. Walter de Gruyter & Co., Berlin, Leipzig, 369 p.
- Kubota, Y., (1995). Effects of disturbance and size structure on the regeneration process in a sub-boreal coniferous forest, northern Japan. *Ecological Research*, 10: 135-142.
- Lebrun, J.P., Stork, A.L., (1991-1997). *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale*. Conservatoire et Jardin Botanique 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.
- Malaisse, F., (1974). *Quelques méthodes d'étude de la structure en forêt. Exemple d'application au miombo zaïrois, écosystème tropical*. Dans : *La pratique de l'écologie*. Place du champ de Mars, Bruxelles, 104 p.
- Malaisse, F., (1982). Evolution of the woody structure in a regressive zambezian succession: dry evergreen forest-open forest-wooded savanna. *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales*, 6 (4).
- Malaisse, F., (1984). Structure d'une forêt sèche à feuillage persistant bordant le fleuve Zambèze dans les environs de Lubumbashi (Zaire). *Bulletin de la Société Royale Botanique de Belgique*, 117 : 428-458.
- Mutamba, (M, 2007). *Farming or Foraging? Rural livelihoods in Mafuilira and Kabompo districts of Zambia*. Center for International Forestry Research and Rhodes University, 20 p.
- Motulsky, H.J., (2002). *Biostatistique : une approche intuitive (Sciences et méthodes)*. De Boeck & Larcier s.a., 484 p.
- Nzigidahera, B., (2000). *Analyse de la diversité biologique végétale nationale et identification des priorités pour sa conservation*. Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature, 126 p.
- Pielou, E.C., (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.* 10: 370-383.
- Puig, H., (2001). *La forêt tropicale humide*. Editions Belin, Paris, 448 p.
- Reader, R.J., Bonser, S.P., Duralia, T.E., Bricker, B.D., (1995). Interspecific variation in tree seedling establishment in canopy gaps in relation to tree density. *Journal of Vegetation Science*, 6: 609-614.

Riéra, B., Pélissier, R., Houllier, F., (1998). Caractérisation d'une Mosaïque Forestière et de sa Dynamique en Forêt Tropicale humide Sempervirente. *Biotropica*, 30 (2) : 251-260.

Riéra, B., Puig, H., Lescure, J.P., (1990). La dynamique de la forêt naturelle. *Bois et Forêts des Tropiques*, 219: 69-78.

Scherrer, B., (2007). *Biostatistique*. Volume 1, 2^{ème} édition, Gaëtan Morin (éditeur), Montréal, 816 p.

Sonké, B., (1998). *Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun)*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 256 p.

Vande Weghe, J.P., (2004). *Forêts d'Afrique Centrale. La Nature et l'Homme*. Editions Lannoo SA, Tielt-Belgique, 367 p.

White, F., (1983). The vegetation map of Africa. A descriptive memoir, *UNESCO, Natural Resources Research* 20: 1-356.