



## Etude des relations sol-plante après la fragmentation de la forêt par l'agriculture itinérante sur abattis brûlés dans la région de Yangambi, R.D. Congo.

✉ Alongo S<sup>1\*</sup>, ✉ Kombele F<sup>2</sup> & ✉ Bogaert J<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Agroécologie et Ingénierie de l'Environnement ; Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup> Laboratoire de gestion durable du sol et environnement, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Kisangani, RD Congo.

<sup>3</sup> Université de Liège, Gembloux-Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux, Belgique.

\* Correspondance : [salongo.ifa@laecloie.org](mailto:salongo.ifa@laecloie.org)

Copyright © 2022 Alongo et al. Open Access Article under [License CC BY-NC-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Received: 15 Sept. 2022

Accepted: 09 Dec. 2022

Published: 31 Dec. 2022

### RESUME

La fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur abattis brûlés prend aujourd'hui des proportions croissantes dans la région de Yangambi en RD Congo. Cette étude a été menée pour analyser les relations sol-plante après détection de la zone de lisière engendrée par la fragmentation forestière d'origine agricole. L'approche microclimatique en transect a été employée pour détecter la zone de lisière entre la jachère herbeuse et la forêt dense adjacente. Les relevés de la végétation associés au prélèvement des échantillons du sol ont été effectués dans la jachère herbeuse, la zone de lisière et la forêt dense du site étudié. Les résultats ont révélé des différences significatives des dhp et des surfaces des terrières des arbres entre la zone de lisière et la forêt dense. La richesse en espèces, le dhp et la surface terrière augmentent des jachères-lisières milieux de fortes perturbations aux forêts denses moins perturbées. Les valeurs des caractéristiques chimiques du sol sont étroitement liées aux caractéristiques structurales de la végétation. Le phosphore assimilable ( $r = 0,80$ ,  $p < 0,05$ ) est lié à la densité dans la jachère et la lisière et au dhp dans la forêt dense, alors que le Ca est significativement corrélé au dhp ( $r = 0,75$ ,  $p < 0,05$ ) et à la surface terrière ( $r = 0,61$ ,  $p < 0,05$ ) et à la densité dans la zone de lisière ( $r = 0,91$ ,  $p < 0,001$ ). Le  $K_{\text{éch}}$  est lié à la surface terrière dans la lisière ( $r = 0,75$ ,  $p < 0,05$ ) tandis que  $Al_{\text{éch}}$  et  $Al^{3+}+H^+$  sont liés au dbh ( $r = 0,75$ ,  $p < 0,01$ ) mais de façon hautement significative à la surface terrière ( $r = 0,98$ ,  $p < 0,001$ ) dans la forêt dense. Ces résultats suggèrent que la fertilité chimique des sols étudiés est grandement liée aux cycles biologiques forestier. La politique des jachères améliorantes devrait donc être adoptée pour nourrir ces sols en matière organique et permettre une bonne libération des éléments minéraux afin de réduire la pression anthropique vers les forêts denses.

**Mots clés :** Relation sol-plante, fragmentation de la forêt, propriétés chimiques du sol, Yangambi, R.D. Congo.

### ABSTRACT

**Study of soil-plant relationships after forest fragmentation by slash-and-burn agriculture in the Yangambi region, D.R. Congo.**

Forest fragmentation by slash-and-burn agriculture is increasing in the Yangambi region of DR Congo. This study was conducted to analyse soil-plant relationships after detecting the edge forest created by agricultural forest fragmentation. The microclimatic transect approach was used to detect the edge zone between the grass fallow and the adjacent dense forest. Vegetation surveys combined with soil sampling were carried out in the grass fallow, the edge zone and the dense forest of the study site. The results revealed significant differences in dhp and tree crown area between the edge zone and the dense forest. Species richness, dhp and basal area increased from the highly disturbed fallows to the less disturbed dense forest. The values of the soil chemical characteristics are closely related to the structural characteristics of the vegetation. Assimilable phosphorus ( $r = 0.80$ ,  $p < 0.05$ ) is related to density in fallow and edge and to dhp in dense forest, while Ca is significantly correlated with dhp ( $r = 0.75$ ,  $p < 0.05$ ) and basal area ( $r = 0.61$ ,  $p < 0.05$ ) and density in the edge zone ( $r = 0.91$ ,  $p < 0.001$ ). exchangeable potassium was related to basal area in the edge zone ( $r = 0.75$ ,  $p < 0.05$ ) while exchangeable aluminium and  $Al^{3+}+H^+$  were

related to dbh ( $r = 0.75$ ,  $p < 0.01$ ) but highly significant to basal area ( $r = 0.98$ ,  $p < 0.001$ ) in the dense forest. These results suggest that the chemical fertility of the studied soils is highly related to forest biological cycles. The policy of improved fallows should therefore be adopted to feed these soils with organic matter and allow a good release of mineral elements in order to reduce the anthropic pressure towards dense forests.

**Key words:** Soil - plant relationship - forest fragmentation - soil chemical properties – Yangambi - DRC.

## 1. Introduction

La déforestation et la mise en culture des sols boisés tropicaux sont considérablement accrues ces dernières décennies. Sur le plan physique, les conséquences de la déforestation des régions intertropicales sont à la fois locales (diminution de la fertilité des sols, augmentation de l'érosion, modification des régimes hydrologiques) et mondiale (modification du climat terrestre en raison du rôle important des forêts dans le cycle de l'eau et de carbone) (Robert, 2001; Cosandey, 1995). De ce fait, les tropiques semblent être plus affectées par les transformations de l'habitat (sala *et al.*, 2000 cité par Alongo *et al.*, 2022). Ces transformations affectent la structure des paysages et s'accompagnent de nombreuses conséquences écologiques (Burel & Baudry, 1999). En particulier, les transformations paysagères (perte et dégradation d'habitat) sont considérées comme une des causes principales de la perte de la biodiversité au même titre que les changements climatiques, que ce soit à l'échelle locale, nationale ou globale (Burel et Baudry, 2003 ; Hanski, 2005).

Avec l'expansion de la mise en cultures des sols forestiers, les forêts naturelles de la R.D. Congo se transforment peu à peu en surfaces de production gérées où les peuplements sont le plus souvent d'âge homogène, monospécifique et où la diversité des espèces forestières spécialistes décline (Hanski, 2001 ; FAO, 2001). La région forestière de Yangambi où cette a été menée, connaît ces dernières années un dynamisme d'occupation du sol remarquable due à la forte pression anthropique sur les sols forestiers et au raccourcissement significatif de la durée des jachères forestières (Alongo *et al.*, op-cit). En fait, l'agriculture dans la région de Yangambi est de nos jours considérée comme une agriculture minière en ce sens qu'elle prélève du sol, chaque année, plus d'éléments nutritifs qu'elle n'en retourne au sol.

Les lisières, par la biodiversité qu'elles abritent, les fonctions qu'elles régulent (flux d'organismes, de matière et d'énergie), les rôles qu'elles assurent et les services environnementaux qu'elles rendent comme la régulation des populations d'auxiliaires de cultures ou de ravageurs (Bommarco et Fagan, 2002 ; Sarthou *et al.*, 2005), constituent un enjeu pour la gestion et la conservation de la biodiversité (Alongo *et al.*, 2013). La quantification de sa largeur d'influence dans les écosystèmes fragmentés est par conséquent une étape importante dans la compréhension de leurs effets sur les

ressources naturelles, à l'échelle du paysage (Esseen *et al.*, 2006).

Le fonctionnement minéral des écosystèmes forestiers est caractérisé par deux types de relations en interaction complexe, d'une part les relations sol-plante et d'autre part les relations plante-sol. Les premières relatent les effets de la fertilité du sol sur la nutrition et par conséquent sur la production, tandis que les secondes concernent les effets de la végétation sur le fonctionnement du sol (Ulrich et Pankrath, 1983). L'objet principal de cet article consiste à analyser les relations entre quelques caractéristiques structurales de la végétation (la densité, le dbh et la surface terrière) et les teneurs en éléments nutritifs dans le sol après la fragmentation de la forêt par l'agriculture itinérante sur abattis-brûlis. Le but visé est de tester l'hypothèse d'un lien entre la fertilité chimique du sol et la structure forestière en place afin de faire des propositions d'aménagement dans la perspective d'une gestion durable des sols et des forêts dans la région de Yangambi, R.D. Congo.

## 2 Matériel et méthodes

### 2.1 Présentation du milieu d'étude

La région forestière de Yangambi est située entre 0°45'N, 24°29'E et 500 m d'altitude (Bernard, 1945; De Leenheer *et al.*, 1952). Le terroir est soumis à un climat équatorial continental chaud et humide (Bernard, 1945) de type Af de Köppen. La température moyenne annuelle est de 24,6°C (Vandenput, 1981), la moyenne annuelle de précipitation de 1875 mm et les sols ferrallitiques typiques (Kombele, 2004). Plusieurs groupements végétaux sont présentement (Gilson et Van Wambeke, 1957) depuis le stade pionnier (recrûs forestiers, forêts secondaires et remaniées) jusqu'à la forêt climacique (forêts semi-caducifoliées, forêts ombrophiles à *Gilbertiodendron dewevrei*, forêts climaciques à *Brachystegia laurentii*, forêts rivulaires et marécageuses, etc.

### 2.2 Matériel biologique et technique

Le matériel biologique est constitué des échantillons d'espèces végétales récoltées, de l'herbier de l'Institut National de Recherche Agronomique (INERA) de Yangambi pour des comparaisons en vue d'identifier les échantillons de plantes non déterminées sur le terrain. Alors que le matériel technique est constitué d'un ruban gradué pour mesurer les aires de relevés, un récepteur



### 2.3.2 Collecte des données floristiques

Trois parcelles d'inventaire d'étendues égales d'environ 0,70 ha appartenant à la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense respectivement, ont été délimitées après la caractérisation des zones de lisière. Dans un premier temps, toutes les espèces ligneuses de dbh  $\geq 10$  cm (diameter breast height) ont fait l'objet d'un recensement systématique. Ces relevés ont été faits, selon la méthode de Braun-Blanquet utilisée par de nombreux auteurs (Doucet, 2003). Les espèces ont été notées en présence/absence. Puis le diamètre de tous les ligneux de dbh  $\geq 10$  cm ont été mesurés à 1,30 m du sol. Ensuite, toutes espèces herbacées dans les jachères ont été recensées et identifiées afin de tester l'influence de leur densité sur la richesse minérale du sol.

### 2.4.3 Echantillonnage du sol et méthodes analytiques de laboratoire

Après la détection de la zone de lisière entre la jachère herbeuse et la forêt dense, des échantillons perturbés de sols trouvés dans leur état structural ont été prélevés dans la partie supérieure du solum (0-20 cm). Sur chaque type d'occupation du sol, 36 échantillons élémentaires d'environ 600 g chacun par occupation du sol, soit 108 au total pour site d'étudié, ont été prélevés à l'aide d'une tarière. Afin de minimiser l'hétérogénéité du sol dans chaque formation végétale, 9 échantillons composites ont été constitués à partir d'un mélange de 4 prises élémentaires équipondérales.

Les mesures de pH ont été effectuées par pH-métrie, dans une suspension de sol dans l'eau distillée, pour le pH-eau (acidité effective, ou acidité active ou acidité réelle), et dans une solution normale de chlorure de potassium (KCl), pour le pH-KCl (acidité titrable ou de réserve), selon un rapport pondéré terre fine/eau de 1/2,5 à la température ambiante (Pauwels *et al.*, 1992). Les teneurs en carbone organique (C) et azote organique totaux (N) ont été dosées par un microanalyseur élémentaire CN Leco 600. Les teneurs en bases échangeables ont été déterminées par dosage d'un extrait à l'acétate d'ammonium/EDTA (à pH 4,75 via l'ICP-OES (Cottenie *et al.*, 1982). Le phosphore « assimilable » ou biodisponible a été déterminé par la méthode de Bray 2 (Pauwels *et al.*, 1992). L'acidité d'échange ( $Al^{3+} + H^+$ ) a été mesurée par titrage d'un extrait de sol KCl 1 M, réalisé à l'aide du titrateur automatique « Radiometer TIM 900 » (Baize, 2000).

## 2.5 Méthodes d'analyse des données

### 2.5.1 Traitements des données d'inventaires floristiques

L'importance relative de chaque espèce et chaque famille a été décrite en utilisant les paramètres suivants :

- La richesse spécifique ou  $\alpha$ , c'est-à-dire le nombre d'espèces pouvant être trouvées dans un espace homogène ;

- La dominance relative = (surface terrière totale d'une espèce/la surface terrière totale de toutes les espèces)  $\times 100$  ;
- La densité relative = (nombre d'individu d'un certain nombre d'espèces/total des individus)  $\times 100$  ;
- La fréquence relative = (fréquence d'une espèce / somme de toutes les fréquences)  $\times 100$  ;
- La diversité relative = nombre d'une espèce dans un numéro de famille/ total d'espèces)  $\times 100$ .

### 2.5.2 Traitements des données dendrométriques des ligneux

Afin de se rendre compte de la structure démographique des peuplements, des histogrammes de distribution par classe de dbh  $\geq 10$  cm ont été construits. La surface terrière des arbres a été calculée suivant la relation  $G = \Sigma \pi D^2 / 4$  (G en m<sup>2</sup>/ha, D le diamètre des arbres). La dominance relative  $D$  exprime la proportion de la surface terrière d'une espèce ou d'une famille par rapport à la surface terrière totale et permet de mieux visualiser la structure de la forêt.

### 2.5.3 Analyse des relations sol-plante

Le test non paramétrique U de Mann-Whitney a été effectué à l'aide du logiciel Statistica 6.0 pour comparer les paramètres structuraux des peuplements ligneux (dbh et surface terrière) entre la zone de lisière et la forêt dense au niveau de signification de 5%. L'analyse de corrélation de sur les rangs (Rho de Spearman) appliquée entre différents paramètres édaphiques et les valeurs des caractéristiques structurales de la végétation (dhp, surface terrière et la densité), a permis de mettre en évidence les relations sol-plante dans les différents habitats étudiés. Le niveau de signification de test de corrélation de Spearman est noté de la façon suivante [\*\*\* :  $p \leq 0,001$ ]; [\*\* :  $p \leq 0,01$ ]; [\* :  $p \leq 0,05$ ].

## 3. Résultats

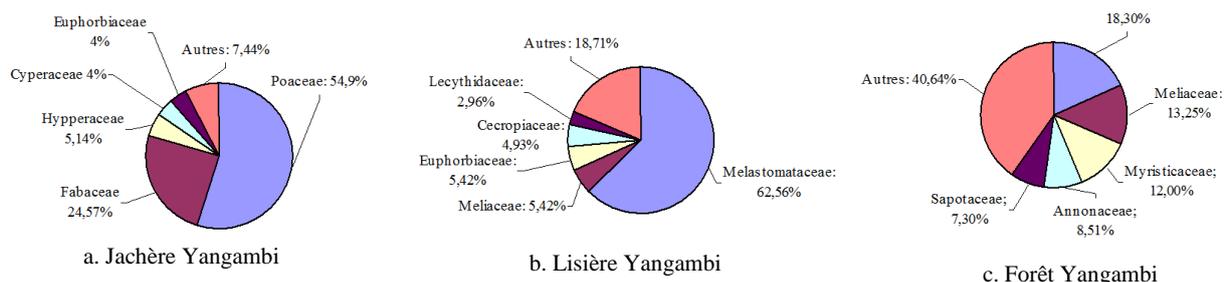
### 3.1 Richesse et diversité floristique

Un effectif de 175 plants herbacés sur un total de 250 plantes/ha a été recensé dans la jachère herbeuse. Cet effectif correspond à 23 espèces et 16 genres appartenant à 8 familles botaniques contre un effectif de 203 plants ligneux sur un total de 290 plantes/ha recensé dans la zone de lisière. Cet effectif est constitué de 36 espèces regroupées en 31 genres et 20 familles botaniques. Enfin, dans la forêt dense un effectif de 317 plants ligneux sur un total de 453 plantes/ha a été recensé dans la forêt dense. Cet effectif est constitué de 71 espèces regroupées en 52 genres et 27 familles botaniques.

Dans la jachère herbeuse, les cinq familles représentant 92,56 % de la flore totale recensée et qui dominent par leur abondance relative avec les Poaceae (54,85 %) à la tête. Dans la zone de lisière, les cinq familles représentant 81,29 % de la flore totale recensée et qui dominent par leur abondance relative. Les Melastomataceae (62,56 %) et

sont les plus dominantes avec l'espèce *Bellucia axinantha Triana*. Par ailleurs, Les Fabaceae (18,30 %) avec l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* Harms viennent à

la tête parmi les cinq familles représentant 59,36 % de la flore totale recensée dans la forêt dense et qui dominent par leur abondance relative (Figure 3).



**Figure 3.** Les cinq familles les mieux représentées dans chaque formation végétale des séries Yakonde et Yangambi dans la réserve forestière de Yangambi.

### 3.2 Diversité et caractéristiques structurales de la végétation

#### 3.2.1. Indices de diversité

Les variations des indices de diversité et de régularité des formations végétales étudiées sont consignées dans le tableau 1. L'indice de diversité de Shannon permet de noter que la forêt ( $H^* = 3,33$  bits) de la série Yangambi est plus diversifiée que sa zone de lisière (1,17 bits). On note également que la forêt dense enregistre la plus grande valeur d'indice d'équitabilité ( $E = 0,93$ ), c'est-à-dire une répartition plus homogène de sa flore. En revanche, la

zone de lisière est la formation végétale qui abrite les espèces les moins équitablement réparties ( $E = 0,54$ ). Par contre, l'indice de diversité de Simpson (1-D) qui varie entre 0,05 (intérieur)-0,55 (lisière) indique que la probabilité que deux individus pris au hasard dans les peuplements appartiennent à la même espèce est plus élevée dans la zone de lisière qu'à l'intérieur de la forêt. Les différences entre ces valeurs moyennes de diversités sont statistiquement significatives ( $p$ -value < 0,05 ; Test Mann-Whitney). Pour chaque zone (série), les valeurs moyennes affectées de lettres différentes sont statistiquement différentes ( $p < 0,05$ ) selon le test de Mann-Whitney.

**Tableau 1.** Comparaison des indices de diversité et d'équitabilité au sein des placettes de 2000 m<sup>2</sup> installées le long des transects traversant successivement la lisière et la forêt dense de la série Yangambi en R.D. Congo (moyenne ± écart-type)

Indices	Série Yangambi	
	Lisière forestière	Intérieur de la forêt
H (bit)	1,17 ± 0,89 <sup>a</sup>	3,33 ± 0,10 <sup>b</sup>
É	0,54 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,01 <sup>b</sup>
D	0,45 ± 0,23 <sup>a</sup>	0,95 ± 0,01 <sup>b</sup>
R	11,25 ± 4,11 <sup>a</sup>	35,75 ± 3,40 <sup>b</sup>

R = Richesse spécifique H = indice de Shannon É = équitabilité de Pielou D = indice de diversité de Simpson

#### 3.2.2 Caractéristiques structurales de la végétation

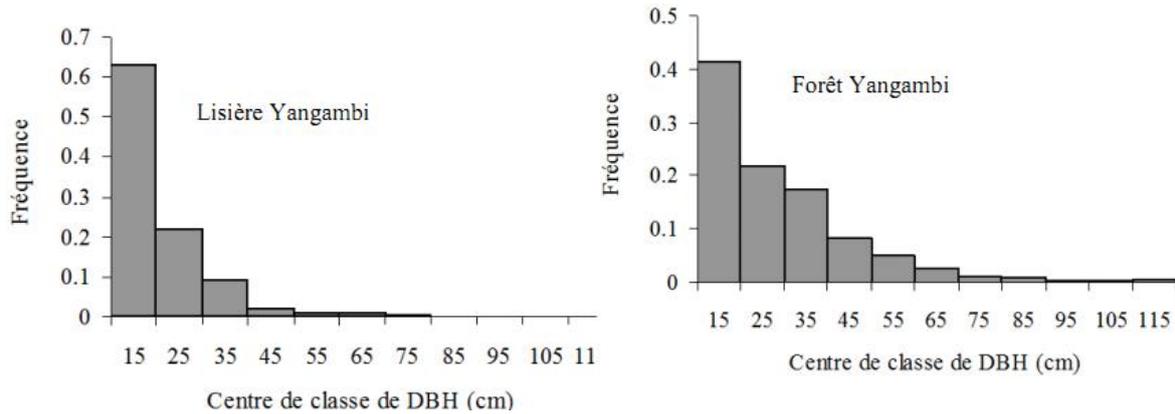
Le Tableau 2 fourni les valeurs des densités et des surfaces terrières moyennes de zone de lisière et celles de l'intérieur de la forêt dense du site étudié. De l'analyse du tableau 2, il ressort que les densités (arbres/ha) et les surfaces terrières moyennes (m<sup>2</sup> /ha) augmentent de la zone de lisière vers les forêts denses. La zone de lisière présente une densité (254 arbres/ha) et une surface terrière moyenne plus faible (11,41 m<sup>2</sup> /ha) que la forêt dense (396 arbres/ha et 36,93 m<sup>2</sup>/ha). Les différences

entre les moyennes obtenues de densité et de surface terrière sont statistiquement significatives ( $p$ -value < 0,001). De plus, on note que la moyenne de dhp est plus élevée en forêt que dans la zone de lisière soit 28,9 cm contre 21,1 cm attestant la différence statistiquement significative (Test Mann-Whitney,  $p$ -value < 0,001). Les différentes distributions des arbres par classe de diamètres présentent une structure en J inversé, indiquant que les basses classes de diamètre sont mieux représentées que les gros individus (Figure 4).

**Tableau 2.** Paramètres de structure (diamètre moyen, surface terrière, densité moyenne) de zone de lisière et la forêt dense du site étudié.

Paramètres	Lisière	Forêt dense
Diamètre moyen (cm)	21,13 ± 11,25a	28,98 ± 18,50b
Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)	11,41 ± 7,42a	36,93 ± 16,01b
Densité (nbre tige/ha)	254 ± 156a	396 ± 35b

Les valeurs affectées de lettres différentes sont statistiquement différentes



**Figure 5.** Structure diamétrique de tous les arbres ayant un diamètre supérieur ou égal à 10 cm mesurés le long des transects dans la zone de lisière et l'intérieur de la forêt de la série Yangambi. Signification des classes de diamètre : 15 = 10-20 cm dhp ; ... 115 cm = 110-120 cm dhp.

### 3.4 Caractéristiques édaphiques

Les principales caractéristiques édaphiques pour chaque occupation du sol sont consignées dans le tableau 3. Il est maintenant question de tester l'hypothèse du lien entre les valeurs consignées dans le tableau 3 du sol en relation

avec quelques paramètres de structure de la végétation (dbh, surface terrière, densité) afin de tester l'hypothèse d'un lien entre les valeurs des paramètres édaphiques et les caractéristiques de la végétation dans les trois types d'occupation du sol.

**Tableau 3.** Caractéristiques chimiques des échantillons composites du sol de la série Yangambi entre 0-20 cm de profondeur sous la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense

Paramètres	Occupation du sol		
	Jachère herbeuse	Lisière	Forêt dense
P ass (mg/100g)	0,06(0,01)a	0,09(0,01)b	0,05(0,02)a
P extra (mg/100g)	0,29(0,20)a	0,39(0,20)b	0,47(0,10)c
Ca éch (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	0,07(0,04)a	0,19(0,13)b	0,02(0,02)c
Mg éch (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	0,03(0,02)a	0,08(0,03)b	0,03(0,01)a
K éch (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	0,05(0,01)a	0,07(0,02)b	0,05(0,01)a
Na éch (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	0,06(0,01)a	0,05(0,01)a	0,05(0,01)a
CECE (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	1,25(0,59)a	1,12(0,24)a	0,89(0,74)b
SBE (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	0,21(0,20)a	0,39(0,6)b	0,15(0,1)a
TS <sub>eff</sub> (%)	16,80a	34,82b	16,85a
H éch (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	0,00(0,00)a	0,16(0,10)b	0,16(0,14)b
Al éch (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	1,04(0,15)a	0,73(0,15)b	0,74(0,1)b
Saturation Al eff (%)	83,20a	65,18b	83,14a

Chiffre ( ) : écart-type ; les moyennes suivies des différentes lettres au sein d'une même ligne pour un paramètre chimique du sol sont statistiquement différentes selon le test de Newman-Keuls ( $p < 0,05$ ).

### 3.5 Relations sol-plante

Le résumé des résultats de corrélation de Spearman entre les caractéristiques structurales de la végétation (densité, dbh, surface terrière) et quelques propriétés chimiques du sol de la série Yangambi entre 0-20 cm de profondeur dans la jachère herbeuse, la lisière et forêt dense est présenté dans le tableau 4. On note en général que les valeurs du phosphore assimilable ( $r = 0,70$ ;  $p < 0,05$ ) et  $P_{extra}$  ( $r = 0,70$ ;  $p < 0,05$ ) obtenues dans la jachère herbeuse sont positivement et significativement corrélées à la densité des individus herbacées recensées dans cette occupation du sol alors que le Calcium et le magnésium échangeable y sont négativement corrélés. D'autre part, des corrélations positives sont observées entre

l'aluminium échangeable, l'acidité d'échange ( $Al^{3+}+H^+$ ) et la densité des individus herbacés trouvés dans la jachère.

Pour la zone lisière, on note des corrélations positives significatives entre la densité des espèces ligneuses recensées et le  $P_{extra}$  ( $r = 0,72$ ,  $p < 0,05$ ) d'une part, et d'autre part, entre la surface terrière et la  $Ca_{éch}$  ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,05$ ) puis entre le dbh et le  $Ca_{éch}$  ( $r = 0,75$ ;  $p < 0,05$ ) alors que le  $P_{ass}$  et  $Al^{3+}+H^+$  sont positivement corrélés à la densité mais de façon non significative ( $p > 0,05$ ). En revanche, le  $Ca_{éch}$ ,  $Mg_{éch}$ ,  $K_{éch}$ , et  $Al_{éch}$  sont négativement corrélés à la densité de peuplement ligneux tandis que le  $Mg_{éch}$  et  $K_{éch}$  présentent des corrélations positives non significatives avec la surface terrière.

**Tableau 4.** Résultats de corrélation de Spearman entre les caractéristiques structurales de la végétation (densité, dbh, surface terrière) et quelques propriétés chimiques du sol de la série Yangambi entre 0-20 cm de profondeur dans la jachère herbeuse, la lisière et forêt dense en R.D. Congo.

Paramètres de la végétation	Jachère herbeuse						
	$Ca_{éch}$ (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	$Mg_{éch}$ (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	$K_{éch}$ (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	$P_{extra}$ (mg/100 g)	$P_{ass}$ (mg/100 g)	$Al_{éch}$ (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	$Al^{3+}+H^+$ (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )
Densité (ind/ha)	-0,24	-0,40	0,43	0,70*	0,80*	0,26	0,28
Surface terrière	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
dbh ≥ 10 cm	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Zone de la lisière</b>							
Densité (ind/ha)	-0,57	-0,57	-0,51	0,72*	0,37	-0,16	0,32
Surface terrière	0,61*	0,51	0,09	-0,18	-0,27	-0,21	-0,21
Dbh ≥ 10 cm	0,75*	0,62	0,24	-0,28	-0,27	0,13	0,37
<b>Forêt dense</b>							
Densité (ind/ha)	-0,47	-0,19	-0,15	0,76	0,60	0,12	-0,06
Surface terrière	0,47	0,07	0,41	0,12	-0,41	0,05	-0,39
Dbh ≥ 10 cm	0,53	0,25	0,04	-0,77*	-0,67*	-0,08	0,13

nd: non déterminé

## 4 Discussion

### 4.1 Composition et structure des peuplements

Cette étude a permis de se rendre compte qu'avec l'accroissement de la pression anthropique sur les sols forestiers, l'exploitation ininterrompue des champs a conduit à la disparition des espèces ligneuses des dbh ≥ 10 cm au niveau des jachères herbeuses étudiées dans la région forestière de Yangambi en R.D. Congo. Ce constat corrobore les résultats d'autres études menées en forêts africaines, qui ont montré que la mise en culture continue des sols forestiers entraîne une réduction de la densité du couvert ligneux (Aubreville, 1947 ; Nye et Greenland, 1964; Sounon, 2001), en liaison avec une modification de leur composition floristique (Pourtier, 1992 ; Nault, 1996) et conduit parfois à la savanisation (Kadouza, 1996).

Les résultats de la richesse spécifique montrent qu'elle est plus élevée en forêt que dans la zone de lisière. De même, la diversité et l'équitabilité sont plus élevées en forêt que dans la zone lisière. Ces résultats vont à l'encontre des théories révélant que les lisières supportent en général une plus grande biodiversité que les habitats adjacents (Alongo *et al.*, 2013). La zone de lisière enregistre une baisse de diversité de sa flore qui serait liée aux effets abiotiques et biologiques indirects de lisière qui impliquent les changements dans les interactions des espèces tels que la prédation, le parasitisme, la compétition et la dispersion des graines (Murcia, 1995). Cela peut provoquer des changements en terme de composition floristique (McDonald *et al.*, 2003) dans chaque fragment, ce qui entraîne une diminution du nombre d'espèces ou d'individus par espèces.

De plus, les lisières étudiées étant bien structurées, elles sont constituées de trois strates de végétation successives : herbeuse, arbustive, et arborée. Le fait

d'avoir échantillonné les arbres mesurant plus de 10 cm de diamètre pourrait biaiser l'évaluation de la diversité végétale des lisières forestières. A l'inverse, si tous les arbres étaient comptabilisés sans prendre en compte un diamètre, il est fort probable qu'on aurait observé une diversité floristique élevée au niveau de la lisière qui, de par sa situation d'interface entre deux milieux (jachère et forêt dense), présenterait une richesse floristique en général plus importante avec les individus des faibles diamètres en régénération (Bogaert *et al.*, 2008). Ceci renforce l'idée selon laquelle le dbh minimum de 10 cm ne permet pas d'inventorier le maximum d'espèces et ne donne qu'une idée de ce que représente cette diversité (Adou Yao *et al.*, 2007).

En ce qui concerne les paramètres structuraux, l'étude a mise en évidence des différences significatives des surfaces terrières et les structures diamétriques entre la zone de lisière et la forêt dense. Toutefois, la structure diamétrique du peuplement forestier (Figure 5) a en général une allure exponentielle décroissante et paraît ainsi conforme à celle des forêts étudiées par de nombreux auteurs (Hunhyet, 2000; Boyemba, 2011 ; etc.). Les différences observées entre la lisière forestière et la forêt dense pourraient donc être le fait de la forte perturbation anthropique dans zone d'étude. En ce sens, les faibles valeurs des surfaces terrières obtenues dans la zone de lisière par rapport à la forêt dense peuvent s'expliquer par une utilisation excessive des terres arables du fait de la démographie croissante sur le paysage forestier (Alongo *et al.*, 2022). En outre, la mortalité élevée des arbres dans la zone de lisière modifie la canopée, favorise la prolifération des espèces adaptées aux perturbations, réduit la biomasse forestière (Nascimento et Laurance, 2004).

#### 4.2 Relation sol-plante

De nombreux travaux ont mis en évidence un lien significatif entre le sol et la végétation (Tuomisto *et al.*, 2003 ; Hall *et al.*, 2004; Jones *et al.*, 2006). Mais la question qui se pose avec acuité est la nature et la direction de ce lien : le sol est-il cause ou conséquence de la couverture végétale ? Afin de répondre à cette question dans le cadre de cette étude essentiellement consacrée sur les relations sol-plante après fragmentation forestière d'origine agricole, nous avons réalisé une analyse comparative des paramètres floristiques et structuraux entre les peuplements de la jachère herbeuse, la zone de la lisière et la forêt dense de la zone étudiée. Ensuite, le test de corrélation de Spearman a été appliqué pour estimer le degré d'association entre les caractéristiques chimiques du sol et celles de la végétation (densité, dbh et surface terrière).

La tendance des résultats a montré que tous les cations basiques ( $\text{Ca}_{\text{éch}}$ ,  $\text{Mg}_{\text{éch}}$ ,  $\text{K}_{\text{éch}}$ ) et le phosphore ( $\text{P}_{\text{extra}}$  et  $\text{P}_{\text{ass}}$ ) sont étroitement liés à la densité des peuplements dans les différents habitats étudiés excepté la forêt dense. D'autre part, le  $\text{Ca}_{\text{éch}}$ ,  $\text{Mg}_{\text{éch}}$ ,  $\text{Al}_{\text{éch}}$  et  $\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$  ont des relations positives voir hautement significatives avec la surface terrière des arbres tandis que le  $\text{Ca}_{\text{éch}}$ ,  $\text{Mg}_{\text{éch}}$ ,  $\text{K}_{\text{éch}}$ ,  $\text{P}_{\text{extra}}$  et  $\text{P}_{\text{ass}}$ ,  $\text{Al}_{\text{éch}}$  et  $\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$  sont étroitement corrélés

aux dbh des arbres. Ces différents résultats peuvent s'expliquer par la biomasse végétale qui accumule toujours une certaine quantité des éléments biogènes, qu'elle peut, suivant les circonstances, restituer au sol en totalité ou en partie via le recyclage continu (Nair, 1984).

De ce qui précède, le concept de cycle biogéochimique" des éléments nutritifs au sein de l'écosystème, lié au fait que ces éléments (*e.g.* K, Ca, Mg, Mn, N, P) sont dans un circuit entre le sol et l'arbre l'élément est d'abord prélevé dans la solution du sol et distribué dans tout l'arbre. Puis, par des restitutions essentiellement solides, l'élément retourne dans le sol. Toutefois, les écosystèmes forestiers ne fonctionnent pas totalement en circuit fermé. De ce fait, les ligneux à croissance rapide forment très vite une biomasse, ce qui a un impact sur la disponibilité en nutriments dans les autres compartiments du pool plante-litière-sol (Young, 1989). Dans tout le cas, l'essence est donc un facteur primordial de la vitesse de décomposition des litières (Muys, 1995), mais qui est en forte interaction avec le milieu (Meentemeyer et Berg, 1986).

Nye et Greenland (1960 in Boye, 1982), ont trouvé dans une forêt sempervirente du Ghana que le pluvio-lessivage (lavage des feuilles par la pluie) apporte par an au sol 11,8 kg/ha de calcium et 7,25 kg/ha de magnésium, quantités faibles mais non négligeables par rapport aux éléments restitués par la chute annuelle de 8,8 tonnes de débris végétaux de toutes sortes. Le recyclage annuel calculé par ces auteurs atteint donc 12 % pour le calcium et 18 % pour le magnésium, valeurs tout à fait comparables à celles qu'ils ont trouvé pour les autres nutriments essentiels N: 11 %; P: 11 %; K: 32 %).

#### 5. Conclusion

Les résultats de cette étude indiquent d'une façon générale qu'il existe des étroites relations entre le couvert forestier et les caractéristiques chimiques du sol après la fragmentation des forêts dans la zone étudiée. Cela signifie que la fertilité naturelle des sols étudiés est grandement liée aux cycles biologiques forestier. En conséquence, l'anthropisation des paysages forestiers par des méthodes agricoles non durables et surtout dans le contexte actuel de la disparition progressive des jachères constitue un danger pour la durabilité des sols étudiés. Les relations étroites obtenues entre les paramètres de végétation et le phosphore indiquent que dans les sols étudiés, le phosphore existe majoritairement sous forme organique, d'où besoin de l'activité biologique pour sa minéralisation. De plus, les statuts des caractéristiques chimiques étudiées permettent de dégager leur niveau de dégradation et les principales contraintes à la productivité des sols étudiés sous trois types d'occupation en vue élaborer les lignes directrices pour les priorités de gestion et de conservation, aussi bien des forêts et des sols dans la région de Yangambi en R.D. Congo.

#### Bibliographie

Adou Yao C.Y., Denguéadé K.T.S., Kouamé D. & N'Guessan K. E., 2007. Diversité et distribution

- des ligneux dans le Sud du Parc National de Taï (PNT), Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 19: 113-122.
- Alongo S., Kombele F., Visser M. & Bogaert J. 2022. Réponses des indicateurs de la fertilité chimique d'un ferralsol au changement d'occupation du sol et à la fragmentation des forêts dans la région de Yangambi en RD Congo. *Yangambi Journal of Agroecology and environment research. International Journal*, 1 (1) : 1-10.
- Alongo S., Visser M., Drouet T., Kombele F., Colinet G. & Bogaert J., 2013. Effets de la fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur la dégradation de quelques propriétés physiques d'un Ferralsol échantillonné à Yangambi, RD Congo. *Tropicultura*, 31, 1, 36-43
- Baize D., 2000. Guide des analyses courantes en pédologie. *INRA, France*. 257p
- Barthes 1991.
- Bernard E., 1945. Le climat écologique de la Cuvette Equatoriale Congolaise. *Bruxelles : publications I.N.E.A.C., hors série*, 44p.
- Bommarco, R. & Fagan, W.F., 2002. Influence of crop edges on movement of generalist predators: a diffusion approach. *Agricultural and Forest Entomology*, 4: 21-30.
- Boyemba, F., 2011. *Écologie de Pericopsis elata (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles.
- Boyer, J., 1982. Les sols ferrallitiques : facteurs de fertilité et utilisation des sols. Paris: ORSTOM édité, tome X, 3e trimestre, 384 pp.
- Burel F. & Baudry J., 1999. *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et application*. Editions Technique et Documentation Lavoisier (Paris), 359p.
- Burel F. & Baudry J., 2003. *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Paris, France : Technique & Documentation.
- Chen J., Franklin J.F. & Spies T.A., 1995. Growing-season microclimatic gradients from clear-cut edges into old-growth douglas-fir forests. *Ecological Applications*, 5: 74-86.
- Cosandey, C., 1995. La forêt réduit-elle l'écoulement annuel ? *Annales de Géographie*, 581- 582, 7-25.
- Cottenie A., Verloo M., Kiekens L., Velghe G & Gemberlync R., 1982. *Chemical Analysis of plant & Soils*, Ghent University, Belgium, 40-42p.
- De Leenher L., D'Hoore J. & Sys K., 1952. Cartographie et caractérisation pédologique de la catena de Yangambi. Yangambi : *Publication INEAC., série scientifique*. n° 55, 62p.
- Doucet J. L., 2003. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du Centre du Gabon. Thèse de doctorat. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques. Gembloux. 323p.
- Esseen P.A., Jansson K.U. & Nilsson M., 2006. Forest edge quantification by line intersect sampling in aerial photographs. *Forest Ecology and Management*, 230: 32-42.
- FAO., 2001. FOSA document national de prospective-République Démocratique du Congo. FAO, Rome.
- Gosselin, M., 2008. Biodiversité et gestion forestière: la gestion des lisières. *Forêt-entreprise*, 183: 58-62.
- Hall, J.S., McKenna, J.J., Ashton, P.M.S. & Gregoire, T.G., 2004. Habitat characterizations underestimate the role of edaphic factors controlling the distribution of *Entandrophragma*. *Ecology*, 85: 2171-2183.
- Hunhyet, O.P.K., 2000. Contribution à l'aménagement participatif de la forêt classée des Monts-Kouffé: Structure et dynamique des principaux groupements végétaux. Périodicité de coupe. Thèse d'Ingénieur Agronome. Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin. 131 pp.
- Jones, M.M., Tuomisto H., Clark D.B. & Olivas P., 2006. Effects of mesoscale environmental heterogeneity and dispersal limitation on floristic variation in rain forest ferns. *Journal of Ecology*, 94:181-195.
- Kadouza P., 1996. Colonisation agricole et dynamique de l'espace rural au Togo : étude du cas de la plaine septentrionale du Mono. Mémoire de DEA. FLESH, Université de Lomé, Togo. 81p.
- Kombele B., 2004. Diagnostic de la fertilité des Sols dans la Cuvette centrale congolaise. Cas des séries Yakonde et Yangambi. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique. McDonald *et al.*, 2003
- McDonald P. M., Abbott C. S., & Fiddler G.O., 2003. Density and development of Bracken Fern (*Pteridium aquilinum*) in forest plantations as affected by manual and chemical application. *Native plants*, 53-60.
- Murcia C., 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 10: 58-62.

- Nascimento H.E.M. & Laurance W.F., 2004. Biomass dynamics in Amazonian forest fragments. *Ecological Applications*, 14: 127-138.
- Nault A., 1996. Impact de la fragmentation de la forêt sur le maintien de la biodiversité au Québec. *In*: Cantin D. et Potvin C.
- Nault A., 1996. Impact de la fragmentation de la forêt sur le maintien de la biodiversité au Québec. *In*: Cantin D. et Potvin C. (éds). *L'utilisation durable des forêts québécoises. Les Presses de l'Université de Laval, Canada*. pp. 82-88.
- Pauwels J.M., van Ranst E., Verloo M. & Mvendo ZE A., 1992. Manuel de laboratoire de pédologie. Méthodes d'analyses des sols et des plantes, équipements, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques. *Bruxelles : Administration Générale de la Coopération au Développement (AGCD)*.
- Pourtier R., 1992. Migrations rurales et dynamiques de l'environnement. *In*: Pontié et Gaud (eds.) «Afrique contemporaine, environnement en Afrique». Trimestre n°161 spécial. Publication Jean Jenger. Paris, pp.167-177.
- Robert M., 2001. Le sol, une ressource limitée. Chapitre : Dans *Sols et sociétés. Regards pluriculturels*, sous la direction de R. Lahmar J.P. & Ribaut, pp.15-19. Paris : Éditions Charles Léopold Mayer.
- Sarthou, J. P., Ouin A., Arrignon F., Barreau G. & Bouyjou B., 2005. Landscape parameters explain the distribution and abundance of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae). *European Journal of Entomology*, 102: 539-545. Sinsin, 1993;
- Snoeck, B. & Baar, F., 2001. Aménager les lisières forestières. Cahier technique n°16 Forêt Wallonne, 53, 2-15.
- Sokpon, N., 1995. Recherches écologiques sur la forêt dense semidécidue de Pobè au sud-est du Bénin: groupements végétaux, structure, régénération et chute de litière. Thèse de Doctorat Université Libre de Bruxelles, 390 p.
- Sounon Bouko, B., 2001. Facteurs pédologiques, biologiques et socioéconomiques de mise en jachère des terres dans le secteur de Wari-Marou-Igbomakoro. Mémoire de DEA. FLASH, UNB, Abomey-Calavi, Bénin. 91 p.
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Dalberg Poulsen, A., Moran, R.C., Quintina, C., Canas, G. & Celi, J., 2002. Distribution and diversity of Pteridophytes and Melastomataceae along edaphic gradients in Yasuni National Park, Ecuadorian Amazonia. *Biotropica*, 34: 516-533.
- Ulrich, B. & Pankrath, J., 1983. Effects of accumulation of air-pollutants in forest ecosystems. *Proceedings of Whorkshop held at Göttinger*.
- Van Wambeke A., Gilson P. & Gutzwiller R., 1956. Notice Explicative de la Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 6. Yangambi : Planchette 2: Yangambi, A et B. Bruxelles: *Publication. INEAC*, 35p.
- Vandenput R., 1981. Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai : publications D.G.A., *Editions Lesaffre, hors série*, pp. 228-259.
- Young A. & Mitchell N., 1994. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarpbroadleaf forest in New Zealand. *Biological Conservation*, 67: 63-72.