

Effets de la fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur la dégradation de quelques propriétés physiques d'un Ferralsol échantillonné à Yangambi, R.D. Congo

S. Alongo^{1,2*}, M. Visser¹, T. Drouet³, F. Kombele², G. Colinet⁴ & J. Bogaert⁵

Mots clés: Fragmentation- Agriculture itinérante- Jachère herbeuse- Lisière- Forêt dense- Yangambi- République Démocratique du Congo

Keywords: Fragmentation- Shifting cultivation- Herbaceous fallow- Edge- Dense forest- Yangambi- Democratic Republic of the Congo

Résumé

La connaissance des changements qui s'opèrent dans la couverture pédologique au niveau de la lisière forestière est nécessaire pour une meilleure compréhension de l'impact de la fragmentation des forêts sur les propriétés des sols. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de la fragmentation des forêts causés par l'agriculture itinérante sur la texture, la densité apparente, la porosité totale et la conductivité hydraulique du sol dans les couches 0-10, 10-20 et 20-30 cm de profondeur par la méthode des transects dans une perspective de gestion durable des sols de la région de Yangambi. Les résultats obtenus montrent que la lisière entre la jachère herbeuse et la forêt dense a une largeur de 70 m. La dégradation de l'ensemble des propriétés physiques par rapport aux sols de la forêt dense est très significative ($p < 0,01$) au niveau des couches étudiées. La fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur brûlis accroît le phénomène de perte sélective des argiles des couches superficielles du sol et par conséquent, augmente sa densité apparente et diminue sa perméabilité et sa porosité en fonction de la profondeur sous la jachère herbeuse et la lisière. Les données de texture associées à des classes texturales dans le triangle textural de la FAO indiquent qu'il y a une variation en texture du sol sous les différentes occupations pour les trois couches étudiées.

Introduction

La préservation des ressources naturelles est l'un des enjeux de recherche en lien avec le développement durable. Parmi ces ressources, le

Summary

Effects of Forest Fragmentation by Shifting Agriculture on the Degradation of some Physical Properties of a Ferralsol Sampled at Yangambi, D.R. Congo

The knowledge of changes occurring in the soil cover at the forest edge is needed to better understand the impact of forest fragmentation on soil parameters. The objective of this study is to evaluate the effects of forest fragmentation caused by shifting agriculture on texture, bulk density, total porosity and soil hydraulic conductivity in the layers at 0-10, 10-20 and 20-30 cm depth by the transect method in a perspective of sustainable land management in the region of Yangambi. The results obtained show that the edge between the fallow grassland and dense forest has a width of 70 m. Degradation of all the physical properties of soils relative to the dense forest is very significant ($p < 0.01$) for the studied layers. Fragmentation of forests by shifting cultivation increases the phenomenon of selective loss of clays of the surface soil layers and consequently increases its bulk density and decreases the permeability and porosity with depth under the fallow grass and edge. The texture data associated with textural classes in the FAO textural triangle indicate a change in texture of the soil under different land uses for the tree layers studied.

sol occupe une position particulière par ses fonctions à la fois agronomiques (produire en quantité et qualité) et environnementales (épurer l'air en stockant du carbone, etc.). De nombreuses questions se posent aujourd'hui en Afrique quant à

1 Université Libre de Bruxelles, Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs, Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale, Bruxelles, Belgique.

2 Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Laboratoire de Cartographie, Chimie et Fertilité du Sol, Kisangani, R.D. Congo.

3 Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Ecologie Végétale et Biogéochimie, Bruxelles, Belgique.

4 Université de Liège, Gembloux-Agro-Bio Tech, Unité Systèmes Sol-Eau, Gembloux, Belgique.

5 Université de Liège, Gembloux-Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux, Belgique.

* Auteur correspondant : E-mail: sylvainalongo@yahoo.fr

l'évolution des sols et à leur possible dégradation en fonction de leur utilisation (22).

En R.D. Congo, la mise en culture des terres rencontre des difficultés liées très souvent à l'inadéquation des pratiques utilisées par rapport à la nature des sols. La première conséquence du changement d'occupation des sols est la fragmentation progressive des paysages (20, 26, 42) qui se traduit par la réduction de la quantité d'habitat, l'augmentation du nombre de taches d'habitat, l'augmentation de l'isolement des taches et l'augmentation de la proportion de lisières (2, 14, 24, 27). Les effets sur les propriétés du sol, conséquents à la fragmentation, sont le plus souvent défavorables (40).

En région de Yangambi où cette étude a été conduite, l'impact anthropique sur les sols forestiers entraîne ces dernières années la disparition progressive de la jachère forestière (21). Si les changements climatiques globaux dus au déboisement n'apparaissent que progressivement, le raccourcissement significatif de la durée de jachère accentue la pauvreté du sol déjà si peu fertile, avec comme conséquence la réduction sensible et continue des récoltes, entraînant à la longue le dénuement économique des populations rurales.

Ainsi, pour mettre en place un suivi opérationnel des conséquences de la fragmentation et la déforestation sur les propriétés des sols en milieu tropical, il importe donc de faire une évaluation continue de leur état par la mesure d'indicateurs de la fertilité. Cette dernière dépend des conditions de milieu mais surtout de la conduite des activités humaines.

Cette étude sera consacrée aux effets de lisière « jachère herbeuse-forêt dense » pour une meilleure évaluation de l'impact de la fragmentation des forêts causée par l'agriculture itinérante sur la dégradation de quelques propriétés physiques d'un Ferralsol échantillonné à Yangambi. Le but visé est de mettre au point des pratiques alternatives de gestion durable des sols forestiers tant pour la sécurité alimentaire des populations que pour la réduction de la pression anthropique sur les forêts denses.

Zone d'étude, échantillonnage et analyses

Description de la zone d'étude

La région de Yangambi est située dans le nord-est de la Cuvette Centrale Congolaise avec coordonnées géographiques 0°45'N, 24°29'E et située à 500 m d'altitude (4, 5, 16). Le climat est équatorial continental chaud et humide (5), du type

Af de Köppen. Les précipitations annuelles sont comprises entre 1837 et 1875 mm et la température moyenne annuelle de 24,6°C, ne variant pas beaucoup au cours de l'année (30, 34, 48). La végétation est de type forêt dense humide sempervirente (35). Les sols de la série Yangambi sont des Ferralsols (WRB, 2006) développés sur des sédiments niveo-éoliens non remaniés et fortement altérés de texture argilo-sableuse (30-40% d'argile), présentant une couche humifère peu épaisse (35). Du point de vue minéralogique, la fraction fine de ces sols est principalement constituée de kaolinite bien cristallisée (46).

Détermination de la lisière entre la jachère herbeuse et la forêt dense

La zone de lisière a été déterminée par une approche microclimatique en transects car elle est très adaptée à la description des processus spatialisés en fonction de la distance (12, 26, 28). Cinq transects parallèles longs de 500 m (un principal et quatre répétitions), de direction est-ouest et séparés au moins de 50 m les uns des autres ont été installés de manière à traverser une succession d'occupations du sol (13, 19).

Des mesures répétées de la température de l'air et du sol à l'aide de Kestrel 3500 et du thermomètre K ont été effectuées le long des transects suivant l'équidistance de 10 m matérialisée par des jalons. Ensuite, les valeurs de la température de l'air et du sol mesurées à chaque distance similaire le long du transect principal et les quatre répétitions ont été moyennées afin de créer un transect composite. Les courbes de réponse des deux paramètres microclimatiques en fonction de la distance ont ensuite été dressées. De ce fait, la zone de lisière a été détectée par observation visuelle des courbes de réponse de la température de l'air et du sol le long du transect en fonction de la distance (13). Enfin, les transects sur lesquels l'étude a été focalisée, ont été scindés en trois segments correspondant à la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense du site d'étude.

Echantillonnage

Après avoir détecté la zone de lisière, neuf fosses de 1 m x 1 m x 0,5 m ont été creusées dans chacune des zones correspondant à la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense, soit vingt-sept au total. Neuf échantillons de sol non perturbés et neuf échantillons perturbés ont été prélevés au niveau de chaque couche habituellement travaillée par les instruments de culture, soit 0-10, 10-20 et 20-30 cm de profondeur dans les trois zones à l'aide des cylindres de Kopecky (6) et d'une tarière.

Analyses physiques des échantillons du sol

L'analyse granulométrique a été effectuée sur la terre fine par la méthode de la pipette Robinson-Köhn (3). La texture a été classée selon le triangle textural de la FAO, couramment utilisé pour les sols tropicaux (22), sur base des trois fractions (<2 µm; entre 2 µm et 50 µm; >50 µm) exprimées en pourcentage massique. La conductivité hydraulique K saturée a été déterminée au Laboratoire de Pédologie de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi sur les échantillons non perturbés par la méthode de la colonne d'eau constante selon la loi de Darcy (32). La densité apparente a été mesurée grâce à la méthode des cylindres en utilisant les échantillons non perturbés (6). La porosité totale est estimée à partir d'une densité de solide de 2,65 g/cm³ et de la densité apparente sèche des échantillons à structure conservée dans les cylindres de Kopecky.

Analyses statistiques des résultats

Les analyses statistiques des résultats ont été faites à l'aide du logiciel STATISTICA 6.0. L'analyse de variance (ANOVA) et les comparaisons statistiques des valeurs moyennes ont été faites par des tests de Tukey et de Newman-Keuls, au seuil de 5%. Lorsque cela était nécessaire, les données ont été transformées (i.e. log₁₀ ou racine carré) pour respecter les conditions de normalité et d'homogénéité de la variance requises pour utiliser ces tests paramétriques.

Résultats

Détermination de la lisière

Le tableau 1 donne la synthèse des principaux résultats des mesures de la température de l'air et du sol ayant permis de déterminer la zone de lisière tandis que leurs variations le long du transect en fonction de la distance sont illustrées par la figure 1. De l'analyse des résultats obtenus, il se dégage trois zones distinctes appartenant respectivement, à la jachère herbeuse (100-270 m), la lisière (280-350 m) et la forêt dense (360-480 m). Cependant, l'observation exacte des résultats le long du transect en fonction de la distance révèle qu'elles se trouvent sûrement en jachère herbeuse dans la partie 100-220 m, en lisière dans la partie 280-330 m et en forêt dense dans la partie 400-480 m.

Les moyennes journalières de la température de l'air et du sol (Tableau 1) sont élevées dans la jachère herbeuse (26,6 et 26,0°C), intermédiaires dans la lisière (23,8 et 23,8°C) et basses dans la forêt dense (21,9 et 21,0°C). Par ailleurs, les amplitudes thermiques et les écarts types associés sont plus élevés au niveau de la lisière que dans

les deux occupations adjacentes du sol.

L'analyse de la variance (ANOVA) des moyennes journalières de la température de l'air et du sol considérées séparément dans les trois segments du transect indique l'existence de différences très hautement significatives ($p < 0,001$) entre les trois habitats caractérisés par rapport à leurs effets sur les deux variables micro-climatiques.

Granulométrie

Les teneurs des fractions granulométriques du sol varient d'une occupation à l'autre (Figures 2a, 2b et 2c). La teneur en argile augmente avec la profondeur pour chacune des occupations du sol alors que la fraction sableuse varie inversement et est la plus importante dans la couche arable quelle que soit la zone.

En effet, la comparaison des trois occupations du sol donne les résultats suivants pour l'argile: (i) dans la couche 0-10 cm, le sol de la jachère herbeuse diffère significativement de ceux de la lisière et la forêt dense ($p < 0,01$), ces deux dernières sont similaires ($p > 0,05$); (ii) dans la couche 10-20 cm, le taux d'argile est similaire au niveau des trois occupations du sol; (iii) dans la couche 20-30 cm, le taux d'argile dans la jachère est très significativement inférieur à celui de la lisière et de la forêt dense ($p < 0,01$), bien que les sols de la lisière et la forêt dense soient aussi significativement différents ($p < 0,05$).

Concernant la fraction limoneuse, la comparaison de la teneur entre les trois occupations du sol donne les résultats suivants: (i) dans la couche 10-20 cm, les sols de la jachère herbeuse et la lisière forment un groupe homogène qui diffère significativement de celui de la forêt dense ($p < 0,05$); (ii) pour les couches 0-10 et 20-30 cm, les différences ne sont pas significatives. Par ailleurs, pour le sable, dans la couche 0-10 cm, les trois occupations accusent des différences très significatives ($p < 0,01$), non significatives pour la couche 10-20 cm mais très hautement significatives pour la couche de 20-30 cm ($p < 0,001$). Les classes texturales dans le triangle textural de la FAO (données non présentées) indiquent l'appartenance: (i) pour la couche 0-10 cm, au domaine d'un limon sableux (LS) dans la jachère herbeuse et la forêt dense et d'un sable limoneux (SL) dans la lisière; (ii) pour la couche 10-20 cm, au domaine d'un limon argilo-sableux (LAS) dans la jachère herbeuse et la forêt dense et d'un limon sableux (LS) sous la lisière; (iii) pour la couche 20-30 cm, au domaine d'un limon sableux (LS) sous la jachère herbeuse et la lisière et d'un limon argilo-sableux (LAS) sous la forêt dense.

Densité apparente et porosité totale du sol

La densité apparente croît avec la profondeur (Figure 3) sous les trois occupations du sol avec des différences très significatives ($p < 0,01$) dans les horizons superficiels (0-10 cm de profondeur). Les valeurs moyennes les plus faibles pour les trois couches étudiées ont été observées en forêt dense ($0,94 \pm 0,16$ à $1,27 \pm 0,04$ g/cm³), les valeurs intermédiaires ($0,99 \pm 0,25$ à $1,37 \pm 0,18$ g/cm³) au niveau de la lisière et les valeurs élevées ($1,18 \pm 0,14$ à $1,39 \pm 0,11$ g/cm³) sous la jachère herbeuse. Toutefois, au-delà de 10 cm, il n'y a pas de différences de densité apparente entre les trois occupations du sol. Pourtant, la porosité totale diminue de manière générale en fonction de la profondeur sous les trois occupations étudiées. Elle varie entre 55% (jachère) et 65% (forêt dense) pour la couche de 0-10 cm; entre 50% (jachère herbeuse) et 57% (forêt dense) pour la couche de 10-20 cm et entre 48% (jachère herbeuse) et 52% (forêt dense) pour la couche de 20-30 cm de profondeur (Figure 4).

Conductivité hydraulique du sol

La conductivité hydraulique du sol varie significativement d'une occupation du sol à une autre et d'une couche à l'autre au sein d'un même profil (Figure 5). Dans la couche 0-10 cm, la perméabilité du sol est élevée sous la lisière forestière (25,8 cm/h), faible sous la jachère herbeuse (10,0 cm/h) et intermédiaire sous la forêt dense (21,7 cm/h). Par ailleurs et au-delà de 10 cm de profondeur, la conductivité hydraulique diminue de 20,2 à 17,4 cm/h en forêt dense, de 11,4 à 4,2 cm/h au niveau de la lisière et de 5,2 à 1,2 cm/h au niveau de la jachère herbeuse entre les couches 10-20 et 20-30 cm, respectivement.

L'analyse de la variance à un facteur contrôlé des différences de conductivité hydraulique entre les trois occupations du sol révèle qu'elles sont très hautement significatives ($p < 0,001$) pour les couches 0-10 cm et 10-20 cm et très significatives pour la couche 20-30 cm ($p < 0,01$). La comparaison statistique des valeurs moyennes de la conductivité hydraulique K selon les occupations du sol pour les

trois couches étudiées permet de catégoriser deux groupes pour la couche 0-10 cm et 20-30 cm mais trois groupes pour la couche 10-20 cm (Figure 5).

Discussion

Texture du sol

Bien que les études sur l'influence des pratiques agricoles sur les propriétés des sols tropicaux (36, 45) mettent rarement en évidence un changement de la texture du sol, cette étude a permis d'identifier des différences significatives de texture entre les profils creusés dans les trois occupations du sol de la série Yangambi en R.D. Congo. Un des effets de la fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur « abattis-brûlis » au niveau de la jachère herbeuse et la lisière semble être la perte de la fraction fine en surface. Cette diminution du taux d'argile peut être attribuée, d'une part, à la pratique des jachères rotatives de très courtes durées qui, en dénudant le sol pendant la longue période de mise en culture, affaiblit la stabilité des agrégats suite à l'appauvrissement du sol en matières organiques dans les horizons superficiels et en conséquence, enrichit de manière relative les fractions sableuses (17, 49). En effet, la texture du sol n'est pas directement modifiable par la pratique du brûlis. Mais indirectement les sols régulièrement cultivés subissent une perte sélective d'argile par érosion superficielle, due au ruissellement des eaux au moment des premières pluies, lorsque le couvert forestier est complètement délogé après passage des feux (46). De plus, l'entraînement en profondeur des particules d'argile dispersées au moment des premières pluies, provoque ainsi leur accumulation dans un horizon illuvial argilique dans des conditions de pH déterminées. A l'inverse, sous la forêt dense, la texture plus argileuse des horizons de surface s'expliquerait par l'existence d'un écran végétal fermé qui protège le sol contre l'érosion superficielle (49).

D'autre part, les vers de terre et les termites abondamment rencontrés dans le site d'étude pourraient jouer un rôle important sur la texture du sol car leur activité est susceptible de remonter à partir des horizons sub-superficiels les particules

Tableau 1
Valeurs journalières de la température de l'air et du sol dans la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense de l'agro-écosystème de Yangambi (R.D. Congo).

	Température de l'air [°C]			Température du sol [°C]		
	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
Jachère	26,6±0,3 a	26,2	27,0	26,0±0,1 a	26,0	26,3
Lisière	23,8±0,7 b	23,0	24,7	23,8±0,9 b	22,5	25,0
Forêt dense	21,9±0,1 c	21,8	22,0	21,0±0,1 c	21,0	21,2

Une lettre différente à côté d'une valeur moyenne dans une même colonne signifie une valeur statistiquement différente au seuil de $\alpha = 0,05$ selon le test de Newman-Keuls.

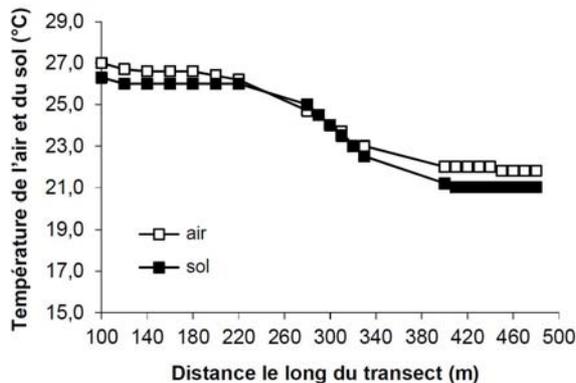


Figure 1: Variation des moyennes journalières de la température de l'air et du sol (°C) entre 8-9 h en fonction de la distance le long du transect. La zone de lisière entre la jachère herbeuse et la forêt dense d'un Ferralsol de la série Yangambi (R.D. Congo) est la distance comprise entre 280-330 m le long du transect sur laquelle on observe des grandes amplitudes thermiques.

fines du sol en surface (49). Le taux en limon, très faible et caractéristique des sols ferrallitiques (31, 35) est variable dans la couche de 10-20 cm en fonction du mode d'occupation du sol à cause de l'hétérogénéité de la couverture pédologique (15, 46, 50).

Densité apparente et porosité totale du sol

La densité apparente qui a varié de 0,94 à 1,39 g/cm³ (Figure 3) de la forêt dense aux occupations anthropisées du sol montre l'influence des activités agricoles sur ce paramètre qui, normalement varie entre 1,2 et 1,5 g/cm³ dans les horizons A des sols cultivés (10). La valeur élevée de la densité apparente (1,39 g/cm³) observée sous la jachère herbeuse dans la couche 20-30 cm traduit les effets des feux de brousse répétés et les mises à nu sans protection végétale après le déboisement et généralement en l'absence de tout apport de matières organiques sur cette occupation du sol. Cela entraîne une érosion intense en raison des fortes pluviométries dans la zone intertropicale et les sols peuvent présenter rapidement un horizon compacté à faible profondeur, horizon qui limite l'enracinement des plantes et restreint de ce fait leur alimentation en eau et en éléments minéraux (9, 44).

Toutefois, l'absence de différences significatives de la densité apparente entre les trois occupations au-delà de 10 cm profondeur traduit au contraire, les effets bénéfiques de la politique de jachère sur la structure du sol en surface (1, 38). Dans ce contexte, la porosité totale est essentielle, car elle permet l'aération du sol et sa perméabilité (41).

On admet que, pour un sol de bonne qualité

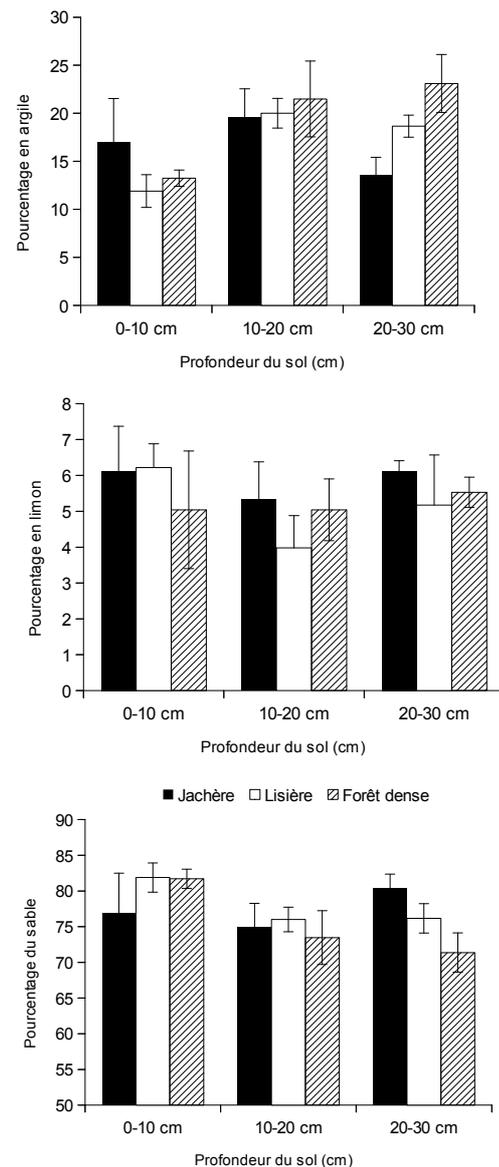


Figure 2 : Pourcentages moyens d'argile, de limon et de sable des couches de 0-10, 10-20 et 20-30 cm de profondeur du sol de la série Yangambi sous la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense en R.D. Congo.

agronomique, elle est de l'ordre de 50 à 70% (8). Par ailleurs, la diminution significative de la porosité totale avec la profondeur sous la jachère herbeuse et la lisière serait due au lessivage des argiles pendant la période du déboisement (29, 49). Tandis que les faibles valeurs de densité apparente sous la forêt dense (0,94 g/cm³) sont dues aux processus d'humification et de décomposition de la matière organique ayant lieu préférentiellement dans les horizons supérieurs du sol ainsi que le développement racinaire (7, 25).

Conductivité hydraulique *K* du sol

La conductivité hydraulique *K* est tributaire de la

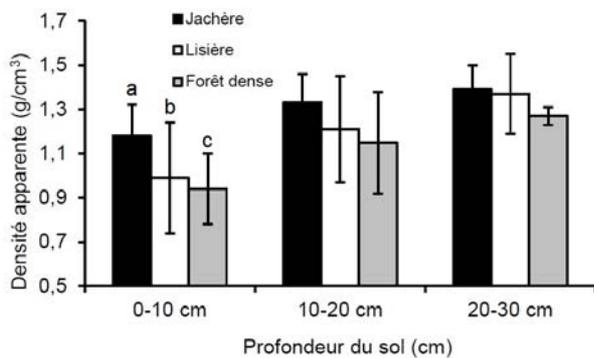


Figure 3 : Densités apparentes moyennes (n=9) des couches 0-10, 10-20 et 20-30 cm du sol sous la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense de la série Yangambi en R.D. Congo. Les barres représentent l'écart type de la moyenne. Les moyennes affectées des lettres différentes indiquent des différences très significatives (test de Newman-Keuls, $p < 0,01$).

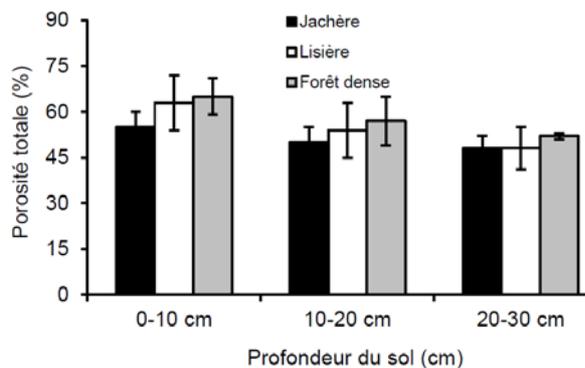


Figure 4 : Porosité totale (n=9) des couches 0-10, 10-20 et 20-30 cm de profondeur du sol de la série Yangambi sous la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense en R.D. Congo.

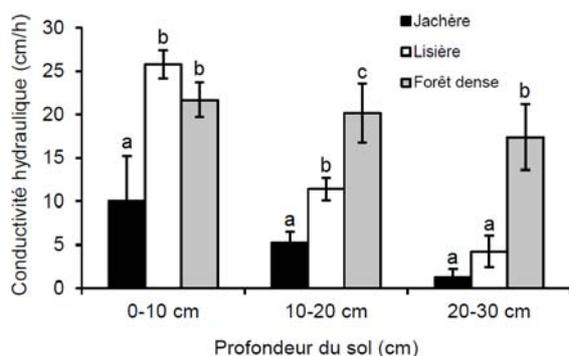


Figure 5: La conductivité hydraulique K moyenne (n=9) des couches 0-10, 10-20 et 20-30 cm de profondeur du sol de la série Yangambi sous la jachère herbeuse, la lisière et la forêt dense à Yangambi, en R.D. Congo. Les barres représentent l'écart type de la moyenne. Les moyennes affectées des lettres différentes indiquent des différences significatives (test de Newman-Keuls, $p < 0,05$).

texture du sol. Cependant, les pratiques culturales influencent énormément la porosité dans les horizons de surface et par voie de conséquence, la perméabilité du sol. Le sol de la jachère herbeuse a une conductivité hydraulique faible alors que celui de la lisière révèle une conductivité hydraulique plus élevée dans la couche 0-10 cm de profondeur que ceux de deux occupations du sol adjacentes, en raison probablement de leurs teneurs en matière organique de loin plus élevées (32).

En outre, le sol de la lisière est analogue à celui de la forêt dense concernant la conductivité hydraulique pour la couche de 0-10 cm de profondeur suite à la présence des ligneux qui provoquent des pores de drainage et d'aération (46) et par conséquent, facilitent la pénétration rapide de l'eau et de l'air. Tandis que le sol sous la jachère herbeuse étant régulièrement soumis à des feux de brousse répétés et mis à nu sans protection végétale par les paysans, la porosité et la perméabilité diminuent sensiblement avec la profondeur.

Néanmoins, le sol de la lisière présente une faible perméabilité à l'eau, analogue à celle de la jachère herbeuse au-delà de 20 cm de profondeur. Cela montre que l'on est en présence de deux occupations du sol anthropisées mais qui ne diffèrent que par le degré d'anthropisation et confirme davantage les constats faits sur l'entraînement des argiles après la fragmentation forestière par abattis-brûlis dans la zone d'étude.

Conclusion

Cette étude confirme que l'approche microclimatique basée sur la mesure de la température de l'air et du sol appuyée par la méthode de transect permet aisément de déterminer la zone de lisière d'un ensemble d'écosystèmes interactifs liés à des perturbations anthropiques sur le paysage forestier.

La fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur « abattis-brûlis » tend à amplifier le phénomène d'entraînement des argiles des couches superficielles du sol suite à des feux de brousse répétés et à sa mise à nu sans protection végétale. Cela se traduit par l'augmentation de la densité apparente, la diminution rapide de la perméabilité et de la porosité en fonction de la profondeur du sol sous la jachère-herbeuse et la lisière par rapport au sol de la forêt dense pris comme référence et à partir duquel les effets des perturbations peuvent être appréciés.

Ainsi, la dynamique de la fraction fine des horizons superficiels du sol sous les effets de la fragmentation forestière qui fait suite à l'agriculture

sur brûlis à Yangambi est un phénomène à prendre avec beaucoup de sérieux dans les stratégies de restauration et de revalorisation à long terme de cet agroécosystème pour une agriculture durable. Car les agriculteurs itinérants ont de plus en plus tendance à intensifier les activités agricoles sur des

courtes durées des jachères forestières.

Remerciements

Les auteurs remercient la Coopération Technique Belge (CTB) pour la bourse de doctorat mixte de S. Alongo.

Références bibliographiques

- Acharya C.L., Hati K.M., Bandyopadhyay K.K. & Daniel H., 2005, «Mulches». In: Encyclop. Soil Environ. pp. 521-532. Oxford: Elsevier.
- Baas S.F.J. & Mennen J.B.T., 1996, Aspects of microclimate in contrasting land use, and the light climate along stream continuua in New Zealand. NIWAR (Nouvelle Zélande).
- Baise D., 2000, Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, France. 257 p.
- Béguin H., 1962, A propos de la densité de la population dans la région de Yangambi. Bruxelles. Acad. Roy. Sci. D'O-M. Bulletin des Séances, nouvelle série, 928-943.
- Bernard E., 1945, Le climat écologique de la cuvette équatoriale congolaise. Bruxelles: Publ. INEAC, hors série, 44 p.
- Blake R.G. & Hartage K.H., 1986, Bulk density. In: Klute A., ed. Methods of soils analysis. Part 1. 2nd ed. Madison, WI, USA: Amer. Soc. Agron. 363-375.
- Boa D., 1990, Caractéristiques morphologiques des gravillons ferrugineux sur le bassin versant de Boro Borotou. Agron. Afr. 2, 83-94.
- Bonneau M., 1961, L'importance des propriétés physiques du sol dans la production forestière. Rev. Forest Fra. pp. 19-31.
- Boyer J., 1982, Les sols ferrallitiques: facteurs de fertilité et utilisation des sols. Paris: ORSTOM édit. Tome X, 3^e trimestre, 384 p.
- Brady N.C. & Weil, R., 2002, The nature and properties of soils. 13th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Education Inc.
- Cadenasso M., Pickett S.T.A., Weathers K.C. & Jones C.G., 2003, A framework for a theory of ecological boundaries. BioScience, 53: 750-758.
- Cancino J., 2005, Modelling the edge effect in even-aged Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) stands. Forest Ecol. Manag. 210, 159-172.
- Chen J., Franklin J.F. & Spies T., 1995, Growing season microclimatic gradients from clearcut edges into old growth Douglas-fir forest. Ecol. Appl. 5, 74-86.
- Collier K. & Smith B.J., 2000, Interactions of adult stoneflies with riparian zones I. Effects of air temperature and humidity on longevity. Aquat. Insects, 22, 4, 275-284.
- Dabin B., 1985, Les sols tropicaux acides. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. 1, 7-19.
- De Leenheer L., D'Hoore J. & Sys K., 1952, Cartographie et caractérisation pédologique de la catena de Yangambi. Publ. INEAC., sér. scient. n° 55, 62 p.
- Donovan S.E., Eggleton P., Dublin W.E., Batchelder M. & Dibog L., 2001, The effect of soil-feeding termites, *Cubitermes fugifaber* (Isoptera: Termitidae) on soil properties: termites may be an important source of soil microhabitat heterogeneity in tropical forests. Pedobiol. 45, 1-11.
- Euskirchen E.S., Chen J.Q. & Bi R.C., 2001, Effects of edges on plant communities in a managed landscape in northern Wisconsin. Forest Ecol. Manag. 148, 93-108.
- Ewers R.M. & Didham R.K., 2006, Continuous response functions for quantifying the strength of edge effects. J. Appl. Ecol. 43, 527-536.
- Fahrig L., 2003, Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annu. Rev. Ecol. Syst. 34, 487-515.
- FAO, 2001, FOSA document national de prospective-République Démocratique du Congo. FAO, Rome.
- FAO, 2003, Gestion de la fertilité des sols pour la Sécurité Alimentaire en Afrique Subsaharienne. FAO, Rome.
- Fraver S., 1994, Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke river basin, North-Carolina. Conserv. Biol. 8, 822-832.
- Haila Y., 2002, A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. Ecol. Appl. 12, 321-334.
- Harmand J.M. & Nutti C.F., 1998, Effets de jachères agroforestières sur les propriétés d'un sol ferrugineux et sur la production céréalière. In: Agri. Dév. n° 18 - Juin 1998.
- Harper K.A., Macdonald S.E., Burton P.J., Chen J., Brosfokske K.D., Saunders S.C., Roberts D., Jaiteh M.S. & Essen P., 2005, Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. Conserv. Biol. 19, 768-782.
- Hobbs R., 1993, Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian wheatbelt. Conserv. Biol. 64, 193-201.
- Honnay O., Verheyen K. & Hermy M., 2002, Permeability of ancient forest edges for weedy plant species invasion. Forest Ecol. Manag. 161, 109-122.
- Islam K.R. & Weil R.R., 2000, Soil quality indicator properties in the mid-Atlantic region as influenced by conservation management. J. Soil Water Conserv. 55, 69-78.
- Jurion F. & Henry J., 1967, De l'agriculture itinérante à l'agriculture intensifiée. Bruxelles: Publ. INEAC, hors série, 498 p.
- Kauffman S., Sombroek W. & Mantel S., 1998, Soils of rainforests: characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics. In: Schulte A. & Ruhayat D. (Ed), Soils of tropical ecosystems. Springer, Berlin.
- Klute A., 1986, Water retention: laboratory methods. In: Klute A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Madison, WI, USA: Amer. Soc. Agron. pp. 635-662.
- Klute A. & Dirksen C., 1986, Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: Klute A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Madison, WI, USA: Amer. Soc. Agron. pp. 687-734.
- Kombebe B., 1998, Evaluation de l'état de fertilité de sols sous forêts primaires et différentes jachères dans la cuvette centrale congolaise: cas du secteur de Yangambi. Gembloux: Mémoire de D.E.S., 83 p.
- Kombebe 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.
- Lal R., 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological properties. Land Degrad. Dev. 7, 19-45.

37. Lidicker W.Z., 1999, Responses of mammals to habitat edges: an overview. *Landscape Ecol.* **14**, 333-343.
38. Malhi S.S. & Lemke R., 2007, Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second 4-yr rotation cycle. *Soil Till. Res.* **2**, 269-283.
39. Matlack G., 1993, Microenvironmental variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Conserv. Biol.* **66**, 185-194.
40. Orczewska A., 2009, The impact of former agriculture on habitat conditions and distribution patterns of ancient woodland plant species in recent black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) woods in south-eastern Poland. *Forest Ecol. Manage.* **258**, 794-803.
41. Pagliai M. & Séqui P., 1982, The influence of animal slurries on soil physical properties. *Inst. Super. Agron. Bari*, **14**, 44-66.
42. Peters D.P.C., Gosz J.R., Pockman W.T., Small E.E., Parmenter R.R., Collins S.L. & Muldavin E., 2006, Integrating patch and boundary dynamics to understand and predict biotic transitions at multiple scales. *Landscape Ecol.* **21**, 19-33.
43. Pohlman C.L., Turton S.M. & Goosem M., 2007, Edge effects of linear canopy openings on tropical rain forest understory microclimate. *Biotropica*, **39**, 62-71.
44. Segalen P., 1995, Les sols ferrallitiques et leur répartition géographique. Les sols ferrallitiques en Afrique et en Extrême-Orient, Australie et Océanie: conclusions générales. Paris: édit. ORSTOM, tome III, 201p.
45. Sommer R., Denich M. & Vlek P.L.G., 2000, Carbon storage and root penetration in deep soils under small-farmer land-use systems in the eastern Amazon region, Brazil. *Plant and Soil*, **219**, 231-241.
46. Van Wambeke A., 1995, Les sols des tropiques: propriétés et appréciation. CTA & Huy Trop ASBL. 335 p.
47. Van Wambeke A., 1957, Notice Explicative de la Carte des Sols et de la Végétation du Congo-Ruanda-Urundi. Bruxelles: Publ. INEAC, 28 p.
48. Vandemput R., 1981, Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai: Publ. D.G.A., Edit. Lesaf, hors série, pp. 228-259.
49. Yemefack M., Nounamo L., Njomgang R. & Bilong P., 2004, Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol Ferrallitique au sud Cameroun. *Tropicultura*, **22**, 1, 3-10.
50. Yemefack M. & Nounamo L., 2000, Dynamique des sols et durée optimale des jachères agricoles naturelles au sud Cameroun pp. 135-141, *In*: Floret Ch. & R. Pontanier (ed): La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Edit John Libr. Euro. Paris, France. 803 p.