

Caractéristiques des sols sous savane et sous forêt naturelle sur le plateau des Batéké en République Démocratique du Congo

B.M. Nsombo^{1*}, R.S. Lumbuenamo¹, J. Lejoly³, J.K. Aloni⁴ & P.M-M. Mafuka⁵

Keywords: Sandy soils- Savanna- Forest- Fertility- Bateke- DR Congo

Résumé

Le raccourcissement continu des jachères dans le système traditionnel de culture sur brûlis figure parmi les contraintes majeures pour la reconstitution naturelle de la fertilité des sols sableux des savanes, qui représentent le tiers des terres arables de la RDC. Au plateau des Batéké, l'agroforesterie en savane figure parmi les alternatives pour l'amélioration de la productivité des sols. La présente étude fait une évaluation préliminaire du cortège de nutriments dans les 120 premiers cm du sol, afin de caractériser la parcelle de savane et de forêt évoluant sur le même matériel parental, ayant la kaolinite comme argile dominante, et de vérifier l'opportunité de soutenir l'agroforesterie en savane. Quarante-vingt-dix échantillons composites ont été prélevés et analysés. La comparaison des moyennes et l'analyse discriminante ont été utilisées. Les résultats d'analyses n'ont pas montré de différences significatives des teneurs en nutriments sous savane et sous forêt. Les meilleurs rendements des cultures sur brûlis en forêt s'expliqueraient plus par la contribution de la matière organique qui produit des grandes quantités de cendre en améliorant la balance nutritionnelle du sol. L'agroforesterie se justifierait alors car elle constitue non seulement une source importante de matière organique, mais permettrait également d'écourter le temps de la jachère.

Summary

Soil Characteristics Under Savanna and Natural Forest on the Bateke Plateau in the Democratic Republic of Congo

One of the major constraints for the natural replenishment of the fertility of savanna sandy soils is the continual shortening of fallow in the traditional slash and burn system. On the Bateke plateau, agroforestry appeared as one of the alternative systems to cope with soils poverty. This study is a preliminary assessment of soil nutrient contents up to 120 cm deep, under natural savanna and forest, developed on the same parent material with kaolinite as dominant clay and to assess the opportunity to support agroforestry. Ninety composite soil samples were collected and analyzed. Mean comparisons and discriminate analyses were used for statistical purpose. The result of statistical analysis did not show significant differences in soil composition. The high yields in shifting cultivation after forest clearance could be explained by the contribution of organic matter, due to large quantities of ashes that improves the nutrient balances in the soil. Agroforestry is then justified not only because of its high supply of organic matter, but also because it can really shorten the fallow duration.

¹Ecole régionale postuniversitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux, Kinshasa, RD Congo.

²Professeur Émérite Université libre de Bruxelles, Bxuxelles, Belgique.

³Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de la Terre, Kinshasa, RD Congo.

⁴Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Gestion des Ressources Naturelles, Kinshasa, RD Congo.

*Auteur correspondant: E mail: blnsombo@gmail.com

Introduction

En République Démocratique du Congo (RDC) comme dans toute l'Afrique centrale, les sols sous forêt constituent la cible des agriculteurs qui les préfèrent aux sols de savane, ces derniers donnant des rendements des cultures moins élevés, et ils sont majoritairement sablonneux.

De ces sols sablonneux qui représentent le tiers des terres arables du pays, il y a ceux du plateau des Bateke qui sont issus des sables de recouvrement du groupe de Kalahari (> 90% de sable). Ce sont des sols acides (pH eau moyen inférieur à 5.5), secs, lessivés, et à faible capacité d'échange cationique. Les contraintes majeures pour la reconstitution naturelle de la fertilité du sol sont entre autres dues à un raccourcissement continu des jachères et au système traditionnel de culture sur brûlis, entraînant à brève échéance la dégradation de l'environnement productif; on y pratique que 2 cultures successives au maximum. Les facteurs limitant la mise en valeur de ces sols sont ainsi leur faible fertilité biochimique, leur sécheresse et leur acidité (12).

Pour relever le niveau de fertilité des sols de savane en vue d'une agriculture durable, plusieurs solutions ont été tentées. Parmi celles-ci figure l'usage d'engrais chimiques qui, dans le contexte actuel de l'agriculture rurale paysanne, est fortement limité d'une part, par les coûts élevés d'acquisition et/ou l'inaccessibilité pour les agriculteurs, et d'autre part, l'irrégularité de l'approvisionnement en intrants agricole (5, 8). C'est ainsi que l'utilisation des plantes améliorantes à usages multiples telles que les légumineuses ligneuses, figure parmi les alternatives de premier ordre (15, 17).

C'est dans ce cadre que l'agroforesterie avec *Acacia auriculiformis* Benth. et *Acacia mangium* Willd. prend de l'ampleur au plateau des Bateke. Les plantations de ces essences exotiques sont ainsi établies en remplacement de la savane qui est le couvert végétal dominant de la zone, afin de recréer plus ou moins les conditions de fertilité des sols sous forêt, grâce à l'abondante biomasse produite et incorporer au sol, et leur aptitude à fixer l'azote atmosphérique.

La présente étude est une évaluation préliminaire du cortège des nutriments sous deux parcelles couvertes d'une savane à *Loudetia* sp, couvert végétal dominant du plateau des Bateke et d'un bosquet à *Milletia laurentii* De Wild, relique et témoin des forêts qui recouvraient autrefois le plateau des Bateke. Ces deux couverts qui sont situés à Ibi village ont plus de 10 ans, se développent sur le même *substratum* et sous les mêmes conditions climatiques. L'étude se veut entre autres de vérifier l'opportunité de développer l'agroforesterie avec *Acacia* sp pour l'amélioration de la productivité des sols sableux (du plateau des Bateke), dont les effets sont diversement interprétés. De ces effets il y a l'augmentation des rendements agronomiques des cultures et la diversification des sources de revenu pour les exploitants (11, 23); l'augmentation substantielle de la quantité de litière (12, 21); la diminution du pH du sol sous les plantations d'*Acacias* sp d'au moins 10 ans d'âge (12); la création d'un micro climat aux effets positifs sur l'environnement (19, 22).

Milieu, matériels et méthodes

Le plateau de Bateke est constitué de sols sableux où la kaolinite est l'argile dominante, classés selon le système WRB comme Ferralic Arenosol (Dystric) (2, 10). Son relief monotone est parsemé des dépressions subcirculaires et des rivières encaissées dans les vallées profondes (> 150 m) spécialement dans la partie ouest. La strate herbacée qui constitue la formation végétale la plus étendue est dominée par les *Loudetia demeusei* (De Wild.) C.E. Hubb et *Loudetia simplex* (Nees) C.E. Hubb sur le plateau, et par l'*Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf sur les sols des dépressions. La strate arbustive est très discontinue, les arbustes tel que *Hymenocardia acida* Tul. et *Combretum psidioides* Welw. se mêlant aux arbres avec *Pterocarpus angolensis* DC parmi les plus communs. Les forêts galeries semi-sempervirentes et les forêts édaphiques liées aux sols hydro-morphes occupent les berges des cours d'eau, les vallées et les versants des rivières.

Les forêts initiales qui recouvraient essentiellement ces versants sont fortement réduites à des jachères de différents âges en dégradation continue. Des rares îlots forestiers subsistent çà et là, avec des espèces reliques telles que *Millettia laurentii* De Wild., *Dracaena nitens* Welw., *Pentaclethra eetveldeana* De Wild et Th. Dur et bien d'autres (14, 25); ils témoignent de la végétation d'autre fois.

Parmi ces rares îlots figure un bosquet d'une superficie de plus de 10 hectares, protégé depuis plus de 10 ans, qui a suscité un grand intérêt pour la recherche pédologique dans la présente étude. Il est situé sur le plateau des Bateke, à ±150 km au nord-est dans l'hinterland de la ville de Kinshasa. Ce plateau s'étend sur environ 7.948 km²; dans cette partie de la RDC, le sol est lessivé, profond et sec car bien drainé, la nappe phréatique s'y trouve à plus de 180 m de profondeur (selon les données sur le forage de Mampu). Le climat y est de type Aw₄ selon la classification de Köppen; c'est un climat tropical humide avec 4 mois de saison sèche bien marquée (13).

Des échantillons des sols ont été prélevés autour de deux points géographiquement localisés à 04,32617° S - 16,11630° E en savane et à 04,33022° S - 16,12401° E en forêt. Ces deux sites évoluant côte à côte n'ont pas été mis en culture et ont été protégés des feux de brousse les 10 dernières années (Figure 1).

Chaque échantillon était un composite issu de 3 prélèvements, effectués jusqu'à une profondeur de 120 cm, subdivisée en 3 tranches [de 0 - 30 cm (Pr1); 30 - 60 cm (Pr2) et 60 - 120 cm (Pr3)]. Pour chaque site, il y avait 3 répétitions spatiales et 5 répétitions temporelles (février 2012 - juillet 2012 - novembre 2012 - février 2013 - juillet 2013), suivant la pluviométrie du terroir qui se présente comme repris sur la figure 2.

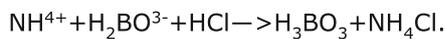
Le nombre total d'échantillons analysés est de 90, soit 45 échantillons par site (2 sites * 3 répétitions spatiales * 3 profondeurs de prélèvement * 5 temps de prélèvement).

Après une semaine de séchage à l'ombre et à l'air libre, les échantillons ont été conditionnés et expédiés au laboratoire «Crop Nutrition Laboratory Services» de Nairobi.

Les caractéristiques suivantes ont été déterminées: le pH, les macros nutriments (N, P, K, Ca, Mg, S); la capacité d'échange cationique (CEC) et les micros nutriments (Na, Zn, B, Cu, Mn, Fe).

Les méthodes de dosage de ces éléments sont décrites par Morgan (18), Mehlich, (16) Anderson & Ingram (1), Faithfull (7) et Okalebo *et al.* (24): Le pH a été mesuré dans une suspension sol/eau, dans un rapport de 1:2, après une agitation magnétique et un temps d'équilibrage de 10 minutes.

L'azote a été déterminé par la méthode Kjeldahl qui a consisté en une minéralisation à l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, suivie d'une distillation par entraînement à la vapeur et enfin la titration de l'ammonium par l'acide chlorhydrique 0.05N en présence d'indicateur suivant la réaction:



Le phosphore a été dosé au spectrophotomètre d'absorption atomique par la méthode d'Olsen dans un rapport de 1:10 (sol/solution d'extraction d'Olsen).

Le potassium, le calcium, le magnésium, le fer, le bore, le soufre, le zinc, le manganèse, le cuivre et le sodium ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique en utilisant l'extrait de Mehlich 3 qui est composé d'acide acétique (C₂H₄O₂) 0.2N, nitrate d'ammonium (NH₄NO₃) 0.25N, fluorure d'ammonium (NH₄F) 0.015N, acide nitrique (HNO₃) 0.013N et d'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) (C₁₀H₁₆N₂O₈) 0.001M.

Les analyses statistiques (Analyse discriminante et boîtes à moustaches) ont été conduites grâce aux logiciels SPSS 21 et Minitab 16. Il a s'agit d'abord d'une comparaison des moyennes deux à deux pour chaque variable pris isolément (au niveau de signification de 0,05); et d'une analyse discriminante proprement dite (méthode Lambda de Wilks) servant à déterminer les quels des nutriments qui, pris dans l'ensemble, sont les plus différenciant des sols évoluant sous savane de ceux sous forêt.

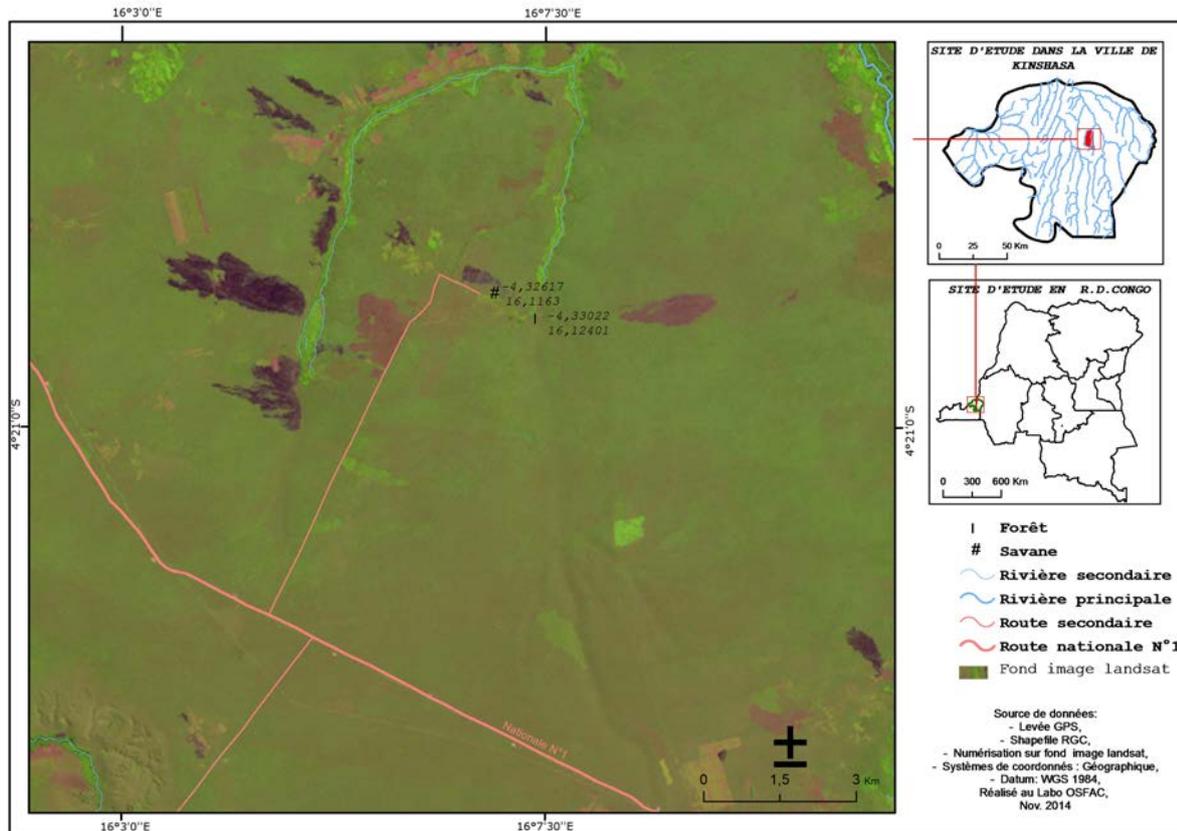


Figure 1: Localisation des sites d'échantillonnage dans la ville de Kinshasa.

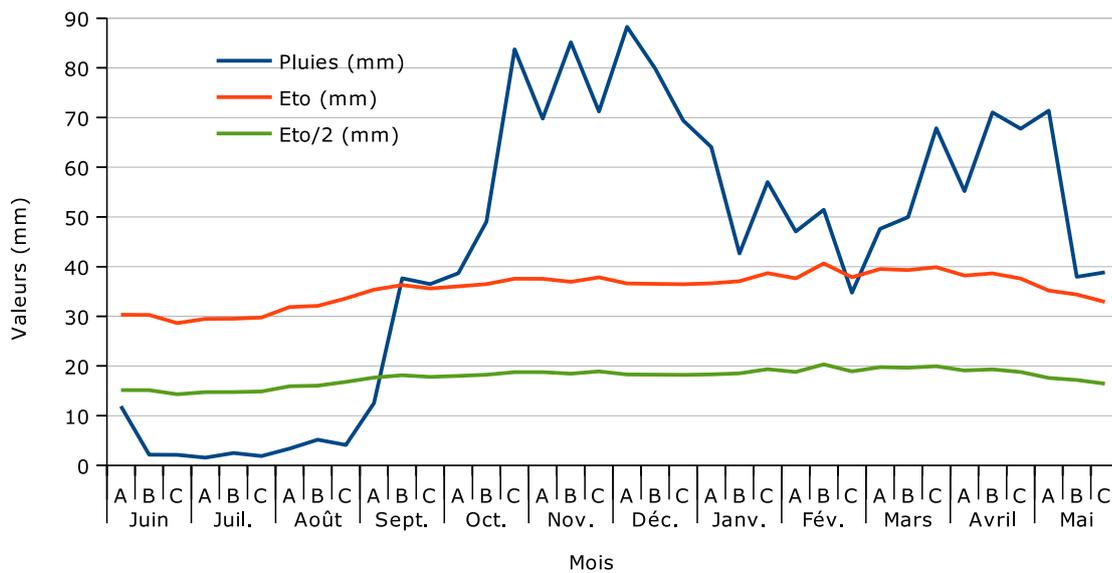


Figure 2: Configuration de la Pluviométrie annuelle du plateau des Bateke.

Résultats et discussion

Caractérisation des écosystèmes et comparaison des moyennes

De 0 à 30 cm de profondeur (Pr1) (Tableau 1), seuls le manganèse ($P_{\text{value}} = 0,001$) et le cuivre ($P_{\text{value}} = 0,004$) présentent des moyennes statistiquement différentes entre la savane et la forêt, les valeurs trouvées en forêt étant les plus basses. Cette supériorité relative de la savane résulterait de l'aération plus importante des sols (le sol étant plus meuble), et de la grande quantité de matière organique dans le sol forestier de surface, affectant négativement la disponibilité du manganèse (27). Le cuivre étant positivement corrélé au manganèse (3), il apparaît logique qu'il présente la même tendance que ce dernier. Les pH des sols sous les deux couverts sont du même ordre de grandeur, ils ont donc la même influence sur la disponibilité des nutriments et les organismes vivants du sol. En effet, selon Bradly (6), les sols ayant des pH de l'ordre 5 à 6 sont classés comme ayant une acidité modérée. En arrondissant à l'unité, les valeurs moyennes des pH en savane (5.16) et en forêt (4.89) se retrouvent dans la gamme des pH autour de 5, en dehors de la gamme optimale (6-7) (6), pour la mobilisation de tous les macronutriments et pour un bon développement et une bonne activité d'un bon nombre de bactéries et d'actinomycètes du sol. Le fer est l'élément le plus abondant, caractéristique pour les sols fortement altérés avec la kaolinite comme argile dominante des Ferralic Arenosols qui forment les sols du plateau des Bateke.

A l'instar des valeurs moyennes de pH, celles des macronutriments (N, P, K, Ca, Mg, S et C), sont de même ordre de grandeur en savane comme en forêt. Les sols sous les deux couverts végétaux sont carencés en K (< 20 g/kg), Mg (< 25 g/kg) et S (< 20 g/kg), mais présentent une suffisance en N (> 2 %), P (> 30 g/kg), Ca (> 40 g/kg) et C (> 1,7 %). De même, sauf le fer, la CEC (<< 15 cmol(+)/kg sol) et les autres micronutriments, ont des valeurs déficitaires (27), authentifiant la nature du substratum en place.

Selon Bradly (6) aux pH inférieur à 5.5, les micronutriments (Zn, Cu et Mn) se retrouvent en abondance dans la solution du sol, pouvant devenir toxiques pour les cultures.

Cependant, dans les sols sous étude, les pH bien qu'inférieur à 5.5, les micronutriments excepté le fer, sont en quantités inférieures aux valeurs minimales recommandées (Tableau 1). Les carences ainsi notées, pour les sols sous savane et sous forêt confirment donc la pauvreté des Ferralic Arenosols du plateau des Bateke, quel que soit le couvert végétal sous le quel ils se trouvent.

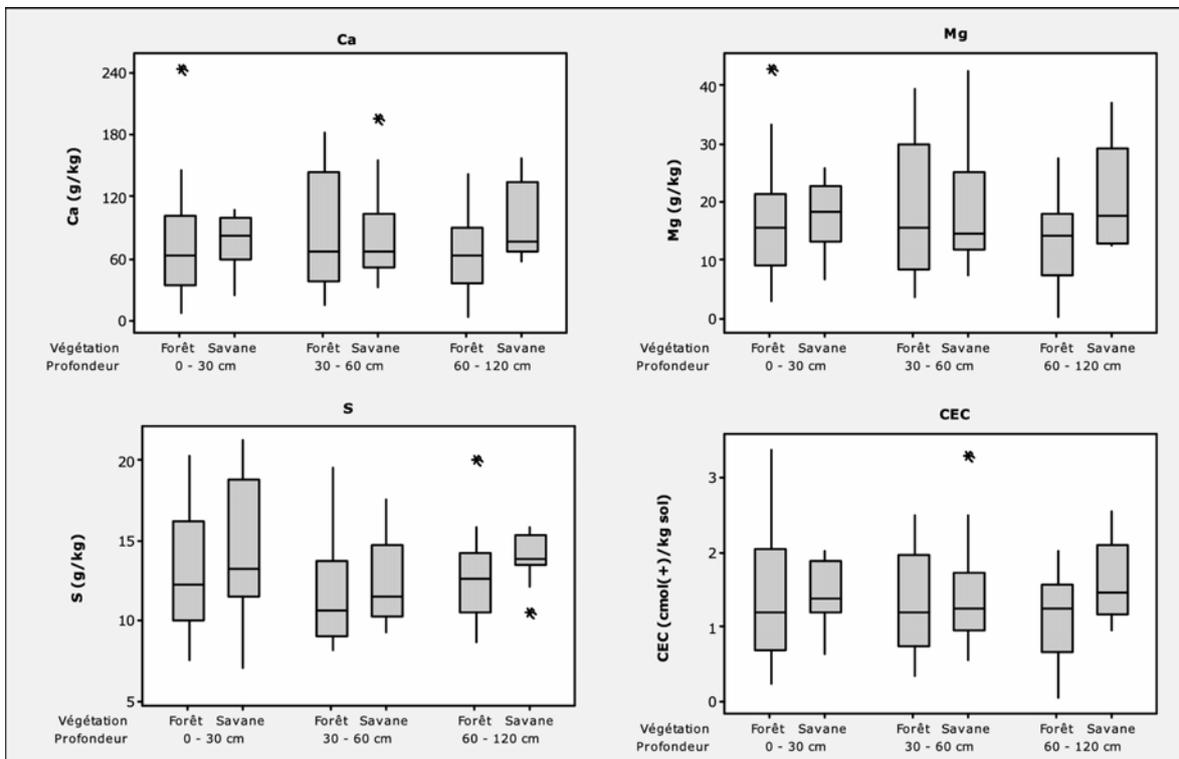
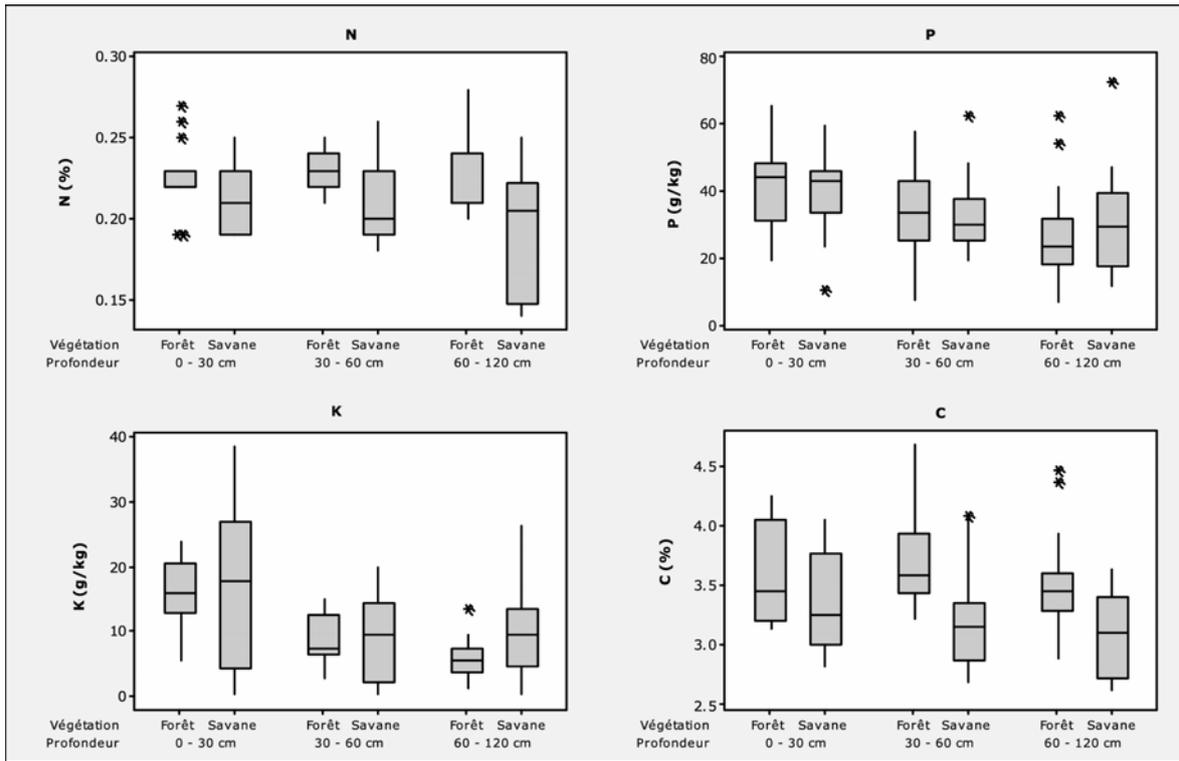
De 30 à 60 cm (Pr2) et de 60 à 120 cm (Pr3), les ressemblances et les différences de la Pr1 se confirment. Les diagrammes en boîtes à moustaches (Figure 3) entre le couvert végétal et la profondeur d'échantillonnage présentent des allures quasi similaires entre la savane et la forêt. Ainsi, les quantités de N, P et K diminuent avec la profondeur, le N diminuant plus vite en savane qu'en forêt; les quantités de P et de K sont plus élevées à la Pr3 en savane qu'en forêt. La même tendance est observée pour le Ca, Mg et S; les concentrations en profondeur sont relativement plus élevées en savane qu'en forêt.

Les diagrammes en boîtes à moustaches couvert végétal - profondeur d'échantillonnage pour les micronutriments (Figure 3) montrent une tendance générale des valeurs moyennes plus élevées sous savane que sous forêt. Les racelles plus abondantes et plus actives dans les horizons supérieures sous forêt peuvent expliquer en partie la consommation plus grande des nutriments rendus disponibles. Ainsi les quantités libérées par la décomposition de la matière organique sont immédiatement récupérées par le système racinaire comme cela a lieu dans toutes les forêts tropicales humides, pour faire la luxuriance de celle-ci. Les quantités de carbone (Tableau 1), et de l'azote sont relativement plus élevées à toutes les profondeurs sous forêt. Ceci confirmerait la présence des grandes quantités de matières organiques produites et en décomposition sous forêts, qui migrent en partie vers les profondeurs.

Tableau 1

Comparaison des moyennes des caractéristiques chimiques des sols sous végétation naturelle sur le plateau des Bateke ($P_{\text{value}} = 0,05$).

Caractéristiques des sols	Profondeur (cm)	Végétation		P_{value}
		Forêt	Savane	
PH (6 - 7)	0 - 30	4,89 ± 0,23	5,16 ± 0,14	0,353
	30 - 60	5,12 ± 0,20	5,30 ± 0,13	0,514
	60 - 120	5,20 ± 0,18	5,19 ± 0,16	0,427
N (%) (0,2 - 0,5)	0 - 30	0,21 ± 0,02	0,20 ± 0,01	0,05
	30 - 60	0,22 ± 0,01	0,21 ± 0,03	0,001
	60 - 120	0,23 ± 0,03	0,17 ± 0,04	0,001
C (%) (2 - 4)	0 - 30	3,61 ± 0,41	3,38 ± 0,45	0,152
	30 - 60	3,72 ± 0,43	3,24 ± 0,44	0,005
	60 - 120	3,37 ± 0,41	3,08 ± 0,34	0,055
P (g/kg) (30 - 100)	0 - 30	42,05 ± 11,84	40,17 ± 6,04	0,571
	30 - 60	26,51 ± 11,10	27,52 ± 6,26	0,694
	60 - 120	22,87 ± 4,43	28,32 ± 12,51	0,4
K (g/kg) (20 - 200)	0 - 30	14,82 ± 5,24	23,73 ± 8,71	0,221
	30 - 60	8,10 ± 3,51	10,99 ± 5,48	0,681
	60 - 120	7,74 ± 1,44	5,52 ± 4,36	0,18
Ca (g/kg) (40 - 400)	0 - 30	36,80 ± 28,70	64,70 ± 24,50	0,471
	30 - 60	42,17 ± 19,97	77,50 ± 59,80	0,29
	60 - 120	45,45 ± 15,48	68,18 ± 8,34	0,148
Mg (g/kg) (25 - 400)	0 - 30	9,68 ± 6,12	15,03 ± 5,54	0,479
	30 - 60	9,63 ± 4,91	16,95 ± 12,88	0,315
	60 - 120	9,34 ± 3,50	15,00 ± 2,33	0,138
S (g/kg) (20 - 200)	0 - 30	17,03 ± 2,62	17,07 ± 3,41	0,982
	30 - 60	15,65 ± 3,15	16,03 ± 1,81	0,843
	60 - 120	12,94 ± 2,40	14,68 ± 1,14	0,239
CEC (cmol(+)/kg sol) (15 - 30)	0 - 30	0,86 ± 0,49	1,22 ± 0,37	0,502
	30 - 60	0,85 ± 0,44	1,33 ± 0,98	0,352
	60 - 120	0,86 ± 0,29	1,25 ± 0,22	0,197
Zn (g/kg) (2 - 20)	0 - 30	0,77 ± 0,38	1,11 ± 0,49	0,306
	30 - 60	0,79 ± 0,34	1,36 ± 0,65	0,174
	60 - 120	0,35 ± 0,27	0,77 ± 0,09	0,004
Cu (g/kg) (2 - 10)	0 - 30	0,19 ± 0,01	0,36 ± 0,08	0,004
	30 - 60	0,19 ± 0,02	0,26 ± 0,11	0,267
	60 - 120	0,26 ± 0,12	0,18 ± 0,00	0,23
Mn (g/kg) (60 - 250)	0 - 30	1,37 ± 0,37	4,53 ± 0,24	0,001
	30 - 60	1,09 ± 0,18	1,73 ± 0,73	0,139
	60 - 120	1,24 ± 0,29	1,16 ± 0,14	0,64
Fe (g/kg) (60 - 350)	0 - 30	266,50 ± 49,40	316,50 ± 26,60	0,121
	30 - 60	205,50 ± 29,60	231,50 ± 18,63	0,188
	60 - 120	178,90 ± 49,40	237,30 ± 51,20	0,152



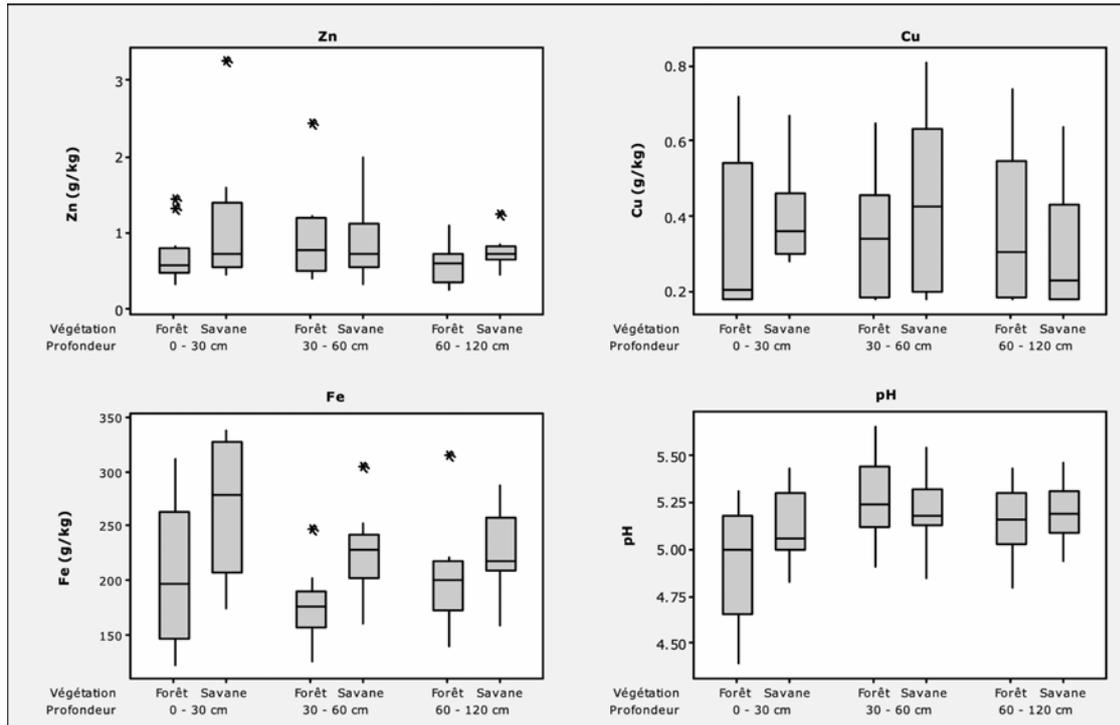


Figure 3: Boîtes à moustaches des caractéristiques chimiques des sols analysés en fonction du couvert végétal et de la profondeur d'échantillonnage.

Éléments discriminants la savane de la forêt

À la Pr1, le fer ($P_{\text{value}} = 0.023$) est le premier nutriment qui différencie les sols sous savane ($270,30 \pm 59,50$ g/kg) des sols sous forêt ($208,80 \pm 63,90$ g/kg). Il est associé ensuite avec le Cu ($0,40 \pm 0,13$ g/kg sous savane et $0,35 \pm 0,21$ g/kg sous forêt) ($P_{\text{value}} = 0,012$) et le P ($39,26 \pm 11,80$ g/kg sous savane et $40,17 \pm 13,04$ g/kg sous forêt) ($P_{\text{value}} = 0.003$).

Les sols du plateau de Bateke sont tous des Ferralic Arenosols; le fer est l'un des éléments caractéristiques dans ce type de sol. Que ce dernier soit l'élément discriminant a priori la savane de la forêt dans les 30 premiers cm de profondeur, peut s'expliquer par une plus grande formation de complexe «fer-matière organique» sous forêt. Ce complexe migre en profondeur, appauvrissant quelque peu l'horizon superficiel du sol en cet élément. Bien que le cuivre et le phosphore soient aussi introduits comme éléments différenciant les deux couverts dans la première profondeur, le cuivre comme oligoélément est déficitaire sous les deux couverts tandis que les valeurs moyennes, tout comme les minimums et les maximums de phosphore sont quasi les mêmes.

À la Pr2 (Tableau 2), l'azote ($P_{\text{value}} = 0,001$) et le cuivre ($P_{\text{value}} = 0,001$) différencient les deux couverts, avec une accumulation plus prononcée du cuivre sous savane et une migration plus efficace du Pr1 vers le Pr2, de l'azote (ou du moins du complexe organo-minéral) sous forêt.

À la Pr3 (Tableau 2), c'est le magnésium ($P_{\text{value}} = 0,001$), l'azote ($P_{\text{value}} = 0,005$), le soufre ($P_{\text{value}} = 0,001$) et le cuivre qui discriminent les sols de la savane de ceux du couvert forestier.

Tableau 2

Résultats de l'analyse discriminante par la méthode Lambda de Wilk.

Profondeur (cm)	Variables	Signification
0 - 30	Fe	0,02
	Cu	0,01
	P	0
30 - 60	N	0
	Cu	0
60 - 120	Na	0,01
	Mg	0
	N	0
	S	0
	Cu	0

À l'instar du phosphore à la Pr1, les teneurs en azote à la Pr2 et en soufre à la Pr3 sont quasi les mêmes sous savane et sous forêt; par contre, les différences sont nettement marquées pour le cuivre dans les deux premières profondeurs et pour le magnésium à la Pr3.

Ainsi, en considérant la disponibilité en nutriments des sols sous savane et sous forêt, les teneurs moyennes de la couche allant de 0 à 30 cm de profondeur de tous les macronutriments et de la majorité des micronutriments sont similaires. Les différences minimales des teneurs, par ailleurs statistiquement non significatives dans la majorité des cas, ne peuvent justifier les différences des rendements observées dans les cultures pratiquées en savane ou en forêt, après la coupe et le brûlis de l'un ou l'autre couvert végétal. L'obtention des meilleurs rendements après la coupe de la forêt pourrait être attribuable à une présence plus abondante de la matière organique (4, 9), libérant dans la cendre, les nutriments que contenaient la litière et autres débris venant de l'abattage des arbres. L'agroforesterie sous toutes ses formes, les cultures de couverture, etc., sont autant d'alternative à la production de grandes quantités de matière organique (21, 26) pour compenser la pauvreté chimique des sols, sur des vastes étendues des sols arables mais pauvres de savane.

Conclusion

Ce travail sur les propriétés chimiques (pH, N, P, K, Ca, Mg, S, C, Na, Zn, Cu, Fe) des sols des parcelles à couvert végétal naturel, s'était proposé de trouver les caractéristiques spécifiques susceptibles de différencier les sols sous une végétation savanicole et forestière évoluant sur un substratum sableux (> 90% de sable), afin de justifier la nécessité ou non de soutenir l'agroforesterie sur le plateau des Bateke en RDC.

L'interprétation des résultats issus des différentes analyses a permis de conclure qu'il est difficile à partir des analyses des sols, de trouver des différences agronomiques significatives sous des couverts végétaux naturels évoluant sur le même substrat sableux, sous les mêmes conditions climatiques.

Ainsi, les meilleurs rendements obtenus après culture sur brûlis en forêt sur ce substrat sableux, résulteraient de l'apport élevé en matière organique provenant de l'abondante biomasse de la litière et autres matières organiques issues directement de l'abattage des arbres lors de la préparation du terrain de culture. Ceci par le fait que la grande quantité de cendre produite, améliore la balance en éléments fertilisants du sol, du moins pour les premières semaines, avant que le lessivage et le ruissellement n'interviennent. Il y a aussi le rôle même de la matière organique sur les propriétés biologiques et physiques du sol. L'agroforesterie se justifierait alors bien car non seulement qu'elle va constituer une source non contestée de la matière organique, mais elle permet aussi d'écourter le temps de la jachère à 5-8 ans au lieu de 10 à 15 ans. C'est le cas depuis plus de 20 ans au centre agroforestier de Mampu; bien qu'on y pratique toujours une rotation de culture après la jachère améliorée avec *Acacia* sp., la rotation spatio-temporelle est de maximum 8 ans. Les fermiers ont vu les rendements fréquemment obtenus pour le manioc passé de 9 à 15 t/ha, et celui du maïs passé de 0,5 à environ 1,5 t/ha. En plus, la part de leur revenu total venant de la carbonisation et de l'apiculture (les principales activités découlant des plantations d'*Acacia* sp.) est d'environ 40% (23).

Références bibliographiques

1. Anderson J.M. & Ingram J.S.I., 1993, *Tropical soil biology and fertility: A Handbook of methods*. CABI International, Wallingford, Oxon, England. 240.
2. Baert G., Van Ranst E., Ngongo M.L., Kasongo E.L., Verdoodt A., Mujinya B.B. & Mukalay J.M. 2009, Guide des sols en R.D. Congo. Tome II: *Description et données physico-chimiques de profils types*. Imprimerie Salama Don-Bosco, Lubumbashi, R.D. Congo. 321.
3. Baize D., 1997, *Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols* (France). Éditions Quae, France, 408.
4. Bakele-Tesemma A., 2007, *Profitable agroforestry innovation for Eastern Africa: Experiences from 10 agroclimatic zones of Ethiopia, India, Kenya, Tanzania and Uganda*. World Agroforestry Center (ICRAF), Eastern Africa region. 358.
5. Bekunda M.A., Bationo A. & Ssali H., 1997, *Soil fertility management in Africa : A review of selected research trials*. In Replenishing soil fertility in Africa. SSSA special publication, n° 51.
6. Brady N.C., 1974, *The nature and properties of soils*, 8th Edition. Macmillan Publishing CO., INC. 639
7. Faithfull N.T., 2002, *Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook*. CABI publishing Wallingford UK. 206
8. FAO, 2007, *Management of tropical sandy soils for sustainable agriculture. A holistic approach for sustainable development of problem soils in the tropics*. FAO, Rome, 536.
9. FAO, 2005, *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food and production*. FAO, Rome, 95.
10. IUSS Working Group WRB., 2014, World Reference Base for Soil Resources 2014. *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome Italie, 191.
11. Kalaba K.F., Chirwa P., Syampungani S. & Ajayi C.O., 2010, Contribution of agroforestry to biodiversity and livelihoods improvement in rural communities of Southern African regions. 461 – 476 in Tschardt T., Leuschner C., Veldkamp E., Faust H., Guhardja E., Bidin A. (Eds.), *Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change*, Environmental Science and Engineering. Springer. 519.
12. Kasongo K., 2010, *Amélioration de la qualité des sols sableux du plateau des Batéké (RD Congo) par application des matériels géologiques et des déchets organiques industriels locaux*. Thèse de doctorat; Université de Gant, 400.
13. Köppen W., 1931, *Grundriss der Klimakunde. Handbuch*. 2nd eds., Berlin, Walter de Gruyter. 388 p.
14. Lubini A., 1988, *Les sols de jachères et les pâturages du Centre agricole de Mbankana*. Fondation Hanns-seidel, Kinshasa, 38.
15. Mboukou-Kimbatsa I.M.C., Bernhard-Reversat F. & Loumeto J.J., 1998, Change in soil macrofauna and vegetation when fast-growing trees are planted on savanna soils. *Forest Ecology and Management* 110, *Elsevier Sci. B.V.*, 1 -12.
16. Mehlich A., 1984, Mehlich-3 soil test extractant. A modification of mehlich -2 extractant, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **15**, 12, 1409 – 1416.
17. Mlambo D., Nyathi P. & Mapaure I., 2005, Influence of *Colophospermum mopane* on surface soil properties and understorey vegetation in a southern African savanna. *Forest Ecology and Management* 212, *Elsevier B.V.*, 394-404
18. Morgan M.F., 1941, Chemical soil diagnosis by the universal soil testing system. [New Haven] Connecticut Agricultural Experiment Station; Bulletin 450, *Revision Bull.*, **392**, 579 – 626.
19. Nair P.K.R. & Garrity D., 2012, *Agroforestry: The future of global land use*, *Adv. Agrofor.*, **9**, Springer, 541.
20. N’Goran K.E., Kassin K.E., Zohouri G.P. & Yoro G.R., 2012, Gestion améliorée de la jachère dans le système de culture à base d’igname par l’utilisation de légumineuse de couverture, *J. Appl. Biosci.*, **52**, 3716 - 3724.
21. N’Goran A., 2005, *Amélioration de la fertilité chimique des sables quaternaires en Côte d’Ivoire dans l’association cocotier/Acacia spp*. Thèse de doctorat; Université de Gant, Faculté des sciences en Bio – ingénierie, 193.

22. Nsombo M.B., Thomas T.S., Kyotalimye M. & Waithaka M., 2013, *Democratic Republic of Congo*, Pp 89–119. In: Waithaka M., Nelson G.C., Thomas T.S., & Kyotalimye M.: East African Agriculture and climate change: A comprehensive analysis. IFPRI, Washington DC; USA. 402.
23. Nsombo M.B., 2005, *Utilisation actuelle des terres dans le Rayon du centre d'appui au Développement Intégré de Mbankana au Plateau des Bateke*. Mémoire de DESS, ERAIFT, 71.
24. Okalebo J.R., Gathua K.W. & Woomer P.L., 2002, Laboratory methods of soil and plant analysis: A working Manual 2nd edition. TSBT-CIAT and SACRED Africa, Nairobi, Kenya, 128.
25. Pauwels L. & Nzayilu N'ti, 1993, Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa – Brazzaville. Jardin Botanique national de Belgique, 495.
26. Schroth G. & Sinclair F.L., 2003, Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods. CABI Publishing, 437.
27. Wolf B., 2000, The fertile triangle: The Interrelationship of Air, Water, and Nutrients in Maximizing Soil Productivity. Food products press. 463.

B.M. Nsombo, Congolaise (RDC), Doctorant, Ecole régionale postuniversitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux, Kinshasa, RD Congo.

R.S. Lumbuenamo, Congolais (RDC), PhD, Professeur, Ecole régionale postuniversitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux, Kinshasa, RD Congo.

J. Lejoly, Belge, PhD, Professeur Émérite, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique; Professeur, Ecole régionale postuniversitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux, Kinshasa, RD Congo.

J.K. Aloni, Congolais (RDC), PhD, Professeur à l'Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Sciences de la terre, Kinshasa, RD Congo.

P.M-M. Mafuka, Congolaise (RDC), PhD, Professeur, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Gestion des Ressources Naturelles, Kinshasa, RD Congo.