



## Evaluation du statut agropédologique du sol sous culture paysanne du caféier robusta (*Coffea canephora* L. Linden) en Territoire de BASOKO, RD. Congo

⊗ Aimé Wawana <sup>1\*</sup>, ⊗ Michel Tuka <sup>2</sup> & ⊗ Sylvain Alongo <sup>1</sup>

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

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

\* Correspondance : [aimewawana@gmail.com](mailto:aimewawana@gmail.com)

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



Reçu: 17 Octobre 2021

Accepté: 20 juin 2022

Publié: 25 Juillet 2022

### RESUME

Cette étude a été menée dans le but de caractériser quelques contraintes édaphiques à la culture du caféier robusta en Territoire de Basoko. Des échantillons remaniés de sols ont été prélevés sous les caféières paysannes, la forêt secondaire adjacente et la forêt naturelle. Les échantillons ont été analysés selon des méthodes standards. Des analyses statistiques inférentielles ont été effectuées en vue d'évaluer les indicateurs de la fertilité chimique du sol et d'en dégager certaines limitations agricoles à la caféiculture. Les résultats montrent que le pH du sol est nettement acide dans tous les sols étudiés ( $\text{pH} < 4,5$ ), les principales caractéristiques du complexe absorbant montrent des contraintes pour le caféier. Tous les sols ont été déficients en somme de bases échangeables ( $\text{SB} \leq 0,60 \text{ cmol (+).kg}^{-1}$ ) mais avec aluminium échangeable ( $\text{Al}^{3+}$ ) comme le cation le plus abondant du complexe absorbant. L'indice de Kamprath indique néanmoins que les sols étudiés offrent une limitation culturale faible au caféier en agissant sur l'acidité aluminique par augmentation des niveaux des bases échangeables. Cette étude a permis de montrer que pour les sols sous caféière paysanne en Territoire de Basoko, une stratégie de gestion agroécologique du sol, en relation avec les systèmes de production est envisageable.

**Mots-clés :** Caféière paysanne, contraintes édaphiques, caféier robusta, territoire Basoko, RD Congo

### ABSTRACT

#### Evaluation of the agropedological status of the soil under robusta coffee (*Coffea canephora* L. Linden) cropping system in the BASOKO Territory, DR. Congo

This study aimed to characterise some of the edaphic constraints essential for robusta coffee cultivation in Basoko Territory. Representative reworked soil samples were collected from the coffee farms, the adjacent secondary forest and the natural forest. The samples were analysed in the soil laboratory using standard methods. Inferential statistical analyses were carried out to assess indicators of soil chemical fertility and to identify some agricultural limitations to coffee growing. The results show that the soil pH is clearly acidic in all the studied soils ( $\text{pH} < 4.5$ ), the main characteristics of the absorbing complex show constraints for the coffee tree. All soils were deficient in the sum of exchangeable bases ( $\text{SB} \leq 0,60 \text{ cmol (+).kg}^{-1}$ ) but with exchangeable aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) as the most abundant cation in the absorbing complex. The Kamprath index nevertheless indicates that the soils studied offer a weak cultural limitation to the coffee tree by acting on the aluminic acidity by increasing the levels of exchangeable bases. This study showed that for soils under peasant coffee plantations in the Basoko Territory in the Tshopo Province of DR Congo, an agroecological soil management strategy, in relation to the production systems, is possible.

**Keys words:** Coffee farm, edaphic constraints, robusta coffee tree, Basoko territory, DR Congo

### 1. INTRODUCTION

Le café est un produit de consommation internationale qui représente un enjeu économique considérable, car il

figure parmi les cinq exportations agricoles les plus importantes des pays en voie de développement (Wegbe, 2004 ; Anonyme, 2010 ; ICC, 2014). C'est donc tout logiquement un produit stratégique pour les pays

producteurs et importateurs, car il contribue autant dans le revenu des Etats que dans la création de richesse des planteurs dont la plupart des vergers sont des petites exploitations de taille modeste oscillant entre 1,5 et 5 ha (Anonyme, 2006). En ce qui concerne la RD Congo, le document des stratégies de croissance et de réduction de la pauvreté en République Démocratique du Congo (DSCR-P-RDC, 2006) décline parmi les objectifs prioritaires que le paysan doit passer de l'agriculture traditionnelle de subsistance à l'agrobusiness ; ce dernier passe essentiellement par le développement de la production des produits non traditionnels facilement exportables et de haute valeur commerciale. Ceci permettra l'augmentation des revenus monétaires des familles rurales par la promotion des cultures de rente que sont notamment le palmier à huile, le cacao, le café, le thé, le coton et la pomme de terre.

A ce titre, la culture paysanne du caféier mérite une attention particulière, car elle peut contribuer de manière très significative à l'amélioration des revenus des ménages ruraux, à l'amélioration de l'économie des provinces en particulier et du pays en général. Cette culture a présenté au cours des années 1980, des recettes en devise atteignant 200 millions de dollars par an pour l'ensemble du territoire national de la RD. Congo (Anonyme, 2010). A titre illustratif, la production moyenne était estimée, en 2001, à 39.000 tonnes de café (80% robusta) ; 10.429 tonnes de café au cours de 9 premiers mois de l'année 2020, (4 850 tonnes Robusta et 5 579 tonnes Arabica), contre 8.599 tonnes durant la même période en 2019 (Makumbelo et al., 2005) soit une réduction de la production de 73,2% de 2001 à 2020. Cependant, les caféiers de la RD Congo comme ceux d'autres pays de la région des Grands Lacs d'Afrique Centrale sont sujettes aux attaques des maladies et des ravageurs (Autrique et Perreaux, 1989). Parmi les

principales maladies couramment identifiées, on note entre autres la trachéomycose (*Gibberella xylarioides*), la cercosporiose (*Cercosporiose coffeicola*), la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*), la rouille farineuse (*Hemileia coffeicola*) et les pourridiés (*Clitocybe elegans*). Quant aux principaux ravageurs, ce sont généralement des insectes et des rongeurs. Pour ce faire, les principales maladies du caféier ont fait l'objet de plusieurs études dans la province de Tshopo où se situe le territoire de Basoko et tout comme ailleurs en RD Congo (Talla, 1977).

Par ailleurs, aucune étude n'a été clairement établie sur les sols, alors que le sol et le climat constituent avec la plante elle-même, les facteurs clés de la production végétale. Ainsi, la connaissance des contraintes édaphiques, préalables indispensables à la culture du caféier est un passage obligé pour garantir le processus d'affectation rationnelle des ressources en terres cultivables. Cette étude a donc été conduite dans le but de caractériser quelques contraintes chimiques du sol à la culture de caféier dans le territoire de Basoko, dans les perspectives de la relance durable de la filière caféière.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Sites d'étude

La présente étude a été réalisée dans le secteur des Mobango/Itimbiri de Territoire de Basoko, Province de la Tshopo en RD Congo (Talla, 1977). Le site étudié se trouve à plus ou moins 135 km au Nord-ouest de Basoko-centre -330km de Yangambi -, sur la rive droite de l'affluent Aruwimi entre 23°25'014" Est ; 02°01'43" Nord et à environ 427 m d'altitude.

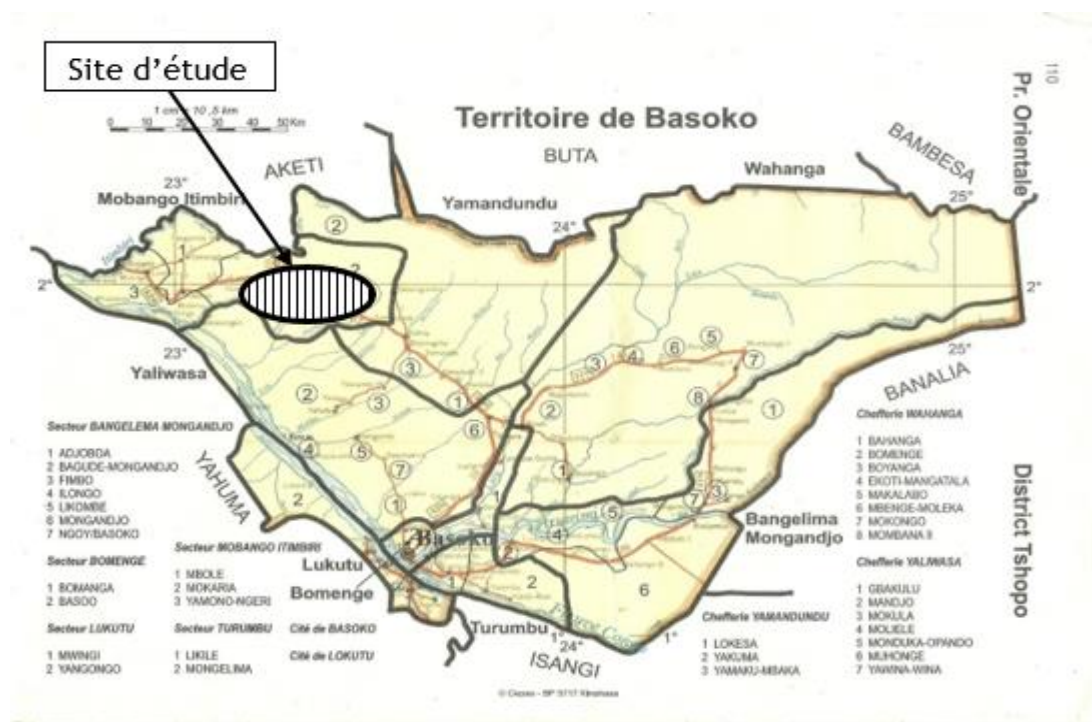


Figure 1. Carte du site d'étude dans le territoire de Basoko

Le climat du site est tropical humide de type Af selon la classification de Köppen. La température moyenne annuelle de l'air est de 25°C comprise entre un minima de 19°C et un maxima de 32°C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1800 mm par an et parfois de légers dépassements. La nébulosité est assez élevée, l'humidité relative de l'air varie entre 77 et 88 %. L'insolation est de 1945 heures par an soit 45% de la radiation totale, mais il y a des mois pendant lesquels elle descend jusqu'à 36% (Bernard, 1945 et Anonyme, 2006). La végétation naturelle du site d'étude est une forêt équatoriale dense très exubérante avec quelques intrusions d'origine anthropique. Le relief est caractéristique de la cuvette centrale congolaise relativement plat et jonchée de quelques collines, le territoire de Basoko est un large espace dominé par des bas-fonds entourés par des plateaux qui ne dépassent que très rarement les 10 m.

## 2.2. Description des parcelles d'étude

Trois types d'occupation du sol correspondant à la caféière paysanne, la forêt secondaire et la forêt naturelle ont été identifiés et retenus dans le cadre de cette étude. Les caractéristiques communes remarquables dans les sites d'étude étaient le modelé du relief où les fosses d'échantillonnage ont été creusées. Il s'agit de plateau à très faibles pentes ou presque nulle, un drainage moyen c'est-à-dire les précipitations interceptées stagnent peu en surface ; elles s'évacuent à la fois par ruissellement et par infiltration. Les seules différences entre les trois types d'occupation se situent au niveau de la flore qui colonise les sites échantillonnés : (i) dans les caféières paysannes, les espèces dominantes sont les suivantes : *Comelina diffusa*, *Eulesina indica*, *Pueraria phaseoloïdes* *Var Javanica*, *Panicum maximum*, *Cyatula prostata*, etc. et les graminées de petites tailles y compris les feuilles de caféier non encore décomposé ; (ii) dans la végétation secondaire adjacente, on y trouve *Elaiès guinensis*, *Costus afer*, *Afromum laurenti*, *Rycinodendron heudolotii*, *Pychnatus angolensis*, *Myriatus arboreus*, *Rauwolfia vomitoria*, *Mussanga cecropioides*, etc. ; (iii) En forêt naturelle les espèces telles que *Scaphonpitalum thonerie*, *Maranthacées* sont identifiées comme sous-bois et dans la strate supérieure : *Syncephalum subcombretum*, *Panda oleosa*, *Carapa procera* y dominant largement.

## 2.3. Méthodes d'échantillonnage de sol

Les échantillons de sol ont été prélevés par approche systématique qui est très recommandée pour les analyses de diagnostic comparatif (Alongo et al., 2013). En fait, après l'identification et le choix des trois classes d'occupation adjacente du sol correspondant aux caféières paysannes, forêt secondaire adjacente et la forêt naturelle prise comme témoin dans les trois sites retenus, des parcelles de 20 m x 20 m ont été délimitées dans chaque classe d'occupation du sol à l'intérieur desquelles 4 fosses d'échantillonnage ont été ouvertes pour échantillonner le sol. Dans chaque fosse, 12 échantillons remaniés de sol d'environ 600 g ont été prélevés suivant les faces a, b, c et d à l'aide du couteau de prospecteur

dans les tranches de 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm, soit 48 échantillons au total par site et 144 échantillons pour l'ensemble des trois sites d'étude. Afin d'obtenir des résultats plus représentatifs de la réalité du sol dans chaque formation végétale, 6 échantillons composites ont été constitués à partir d'un mélange de 6 prises élémentaires équipondérales.

Les échantillons ainsi obtenus ont été amenés au laboratoire dans des sachets en polyéthylène ensuite ils ont été séchés sous l'ombre à l'air libre et enfin, ils ont été légèrement broyés, tamisés dans un crible de 2 mm et conservés pour analyses.

## 2.4. Méthodes analytiques de laboratoire

### 2.4.1. pH-eau et pH-KCl

Le pH du sol revêt une importance capitale en matière d'utilisation des sols et à la fois un bon indicateur de l'acidité et de la fertilité du sol (Landon, 1991) ; il a été mesuré au moyen d'un pH-mètre marque PH-220S muni d'une électrode de référence sur une suspension sol/eau (pH-H<sub>2</sub>O) et sous une suspension sol/KCl (pH-KCl) dans un rapport 1/2,5 (Pauwels et al., 1992).

### 2.4.2. Cations échangeables (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>)

Les teneurs en cations échangeables du sol ont été déterminées par dosage d'un extrait à l'acétate d'ammonium/EDTA (à pH 4,75 via l'ICP-OES selon Cottenie et al. (1982).

### 2.4.3. Acidité d'échange (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>) et Aluminium échangeable (Al<sup>3+</sup>)

L'acidité d'échange (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>) 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). Le chlorure de potassium est utilisé comme saturante et provoque un déplacement de H<sup>+</sup> et Al<sup>3+</sup> du complexe adsorbant. L'échantillon est percolé par une solution de KCl 1 M non tamponnée qui permet d'extraire l'acidité échangeable (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>) et le titrage est effectué par volumétrie.

## 2.5. Caractéristiques dérivées des données analytiques

### 2.5.1. Somme des bases échangeables

Représente la quantité de cations métalliques actuellement adsorbés sur le complexe argilo-humique, par des liaisons électrostatiques, donc échangeables et obtenue par relation :

$$SB = \sum (Ca + Mg + K + Na) \quad \text{cmol (+)/kg de sol} \quad (1)$$

### 2.5.2. Capacité d'échange cationique effective (CEC<sub>eff</sub>)

Elle a été calculée en additionnant l'acidité d'échange (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>) et la quantité des bases échangeables du sol (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>).

### 2.5.3. Taux de saturation en base échangeables du sol (Veff)

C'est en somme le taux de remplissage du « réservoir cationique » obtenu par la relation :

$$V_{eff} = x \times 100 \text{ (\%)} \quad (2)$$

### 2.5.4. Indice de Kamprath

C'est une caractéristique édaphique dérivée des données analytiques notamment des teneurs en aluminium échangeable (Al) et en somme des bases échangeables (SB) du sol (Alongo, 2013) suivant la formule :

$$I_k \text{ (\%)} = \quad (3)$$

Cet indice cadre bien avec l'objet de la présente étude, car il permet de donner les limitations agricoles des sols dans les tropiques, limitations qui s'inscrivent entre 5-45 % allant de nulles à très fortes (Boyer, 1982).

### 2.6. Analyses statistiques des données

Pour chaque variable édaphique décrite ci-dessus, nous avons commencé par vérifier la normalité des résidus avec le test de Shapiro-Wilk (Alongo, 2013). L'hypothèse nulle de ce test est que les données suivent une loi normale. Une p-value significative implique donc que les données ne sont pas normales. La normalité n'ayant toujours pas été obtenue pour les variables étudiées, nous avons finalement opté pour des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis. Lorsque les différences étaient significatives ( $p < 0,05$ ), nous avons effectué des tests de U Mann-Whitney entre les occupations du sol, en fonction des couches. Les analyses statistiques ont été réalisées grâce aux logiciels Statistica 6.0.

## 3. Résultats

### 3.1. Réaction du sol (pH-eau et pH-KCl)

Les résultats analytiques du pH du sol sous les trois types d'occupations sont présentés dans le tableau 1.

De l'analyse des résultats obtenus, il ressort que les sols

sous les trois types d'occupation sont caractérisés par une réaction très acide (pH-eau  $< 4,5$ ). D'une manière générale, le pH-eau du sol sous les trois types d'occupation varie de 4,0 et 4,4. Quant au pH-KCl, il s'échelonne entre 3,5 et 3,8. La tranche intermédiaire en forêt naturelle (20-40cm) est, en moyenne, plus acide (pH-eau =  $4,0 \pm 0,3$  ; pH-KCl =  $3,5 \pm 0,4$ ) que les autres tranches du sol quelle que soit l'occupation du sol ; bien que de manière générale il n'y ait pas de différence significative pour le pH-KCl entre les différentes occupations de sol. S'agissant des caféières paysannes, il s'observe que les valeurs de pH le plus faibles sont enregistrées dans la tranche de 40-60cm (pH-eau =  $4,1 \pm 0,3$  ; pH-KCl =  $3,5 \pm 0,1$ ) qui sont néanmoins non significatives ( $p > 0,05$ ) par rapport aux celles observées sous la forêt secondaire et la forêt dense ;

Globalement, on constate que, l'acidité du sol diminue horizontalement en partant de la forêt naturelle en passant par la végétation secondaire environnante vers les champs de caféiers tandis que les variations verticales ne sont pas significatives. Pour les trois couches du sol étudiées, seule la couche 20-40 cm de profondeur où les différences obtenues en terme du pH-eau sont significatives ( $p < 0,05$ ). La comparaison multiple des résultats (Test U Mann-Whitney) indique que les valeurs de pH-eau obtenues sous caféière paysanne et forêt secondaire sont significativement élevées ( $p < 0,05$ ) par rapport à celle sous forêt naturelle.

Les différences de pH-H<sub>2</sub>O et pH-KCl sont comprises entre  $0,5 \leq \Delta \text{pH} \leq 0,6$  unité sous forêt naturelle et la végétation secondaire autour des caféières. Tandis que sous caféières, cette différence ( $\Delta \text{pH}$ ) prend des valeurs un peu plus élevées ( $0,6 \leq \Delta \text{pH} \leq 0,8$ ) mais qui sont toutes restées inférieures à 1,0 unité de différence. Ce qui confirme une acidité potentielle moyenne dans les 60 premiers centimètres du sol ; toutes les valeurs de  $\Delta \text{pH}$  étant comprises entre  $0,5 \leq \Delta \text{pH} \leq 1$ .

**Tableau 1. Les valeurs moyennes de pH-eau et pH-KCl des échantillons composites du sol entre 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm de profondeur sous caféière paysanne, forêt secondaire et forêt dense des sites étudiés.**

Occupation de sol	Tranche du sol (cm)	pH-H <sub>2</sub> O	pH-KCl	$\Delta \text{pH}$
<b>Caféière paysanne</b>	0-20	$4,3 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$	0,8
	20-40	$4,3 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,2$	0,7
	40-60	$4,1 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,1$	0,6
<b>Forêt secondaire</b>	0-20	$4,4 \pm 0,1$	$3,8 \pm 0,1$	0,6
	20-40	$4,3 \pm 0,4$	$3,8 \pm 0,1$	0,5
	40-60	$4,3 \pm 0,4$	$3,6 \pm 0,4$	0,6
<b>Forêt (dense)naturelle</b>	0-20	$4,2 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,3$	0,6
	20-40	$4,0 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,4$	0,5
	40-60	$4,1 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,2$	0,5

### 3.2. Bases échangeables et CECeff du sol

Les teneurs en Ca échangeable sous les trois types d'occupation du sol étudiés varient entre 0,30 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (sol de caféière) à 0,04 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (forêt dense). Le sol de la végétation secondaire contient des valeurs intermédiaires (0,13 cmol(+).kg<sup>-1</sup>). Il se dégage donc que le sol de caféières diffère significativement (p<0,001) de ceux de la végétation secondaire et la forêt dense dans la couche 40-60 cm alors que pour les deux premières couches étudiées, les différences observées sont non significatives. Pour le Mg échangeable, les valeurs trouvées sont faibles et sont de l'ordre de 0,17 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (caféières et végétation secondaire) et 0,05 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (pour le sol de la forêt dense).

Les teneurs en K échangeable dans le sol de caféières et de la végétation secondaire de l'ordre de 0,07± 0,01 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (0-20cm), sont aussi significativement élevées par rapport à celles obtenues sous les sols de la forêt dense de l'ordre 0,05±0,01 cmol(+).kg<sup>-1</sup>(0-20cm).

Les teneurs en Na échangeable du sol ont suivi la même tendance comme pour le potassium, le sol de caféières et de la végétation secondaire de l'ordre de 0,05 ± 0,01 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (0-20cm), sont aussi significativement élevées (p < 05,0) par rapport à celles obtenues sous les sols de la forêt dense de l'ordre 0,03 ± 0,01 cmol(+).kg<sup>-1</sup>(0-20cm).

Une comparaison horizontale de la somme de bases échangeables (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) sous les trois types d'occupation du sol révèle un gradient décroissant des caféières paysannes vers la forêt secondaire et la forêt dense. Les valeurs obtenues sont comprises entre (0,60 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (caféières), 0,59 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (végétation secondaire adjacente) et 0,15 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (forêt dense). D'une façon générale, on constate que les caféières paysannes ont eu un effet bénéfique sur le niveau des nutriments et de ce fait, présente des teneurs relativement plus élevées en bases échangeables du sol par rapport aux deux autres occupations du sol.

S'agissant de la distribution à travers le profil cultural de

la somme des bases échangeables du sol, on constate que les valeurs obtenues diminuent avec la profondeur du sol sous toutes les occupations du sol étudiées. Toutefois, la forêt dense s'est démarquée en mobilisant trop peu de cations par rapport aux deux autres types d'occupation du sol, les teneurs obtenues ont varié entre 0,15 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (0-20cm) à 0,13 cmol(+).kg<sup>-1</sup>(0-60cm).

Concernant la CECeff (tableau 2), les valeurs obtenues sous les trois types d'occupation du sol paraissent faibles. Malgré cela, les valeurs élevées sont obtenues sous les caféières (1,05 cmol(+).kg<sup>-1</sup>), des valeurs intermédiaires sous la forêt secondaire (1,04 cmol(+).kg<sup>-1</sup>) et les plus faibles sous la forêt dense (0,63 cmol(+).kg<sup>-1</sup>). L'intervalle de variation au sein du profil est décroissant 1,05 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (0-20cm) à 0,76 cmol(+).kg<sup>-1</sup> (40 – 60cm) sous caféières et sous végétation secondaire. Alors que sous forêt dense la CECeff augmente avec la profondeur du sol 0,63 à 0,70 cmol(+).kg<sup>-1</sup>.

La contribution de chaque base dans la somme de bases échangeables varie d'une base à une autre, qu'il s'agisse d'un monovalent ou d'un bivalent, d'une occupation du sol à une autre. En effet, sous les caféières paysannes, la contribution des cations bivalents, notamment du calcium échangeable dans la somme de bases échangeables domine sensiblement celles des autres cations. En deuxième position vient la contribution du magnésium échangeable par rapport à celles des monovalents K et Na. Le potassium échangeable prend l'avantage par rapport au sodium échangeable.

La même tendance de contribution dans la somme de bases échangeables est observée sous la végétation secondaire environnante où l'on note la prévalence de calcium et le magnésium par rapport aux autres cations. A l'inverse, sous forêt dense, la contribution des monovalents domine largement celle des bivalents sauf pour le calcium, la contribution du potassium vient en seconde position après le calcium. En effet, la contribution de K dans la somme de bases échangeables domine celles des trois autres bases.

**Tableau 2. Les valeurs moyennes des bases échangeables, la somme (SB) des bases échangeables du sol (cmol(+).kg-1), la CECeff, taux de saturation en bases (%) et la contribution de chaque base dans la somme des bases échangeables (%) des échantillons composites du sol entre 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm de profondeur sous caféière paysanne, forêt secondaire et forêt dense des sites étudiés**

Propriété	Occupation du sol		
	Caféières	Forêt secondaire	Forêt dense
Ca <sup>2+</sup> 0-20cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,01	0,04 ± 0,01
Ca <sup>2+</sup> 20-40cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,13 ± 00	0,13 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Ca <sup>2+</sup> 40-60cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,10 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Mg <sup>2+</sup> 0-20cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,04 ± 0,01
Mg <sup>2+</sup> 20-40cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,10 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,05 ± 0,01
Mg <sup>2+</sup> 40-60cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,05 ± 0,04	0,06 ± 0,04	0,04 ± 0,01
K <sup>+</sup> 0-20cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01
K <sup>+</sup> 20-40cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
K <sup>+</sup> 40-60cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Na <sup>+</sup> 0-20cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Na <sup>+</sup> 20-40cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Na <sup>+</sup> 40-60cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01
SBE 0-20cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,60	0,59	0,15
SBE 20-40cm (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	0,30	0,33	0,15

SBE 40-60cm (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,20	0,24	0,13
CECeff 0-20cm (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	1,05	1,04	0,63
CECeff 20-40cm (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,77	0,78	0,66
CECeff 40-60cm (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,76	0,79	0,70
Taux de saturation en bases (V eff)			
Veff 0-20cm (%)	57,30	56,90	23,40
Veff 20-40cm (%)	39,00	42,10	23,10
Veff 40-60cm (%)	26,60	30,70	18,20
Contribution de chaque base			
Ca <sup>2+</sup> 0-20cm (%)	49,70	50,60	25,00
Ca <sup>2+</sup> 20-40cm (%)	43,30	39,80	41,30
Ca <sup>2+</sup> 40-60cm (%)	47,50	50,70	44,70
Mg <sup>2+</sup> 0-20cm (%)	28,20	29,20	25,00
Mg <sup>2+</sup> 20-40cm (%)	34,40	35,70	30,40
Mg <sup>2+</sup> 40-60cm (%)	23,00	23,30	28,90
K <sup>+</sup> 0-20cm (%)	12,20	11,2	31,8
K <sup>+</sup> 20-40cm (%)	11,10	10,20	17,40
K <sup>+</sup> 40-60cm (%)	13,10	11,00	13,20
Na <sup>+</sup> 0-20cm (%)	8,80	9,00	18,20
Na <sup>+</sup> 20-40cm (%)	11,10	14,30	10,90
Na <sup>+</sup> 40-60cm (%)	16,40	15,10	13,20

En ce qui concerne la somme des cations acides (Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup>), il ressort que les ions acides sont plus concentrés dans le sol sous forêt naturelle à partir de 20 cm de profondeur, les valeurs obtenues ont varié de 0,48 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (0-20cm), 0,51 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (20-40cm) et 0,57 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (40-60 cm) ; pendant que leur prévalence est relativement faible sous caféières paysannes : 0,45-0,47-0,56 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> et sous végétation secondaire 0,45-0,45-0,55 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> dans les trois tranches du sol considérées.

Quant à l'aluminium échangeable, de fortes concentrations ont été enregistrées dans le sol sous forêt naturelle ; les valeurs obtenues ont varié de 0,48 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (0-20cm) à 0,67 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>(40-60cm). Les caféières paysannes et le forêt secondaire ont eu des valeurs très proches : 0,45 à 0,56 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> dans la

même tranche du sol. Dans toutes les occupations du sol et d'un site à l'autre, l'Al<sup>3+</sup> est plus concentré à partir de 20 cm de profondeur.

L'étude a montré que les valeurs moyennes de l'indice de Kamprath IK (%) comme paramètre de contrainte de productivité des sols étudiés sous trois types d'occupation de sol sont (tableau 3) varient largement d'une occupation du sol à l'autre. D'une façon générale les valeurs moyennes enregistrées sous caféières paysannes 18,9% (0-20cm) et la végétation secondaire environnante 19,2% (0-20cm), sont relativement faibles par rapport à la forêt dense 55,9% (0-20cm) ; les valeurs le plus élevées étant enregistrées sous forêt naturelle et ces valeurs augmentent avec la profondeur du sol (55,9 à 69,4%).

**Tableau 3. Les valeurs moyennes de la somme des cations acides (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>), Al<sup>3+</sup> (cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>), le rapport des cations échangeables (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) et l'indice de Kamprath (Ik%) des échantillons composites du sol entre 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm de profondeur sous caféière paysanne, forêt secondaire et forêt dense des sites étudiés.**

Paramètres	Occupation du sol		
	Caféière	Forêt secondaire	Forêt dense
(Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup> ) 0 - 20cm (cmol+.kg-1)	0,45	0,45	0,48
(Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup> ) 20 - 40cm (cmol+.kg-1)	0,47	0,45	0,51
(Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup> ) 40 - 60cm (cmol+.kg-1)	0,56	0,55	0,57
Al <sup>3+</sup> 0 - 20cm (cmol+.kg-1)	0,14	0,14	0,19
Al <sup>3+</sup> 20 - 40cm (cmol+.kg-1)	0,24	0,23	0,34
Al <sup>3+</sup> 40 - 60cm (cmol+.kg-1)	0,23	0,27	0,18
IK 0 - 20cm (%)	18,90	19,20	55,90
IK 20 - 40cm (%)	50,00	41,10	69,40
IK 40 - 60cm (%)	56,50	52,9	58,10
Ca/Mg 0 - 20cm	1,76	1,73	1,00
Ca/K 0- 20cm	4,07	4,52	0,79
Mg/K 0 - 20cm	2,31	2,61	0,79

#### 4. DISCUSSION

L'évaluation des contraintes édaphiques à la culture caféière a fait l'objet de cette étude en Territoire de Basoko dans la Province de la Tshopo. Pour y arriver, la réaction du sol (pH) et quelques caractéristiques du complexe adsorbant notamment les bases échangeables, l'acidité d'échange et l'aluminium échangeable, la capacité d'échange cationique effective, la somme de bases échangeables, le taux de saturation en bases échangeables, la contribution de bases à la somme de base échangeables et l'indice Kamprath ont été déterminées sous la caféière paysanne, la forêt secondaire et la forêt dense prise comme référence.

D'après les chiffres avancés par nombreux auteurs (Smith, 1980 ; Boyer, 1982 ; Appiah et al., 2006 ; Tossah et al., 2006), on peut estimer que le niveau des éléments dans le sol est normal en culture caféière lorsqu'il est compris entre les limites suivantes : pH 5,3 à 6,5 ; CEC 11 à 25 cmol(+).kg-1; Ca 5,0 à 9,9 cmol(+).kg-1; Mg 0,60 à 0,90 cmol(+).kg-1; K 0,30 à 0,59 cmol(+).kg-1 ; SBE 5,8 à 11,4 cmol(+).kg-1 ; taux de Saturation en bases 20 à 60 %. A cette fin, plus les sols sont en bonne santé plus les caféiers sont robustes, c'est pourquoi la gestion durable des sols est fondamentale pour garantir des plantes saines et productives.

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré que les sols sous trois classes d'occupation étudiés sont très acides et les valeurs obtenues du pH (Tableau 1) sont restées nettement inférieures au seuil recommandé pour une bonne culture de caféier qui oscille entre pH 5-6 (Raemaekers, 2001). Le pH très acide des sols étudiés constitue la première contrainte pour la culture caféière dans la zone d'étude car, il s'écarte trop de la fourchette pour les meilleurs sols sous caféier, quand bien même que cette plante peut se développer sur des sols à pH acide (pH 4,5- 6) (Jadin, 1972 ; Smith, 1980 ; Appiah et al., 2006). Par ailleurs, les faibles valeurs du pH obtenues suggèrent d'après Landon (1991), qu'il se produit dans les sols des sites étudiés de nombreux phénomènes néfastes à la croissance caféière comme la diminution de la nitrification, la déficience en phosphore, la toxicité aluminique et manganique et la grande disponibilité de certains métaux lourds.

Les valeurs extrêmes de pH acides (<4,5) obtenues au cours de cette étude sont associées à des concentrations minimales de CECE par rapport aux valeurs guides signalées par Landon (1991),  $\leq 4$  cmol(+).kg-1 pour les sols tropicaux et pour le développement optimal du caféier qui doit être minimum de 12 cmol(+).kg-1 (Smith, 1980). En conséquence, les sols sous les trois différentes occupations ont une capacité limitée de rétention en éléments nutritifs particulièrement les cations (Sadio, 2007 ; Alongo, 2013). Les faibles valeurs de CECE sont en outre liées à la minéralogie de ces sols dont la fraction fine est principalement dominée par la Kaolinite avec les oxyhydroxydes de fer et d'Al. En ce sens, les sols sous caféière paysanne de Basoko tout comme ceux de deux

autres occupations sont moyennement et fortement désaturés en surface (tableau 2).

Les valeurs significativement élevées de Ca échangeables obtenues sous caféière paysanne tout comme sous forêt secondaire (Tableau 1) par rapport à la forêt dense sont néanmoins, inférieures à 1,0 cmol(+).kg-1, valeur limite supérieure des teneurs très faibles en Ca échangeable. Cela peut de nouveau s'expliquer par des faibles valeurs de CECE obtenues et la réaction du sol (pH < 4,5). De même, Pour le Mg échangeable les valeurs trouvées sont également très faibles, < 0,5 cmol(+).kg-1 qui est la teneur seuil en déficience pour les sols tropicaux (Holland et Rye, 1998, Alongo, 2013). Les teneurs en K échangeables bien que relativement élevées sous caféière paysanne en surface par rapport à deux occupations adjacentes du sol sont, de très loin plus petite que la valeur 0,2 considérée comme seuil de déficience en K pour les sols tropicaux (Landon, 1991).

Concernant le rapport Ca/Mg, les valeurs pour toutes les trois occupations du sol sont < 3, traduisant d'après Landon (op cit) une inhibition possible de phosphore et une déficience en Ca dans le sol. En outre, les valeurs de rapport Ca/K sont en deçà de 6 et 12 signalés par Boyer (1982) comme un bon équilibre pour ces deux cations dans les sols tropicaux. Par ailleurs, les faibles valeurs du rapport Mg/K obtenus dans les trois occupations du sol n'interprètent pas forcément une déficience constatée en Mg, mais indique au contraire les faibles teneurs en ces deux éléments dans le sol étudié. Boyer (op cit) estime que les sols moyennement ou fortement désaturés sont beaucoup représentés en zones tropicales, soit avec des taux de saturations se situant entre 20 et 60 %. Cet auteur conclue que, dans ces sols, la somme des bases échangeables doit se situer entre 2 et 6 (cmol (+).kg-1). Les résultats de cette étude indiquent partout des valeurs de somme de bases échangeables du sol inférieures à 1 cmol (+).kg-1. De plus, les taux de saturation en bases partout inférieur à 60 % trouvés dans cette étude est un facteur de déséquilibre nutritionnel pour les caféiers et cacaoyers (Smith, 1980).

L'absence des différences significatives entre les sols sous les trois types d'occupation par rapport à leurs concentrations en Aluminium échangeable confirme davantage que les sols étudiés ont une même origine géochimique. Les valeurs de l'indice de Kamprath (IK) obtenues dans cette étude qui varient 18,9 – 69,4% s'inscrivent dans l'intervalle définie par Boyer (op cit), intervalle permettant le développement d'une large gamme des cultures tropicales moyennant des interventions sur l'acidité aluminique notamment l'utilisation de la matière organique pour immobiliser l'aluminium du sol et le maintien de la couverture végétale dominée par les légumineuses dans le cas des cultures pérennes.

#### 5. CONCLUSION

Cette étude a permis grâce à l'évaluation des indicateurs de la fertilité chimique du sol de caractériser quelques

contraintes édaphiques à la culture caféière dans territoire de Basoko. Les résultats obtenus ont montré que l'acidité très élevée des sols étudiés (le pH partout inférieur à 4,5) constitue la principale contrainte majeure au bon développement de la culture du caféier en territoire de Basoko. L'étude a en outre révélé le statut médiocre en cations basiques comme la seconde contrainte à la culture caféière durable. Les sols des sites étudiés sont moyennement désaturés sous caféière paysanne et forêt secondaire dans la tranche 0-20 cm et fortement désaturés dans le reste des tranches étudiées sous trois types d'occupation, avec des taux de saturations se situant entre 20-60 % dans la tranche 0-20 cm et 17-43 % dans les tranches 20-40 et 40-60 cm de profondeur ; dans ces sols, la somme des bases échangeables se situe entre 0,13 et 0,60 (cmol (+).kg-1). L'étude a de ce fait mis en évidence un déséquilibre entre les trois cations basiques les plus importants en agriculture à savoir le Ca, Mg, K. Néanmoins, l'indice de Kamprath calculé indique que les sols étudiés offrent une limitation culturale faible au caféier. Il est donc possible de promouvoir cette culture en agissant sur l'acidité par augmentation des niveaux des bases échangeables.

### Remerciements

Les auteurs voudraient exprimer leurs gratitude à Messieurs Prosper ALUA – qui a joué un rôle très important lors de la collecte des échantillons de sol - et Paul LISOMA – laborantin au département de sciences du sol à l'Institut Facultaire des sciences Agronomiques de Yangambi – pour sa parfaite contribution aux analyses des échantillons de sol issus de cette étude.

### REFERENCES

- Alongo L.S, 2013. Etude micro climatique et pédologique de l'effet de lisière en cuvette central congolaise impact écologique de la fragmentation des Ecosystèmes cas des séries Yangambi et Yakonde dans la région de Yangambi (RD. Congo). Thèse Doctorale, Faculté des Sciences, Ecole inter facultaire de Bio ingénieurs service d'écologie du paysage et système de Production végétale. Université libre de Bruxelles, Belgique, 344p.
- Alongo S, Visser M, Drouet T, Kombele F, Colinet G, 2013 : Effet de la fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur la dégradation de quelques propriétés physiques d'un ferralsol échantillonné à Yangambi, *Tropicultura*, pp 36-43
- Anonyme, 2006 : Rapport annuel de la territoriale du secteur des Mobango-Itimbiri, District de la Tshopo, exercice 2006, 31p.
- Anonyme, 2010 : La voix du Congo profond, magazine d'un Congo rural en marche, N°3, Centre Agronomique et Vétérinaire Tropical de Kinshasa, pp 40-42
- Appiah M. R., K. Ofori-Frimpong, A. A. Afrifa, M. K.

Abekoe and D. Snoeck. 2006. Improvement of soil fertility management in cocoa plantations in Ghana. FSP

- Regional Cacao scientific and technical final report. CRIG (Cocoa Research Institute of Ghana), Ghana, 22 p.
- Autrique A. et Perreaux D, 1989. Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique centrale. Institut des Sciences Agronomiques du Burundi, Bujumbura (Burundi). Div. de la Défense des Végétaux, 232p.
- Baize D., 2000 : Guide des analyses en pédologie, Techniques et Pratiques, INRA, Paris, 257p.
- Bernard (E), 1945 : Le climat écologique de la cuvette équatoriale congolaise. Publication de l'INEAC, hors-série, Bruxelles, 240p.
- Boyer J., 1982. Les sols ferrallitiques : facteurs de fertilité et utilisation des sols. Paris ORSTOM édit. Tome X, 3e trimestre, 384p.
- Cottenie A., Verloo M., Kiekens L., Velghe G & Gemberlynck R., 1982. Chemical Analysis of plant & Soils, Ghent University, Belgium, pp.40-42.
- DSCRIP, 2006 : Document de Stratégie de Croissance et Réduction de la Pauvreté de la RD Congo. Ministère de plan, Kinshasa.
- ICC, 2014 : Le commerce mondial du café (1963-2013) Étude des marchés, des défis et des possibilités du secteur. 112ème session 3 – 7 mars 2014 Londres, Royaume-Uni.
- Holland H. et Rye R, 1998. Paleosols and the evolution of atmospheric oxygen; a critical review- *American Journal of Science*, pp 621-672.
- Jadin P. 1972. Etude de la fertilisation minérale des cacaoyers en Côte d'Ivoire à partir du diagnostic "sol". *Trinidad : Intern. Cacao. Res. Conf. St. Augustine*, 8-18 jan., pp 204-218.
- Landon J.R., 1991. *Booker tropical soil manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*. Oxon, UK: Booker Tate Limited; Harlow, Essex, UK: Longman.
- Makumbelo E, Luyindula N, Lukoki L, Sj Paulus JJ, 2005. Apport des arbres fruitiers à la sécurité alimentaire en milieu urbain tropical : cas de la commune de Limete- Kinshasa, République Démocratique du Congo, pp 245-252.
- 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), 256p.
- Reamaekers, RH., 2001 : Agriculture en Afrique tropicale, Direction Générale de la coopération internationale Ministère des affaires étrangères, du commerce extérieur et de la coopération internationale, Bruxelles, Belgique
- Sadio S, 2007. Techniques de conservation des sols et de gestion intégrée de la fertilité en appui au programme de sécurité alimentaire, guide pratique de terrain, FAO, 96p.
- Smith A. J. 1980. Soils classification and the cocoa grower. *Cocoa Growers' Bull.* 30(5)
- Talla, J., 1977 : Bulletin d'information de l'INERA N°3, République du Zaïre
- Tossah B. K., T. Koudjega et D. Snoeck. 2006. Amélioration de la gestion de la fertilité des sols dans les plantations de cacaoyers au Togo. Rapport final scientifique et technique du FSP Régional Cacao. ITRA/CRAF, Togo.
- Wegbe K, 2004. Contribution à la gestion agroécologique des scolytes *hypothemus hampey ferr.* (coleoptera : scolytidae) dans les caféières au Togo. Université de Toulouse III. Thèse de doctorat : Entomologie : Université Paul Sabatier, 148p.