



Research Paper

## Etat comparatif du sol sous une cacaoyère (*théobroma cacao* L.) et une palmeraie (*Elaeis guineensis* jacq.) du village Alibuku, au Nord-Est de Kisangani en RDCongo.

Hubert WAKALEWAE GEFEU<sup>1</sup>, Bienvenu CITO MULEMANGABO<sup>2</sup>,  
Sylvain SOLIA EDONDOTO<sup>3</sup>, Ferdinard KOMBELE BISHOSHA<sup>4</sup>, Bienvenu  
MOKIL<sup>5</sup>, Michel LOKONDA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Département de Sol et Eau, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi. <sup>2</sup> Département de Chimie et Industries Agricoles, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi.

<sup>3</sup> Département de Sol et Eau, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi.

<sup>4</sup> Département de Sol et Eau, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi.

<sup>5</sup> Département d'Economie agricole, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi.

<sup>6</sup> Département de Sol et Eau, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi.

Received 26 Dec., 2025; Revised 04 Jan., 2026; Accepted 06 Jan., 2026 © The author(s) 2026.

Published with open access at [www.questjournas.org](http://www.questjournas.org)

### I. INTRODUCTION

#### 0.1. Contexte

L'agriculture des pays d'Afrique Subsaharienne est généralement caractérisée par une faible productivité des plantes cultivées. Cette faible production des cultures est due à la pauvreté naturelle des sols en éléments nutritifs mais aussi, à la faible utilisation des intrants et à la trop grande présence des variétés traditionnelles peu performantes, sensibles aux maladies et aux conditions climatiques défavorables ( Bado, 2002 ; N'zué *et al.* 2004).

Palmier à l'huile est l'un des produits alimentaires indispensable pour les êtres vivant, sa production ne suit pas une allure croissante pour des différentes raisons, notamment d'ordre technique, économique et variable éco-climatique.

Pour ce qui est de raisons éco-climatique l'adéquation de réaction de palmier à l'huile révèle l'importance relative de ces différentes variables (calcul des accroissements aux différents variable éco climatiques et à partir des résultats de cette analyse proposer une nouvelle orientation de la recherche sur le palmier à l'huile (Mémento de l'agronome, 1980).

Au cours de son cycle productif environs 25 ans un palmier peut produire annuellement :

- Plus de 5 tonnes de régimes et 1300 Kg d'huile sans conditions optimal (bonne pratique agronomique, absence d'attaque grave des maladies ou des ravageurs, le sol de bonne qualité et climatiques non limitante,
- 1700 kg de régimes et 400 Kg de l'huile sur un sol de qualité intermédiaire et avec pluviométrie limitante (500 m de déficit hydrique) ([www.palmelit.com](http://www.palmelit.com)).

En ce qui concerne le cacaoyer, sa culture a pour conséquence d'augmenter aussi une extension des superficies pour la production (Bado, 2002). Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) dont les exigences culturales correspondent aux conditions édaphiques et climatiques de la zone intertropicale n'échappe pas à cette réalité bien que cette culture peut s'adapter à une grande diversité de milieux biophysiques, de types de sols et de climats (Freud *et al.* 2000 ; Deheuvels, 2011 ; Jagoret, 2011).

Le cacaoyer au cours de son cycle productif donne environs 20 ans voici le rendement en t/ha/an en moyenne : 4147,8 Kg/ha/an en 1953 ; 4032 Kg/ha/an en 1954 ; 6406,25 Kg/ha/an en 1958 ; 8541,66 Kg/ha/an en 1959 et 5139 Kg/ha/an 1970.

L'ex-province de Léopoldville actuellement Kinshasa correspond aux actuelles régions du Bas-Congo et du Bandundu estimé à partir des rapports annuels du département de l'Agriculture et du recensement mondial de l'agriculture (1970) et (Bulletin de Statistique générale. 1959).

Les valeurs ci-dessus sont établies pour une durée de 20 ans culture pérennes, dans ce constat nous ne pouvons que recommander une intensification de la culture de palmier à l'huile et de Cacaoyer dans notre pays ; car, c'est un instrument excellent de développement des populations congolais.

Dans ces conditions, l'augmentation de la productivité de palmier à l'huile et du cacaoyer avec la préservation du massif forestier constitue un défi majeur en perspective pour lever le problème de la dégradation de l'environnement. La communauté scientifique réfléchit alors sur des pratiques agricoles durables, économes en intrants et permettant d'accroître significativement le rendement du palmier à l'huile et du cacaoyer.

De nombreuses recherches ont fait l'inventaire floristique des espèces locales ou exotiques en association avec les cacaoyers améliorant leur productivité (Adou et al. 2016 ; Kpangui, 2011 ; Vaast et Somarriba, 2011 ; Deheuvels et al., 2012 ; Somarriba et Beer, 2011 ; Sonwa et al., 2001).

## **II. Problématique**

La comparaison de la rémunération de Réal Brésilien de la main d'œuvre selon ses caractéristiques et selon la culture de palmier à huile en Amazonie, permet aux gens d'installer la plantation des palmiers à l'huile qui sont aujourd'hui principalement cultivés dans les différents continents du monde entre en Africain, mais le continent Américain prends plus en plus d'importance (Cirad., 2017).

Le problème de palmier à l'huile est très crucial en Afrique tropicale, étant donné la concurrence vivrière et palmeraie, et dont l'ensemble de l'Afrique tropicale permettrait une utilisation rationnelle de cette culture.

Les paysans ne font pas des plantations systématiques et se contentent des protéger les plans spontanés issus des graines tombées, les jeunes sujets sont sévèrement élagués au moment de défrichement vivriers pour quelque ombre ne gêne pas les plantes cultivées (Gosselin., 1970).

Cette situation est la conséquence de l'avènement de la politique de développement agricole en R.D. Congo qui a réduit considérablement le couvert forestier congolais de 16 millions d'hectares à l'indépendance à moins de 2 millions d'hectares de nos jours. La création des plantations de cacaoyers en RD Congo depuis la Zaïrianisation est caractérisée par la théorie de "rente-forêt" décrite par Léna (1979) et Ruf (1988) qui privilégie le modèle extensif sur fronts pionniers (sans ombrage) ou "culture plein soleil" (Cissé, 2013 ; Sanial, 2014).

L'étude s'est réalisée aux environs du village ALIBUKU situé à Bawi sur l'axe routier Kisangani-Buta, Province de la Tshopo en République Démocratique du Congo. A partir du village Bawi comme point de référence jusqu'au site de prélèvement des échantillons fait 24 kilomètres où l'expansion de certaines cultures pérennes telles que palmier à huile et cacaoyer ont contribué à la transformation de la forêt en plantation et ont déséquilibré des écosystèmes naturels. C'est pour cette raison nous avons préférés de mener une étude comparative entre les paramètres chimiques (notamment pH à l'eau et au KCl, teneur en carbone, azote, valeur de C/N, teneur en phosphore disponible) et physique (notamment la granulométrie) du sol sous les plantations de ces deux cultures pérennes et la forêt dense considérée comme témoins.

## **1. MILIEU, MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL**

### **1.1. Milieu d'étude**

#### **1.1.1. Localisation**

L'étude a été réalisée aux environs du village ALIBUKU situé à Bawi sur l'axe routier Kisangani-Buta, Province de la Tshopo en République Démocratique du Congo. A partir de BAWI comme point de référence, jusqu'au site de prélèvement des échantillons fait 24 kilomètres au village ALIBUKU. Les Coordonnées géographiques du site d'étude prises via GPS GARMIN 60 CSX.

Une image extrait de carte du milieu d'étude est illustrée par la figure 1, ci-dessous.

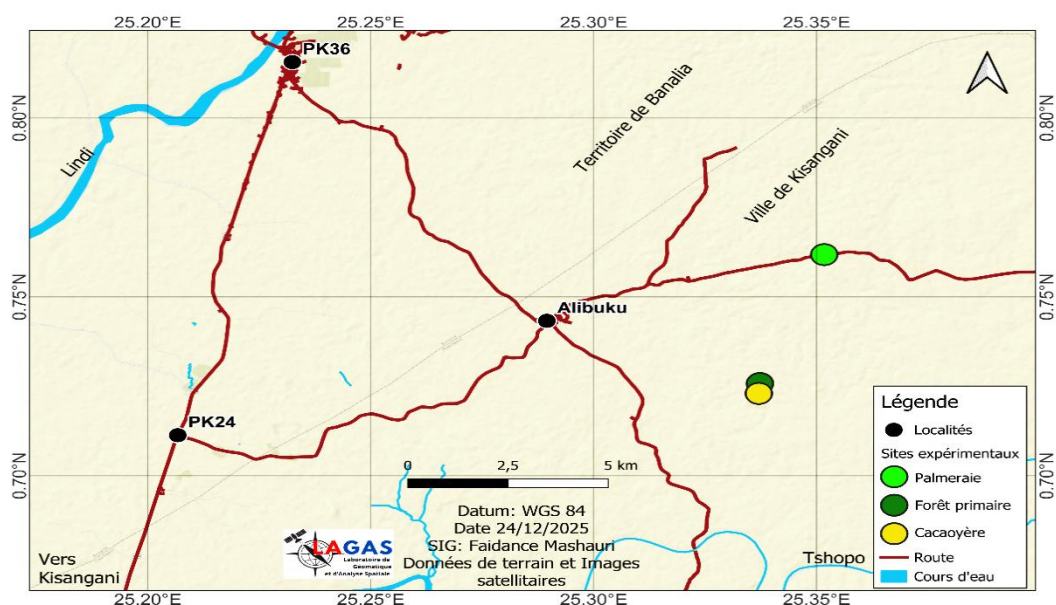


Figure 1. Image extrait de carte de la région du village ALIBUKU et sites d'étude (Source : Google Earth, 2024).

Les coordonnées géographiques des sites d'étude prélevées via le GPS 60CSX sont consignées dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU1. COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES SITES D'ÉTUDE.

**COORDONNEE GEOGRAPHIQUE SOUS CACOYER**

| LATITUDE | LATITUDE NORD |         |         | LONGITUDE | LONGITUDE EST |         |         | ALTITUDE |
|----------|---------------|---------|---------|-----------|---------------|---------|---------|----------|
|          | Degré         | Minutes | Seconde |           | Degré         | Minutes | Seconde |          |
| 0.725782 | 0             | 43      | 32      | 25.337282 | 25            | 20      | 14      | 451m     |

**COORDONNEE GEOGRAPHIQUE SOUS PALMERAIE**

| LATITUDE | LATITUDE NORD |         |         | LONGITUDE | LONGITUDE EST |         |         | ALTITUDE |
|----------|---------------|---------|---------|-----------|---------------|---------|---------|----------|
|          | Degré         | Minutes | Seconde |           | Degré         | Minutes | Seconde |          |
| 0.761813 | 0             | 45      | 52      | 25.351713 | 25            | 21      | 61      | 410m     |

**VILLAGE ALIBUKU CENTRE**  
**LES COORDONNEES GEOGRAPHIQUES**

| LATITUDE | LATITUDE NORD |         |          | LONGITUDE | LONGITUDE EST |         |         | ALTITUDE |
|----------|---------------|---------|----------|-----------|---------------|---------|---------|----------|
|          | Degré         | Minutes | Seconde  |           | Degré         | Minutes | Seconde |          |
| 0.743614 | 0             | 44      | 37.00788 | 25.292454 | 25            | 17      | 32.835  | 444m     |

Le choix de ces sites pour la réalisation de cette recherche a été motivé par la présence des cultures pérennes qui

**COORDONNEE GEOGRAPHIQUE SOUS FOERT PRIMAIRE**

| LATITUDE | LATITUDE NORD |         |         | LONGITUDE | LONGITUDE EST |         |         | ALTITUDE |
|----------|---------------|---------|---------|-----------|---------------|---------|---------|----------|
|          | Degré         | Minutes | Seconde |           | Degré         | Minutes | Seconde |          |
| 0.724832 | 0             | 43      | 29      | 25.337035 | 25            | 20      | 13      | 451m     |

font l'objet de la recherche et les conditions faciles pour arriver aux plantations de ces deux cultures.

## 1.2. Matériel

### 1.2.1. Matériels de terrain et de laboratoire

Le matériel ayant servi dans ce travail peut être reparti en deux groupes : le matériel de terrain et le matériel de laboratoire.

Le matériel technique de terrain était constitué de GPS pour la prise des coordonnées géographiques ; une machette, pour ouvrir les endroits à prélever les échantillons et un cahier, pour enregistrer les données.

Quant au matériel de laboratoire constitué de la verrerie et des appareils du laboratoire par exemple ; béciers ; barres de verre ; pissettes ; balances analytiques ; les plaques chauffantes ; etc., on a servi aux analyses des échantillons pédologiques prélevés.

## 1.3. Méthodes de travail

### 1.3.1. Dispositif expérimental

Notre dispositif expérimental nous a servi à creuser les fosses pédologiques et prélever des échantillons ponctuels et non ponctuels pour les analyses physico-chimiques (figure 2).

Les sites de prélèvement des échantillons pédologique étaient sous :

- une plantation de cacaoyère ;
- une plantation de palmier à l'huile et ;
- une forêt dense prise comme référence.

Avec une méthode de split plot à 2 facteurs (occupations des sols et tranches des sols prélevées) ayant une superficie de 1 ha ou 10 000 m<sup>2</sup>.

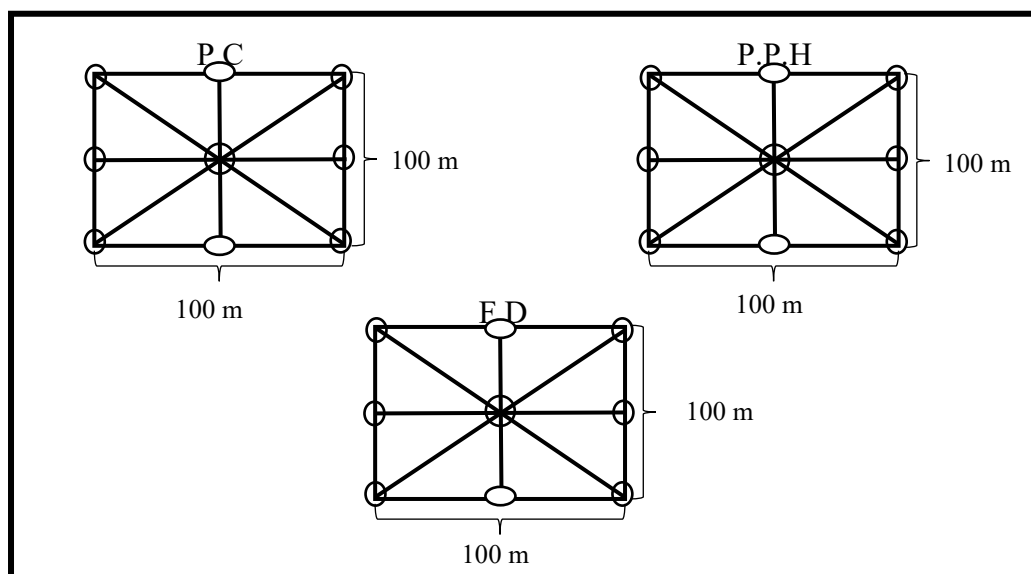


Figure 2. Dispositif expérimental de sites d'étude.

Légende : PC : Plantation cacaoyère ; P.P.H : Plantation Palmier à Huile ; F.D : Forêt dense ;

- ○ : Fosse pédologique et □ : Superficie = 10.000 m<sup>2</sup>.

### **1.3.2. Prélèvement des échantillons du sol et leur conditionnement**

Les prélèvements des échantillons des sols ont été faits suivant une disposition en diagonales et médianes dans les trois différentes occupations du sol (palmier à huile, cacaoyer et la forêt dense considérée comme une référence) pour permettre une bonne représentativité des échantillons sur toute l'étendue des portions des terres. Pour y arriver, les échantillons des sols ont été prélevés par occupation, 27 échantillons composites des sols par site ont été prélevés dans les tranches de 0-20 cm, de 20-40 cm et 40-60 cm de profondeur pour les analyses chimiques du sol suivant les systèmes de zones d'enracinement.

### **1.4. Méthodes d'analyse du sol au laboratoire**

Au laboratoire de sol et eau de l'IFA-Yangambi à Kisangani, les échantillons ont été conditionnés une fois de plus à un émottage et tamisage au tamis de 2 mm pour obtenir la terre fine. Les échantillons ont été amenés puis analysés pour la détermination de certains paramètres chimiques qui donneront l'idée sur l'état actuel de la fertilité chimique des sols, sous les différentes variations spatiales du sol pour leur bonne gestion.

#### **1.4.3. Matière organique totale du sol (M.O.S et C.O.T.)**

Le dosage de la matière organique du sol (M.O.S.) est réalisé à partir de l'un de ses constituants. Pour notre travail, ce dosage a été fait à partir du carbone organique total (C.O.T.). La M.O.S contient en moyenne 58 % de C.O.T., c'est-à-dire  $\% \text{ C.O.T.} \times 1,724 = \% \text{ M.O.S}$  La détermination du C.O.T. s'est faite par la méthode Springer-Klee modifiée (Hanotiaux *et al.*, 1975). L'oxydation du C.O.T. a été réalisée avec le bichromate de potassium 1N à chaud en présence de l'acide sulfurique 96 % ; le titrage de l'excès de bichromate par le sel de Mohr ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  0,1N avec la diphénylamine comme indicateur ; le résultat étant obtenu par différence à un témoin.

#### **1.4.4. Azote total du sol (%)**

Le dosage de l'azote total (Nt) se fait en trois étapes : la minéralisation, la distillation et la titration du distillat. L'acide sulfurique détruit, par son action oxydante, la matière organique et libère l'azote sous forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui est fixé sous forme de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  et  $(\text{NH}_4) \text{HSO}_4$ . La minéralisation est accélérée par l'emploi du mélange "sélénium +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ " comme catalyseur et par l'augmentation de la température. La minéralisation se fait dans le "Digestor" et la distillation dans le "Distillation Unit" par entraînement à la vapeur de l'azote sous forme de  $\text{NH}_3$  après alcalinisation de l'extrait minéralisé avec la soude caustique 30 %. Le distillat est piégé dans l'acide borique 4 % et ensuite titré sous agitation avec l'acide chlorhydrique 0,01N (Juo, 1981 ; Pauwels *et al.* 1992).

#### **1.4.5. Phosphore assimilable ( $\mu\text{g/g}$ )**

Pour la détermination du phosphore disponible, la méthode adoptée est celle proposée par la méthode Bray 1 (Bray et Kurtz, 1954) dont le principe est le suivant : les orthophosphores forment avec les molybdates en milieu acide des sels solubles, le complexe qui se forme est réduit par le molybdène. Il se forme un complexe soluble de couleur bleue. L'intensité de la couleur de la solution est proportionnelle à la quantité de phosphore présent mesurée au spectrophotomètre à 650 nm (Juo, 1981 ; Pauwels *et al.* 1992).

### **1.5. Analyses statistiques**

L'effet de l'occupation du sol sur l'ensemble des paramètres pédologiques a été testé par le test d'analyse de variance (ANOVA) (Anderson *et al.*, 1999), afin de comparer les moyennes des variables édaphiques entre les différentes formations végétales (forêt dense, sous cacaoyer et palmier à l'huile). Le test post-hoc de Tukey HSD, *Honest Significant Differences* a été utilisé pour réaliser des comparaisons multiples de moyennes.

Pour chaque variable édaphique présentée ci-dessus, nous avons commencé par vérifier la normalité des résidus avec le test de Breusch-Pagan d'hétéroscédasticité (Bar-Hen, 2001). 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. Lorsque la distribution était anormale, les données ont été transformées (i.e.  $\log_{10}$ ) puis nous avons vérifié à nouveau la normalité des résidus des données transformées, pour respecter les conditions de normalité et d'homogénéité de la variance requises pour utiliser ces tests paramétriques. Si à contrario, la normalité n'était toujours pas obtenue, nous avons finalement opté pour des tests de Kruskal-Wallis. Lorsque les différences étaient significatives ( $p < 0,05$ ), nous avons effectué le test post hoc de Wilcoxon pour comparer les moyennes deux à deux entre les différentes occupations (forêt dense, sous cacaoyer et palmier à l'huile) du sol, en fonction des couches. Les analyses statistiques ont été réalisées grâce aux logiciels STATISTICA version 10 et R version 4.4.1.

## **2. PRESENTATION DES RESULTATS**

Les résultats obtenus après analyse de nos échantillons de sol sont présentés dans les lignes ci-après :

Figure 9. Valeurs moyennes et écarts-types en carbone organique du sol(COT) sous la forêt dense (FD) et les deux plantations (cacaoyère et palmeraie) aux environs du village Alibuku à Kisangani, RD Congo.

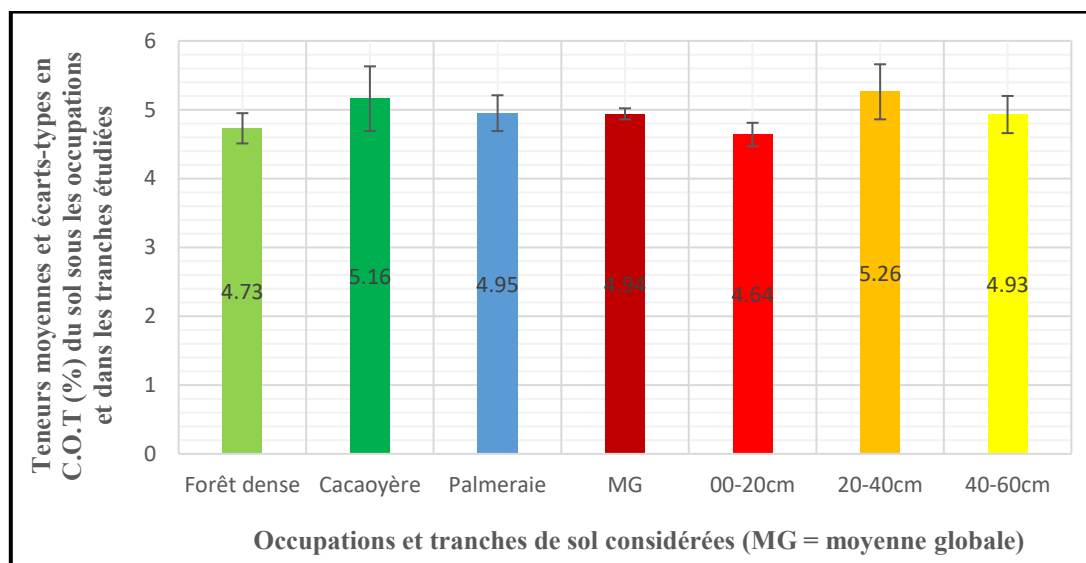


Figure 11. Variations des teneurs moyennes et écarts-types en C.O.T (%) du sol sous les occupations et dans les tranches considérées

En fonction des occupations de sol étudiées, les teneurs moyennes et écart-types carbone du sol varient de  $4,73 \pm 0,22$  (FD) à  $5,16 \pm 0,47$  (PC) ; ceci montre d'emblée qu'il y a eu une accumulation en matière organique sous la PPH par rapport aux forêts dense et cacaoyère. (Tableau 10). Par ailleurs, les teneurs moyennes en carbone du sol restent homogènes ( $\%CV < 30$ ) sous la FD, PC et PPH.

Les résultats de l'ANOVA à deux facteurs montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les couvertures végétales étudiées et les tranches des sols aux environs de village Alibuku au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ) pour la teneur carbone du sol.

## 2.6. Azote organique total du sol (Nt)

Les teneurs moyennes et leurs écarts-types en azote organique total du sol sous les trois occupations de sol étudiées sont consignés dans le Figure 10 ci-après. Les teneurs moyennes et écart-types en azote du sol en fonction des occupations et tranches de sol considérées.

Figure 10. Teneurs moyennes et écarts-types en azote organique total du sol sous la forêt dense (FD) et les deux plantations (cacaoyère et palmeraie) aux environs du village Alibuku.

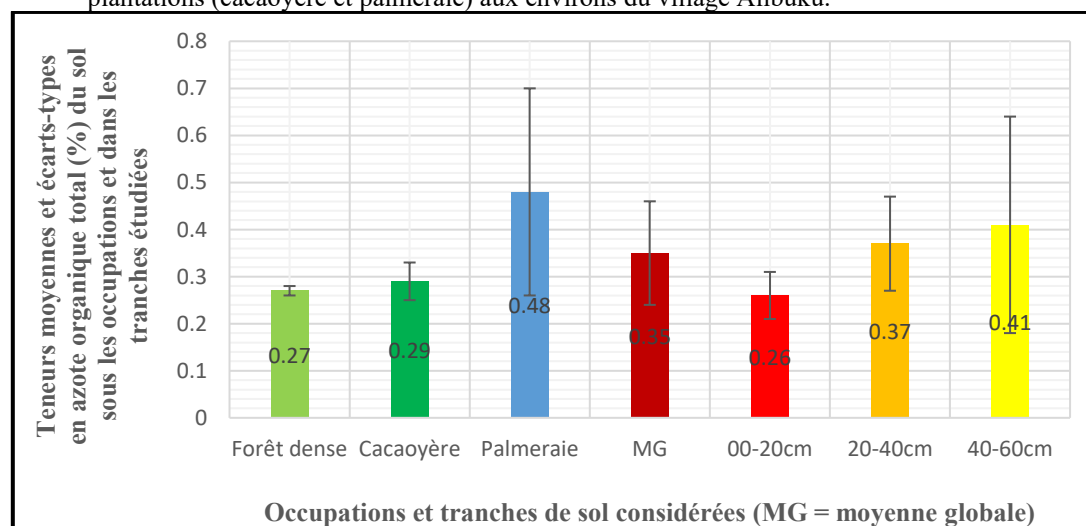


Figure 10. Variations des teneurs moyennes et écarts-types en azote organique total (%) du sol sous les occupations et dans les tranches considérées

En fonction des occupations de sol étudiées, les teneurs moyennes et écart-types en azote total du sol varient de  $0,27 \pm 0,01\%$  (FD) à  $0,48 \pm 0,22$  (PPH) ; ceci montre d'emblée qu'il y a eu une minéralisation en matière

organique sous la FD par rapport aux cacaoyères et (PPH). (FigureT 10). Par ailleurs, les teneurs moyennes en azote total du sol restent homogènes (%CV < 30) sous la FD, PC et PPH est hétérogène.

Les résultats de l'ANOVA à deux facteurs montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les couvertures végétales étudiées et les tranches des sols aux environs de village Alibuku au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ) pour la teneur en azote.

## 2.7. Rapport C/N du sol

Les valeurs moyennes et leurs écarts-types de rapport C/N du sol sous les trois occupations de sol étudiées sont consignés dans le tableau ci-après. Les valeurs moyennes et écart-types de rapport C/N du sol en fonction des occupations et tranches de sol considérées sont illustrées par le Figure 11.

Figure 11. Valeurs moyennes et écarts-types en de rapport C/N du sol sous la forêt dense (FD) et les deux plantations (cacaoyère et palmeraie) aux environs du village Alibuku.

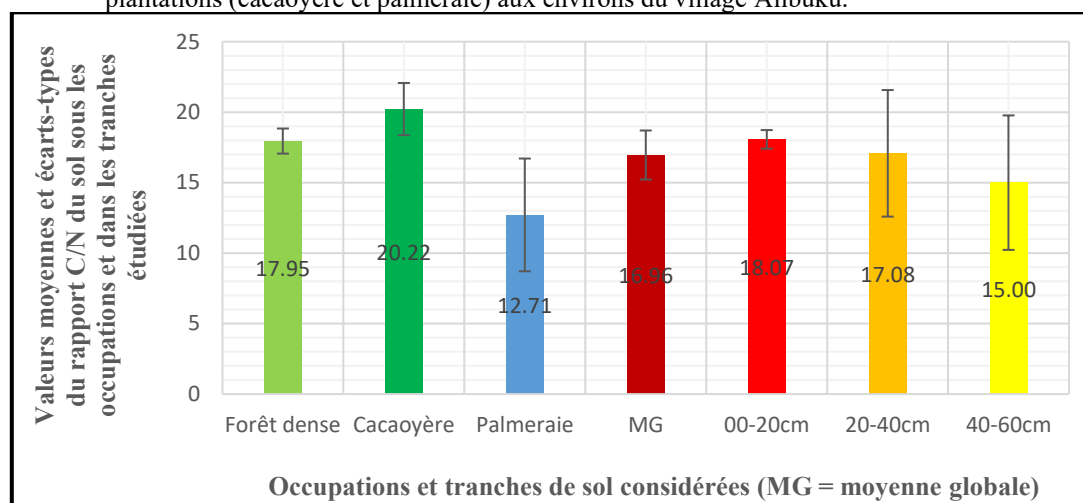


Figure 12. Variations des valeurs moyennes et écarts-types du rapport C/N du sol sous les occupations et dans les tranches considérées

En fonction des occupations de sol étudiées, les teneurs moyennes et écart-types en azote total du sol varient de  $12,71 \pm 4,23\%$  (PPH) à  $20,22 \pm 1,85$  PC ; ceci montre d'emblée qu'il a y eu une minéralisation en matière organique rapide sous la PPH par rapport à la cacaoyère et (FD). Et en plus présente un état d'équilibre (Tableau 12). Par ailleurs, les valeurs moyennes en rapport C/N du sol restent homogènes (%CV < 30) sous la FD, PC sauf (PPH).

Les résultats de l'ANOVA à deux facteurs montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les couvertures végétales étudiées et les tranches des sols aux environs de village Alibuku au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ) pour la valeur de C/N.

## 2.8. Phosphore du sol

Les teneurs moyennes et leurs écarts-types en phosphore assimilable du sol sous les trois occupations de sol étudiées sont consignés dans le tableau 13 ci-après. Les teneurs moyennes en phosphore du sol en fonction des occupations et tranches des sols considérés sont illustrées par le figure 12.

Figure 12. Teneurs moyennes et écarts-types en phosphore disponible du sol sous la forêt dense (FD) et les deux plantations (cacaoyère et palmeraie) aux environs du village Alibuku.

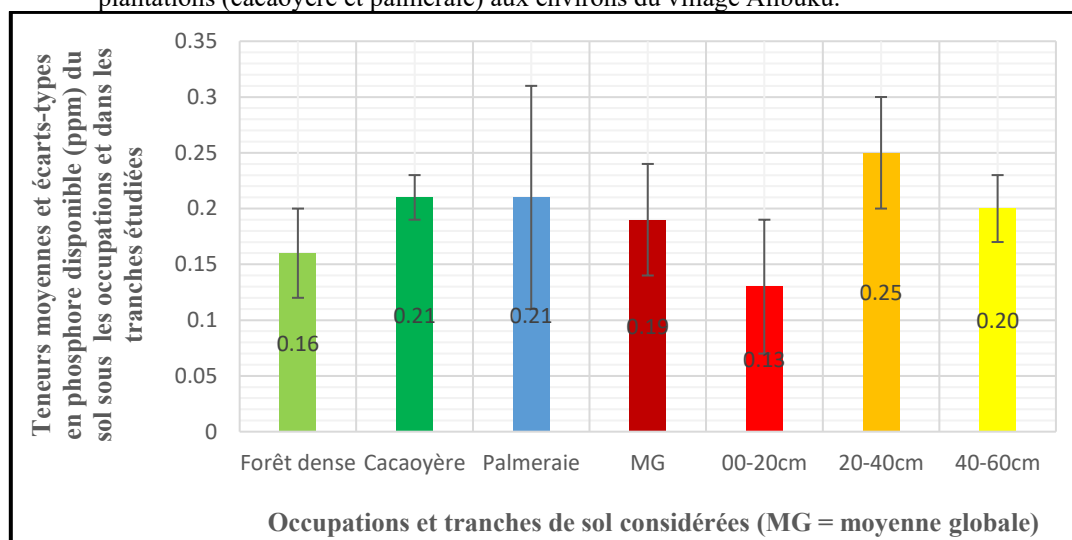


Figure 12. Variations des teneurs moyennes et écarts-types de phosphore assimilable (ppm) du sol sous les occupations et dans les tranches de sol considérées

En fonction des occupations de sol étudiées, les teneurs moyennes et écart-types en phosphore disponible du sol varient de  $0,16 \pm 0,04$  ppm (FD) à  $0,21 \pm 0,10$  ppm (PPH) ; ceci montre d'emblée qu'il y a eu une forte pouvoir fixatrice sous la (FD) par rapport au (PPH) et (PC). (Tableau 11). Par ailleurs, les teneurs moyennes en phosphore disponible du sol restent homogènes (%CV < 30) sous la FD, PC sauf (PPH). Ceci montre encore que les teneurs moyennes en phosphore disponible du sol varient en dent de scie similaire en fonction de la profondeur, mais semblent augmenter globalement en surface. Les occupations montrent une homogénéité des valeurs moyennes en phosphore disponible du sol (%CV < 30) sauf dans les occupations de palmier à l'huile. Les résultats de l'ANOVA à deux facteurs montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les couvertures végétales étudiées et les tranches des sols aux environs de village Alibuku au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ) pour la teneur en phosphore disponible du sol.

### III. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les échantillons du sol sont prélevés sous trois tranches respectivement de 0-20, 20-40 ; 40-60 ; cm de profondeur et dans trois occupations (sous palmier à huile, sous forêt dense et sous Cacaoyer) pour les analyses du sol, dans le dispositif expérimental sous les trois différentes occupations étudiées

#### 3.1. Carbone organique total (COT) du sol

De l'analyse de ce tableau, il ressort que la teneur en carbone organique total du sol varie de 4,39 à 5,06 % sous forêt dense, de 4,73 à 5,86 % sous cacaoyère et de 4,65 à 5,33 % sous palmier à l'huile. Ce qui donne une moyenne de  $4,73 \pm 0,22$  % sous forêt dense de  $5,16 \pm 0,47$  % sous cacaoyère et de  $4,95 \pm 0,26$  % sous palmier à l'huile. Ces valeurs moyennes nous révèlent que la teneur en azote organiques du sol est relativement élevée sous cacaoyère, suivi de palmier à l'huile et de forêt dense. En effet, Aholoukpè et al (2016) ont trouvé pour le palmier à huile une teneur moyenne en carbone organique de  $3,68 \pm 1,14$  % et  $10,12 \pm 9,04$  % ; quant à lui, a trouvé une teneur moyenne en carbone organique de  $2,59 \pm 0,13$  % pour la cacaoyère et, enfin, Kombele (2004) a obtenu des teneurs moyennes en carbone organique allant de 1,3 et 3,3 sous la forêt dense.

Les différences légères observées entre les teneurs moyennes en carbone organique des sols de cette recherche et celles des auteurs susmentionnés peuvent provenir de différents facteurs. Parmi ces facteurs, on peut envisager les différences pouvant être dues aux couverts végétaux et la nature du sol.

#### 3.2. Azote total (Nt) du sol :

De l'analyse de ce tableau, il ressort que la teneur en valeur moyenne et l'écart-type du sol varie de  $0,27 \pm 0,01$  % sous forêt dense, de  $0,48 \pm 0,22$  % sous cacaoyer et en fin  $0,28 \pm 0,04$  % sous palmier à l'huile. Les résultats moyens de l'azote total (%) varient de la couche superficielle vers la couche profonde et selon les occupations. La comparaison des moyennes par l'ANOVA à un facteur au seuil supérieure 0,05 montre qu'il n'y a pas de différence significative pour toutes les occupations et les différentes tranches étudiées.

Les résultats du présent travail montrent que les teneurs moyennes de Nt (%) des tranches du sol évoluent de la manière suivante : sous palmier varient de 0,23 %  $\pm$  0,07 % dans la tranche de (0-20 cm) de

profondeur ; de  $0,16\% \pm 0,03\%$  dans la tranche de (20-40 cm) de profondeur ; enfin de  $0,26\% \pm 0,10\%$  ; sous forêt dense comme référence, varient de  $0,25\% \pm 0,04\%$  dans la tranche de (0-20 cm) de profondeur ; de  $0,28\% \pm 0,05\%$  dans la tranche de (20-40 cm) de profondeur ; enfin de  $(0,26\% \pm 0,15\%)$  dans la tranche de (40-60 cm) profondeur.

Selon Coulter (1972) et Horgnies (1983), l'intervalle de variation des Nt (%) dans les sols des tropiques s'inscrit entre 0,07 à 0,41%. Selon l'échelle de Kupper *et al.* (1963), un sol sous culture dont Nt (%) est compris entre 0,07 à 0,41% selon l'échelle de Kupper *et al.* (op. cit), un sol sous culture dont Nt (%) est compris entre 0,10 à 0,30 est d'une fertilité moyenne.

Par ailleurs, les distributions verticales de teneur en Nt (%) montrent que les teneurs en Nt (%) dans les tranches superficielles du sol sous tous les écosystèmes d'interaction sont faibles ; ces teneurs diminuent en fonction de la profondeur comme dans le cas des teneurs en carbone organique total du sol sous les mêmes écosystèmes étudiés (Kombele, 2004). Cette distribution est logique du fait que les couches superficielles sont plus aérées (riches en oxygène) et constituent le siège d'intenses activités biologiques qui ; dominées par la minéralisation libèrent d'importantes quantités d'élément nutritifs dont l'azote sous forme oxydée. Toute fois ; l'enrichissement de certaines tranches du sol en azote peut être attribuable à la mobilité de formes oxydées de N ( $\text{NO}_2$  et  $\text{NO}_3$ ) migrant facilement en profondeur par les eaux d'abondantes pluies qui tombent dans la région.

### 3.3. Rapport C/N du sol

De l'analyse de ce tableau, il s'agit que la valeur du rapport C/N du sol varie de 16,85 à 19,28 sous forêt dense de 17,44 à 22,91 sous cacaoyère et de 7,85 à 19,05 sous palmier à l'huile. Ce qui donne une moyenne de  $17,95 \pm 0,89$  sous forêt dense de  $20,22 \pm 1,85$  sous cacaoyère et de  $12,71 \pm 4,23$  sous palmier à l'huile. Ces valeurs moyennes nous révèlent que la valeur en rapport C/N du sol est relativement élevée sous cacaoyère, suivi de forêt dense et de palmier à l'huile.

Ces résultats nous montrent une distribution homogène pour forêt dense et cacaoyère ( $\text{CV} < 30\%$ ) sauf sous palmier à l'huile. De façon générale, la valeur en rapport C/N du sol diminue avec la profondeur dans les trois occupations étudiées.

En effet, les valeurs du rapport C/N publiées par N'guessan *et al.* (2016) varient entre 11,17 et 12,83 sous caféière ; celles publiées par Kaladilu (2012), Launay *et al.* (2014) et Bozakiso *et al.* (2023) varient entre 9,30 et 12,00 sous cacaoyère ; celles publiées par Tshimweneka *et al.* (2005) varient entre 2,90 et 5,30 dans la forêt dense. Ces valeurs du rapport C/N donnent ainsi un intervalle de variations de 2,90 et 12,00.

Les différences observées entre les valeurs moyennes du rapport C/N sous ces deux cultures et forêt dense prise comme référence peuvent provenir des différences dans les approches méthodologiques, de la qualité des feuilles après la décomposition, la nature des feuilles, types des agents décomposeurs des matériels en décomposition, etc.

### 3.4. Phosphore assimilable du sol

Les teneurs de  $\text{P}_2\text{O}_5$  disponible obtenues pour les sous trois différentes occupations du sol sont légèrement faibles et traduisent une déficience en cet élément. Nos résultats se répartissent de la manière suivante : sous palmier les moyennes et leurs écart types varient de  $(0,07 \text{ ppm} \pm 0,05 \text{ ppm})$  dans la tranche de (0-20 cm) de profondeur ; de  $(0,32 \pm 0,35 \text{ ppm})$  dans la tranche de (20-40 cm) de profondeur. Les moyenne et leurs écart-type varie de  $0,21 \text{ ppm} \pm 0,10 \text{ ppm}$  sous palmier à l'huile, de  $0,21 \pm 0,02 \text{ ppm}$  sous cacaoyer et en fin de  $0,16 \pm 0,04 \text{ ppm}$  sous forêt dense.

Cependant l'intervalle de variation ainsi observé dans le sol sous ces trois occupations de terre est compris entre  $0,53 \pm 0,12$  et  $1,62 \pm 1,97 \text{ ppm}$ , qui n'est pas dans la gamme de teneur en cet élément observées par Kombele (2004) variant entre 0,7 à 75,8 ppm dans la région. Mais ces teneurs sont légèrement faibles, car selon Dabin (1961), les teneurs critiques doivent varier autour de 200 ppm.

Selon Gervy (1970) un sol est considéré habituellement riche quand la teneur en  $\text{P}_2\text{O}_5$  assimilable qu'il contient dépasse 0,3 pour mille de terre sèche. Entre 0,15 et 0,3 pour mille, la richesse du sol est considérée comme pauvre en  $\text{P}_2\text{O}_5$  alors qu'en dessous de 0,12 pour mille le sol est considéré comme pauvre en  $\text{P}_2\text{O}_5$  alors qu'en dessus de 0,12 pour mille, on entre dans nos sol un facteur limitant.

## IV. CONCLUSION

En conclusion, les valeurs et teneurs moyennes des éléments nutritifs analysés sous les différentes types d'occupation (Evaluer la fertilité du sol sous les trois différentes modes d'occupations du sol (palmier à huile, Cacaoyère et la forêt dense prise comme référence) dans le sol de ALIBUKU.

Les prélèvements des échantillons des sols ont été faites suivant une disposition en diagonal et en médiane dans les trois différentes occupations du sol pour permettre une bonne représentativité des échantillons sur toute l'étendue des portions des terres d'expérimentations. Pour y arriver, les échantillons des sols ont été prélevé par occupation 27 échantillons dans la tranche de 0-20 cm, de 20-40 cm et 40-60 cm de profondeur pour les

analyses physico chimiques du sol suivant les systèmes de zones d'enracinement. Au total, 162 échantillons ont été acheminés au laboratoire de l'IFA-Yangambi à Kisangani pour les analyses physico-chimiques.

1. Leurs teneurs moyennes en carbone ont varié de 4,39 à 5,06% (sous forêt dense) de 4,73 à 5,86% (sous cacaoyère) en fin de 4,65 à 5,33% sous palmier à l'huile ;
2. Leurs teneurs moyennes en azote ont varié de 0,26 à 0,29% (sous forêt dense) de 0,23 à 0,32% (sous cacaoyère) en fin de 0,20 à 0,73% sous palmier à l'huile ;
3. Leurs valeurs moyennes en rapport C/N ont varié de 16,85 à 19,28 (sous forêt dense) de 17,44 à 22,91 (sous cacaoyère) en fin de 7,85 à 19,05) sous palmier à l'huile ;
4. Leurs teneurs moyennes en phosphore disponible ont varié de 0,11 à 0,20 ppm (sous forêt dense) de 0,19 à 0,23ppm (sous cacaoyère) en fin de 0,08 à 0,31ppm sous palmier à l'huile.

En général, les teneurs en élément nutritifs sous différentes occupations étudiées, nous avons remarqués qu'il y a une forte teneur sous les Cacaoyers que les restant est faible sous la forêt dense pour ce qui est de l'argile, par rapport en sable le même constant comme pour ce qui est de l'argile et enfin la teneur en sable est élevée sous Cacaoyer et elle est faible sous les palmeraies et forêt dense.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Adou Yao, C. Y., Kpangui, B., Vroh, B. T. A., & Ouattara, D. (2016). *Pratiques culturelles, valeurs d'usage et perception des paysans des espèces compagnes du cacaoyer dans des agroforêts traditionnelles au centre de la Côte d'Ivoire*. *Revue d'ethnoécologie*, 9, 1–17. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.2474>
- [2]. Aholoukpè, H. N. S., Amadjì, G. L., Blavet, D., Chotte, J.-L., Deleporte, P., Dubos, B., & Flori, A. (2016). *Effet de la gestion des feuilles d'élague du palmier à huile sur le stock de carbone et les propriétés physico-chimiques du sol dans les palmeraies villageoises du Bénin*. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20(2), 171–182.
- [3]. ALOKO NGUESSAN., OUEDRAOGO G. ET GUY A., 2014. Species-Specific Growth Responses to Climate Variations in Understory Trees of a central African Rain Forest. *Biotropica*, 2 : 1-9.
- [4]. Anderson, M. A., Tejedor-Tejedor, M. I., & Stanforth, R. (1999). Influence of pH on adsorption of metal ions by activated carbon. *Environmental Science & Technology*, 33(4), 531–536.
- [5]. ANONYME, 1959. Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Bulletin statistique générale, Ecology* 70: 548-550.
- [6]. ASSINI P., ALAMRI R., OUEDRAOGO G. ET GUY A., 2009. Installation d'une unité de production de biofertilisants à base de *Leucaena leucocephala* et *Alchornea cordifolia* sur le rendement de la culture de riz (*Oryza sativa*, L.) dans la partie Ouest de Tunisie. Rapport de séminaire de l'Institut national agronomique de Tunisie, 29p.
- [7]. Bado, B. V. (2002). *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso* (Thèse de doctorat). Université Laval, Québec, Canada.
- [8]. BAR- BAR-HEN A., 1998. Probabilité et statistique pour le DEA de Biosciences, Cours Université ; Inédite, Université AIX - Marseille III, 91p
- [9]. BOZAKISO B., 2023. Soil predatory mite communities (Acari: Gamasina) in agroecosystems of Central Argentina. *Applied Soil Ecology* 36, 22–31.
- [10]. BRAUDEAU J., 1969. Le cacaoyer. Ed. G.P. Maisonneuve et Larose, 304 p.
- [11]. BRAY RH ET KURTZ LT, 1954. Determination of soil, organic and available forms soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- [12]. CARRON MP, RIBEYRE F, MARICHAL R, DARMINTO M. et CALIMAN JP, 2015. Spatial heterogeneity of soil quality around mature oil palms receiving mineral fertilization. *European Journal of Soil Biology* 66, 24–31.
- [13]. Cissé, M., Zoué, L. T., Soro, Y. R., Megnanou, R.-M., & Niamké, S. (2013). *Physicochemical and functional properties of starches of two quality protein maize (QPM) grown in Côte d'Ivoire*. *Journal of Applied Biosciences*, 66, 5130–5139. <https://doi.org/10.4314/jab.v66i0.95010>
- [14]. Coulter, J. K. (1972). *Soils of Malaysia: A review of investigations on their fertility and management*. *Soils and Fertilizer*, 35(5), 475–498.
- [15]. DABIN B., 1961 : Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cach. ORSTOM, série Pédol.* 18 (3-4) : 197-215
- [16]. DEHEUELS O., AVELINO J., SOMARRIBA E. AND MALEZIEUX E., 2012. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 149: 181-188
- [17]. FREUD E. H., PETITHUGUENIN P., RICHARD J., 2000. Les champs de cacao : un défi de compétitivité Afrique Asie. Editions Karthala et CIRAD, Paris, 207 p.
- [18]. GERVY R., 1970 : Quelques méthodes statistiques pour l'analyse des dispositifs forestiers. 110 p. Série FORAFRI
- [19]. Gosselin, G. (1970). *Travail, tradition et développement en pays Bissa*. *Cahiers ORSTOM. Série Sciences Humaines*, 7(1), 29–46.
- [20]. HERVE F.D., 2015. Conservation Agriculture and Soil Fauna: Only Benefits or also Potential Threats A review. *E C Agriculture* 2.5, 473–482.
- [21]. HORGNIÉS M., 1983. Contribution à l'étude de la fertilité potentielle des sols alluviaux au Shaba-Périmètre de Mangombo, Zaïre. Gembloux, Belgique, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques (TFE), 99p.
- [22]. Horgnies, M. (1983). *Contribution à l'étude de la fertilité potentielle des sols alluviaux (Anshaba-périmètre de Mangombo-Zouré)* (Mémoire de fin d'études). **Faculté des Sciences Agronomiques, Université de l'État, Gembloux, Belgique.**
- [23]. Jagoret, P., Michel-Dounias, I., & Malézieux, E. (2011). *Long-term dynamics of cocoa agroforests: A case study in central Cameroon*. *Agroforestry Systems*, 81(3), 267–278. <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9368-x>
- [24]. JUO A.S., AND MANU A., 1981. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and environment*, 1: 49-60.
- [25]. KAKUNI M., 2009. Hydrodynamique des sols approfondie et perméabilité du sol, loi de Darcy plus sa généralisation. Mémoire D.E.S., inédit, IFA-Yangambi, 83p
- [26]. KALADILU T., 2012. Comparative study of diversity of soil oribatid mites (Acari Oribatida) in two different soil habitats near Kolkata, West Bengal, India. *Glob. J. Sci. Front. Res.* 14, 16–21.

- [27]. KASSIN E., SNOECK D., N'GUESSAN J.C., YAO-KOUAMÉ A ET CAMARA M., 2016. Projet de cartographie des sols rapport final CNRA, CIRAD. 17 p.
- [28]. KOMBELE B., KAKUNI M.JJ., OFEKA K., KIRONGOZI L., UGENCHAN D. ET KOMBELE A., 2021. Impact d'anthropisation sur les teneurs en cuivre et zinc du sol de l'anthroposphère de Kisangani dans la province de la Tshopo en RD Congo. Edition Universitaire Européenne, 80p.
- [29]. KPANGUI B., 2011. Multiplication des semences vivrières tropicales. Presses Universitaires de France, 415p.
- [30]. KUPPER K J.A., MALANSON G.P ET FRANKLIN S.B., 1963. Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest fragmentation effects. *Global Ecology & Biogeography*, 15 : 8-20p.
- [31]. LAURAY T., 2014 : Editions France Agricole. Collection Agri production, Paris, 678 pages + figures en couleurs.
- [32]. LENA R., 2012. Le palmier à huile en Afrique : le passé, le présent et le futur. Collection du WRM sur les plantations No15, 69p.
- [33]. MEMENTO DE L'AGRONOME : Evolution et mise au point des différents systèmes d'agriculture itinérante. In L'agriculture itinérante et la conservation des sols en Afrique. Documents présentés au Séminaire régional FAO / SIDA / ARCN, Ibadan, 2 – 21 juillet 1973. Bulletin de Pédologie de la FAO, Rome ; pp 6 – 15.
- [34]. MOSSU G., 1990. Le cacaoyer. Série : Le technicien d'Agriculture tropicale. Ed. G.P. Maisonneuve et Larose, 160 p.
- [35]. N'GUESSO A., 2016. Experimental biodiversity enrichment in an oil-palm plantation. *Frontiers in Plant Science* 7, 15–38.
- [36]. N'Zué, B., Zohouri, G. P., Sangaré, A., Gnaoré-Yapi, V., Kouamé, C., & Kouadio, K. (2004). *On-farm participative evaluation of improved varieties of cassava (Manihot esculenta Crantz) in the Centre of Côte d'Ivoire* (Communication présentée au 9<sup>e</sup> Symposium de l'ISTRIC-AB, Mombasa, Kenya, 1-5 novembre 2004). 11 p.
- [37]. NANGA C., 2012. Faire de la cacao culture une activité rentable, conférence mondiale du cacao, 19-23 novembre 2012, Abidjan-Côte d'Ivoire, 27 p.
- [38]. PAIN A., 1978. Impacts des cordons pierreux végétalisés sur la végétation et les propriétés physico-chimiques du sol. Master en gestion et aménagement des écosystèmes forestiers, UPB/(IDR), 79p
- [39]. Pauwels, J. M., Van Ranst, E., Verloo, M., & Mvondo Ze, A. (1992). *Manuel de laboratoire de pédologie : Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipement et gestion des stocks de verrerie et de produits chimiques* (Publications Agricoles n° 28). Administration Générale de la Coopération au Développement (AGCD), Bruxelles, Belgique.
- [40]. Ruf, F. (1988). *Stratification sociale en économie de plantation ivoirienne* (Thèse de doctorat). Université Paris-X, Nanterre.
- [41]. Sanial, G. (2014). *Exploring U.S. Coast Guard organizational preparedness through chaos and complexity theories. Emergence: Complexity and Organization*, 16(4), 1–16. <https://doi.org/10.17357.9919d403ac7986cc852f13fac5def0f0>
- [42]. SOMARRIBA E ET BEER J. 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agroforestry Systems* 81 : 109-121
- [43]. SONWA L., 2001. Résumé analytique tome 1. 65 p.
- [44]. SYS C., VAN WAMBEKE A., FRANKART R., GILSON P., PECROT A., BERCE J. M. ET JAMAGNE M., 1961. La cartographie des sols au Congo : ses principes et ses méthodes. Bruxelles : Publ. INEAC., série scient. N° 66, 141p.
- [45]. TEJADA, M., GARCIA-MARTINEZ, A.M., PARRADO, J. 2009a. Effects of vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. *Catena* 77, 238-247.
- [46]. TSHIMWENKA J., REMBOLD K. ET ALLEN K., 2023. Ecological and socio-economic functions across tropical land use systems after rainforest conversion. *Phil. Trans. R. Soc. B*.
- [47]. WESSEL QUIST., 2015. Recruitment, survival and growth of timber-tree seedlings in natural tropical rain forest. *The Malayan Forester* XIX (3): 156-161.
- [48]. WOOD M., ET QUIST-LASS. M. 2014. Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 74&75 : 1-7.