*Afrique* SCIENCE *16(1) (2020) 92 - 105*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net


# Étude de l'effet de différentes doses de bouse fraiche de bovin sur la productivité d'un sol sableux utilisé en maraîchage à Daloa, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire

**Arnauth Martinez GUEI[1,2*], Ferdinand Gohi Bi ZRO[1], Dogniméton SORO[1] et Pascal Kouamé KOUASSI[1]**

[1] *Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Agroforestérie, Département de Agro pédologie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire*
[2] *Université Nangui Abrogoua, Centre de Recherche en Ecologie, 08 BP 109 Abidjan 08, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, courriel : *gueiarnauthmartinez@yahoo.fr*

## Résumé

La présente étude porte sur les effets de différentes doses de bouse de bovin sur la qualité chimico-biologique d'un sol sableux et le rendement d'une culture maraîchère. A cet effet, le travail a consisté à mettre en place un dispositif expérimental sur la laitue selon les conditions paysannes. Le dispositif comporte 4 blocs avec différents traitements de bouse (0, 20, 40 et 60 t.ha$^{-1}$) répartis aléatoirement dans chaque bloc. Les propriétés chimiques et la diversité biologiques des vers de terre ainsi que le rendement agricole de la culture de laitue ont été évalués. Les principaux résultats obtenus révèlent que la bouse de bovin améliore la qualité du sol. Les teneurs des éléments majeurs (N, P et K) ont augmenté significativement avec les différentes doses de bovins. A la dose de 40 t.ha$^{-1}$, la bouse a permis d'augmenter la biomasse de la laitue en passant de 25,5 kg.ha$^{-1}$ à 175,3 kg.ha$^{-1}$, ainsi que l'abondance des vers de terre qui passe de 120,3 $\pm$ 20,1 Ind.m$^{-2}$ à 265,41 $\pm$ 28 Ind.m$^{-2}$. La bouse de bovin utilisée comme amendement dans les petits agro-systèmes à la dose de 40 t.ha$^{-1}$ permettrait une bonne production de laitue tout en restant respectueuse de l'environnement.

**Mots-clés :** *bouse, fertilité, vers de terre, laitue.*

## Abstract

**Effects of different doses of fresh bovine dung on the productivity of a sandy soil used in market gardening in Daloa, Center-West of Côte d'Ivoire**

This study investigates different effects of cow dung doses on chemico-biological quality of a sandy soil and the yield of a market garden crop. For this purpose, the work consisted in setting up an experimental device on lettuce according to the peasant conditions. The device comprises 4 blocks with different dung treatments (0, 20, 40 and 60 t.ha$^{-1}$) distributed randomly in each block. The chemical properties and biological diversity of earthworms as well as the agricultural yield of lettuce culture were evaluated. The main results show that cow dung improves soil quality. The major elements (N, P and K) levels increased significantly with different doses of cattle. At a dose of 40 t.ha$^{-1}$, dung increased the lettuce biomass from 25.5 kg.ha$^{-1}$ to 175.3 kg.ha$^{-1}$, as well as earthworm abundance from 120.3 $\pm$ 20.1 Ind.m$^{-2}$ to 265.41 $\pm$ 28 Ind.m$^{-2}$. Cattle dung used as an amendment in small agro-systems at the rate of 40 t.ha$^{-1}$ could allow a good production of lettuce while remaining environmentally friendly.

**Keywords :** *manure, fertility, earthworms, lettuce.*

## 1. Introduction

En 2000, quarante pourcent de la population africaine vivaient en ville. Cette population atteindra 50 à 60 % en 2020. Ainsi la croissance démographique pose à l'Afrique de nombreux défis, notamment celui de la production de nourriture qui devra doubler dans les villes [1]. L'agriculture urbaine et périurbaine se révèle comme une réponse à cette préoccupation, elle sert de réceptacle à une grande partie des jeunes sans-emplois et de source d'approvisionnement en produits agricoles frais [2]. Cette agriculture joue un rôle important dans les grandes villes des pays en voie de développement. Au Sénégal, environ 26 % de la population de Dakar tirent ses revenus des activités liées à l'agriculture urbaine et 6 % parmi elles en dépendent exclusivement [3]. Elle fournit 70 % de la demande en légumes à Dakar (Sénégal) contre 90 % à Accra (Ghana) et à Bissau (Guinée Bissau) [4]. A Abidjan (Côte d'Ivoire), c'est plus de 50 % des légumes frais qui en proviennent [5]. La pratique de l'agriculture urbaine et périurbaine en maraichage en Afrique implique des espaces de plus en plus réduits en raison de la forte pression démographique et de la demande croissante en terres à bâtir [6], cela entraîne obligatoirement l'intensification des cultures et la baisse de la fertilité des sols maraîchers. La restitution au sol des éléments fertilisants enlevés par les récoltes n'est possible qu'en utilisant tant les engrais organiques que chimiques [7]. Cependant, les engrais chimiques, coûtant chers, ne sont pas à la portée de la plupart des producteurs qui sont en général pauvres. Aussi, les effets de ces engrais chimiques à long terme sur la qualité de l'environnement sont-ils nuisibles [8, 9]. A cet effet, il semble intéressant de promouvoir l'utilisation de fertilisants organiques de moindre coût, facilement accessible et moins dangereux pour l'environnement. L'amendement à base de bouse de bovin offre de nouvelles perspectives pour inverser la tendance à la baisse significative de la fertilité des sols maraîchers. En effet, une pratique agricole qui implique l'apport conséquent de substances organiques pourrait améliorer la productivité des sols [10]. La présente étude qui s'inscrit dans cette dynamique a pour objectif de montrer l'effet de l'apport au sol sableux de doses croissantes de bouse de bovin sur les propriétés chimiques, la diversité des vers de terre et le rendement de la laitue.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Description de la zone d'étude

L'étude a été réalisée à Daloa, Chef-lieu de la région du Haut-Sassandra, située au centre ouest de la Côte d'Ivoire, pays de l'Afrique de l'ouest. Cette ville est délimitée par les longitudes Ouest 6,48° et 6,41° et les latitudes Nord 6,91° et 6,84° ***(Figure 1)***. Le régime climatique est celui du domaine Guinéen caractérisé par un régime équatorial et subéquatorial à deux maxima pluviométriques. Le mois de juin représente le pic de la grande saison pluvieuse et celui de septembre le pic de la petite saison des pluies. Ces deux maximas sont séparés par un ou deux mois plus ou moins pluvieux [11]. Les études pédologiques réalisées dans la zone révèlent que les sols y sont en général ferralitiques moyennement lessivés (ou désaturés) [12]. Cependant, le sol du site expérimental localisé au quartier Tazibouo de Daloa est un gleysol sableux [13].

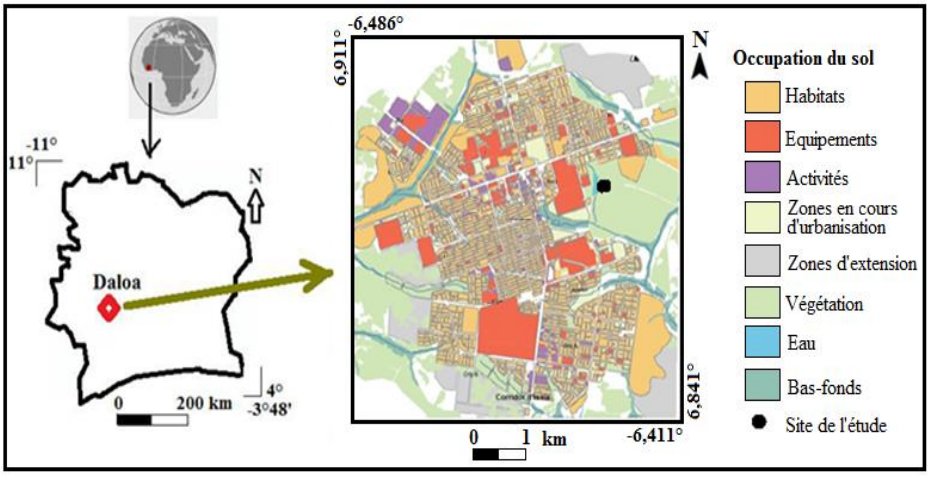



**Figure 1 :** *Carte de localisation de la zone et du site de l'étude*

## 2-2. Matériel végétal et fertilisant

La laitue ou *Lactuca sativa* ***(Figure 2a)*** a été utilisée en raison de son fort ancrage dans les habitudes alimentaires des populations de la ville de Daloa. Aussi, cette plante est-elle facile à cultiver et a un cycle court (en moyenne 55 à 60 jours). Ceci permet de réaliser en un temps relativement court, plusieurs séries d'observations et mesures permettant de porter sur une parcelle expérimentale donnée, un diagnostic précis des facteurs limitants de la production ou de l'efficacité des intrants. La bouse de bovin ***(Figure 2b)*** utilisée comme matériel fertilisant est le produit de la digestion des végétaux ingérés par les bovins. Elle est utilisée car faisant l'objet d'un intérêt croissant manifesté par la plupart des exploitants des agro-systèmes maraîchers des villes ivoiriennes, qui l'emploient comme fertilisant organique des sols.

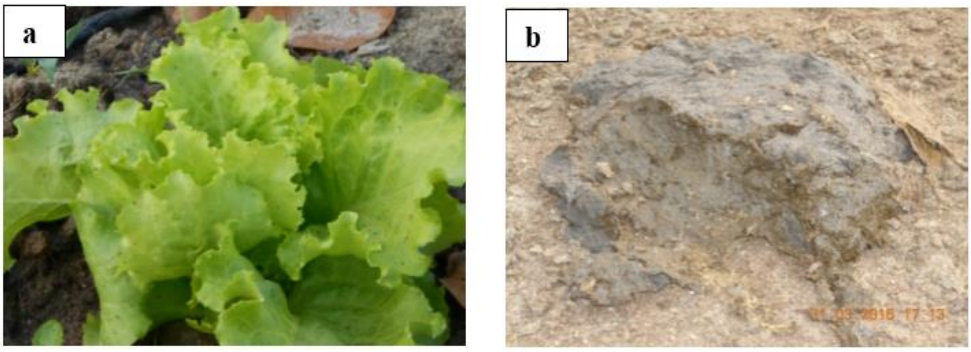



**Figure 2 :** *Matériel (a) végétal et (2) fertilisant organique.*

La bouse de bovins utilisée comme fertilisant organique présente les caractéristiques suivantes ***(Tableau 1)***.

**Tableau 1 :** *Caractéristiques chimiques de la bouse de bovin utilisée*

| Matière organique | (%) | Bases échangeables | (méq/100g) | Eléments traces métalliques | ($g.kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Matière organique | 15,03 | $Ca^{2+}$ | 7,6 | $Fe^{2+}$ | 0,329 |
| Carbone organique | 8,72 | $Mg^{2+}$ | 2,99 | $Zn^{2+}$ | 0,066 |
| Azote total | 0,88 | $K^{+}$ | 2,4 | $Pb^{2+}$ | 0 |
| Phosphore assimilable | 0,015 | $Na^{+}$ | 0,89 | | |
| | | CEC | 17 | | |
| | | pH | 9,3 | | |

### 2-3. Mise en place du dispositif expérimental

Les essais agronomiques sur la laitue ont été réalisés entre juillet 2015 et juin 2016. Pour ce faire un dispositif expérimental à blocs complètement randomisés comportant 4 blocs et 4 traitements a été utilisé ***(Figure 3)***. Chaque bloc, long de 21 m, était constitué d'un ensemble de quatre parcelles élémentaires ou traitements répartis aléatoirement. La parcelle élémentaire était une planche de 8 m² (4 m x 2 m). Trois (3) traitements qui ont consisté en un apport de différentes doses de bouse fraiche de bovin (20, 40 et 60 t/ha), étaient comparés à un témoin (sol sans amendement) :

- D0 : Témoin (sol sans amendement) ;
- D20 : Sol + 20 t /ha de bouse soit 2 kg/m$^2$ ;
- D40 : Sol + 40 t/ha de bouse soit 4 kg/m$^2$;
- D60 : Sol + 60 t/ha de bouse soit 6 kg/m$^2$.

La bouse de bovin a été enfouie dans le sol sur chacune des parcelles élémentaires sous forme de fumure de fond et en dose unique à chaque cycle de production de laitue. Au total, la bouse a été appliquée sur une culture de laitue pendant trois cycles successifs de 55 jours.

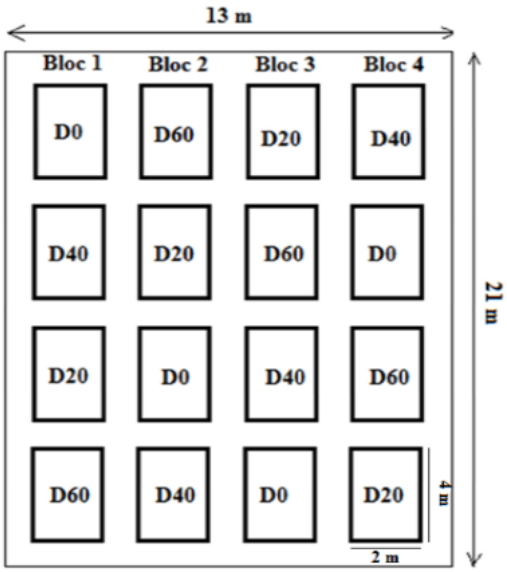



**Figure 3 :** *Dispositif expérimental de l'étude*

### 2-4. Collecte des données

Sur l'ensemble des seize parcelles élémentaires du dispositif expérimental, les mesures ont été effectuées d'une manière identique sur un total de 15 plants sélectionnés par traitement, en raison de 5 plants par ligne, suivant la diagonale. La variable de production mesurée à la fin de chaque cycle de culture a concerné essentiellement la biomasse fraîche totale, la biomasse fraîche épigée et la biomasse fraiche hypogée. Quatre (4) placettes en bois de 25 cm de côté ont été disposées entre les lignes suivant la diagonale pour l'échantillonnage des vers de terre par parcelle élémentaire. L'échantillon de sol issu des dix premiers centimètres de chaque placette a été extrait et conservé dans des seaux, puis trié manuellement pour en extirper les individus de vers de terre [14]. Les specimens échantillonnés ont été conservés dans du formol 4 %, transportés au laboratoire et identifiés au niveau de l'espèce à l'aide de la clé de détermination de [15]. Les individus identifiés ont été comptés par espèce afin d'estimer leur densité (nombre d'individus par m²). Après 3 cycles de culture de laitue, trois échantillons de sol ont été prélevés à la profondeur de 0-20 cm à

différents endroits par parcelle élémentaire. Les échantillons composites de sol constitués ont été préparés au Laboratoire d'Analyse des Sols et des Végétaux (LAVESO). Le pH a été déterminé par la méthode électrométrique. Les mesures de l'azote total (N), du carbone organique (C), du phosphore (P) et des bases échangeables (K, Mg, Na et Ca), ont été réalisées respectivement par les techniques de Kjeldahl, la méthode Olsen modifiée et par la spectrophotométrie d'absorption atomique [16, 17]. Outre les aspects quantitatifs, le carbone et l'azote interviennent dans l'état qualitatif de la matière organique au travers du rapport C/N. Ce rapport a été également calculé. Les teneurs en fer, zinc et plomb trois éléments traces métalliques (ETM) abondants dans les sols utilisés [13] ont été déterminées par la spectrométrie d'absorption atomique [18].

### 2-5. Analyses statistiques

Les moyennes ont été soumises à une analyse de variance à un facteur après la vérification de la normalité de la distribution (Test de Shapiro-Wilk) et de l'homogénéité des variances (test de Levene).Ensuite, quand il y a une différence significative entre les moyennes, le test post Anova LSD de Fischer au seuil de 5 % a été utilisé pour faire la comparaison deux à deux des moyenneset en déduire les groupes homogènes. Toutes ces analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica 7.1 (Statsoft, Tulsa, USA).

## 3. Résultats

### 3-1. Effets de la bouse de bovin sur les propriétés chimiques du sol

#### *3-1-1. Évolution de l'acidité*

La ***Figure 4*** ci-dessous montre l'évolution du pH du sol en fonction des doses d'apport de bouse. De façon générale, le pH qui était initialement bas, augmente légèrement de valeur d'un traitement à l'autre, tout en restant acide. Avec l'apport de la dose de 20 t.ha$^{-1}$ de bouse au sol, le pH obtenu (5,27 $\pm$ 0,04) est similaire à celui du pH du sol témoin (5,15 $\pm$ 0,05). Mais, avec les apports de 40 et 60 t.ha$^{-1}$de bouse, les pH augmentent respectivement à 5,60 $\pm$ 0,05 et 6,08 $\pm$ 0,1, et sont ainsi différents (Anova 1 ; $p < 0,001$) de celui du sol témoin.

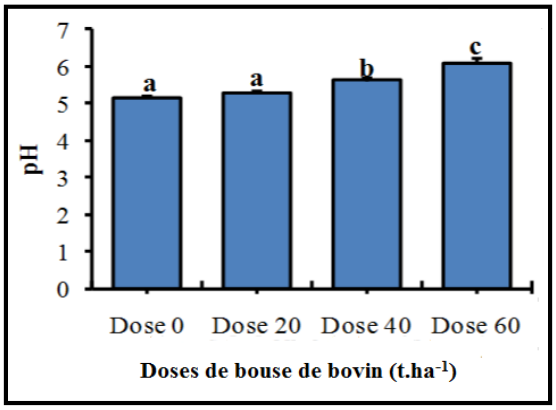



**Figure 4 :** *Évolution du pH du sol en fonction des doses de bouse*

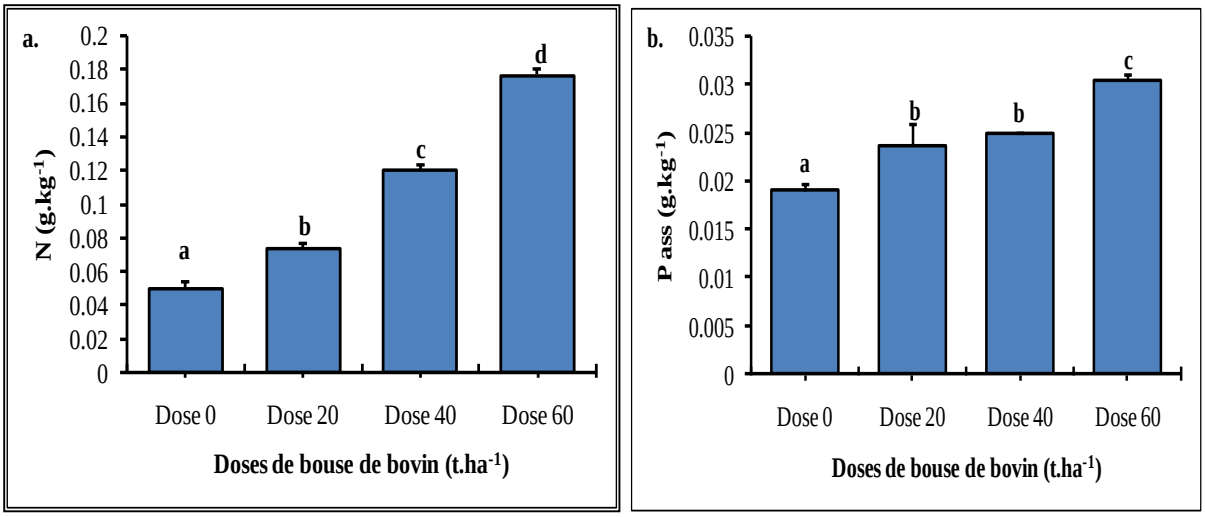
#### *3-1-2. Eléments majeurs*

La teneur du sol en azote augmente significativement d'un traitement à un autre ($p < 0,001$) avec l'apport de bouse de bovin ***(Figure 5a)***. Avec une valeur initiale de 0,05 g.kg$^{-1}$dans le traitement témoin, la teneur en azote a augmenté à 0,07 g.kg$^{-1}$ à la dose de bouse de 20 t.ha$^{-1}$. La teneur en azote est passée ensuite à

0,12 g.kg$^{-1}$, puis à 0,18 g.kg$^{-1}$, respectivement après application au sol de 40 et 60 t.ha$^{-1}$de bouse. Ces deux dernières doses sont 1,71 et 2,57 fois supérieures à la dose initiale d'azote dans le sol. Les apports de bouse aux doses de 20, 40 et 60 t.ha$^{-1}$ ont respectivement induit des augmentations du phosphore assimilable de 0,023 ; 0,025 et 0,03 g.kg$^{-1}$ ***(Figure 5b)***. Les différences observées entre les traitements relativement à la teneur en phosphore du sol sont très significatives ($p < 0,01$). De manière similaire à l'azote, la teneur en potassium du sol augmente de significativement avec l'apport de bouse ***(Figure 5c)***. La teneur du sol en potassium initialement égale à 0,04 cmol.kg$^{-1}$, a quintuplé (0,202 cmol.kg$^{-1}$) avec l'apport au sol de 20 t.ha$^{-1}$de bouse. Cette teneur est passée ensuite à 0,35cmol.kg$^{-1}$, puis à 0,44 $\pm$ 0,02 cmol.kg$^{-1}$, respectivement après application au sol de 40 et 60 t.ha$^{-1}$de bouse. Ces deux dernières doses correspondent, approximativement, à des multiples de 9 et 11 de la teneur initiale du sol en potassium. Les différences observées entre les teneurs sont avérées très hautement significatives ($p < 0,001$).

### *3-1-3. Eléments secondaires et CEC*

Les différents apports de bouse au sol ont permis d'accroître significativement ($p < 0,001$) la teneur en calcium du sol ***(Figure 6a)***. En effet à la dose de bouse de 20 t.ha$^{-1}$, la teneur de calcium (0,353 $\pm$ 0,006 cmol.kg$^{-1}$) est plus d'une fois et demie supérieure à la teneur initiale dans le témoin (0,213$\pm$ 0,003 cmol.kg$^{-1}$). Les teneurs de calcium aux apports de bouse de bovin de 40 et 60 t.ha$^{-1}$sont respectivement le double (0,446 $\pm$ 0,022 cmol.kg$^{-1}$) et le triple (0,618 $\pm$ 0,006 cmol.kg$^{-1}$) de la teneur initiale en calcium du sol. La teneur initiale du sol en sodium était de 0,09 cmol.kg$^{-1}$. Relativement à l'évolution de cette teneur, qui s'est accrue en général avec les doses de bouse apportées au sol, on a noté que les apports de 40 et 60 t.ha$^{-1}$ont produit des effets presque similaires (augmentation, dans cet ordre, de 0,152 $\pm$ 0,006 et 0,164 $\pm$ 0,004 cmol.kg$^{-1}$), différents des effets induits par l'apport de 20 t.ha$^{-1}$ augmentation de 0,122 $\pm$ 0,007 cmol.kg$^{-1}$ ***(Figure 6b)***. Ces augmentations observées sont avérés très hautement significatifs ($p < 0,001$).



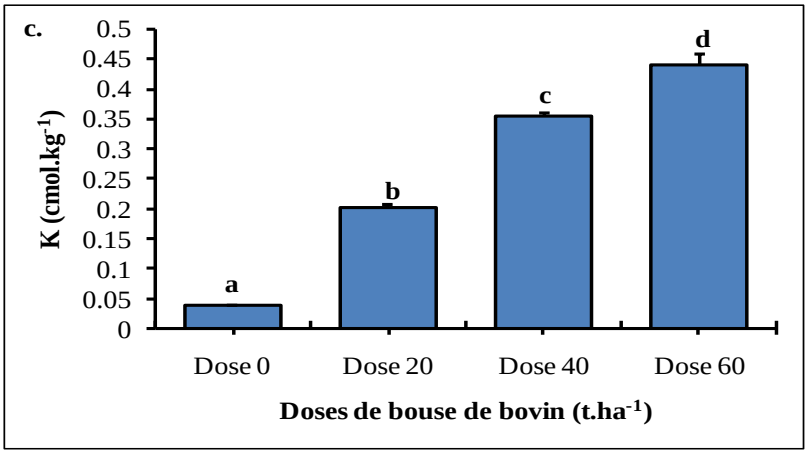



**Figure 5 :** *Évolution des teneurs en éléments majeurs en fonction des doses de bouse : (a) azote, (b) phosphore assimilable et (c) potassium*

La bouse a entrainé une augmentation très hautement significative ($p < 0,001$) de la teneur des sols en magnésium, principalement, avec les apports de 40 et 60 t.ha$^{-1}$ ***(Figure 6c)***. Les teneurs de magnésium mesurées avec ces traitements sont respectivement de 0,306 ± 0,003 et 0,343 ± 0,005 cmol.kg$^{-1}$ quand celle mesurée avec le témoin est 0,17 ± 0,012 cmol.kg$^{-1}$. L'apport de 20 t.ha$^{-1}$ de bouse de bovin a engendré une augmentation de 0,01 ± 0,001 cmol.kg$^{-1}$, cependant, cette augmentation de teneur n'est pas significativement différente du traitement témoin sans apport de bouse. La CEC du sol a augmenté avec les doses de bouse ***(Figure 6d)***. Toutefois, c'est seulement avec les apports de 40 et 60 t.ha$^{-1}$de bouse que la CEC est passée de 4,897 ± 0,021 à respectivement 5,707 ± 0,023 et 6,333 ± 0,104 cmol.kg$^{-1}$. Les changements observés avec ces deux doses de bouse étaient très hautement significatifs ($p < 0,001$) contrairement à la dose de 20 t.ha$^{-1}$de bouse de bovin qui n'a pas produit d'effet significatif sur la CEC du sol.

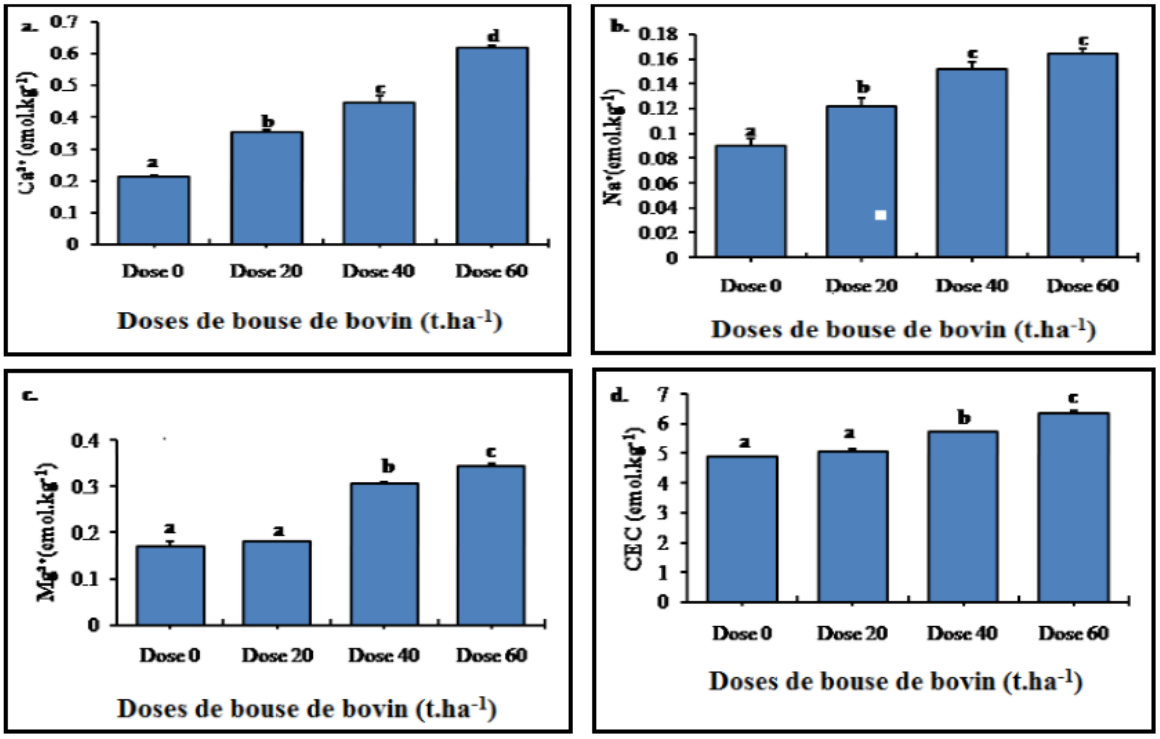



**Figure 6 :** *Évolution des teneurs en éléments secondaires et CEC en fonction des doses d'apport de bouse : (a) calcium, (b) sodium, (c) magnésium et (d) CEC*

### *3-1-4. Évolution des teneurs en éléments traces métalliques du sol*

Tous les apports de bouse au sol ont accru la quantité de fer dans le sol ***(Figure 7a)***: l'apport de 20 t.ha$^{-1}$ a fait passer à 0,167 ± 0,009 g.kg$^{-1}$ la teneur initiale qui était de 0,105 ± 0,002 g.kg$^{-1}$, quand ceux de 40 et 60 t.ha$^{-1}$faisaient passer respectivement à 0,21 ± 0,017 g.kg$^{-1}$et 0,28 ± 0,007 g.kg$^{-1}$ cette teneur initiale. Les augmentations observées étaient très hautement significatives ($p < 0,001$). La teneur des sols en zinc s'est accrue graduellement en fonction des doses de bouse apportées au sol ($p < 0,001$). La dose 60 t.ha$^{-1}$est celle qui a produit l'effet le plus prononcé : la teneur initiale du sol qui était de 0,007 ± 0,0006 g.kg$^{-1}$a doublé en passant à 0,015 ± 0,0006 g.kg$^{-1}$. Cette teneur a été nettement distincte de la teneur obtenue en appliquant au sol 40 t.ha$^{-1}$de bouse (0,009 ± 0,0003 g.kg$^{-1}$), qui, elle, n'a pas été très différente de la teneur (0,008 g.kg$^{-1}$) mesurée au niveau du sol ayant reçu 20 t.ha$^{-1}$de bouse ***(Figure 7b)***.

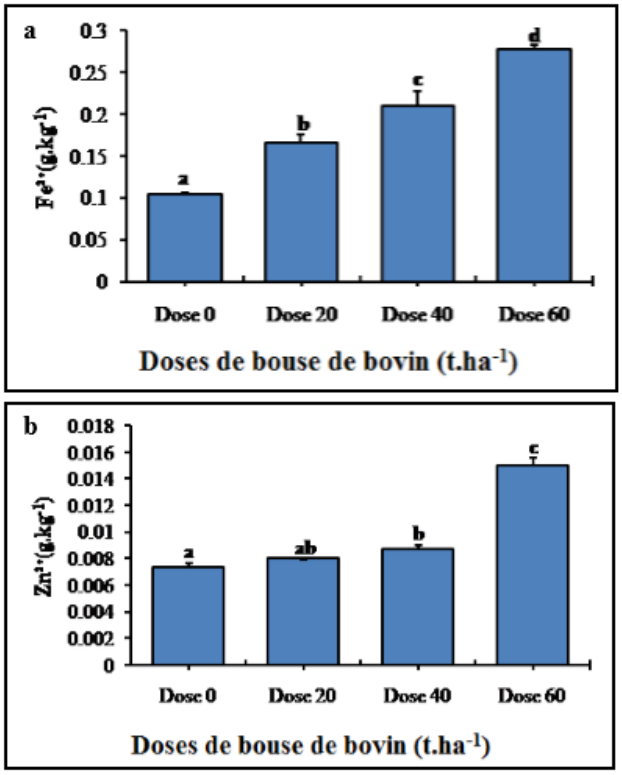
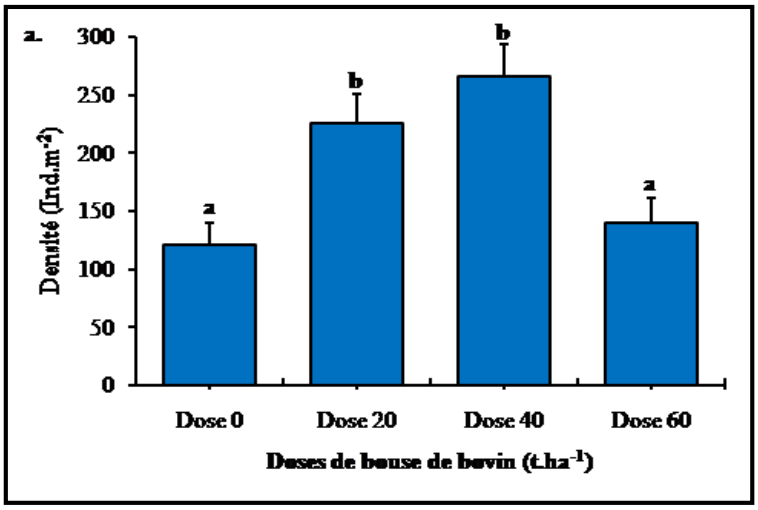



**Figure 7 :** *Évolution des teneurs en ETM du sol en fonction des doses d'apport de bouse : (a) Fer et (b) Zinc*

### 3-2. Évolution des populations des espèces de vers de terre

Le peuplement de vers de terre échantillonné est composé de quatre (4) espèces (*Stuhlmannia zielae*, *Eudrilus eugeniae*, *Scolecilus compositus* et *Hyperiodrilus africanus*) appartenant toutes à la famille des Eudrilidae. La densité globale de ces organismes varie significativement avec l'apport de bouse de bovin ($p < 0,05$). Avec les doses de bovin de 20 et 40 t.ha$^{-1}$, les populations de vers de terre qui étaient de 120,3 ± 20,1 Ind.m$^{-2}$ dans le sol témoin ont augmenté respectivement à 225,65 ± 25 Ind.m$^{-2}$ et 265,41 ± 28 Ind.m$^{-2}$. Par contre, à la dose de bovin de 60 t.ha$^{-1}$, la densité des populations reste identique à celle du sol témoin sans apport de bouse ***(Figure 8a)***. Les 4 espèces de vers de terre échantillonnées présentent des structures de populations différentes suivant les doses de bouse de bovin. La population de *Stuhlmannia zielae* qui domine le peuplement dans le sol témoin diminue avec les différents apports de bouse au profit de l'espèce *Eudrilus eugeniae*. Les espèces *Scolecilus compositus* et *Hyperiodrilus africanus* présentent des populations les plus faible mais stables ***(Figure 8b)***.



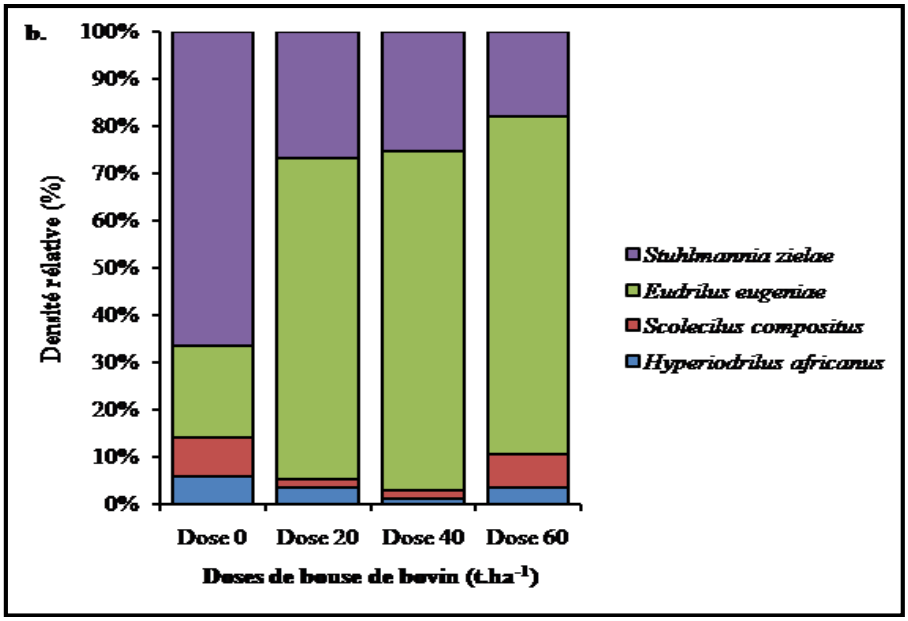




**Figure 8 :** *Évolution des densités globales des vers de terre (a) et des populations des espèces (b) en fonction des doses d'apport de bouse*

### 3-3. Effets de la bouse de bovin sur le rendement de la laitue

Le ***Tableau 2*** ci-dessous montre l'effet des différentes doses de bovin sur le rendement de la laitue. Les biomasses totale et épigée de laitue augmentent de manière significative avec les doses de bovin mais les biomasses les plus importantes ont observé à la dose de bovin de 40 t.ha$^{-1}$. La biomasse hypogée commence à chuter à la dose de 60 t.ha$^{-1}$. La biomasse hypogée augmente quant à elle avec les différentes doses d'apport de bouse de bovin.

**Tableau 2 :** *Évolution du rendement de la laitue en fonction de la dose de la bouse*

| Rendements (kg.ha$^{-1}$) | Doses de bouse de bovin (t.ha$^{-1}$) | | | | *p* (Anova 1) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Dose 0 | Dose 20 | Dose 40 | Dose 60 | |
| Biomasse totale | 28,5 ± 1,4$^{a}$ | 104,7 ± 3,3$^{b}$ | 175,3 ± 3,8$^{c}$ | 120,5 ± 2,5$^{b}$ | < 0,01 |
| Biomasse épigée | 23,2 ± 1,1$^{a}$ | 90,5 ± 2,3$^{b}$ | 155,8 ± 3,5$^{c}$ | 99,2 ± 1,3$^{b}$ | < 0,01 |
| Biomasse hypogée | 5,3 ± 0,3$^{a}$ | 14,1 ± 1$^{b}$ | 19,5 ± 0,3$^{b}$ | 21,3 ± 1,2$^{b}$ | < 0,05 |

## 4. Discussion

### 4-1. Évolution de la fertilité chimique du sol

Le pH permet de définir l'état du complexe absorbant, notamment, le taux de saturation en base [19]. La bouse fraiche utilisée ayant un pH alcalin, après ajout au sol de doses croissantes, a augmenté légèrement le pH du sol, tenant ainsi dans la fourchette des pH convenables en agriculture (de 5,5 à 7) [20]. Cette évolution s'explique par la teneur élevée en cations basiques de la bouse, essentiellement en Ca et Mg en présence des microorganismes filamenteux qui prennent naissance dans les apports organiques et à la complexation de l'aluminium [21]. Les taux des éléments nutritifs dosés ont doublé, triplé ou quadruplé dans le sol après l'apport de bouse au sol. Ces éléments nutritifs auraient été fournis abondamment au sol à partir de la minéralisation des matières organiques de la bouse. En effet, des doses similaires de bouse de bovin appliquées au sol au Marrakech au Maroc avaient induit une amélioration similaire des propriétés chimiques du sol, notamment les teneurs de calcium, potassium, magnésium et de sodium [22]. La CEC, considérée comme un très bon indicateur de la fertilité du sol [22], a été également améliorée puisqu'elle s'est accrue progressivement avec l'ajout des doses croissantes de bouse. La bouse de bovin, en cours d'humification comme toutes les autres sources de matière organique, a augmenté sensiblement la CEC des sols [23]. La CEC présente une grande variation avec le mode d'humification de la matière organique [24]. Cependant, son augmentation n'était significative que seulement pour les doses de bouse de 40 et 60 $t.ha^{-1}$. Cette augmentation pourrait s'expliquer par l'amendement qui aurait favorisé les phénomènes de fixation des cations échangeables sur le complexe absorbant des sols [25].

### 4-2. Évolution des teneurs en éléments traces métalliques

Les taux de zinc et de fer ont augmenté significativement dans le sol avec les doses de bouse. Cette augmentation de concentrations est perçue comme un des effets nuisibles de l'application de la matière organique [26] ; les composés minéraux et organiques, plus particulièrement les substances humiques contenues dans la matière organique contribuent à la rétention de métaux lourds dans les sols [27]. Les différents types d'interaction entre les ions et les sites de sorption présents sur la surface des particules vont donc gouverner la biodisponibilité des métaux dans les différentes couches du sol puisqu'ils varient selon les mécanismes de rétention des ions sur ces sites. De plus, la bouse contient déjà ces ETM ou des substrats qui en contiennent. Dans ce dernier cas, la minéralisation des substrats a dû libérer ces minéraux dans le sol. Le risque d'accumulation des ETM dans le sol reste dépendant de la spéciation de ses éléments, des quantités dans la bouse ainsi que des changements physico-chimiques et biologiques entraînés dans le sol suite à l'application de ces résidus organiques. En particulier, les sols sableux avec un faible pouvoir tampon et d'adsorption des métaux, sont considérés comme de mauvais substrats pour la matière organique contaminée par les métaux [26]. Toutefois, l'application de la bouse peut non seulement conduire à une augmentation de métaux lourds, mais se traduit également par l'enrichissement du sol en matière organique. Dans la bouse, la matière organique présente généralement une grande capacité à lier les cations des métaux lourds, tant dans le processus d'échange d'ions simple entre la phase solide et la solution du sol, ou par la formation de complexes de coordination. Par ailleurs, la proportion d'ions adsorbés dépend du pH de la solution du sol [28], de sa composition minéralogique et de sa teneur en matière organique [29]. L'adsorption des ETM dans le sol est aussi influencée par les conditions redox (réduction-oxydation) du sol. En effet, plusieurs éléments métalliques tels que le chrome, le fer et le manganèse changent facilement d'état quand les conditions redox varient dans le sol. Néanmoins, le changement de composition du sol par les réactions redox occasionnées par d'importants écoulements d'eau (lessivage), rend moins disponibles les espèces propices à la rétention de ces métaux (agents complexant, les oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse) à l'intérieur du solum [30].

L'adsorption d'un métal cationique sur les particules du sol en présence de ligands organiques dépend également du pH, de l'élément métallique, de la nature de ses ligands, de la concentration individuelle du métal, ainsi que de la concentration de l'électrolyte. Le rôle du pH dans la capacité d'adsorption des cations métalliques est accru pour les acides humiques sous forme déprotonée, c'est-à-dire dont les fonctions carboxyliques, phénoliques et amine sont importantes [30]. Ainsi, la réelle nuisance des métaux lourds pour l'environnement dépend de la concentration de formes mobiles facilement disponibles pour les plantes et du relargage de métaux lourds suite à la dégradation de la matière organique.

### 4-3. Évolution des populations des vers de terre

Les différentes doses de bouse n'ont pas eu d'impact sur la richesse spécifique des vers de terre. Quelque soit l'apport de bouse, quatre espèces dont *Stuhlmannia zielae*, *Eudrilus eugeniae*, *Scolecilus compositus* et *Hyperiodrilus africanus* appartenant toutes à la famille des Eudrilidae ont été échantillonnées sur les 4 traitements. Cependant, les populations des espèces *Stuhlmannia zielae* et *Eudrilus eugeniae* évoluent inversement avec l'apport de bouse. La population de l'espèce *Eudrilus eugeniae* augmente tandis que celle de *Stuhlmannia zielae* diminue. Cette tendance est confortée par les résultats de [31] sur des individus d'élevage de l'espèce *Eudrilus eugeniae* qui ont montré une forte production de cocons et un important gain de biomasse. Cependant, la densité globale des vers de terre est influencée positivement par la bouse, notamment aux doses de 20 et 40 $t.ha^{-1}$. Cette influence positive de la bouse a été aussi signalée par [32] et [33] sur la population du ver de fumier *Eisenia foetida*. En effet, les travaux de [32] ont montré que la bouse de bovin est une source de nourriture riche en matière organique, carbone organique et en azote, qui contribue indéniablement à l'amélioration de la croissance des populations de ces organismes. La bouse de bovin a été également classée comme étant le substrat le plus productif à travers un test de production de densité réalisé avec la bouse de vache, les crottes des ovins et des lapins [33]. La baisse de densité observée entre les doses de 40 et 60 $t.ha^{-1}$de bovin serait probablement due à l'apparition d'un effet nuisible.

### 4-4. Évolution des rendements de la laitue

L'application de la bouse de bovin aux doses de 20 et 40 $t.ha^{-1}$ a provoqué une amélioration de la croissance de la plante par rapport au traitement témoin. Les meilleures valeurs sont obtenues à la dose de 40 $t.ha^{-1}$ fournissant une biomasse totale et épigée respectivement de $175,3 \pm 3,8$ et $155,8 \pm 3,5$ $kg.ha^{-1}$. Ces résultats sont similaires à ceux de [34] qui ont vérifié les effets de différentes doses de bouse de vache sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) dont les meilleurs rendements ont été obtenus aux doses de 30 et 40 $t.ha^{-1}$ avec le rendement maximal obtenu à la dose de 34,8 $t.ha^{-1}$. Ces résultats ont été expliqués par l'aptitude de la bouse de vache à enrichir le sol en azote de façon naturelle. La richesse de la bouse de vache en matières organiques, en carbone organique et en phosphore contribue indéniablement à l'amélioration du développement et de la croissance des plants. De plus, les composts de déchets organiques améliorent la qualité physique et biologique des sols [26, 35] en améliorant la structure, capacité de rétention en eau et en stimulant l'activité des organismes du sol notamment les vers de terre, et par conséquent augmentant les rendements des cultures [36]. En outre, la décomposition de la matière organique libère des éléments minéraux tels que l'azote, le phosphore, le potassium et aussi des micro-éléments indispensables à la croissance des cultures. Les plantes y trouvent ainsi l'eau et les éléments nutritifs nécessaires pour leur croissance et développement [37].

## 5. Conclusion

La présente étude montre que la bouse induit effectivement des effets positifs sur les propriétés du sol et le rendement de la laitue. Elle permet de rehausser le pH et de le maintenir dans une fourchette de pH convenable aux cultures, d'améliorer les propriétés biologiques et d'augmenter les teneurs des éléments minéraux du sol. Les populations de vers de terre qui sont des "ingénieurs de l'écosystèmes" [38] et indicateurs de la qualité des sols [39] ont doublé avec les doses de 20 et 40 $t.ha^{-1}$. Essentiellement à la dose de bouse de 40 $t.ha^{-1}$, le rendement de la laitue a atteint la valeur moyenne la plus élevée de 175,3 $kg.ha^{-1}$. Les quantités des éléments traces métalliques ont augmenté dans le sol mais sont restées inférieures aux valeurs seuils. Ainsi, l'amendement des sols à la bouse de bovin peut être conseillé aux producteurs pour une meilleure production de la laitue à la dose de 40 $t.ha^{-1}$.

## Références


[1] - J. VERON, La moitié de la population mondiale vit en ville. *Pop. Soc.*, 435 (2007) 1 - 4

[2] - K. MADJOUMA, M. B. HEOU, F. FOUSSENI, A. SEMIHINVA, W. KPERKOUMA, I. JACQUES and A. KOFFI, Dynamique centrifuge du maraîchage périurbain de Lomé (Togo) en réponse à la pression foncière. *Cah. Agric.,* 26 (2017) 15001

[3] - M. J-P. SUEUR, Villes du futur, futur des villes : quel avenir pour les villes du monde ? (Analyses), *Rap. Infor.*, 594 (2011) 353

[4] - O. O. AKINBAMIJO, S. T. FALL and O. B. SMITH, Advances in crop-livestock integration in West Africa cities. The Netherlands : Grafisch Bedrijf ponsen and looijen. *Cah. Agric.,* 5 (2002) 53 - 68

[5] - B. MATTHYS, A. F. ADIKO and G. CISSE, Le réseau social des maraîchers à Abidjan agit sur la perception des préoccupations et des risques sanitaires liés à l'eau. *Vertigo,* 3 (2006) 1 - 38

[6] - A. GUEZERE, L'obsession d'habiter sa propre maison à Lomé : quel impact sur la dynamique spatiale ? *Les Cahiers d'Outre-mer*, 256 (2011) 565 - 590

[7] - H. DUPRIEZ and D. LENNEER, Agriculture tropicale en milieu paysan africain. *Edition Terre et vie, Nouvelles* (1998) 1983 p.

[8] - C. CHEVERRY, La dégradation chimique des sols de la Bretagne. *Etude Gest. Sols*, 1 (1994) 7 - 21

[9] - H. F. KAKAI, A. G. KAKAI and A. G. TEHOUEGNON, Agriculture urbaine et valorisation des déchets au Bénin : une approche de développement durable. *Vertigo*, 10 (2) (2010) 1 - 36

[10] - B. P. NGUO, G. MONDE and S. T. SEBURIRI, Effet des différents fertilisants organiques sur la culture de l'aubergine à Saké (RD CONGO). *Annales de l'UNIGOM*, VI (2016) 2

[11] - Y. T. BROU, Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques. Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille (France), (2005) 212 p.

[12] - B. DABIN, N. LENEUF and G. RIOU, Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/2.000.000. *Notice explicative. ORSTOM*, (1960) 39 p.

[13] - B. G. F. ZRO, A. M. GUEI, K. Y. NANGAH, D. SORO and S. BAKAYOKO, Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire). *Afri. J. Soil Sci.*, 4 (4) (2016) 328 - 338

[14] - A. M. GUEI, J. E. TONDOH, Ecological preferences of earthworms for land-use types in semi-deciduous forest areas, Ivory Coast. *Ecol. Indic.*, 18 (2012) 644 - 651

[15] - P. OMODEO and M. VAILLAUD, Les oligochètes de la savane de Kpakobo en Côte d'Ivoire. *Bulletin de l'I.F.A.N. T.XXIX, série A*, 3 (1967) 925 - 944

[16] - A. WALKEY and I. A. BLACK, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 34 (1934) 29 - 38
[17] - LANO, Analyses des terres. http://www.lano.asso.fr/web/analyses.html [Consulté en mai 2017], (2008)
[18] - E. REMON, J-L. BOUCHARDON, J. JOLY, B. CORNIER and O. FAURE, Accumulation et effets des éléments métalliques sur les populations végétales spontanées de trois crassiers métallurgiques : Peut-on utiliser les plantes comme bioindicateurs ? *Étude Gest. Sols,* 16 (3/4) (2009) 313 - 321
[19] - M. D. DJEKE, A. TEHUA and J. Y. KOUADIO, Décomposition des broyats de coques de cacao dans les sols ferralitiques de la zone d'Oumé, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : effets sur les caractéristiques chimiques des sols. *Fac. Sci Agric. Alim.,* Québec (Canada), (2001) 10 p.
[20] - J. R. LANDON, Booker Tropical Soil Manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Longman, Booker Take limed, Oxon, UK., (1991) 474 p.
[21] - M. J. MUKALAY, N. M. SHUTCHA, K. J. SHOMBA, K. A. MULOWAYI, C. F. KAMB and L. M. NGONGO, Causes d'une forte hétérogénéité des plants dans un champ de maïs dans les conditions pédoclimatique de Lubumbashi. *Presses Universitaires de Lubumbashi, Annales Faculté des Sciences Agronomiques*, 1 (2) (2008) 411
[22] - H. BENMAZHAR, Etude de l'effet du fumier de bovin sur les propriétés physicochimiques, la fertilité et dans la réduction de la salinité des sols sableux irrigués avec des eaux salines. Mémoire de fin d'études, Université Cadi Ayyad, faculté des sciences et techniques de Marrakech, (2012) 60 - 77
[23] - N. KOULL and T.M. HALILAT, Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla. *Etude Gest. Sols*, 23 (2016) 9 - 19
[24] - M. MUSTIN, Le compost, gestion de la matière organique. Edition François Dubusc, Paris, (1987) 954 p.
[25] - K. P. KOUADIO, K. E. YOBOUE, N. TOURE, C. M. BEUGRE, K. F. AKA, K. J. KOUAKOU and K. A. YAO, Effet des téguments de fèves de cacao sur la fertilité chimique d'un ferralsol et quelques paramètres de croissance du manioc, à Ahoué, Sud-Est de Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.,* 121 (2018) 12144 - 12156
[26] - J. WEBER, A. KARCZEWSKA, J. DROZD, E. JAMROZ and A. KOCOWICZ, Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biol. Biochem.,* 39 (6) (2006) 1294 - 1302
[27] - L. J. EVANS, Chemistry of metal retention by soil. *Environ. Sci. Tech.*, 23 (9) (1989) 1046 - 1056
[28] - M. GIROUX, L. DESCHENES and R. CHASSE, Les éléments traces métalliques, leur accumulation dans les sols du Québec. IRDA, (2008) 48 p.
[29] - G. J. LAIR, M. GRAF, F. ZEHETNER and M. H. GERZABEK, Distribution of cadmium among geochemical fractions in floodplain soils of progressing development. Institute of Soil Research, University of Natural Resources and Applied Life Sciences. *Environ. Pollu.,* 156 (2008) 207 - 214
[30] - B. MALISZWESKA-KORDYBACH, A. KLIMKOWICZ-PAWLAS, B. SMRECZAK and R. GAHLZKA, Effet des inondations sur la contamination des sols agricoles avec les métaux et les HAP: L'étude de cas Vistule Moyen Gap, (2011) 15 p.
[31] - S. S. COULIBALY and I. A. ZORO BI, Influence of animal wastes on growth and reproduction of the African earthworm species *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). *Eur. J. Soil Biol.*, 46 (2010) 225 - 229
[32] - D. C. CHATTOPADHYAY, B. C. MOHAPATRA, S. ADHRIKARI, K. C. PANI, J. K. JENA and A. E. EKNATH, Effects of stocking density of *Labeo rohita* on survival, growth and production in cages. *Aqua. Intern.*, 21 (1) (2013) 19 - 29
[33] - P. K. HOUNDONOUGBO, A. CHIKOU, E. SODJINOU, A. ADITE, C. BONOU, G. A. MENSAH and P. LALEYE, Effet de la densité de charge et de différents types de substrat sur la productivité du ver de fumier *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) pour l'alimentation des sujets d'élevage. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11 (5) (2017) 1967 - 1978

[34] - V. I. TCHABI, D. AZOCLI and G. D. BIAOU, Effet de différentes doses de bouse de vache sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) à Tchatchou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (6) (2010) 5078 - 5084

[35] - M. A. KITABALA, U. J. TSHALA, M. A. KALENDA, I. M. TSHIJIKA and K. M. MUFIND, Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). *J Appl. Biosc.*, 102 (2016) 9669 - 9679

[36] - E. KOWALJOW and M. J. MAZZARINO, Soil restoration in semi arid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol. Biochem.*, 39 (2007) 1580 - 1588

[37] - K. C. MULADJI, Utilisation des composts de bio-déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, université de Liège- Gembloux Agro-Biotech, (2011) 220 p.

[38] - C. G. JONES, J. H. LAWTON and M. SHACHK, Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69 (1994) 373 - 386

[39] - A. M. GUEI, J. K. N'DRI, F. G. B. ZRO, S. BAKAYOKO and J. E. TONDOH, Relationships between soil morpho-chemical parameters and earthworm community attributes in tropical agro-ecosystems in the Centre-West region of Côte d'Ivoire, Africa. *Trop. Ecol.*, 60 (2019) 209 - 218