

# Effets des intrants chimiques sur les propriétés des sols maraîchers d'Agri-Congo Kombé de Brazzaville, République du Congo

Mboukou-Kimbatsa I.M.C<sup>2</sup>; Lebonguy A.A.<sup>1,2,3\*</sup>; Lembella Mboumba A.E.<sup>1,2</sup>; Mboukou Dyham'bu V.B<sup>2</sup>; Nguimbi E<sup>3</sup>; Goma-Tchimbakala J.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institut national de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles,

<sup>2</sup>Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Universités Marien NGOUABI,

<sup>3</sup>Faculté des Sciences Appliquées, Université Denis SASSOU-N'GUESSO,

<sup>4</sup> Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien NGOUABI

\*Auteur correspondant : LEBONGUY A.A., [lebonguyaa@gmail.com](mailto:lebonguyaa@gmail.com)

**Mots clés** : engrais, pesticides, acidité, cations échangeables, charges microbiennes

Submitted 22/10/2024, Published online on 30<sup>th</sup> November 2024 in the [\*Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024\*](#)

## 1 RÉSUMÉ

Cette étude a été menée au Centre Agricole Agri-Congo Kombé à Brazzaville, République du Congo. Le site est situé à 4°19' de longitude S, 15°10' de latitude E et à 503 mètres d'altitude. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des engrais chimiques et des pesticides sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques des sols. Le dispositif expérimental est un bloc Fisher complètement randomisé comportant trois traitements en trois répétitions. La parcelle élémentaire comporte 6 lignes de 15 m de long avec un écartement de 0,8 m entre les lignes ; soit une superficie de 72 m<sup>2</sup>. Les traitements étudiés sont les suivants : parcelle témoin non cultivée (ES0), parcelle cultivée avec le persil (*Petroselinum crispum*) ES1, parcelle cultivée avec la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) ES2. Les parcelles ont été fertilisées à l'engrais minéral et traitées avec les pesticides Mamira super 90EC, Pacha 25 EC et le Tophos 480 EC. Le prélèvement des sols a été effectué 100 jours près le semis. Les résultats ont montré que les sols étudiés ont une texture sablo limoneuse avec des proportions de sable variant de 82,22 % à 88,23 %, un pH acide, une faible teneur en éléments échangeables. La charge microbienne des sols exposés aux engrais chimiques et aux pesticides est significativement supérieure à celle du sol témoin. Ce travail a montré que l'utilisation des produits chimiques (Mamira super 90EC, Pacha 25 EC et Tophos 480 EC) dans le Centre agricole de Kombé à Brazzaville n'a pas d'impact négatif sur la charge microbienne du sol.

## ABSTRACT

This study was conducted at the Agri-Congo Kombé Agricultural Centre in Brazzaville, Republic of the Congo. The site is located at 4°19' S longitude, 15°10' E latitude and 503 metres above sea level. The objective of this study is to assess the impact of chemical fertilizers and pesticides on the physico-chemical and microbiological properties of soils. The experimental design is a completely randomized Fisher block with three treatments in three replicates. The elementary plot has 6 lines of 15 m long with a gap of 0.8 m between the lines; that is an area of 72 m<sup>2</sup>. The treatments studied are: uncultivated control plot (ES0), parcelle cultivated with parsley (*Petroselinum crispum*) ES1, parcelle cultivated with tomato (*Solanum lycopersicum L.*) ES2. The plots were fertilized with mineral fertilizer and treated with pesticides Mamira super 90EC, Pacha 25 EC and Tophos 480 EC. Soil sampling was carried out 100 days after sowing. The results showed that the soils studied have a silty sandy texture with sand proportions ranging from 82.22% to 88.23%,

an acidic pH, low exchangeable elements content. Soil microbial load exposed to chemical fertilizers and pesticides is significantly higher than that of the control soil. This work showed that the use of chemicals (Mamira super 90EC, Pacha 25 EC and Tophos 480 EC) in the Kombé Agricultural Center in Brazzaville has no negative impact on soil microbial load.

## 2 INTRODUCTION

La production alimentaire mondiale doit augmenter de 70 % pour pouvoir nourrir la population mondiale sans cesse croissante (ONU, 2022). Dans le même sens, Bricas et Daviron (2008) avait déjà souligné que pour parvenir à une autosuffisance et une sécurité alimentaire, il était nécessaire d'augmenter la production agricole/alimentaire. Ainsi, dans les grandes cités des pays en voie de développement où est concentrée un grand nombre de la population, l'agriculture urbaine et périurbaine tente de résoudre l'insécurité alimentaire (Boccanfuso et Yergeau, 2020). Malheureusement dans ces villes, il se pose un problème de terres cultivables disponibles pour une production importante. Une des pistes de solution est d'accroître les rendements des cultures en utilisant certains produits susceptibles d'optimiser les rendements et répondre aux besoins alimentaires des populations (FAO, 2016). L'utilisation de certains produits de nature chimique a une incidence sur l'environnement (Savadogo, 2007). En effet, ces pratiques peuvent mener à des phénomènes de dégradation des sols, à court et à moyen termes (Roose, 2014). Cela conduit à une diminution de la productivité des sols, compromettant la durabilité des systèmes de production agricole (Lal, 1988). Par ailleurs, l'utilisation des produits chimiques (pesticides) serait la cause d'une érosion (ou perte) significative de la biodiversité à l'échelle planétaire (Pascault, 2010).

En République du Congo, les ceintures maraichères sont localisées le long des cours d'eau qui traversent les grandes villes comme Brazzaville, Pointe-Noire et Dolisie. Selon Gakosso (2015), les sols de Brazzaville sur lesquels est pratiqué le maraîchage sont de types ferralitiques et hydromorphes. Malheureusement, le rendement dans ces sols est faible. Kome et al. (2018) soulignent que la faible fertilité de ces sols constitue un facteur

limitant de la productivité agricole. Malgré ce faible rendement, à Brazzaville comme dans les autres villes du Congo, le maraîchage urbain constitue la principale source d'approvisionnement des marchés en produits agricoles (Yallo et al., 2022). Pour optimiser le rendement, les maraîchers utilisent les engrais minéraux et les pesticides de manière irrationnelle, notamment le NPK et les insecticides (Cyperméthrine, Endosulfan, etc.) et parfois les fongicides (PROPAC, 2012). Dans l'étude de Yallo et al. (2022), un nombre de 18 noms commerciaux de pesticides et 10 matières actives ont été répertoriés. Or les pesticides comptent parmi les polluants les plus dangereux pour l'environnement en raison de leur stabilité, de leur mobilité et de leurs effets à long terme sur les organismes vivants. Le devenir des pesticides est lié à l'ensemble de l'environnement naturel (sol, eau et air), mais le sol reste un élément important, car la majorité des pesticides utilisés dans le traitement des cultures par pulvérisation directe et/ou par lessivage du feuillage vont se retrouver dans le sol (Calvet et al., 2005). Maltas et al. (2012) affirment qu'une fertilisation minérale stricte entraîne une diminution de la teneur en matière organique et dégrade la qualité biologique du sol. Or, la matière organique est une composante essentielle du sol. Selon Huber et Schaub (2011), la matière organique confère au sol des propriétés physicochimiques (structure, porosité, rétention d'eau, décomposition, minéralisation, etc.) et biologiques favorables (stimulation de l'activité biologique : vers de terre, biomasse microbienne) au développement des plantes. La matière organique du sol est donc considérée comme un indicateur important de la fertilité du sol. Un des composants de cette matière organique est représenté par les microorganismes du sol. A notre connaissance, peu de recherches ont été menées sur les effets de l'intensification des

pratiques culturales sur les propriétés biologiques des sols de cultures maraîchères à Brazzaville. Bien que quelques études ont porté sur ces effets sur les propriétés physico-chimiques (Yallo et al., 2022). Il serait donc intéressant de comprendre la relation entre l'utilisation des produits chimiques et les propriétés physico-chimiques et biologiques

des sols. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des engrais chimiques et des pesticides (Mamira super 90EC, Pacha 25 EC et Tophos 480 EC) sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du sol dans la zone agricole de Kombé dans le département de Brazzaville.

### 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

**3.1 Site d'étude :** Cette étude a été menée au Centre Agricole Agri-Congo Kombé à Brazzaville, République du Congo. Le site est situé à 4°19' de longitude S, 15°10' de latitude E et à 503 mètres d'altitude. Le climat est de type subtropical, caractérisé par une saison de pluies de septembre à mai et une saison sèche de juin à août. Les précipitations annuelles sont d'environ 1500 mm et la température annuelle moyenne est de 25 °C (Agence Nationale de l'Aviation Civile 2017). Les sols de la zone d'étude appartiennent principalement aux sols ferrallitiques jaunes très insaturés et pauvres en éléments minéraux (Denis, 1974).

**3.2 Dispositif expérimental :** Le dispositif expérimental est un bloc Fisher complètement randomisé comportant trois traitements en trois répétitions. La parcelle élémentaire comporte 6 lignes de 15 m de long

avec un écartement de 0,8 m entre les lignes ; soit une superficie de 72 m<sup>2</sup>. Les traitements étudiés sont les suivants :

- ES0 : parcelle témoin non cultivée ;
- ES1 : parcelle de persil (*Petroselinum crispum*),
- ES2 : parcelle de tomate (*Solanum lycopersicum* L.),

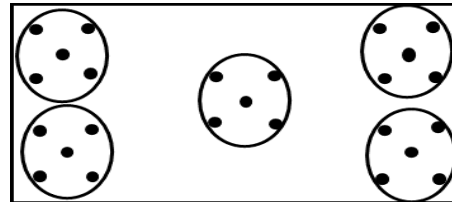
Les parcelles ES1 et ES2 ont été fertilisées à l'engrais minéral (NPK : 15, 15, 15) et traitées à l'imidaclopride lambda-cyhalothrine (Mamira super 90EC), l'Acétamiride lambda-cyhalothrine (Pacha 25 EC) et le Chlorpyrifos éthyle (Tophos 480 EC). Le pacha 25EC et le mamira super 90EC ont été appliqués aux cultures à 30 et 40 jours après le semis. Le Chlorpyrifos éthyl (Tophos 480 EC) a été appliqué 100 jours après semis du persil et de la tomate.

**Tableau 1 :** Liste des pesticides utilisés

Nom commercial	Type	Molécules actives	Famille chimique	Dose/ha
Mamira super 90EC	Insecticide Agit sur : chenilles, noctuelles, pucerons, cicadelles et mouches des cucurbitacées	Lambda cyhalothrine	Pyrethroïde	1,5g
Pacha	Insecticide agit sur mouche blanche, pucerons, fourmis, chenilles	Lambda cyhalothrine, acetamipride	Pyrethroïde	1L
Tophos 480EC	Insecticide à large spectre agit sur les insectes piqueurs suceurs (cochenilles, pucerons), les noctuelles de la tomate, et le traitement des cultures maraichères	Chlorpyrifos -éthyl	Organophosphoré	1,5L

**3.3 Prélèvement des sols :** Les prélèvements de sol ont été effectués, après l'application des pesticides, dans l'horizon 0-20 cm à l'aide d'une tarière. Vingt-cinq échantillons ont été effectués par parcelle (figure 1) et mélangés pour constituer un

échantillon composite. Les sols prélevés ont été conditionnés dans des sacs en plastique et acheminés au laboratoire. Au laboratoire, ils ont été séchés à l'air avant les analyses physicochimiques et microbiologiques.



**Figure 1 :** Schéma du prélèvement des échantillons de sol



**Figure 2 :** Prélèvement des échantillons de sol à la tarière sur une planche tomate.

**3.4 Analyses physico-chimiques :** L'analyse des paramètres physico-chimiques a été réalisée au Laboratoire d'analyses physico-chimique de l'Institut national de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles situé (IRSEN) zone de Pointe-Noire. L'analyse granulométrique a été faite par la méthode de la pipette de Robinson (Robinson, 1927). Les pourcentages des fractions granulométriques

obtenues ont permis de déterminer la texture du sol à l'aide du classeur du département de l'agriculture des Etats Unis d'Amérique (USDA). Le pH des échantillons de sol a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre (OHAUS, Starter 3000, USA) dans un mélange sol eau distillée 2/5(v/v). Les valeurs de pH lues sur l'écran du pH-mètre ont été comparées aux normes proposées par Scollenberge (1978).

**Tableau 2 :** Norme du pH du sol selon Scollenberge (1978)

<i>pH du sol</i>	<3,5	3,5-5	5-6,5	6,5-7,5	7,5-8,7	>8,7
<i>Type de sol</i>	<i>Sol hyper acide</i>	<i>Sol très acide</i>	<i>Sol acide</i>	<i>Sol neutre</i>	<i>Sol basique</i>	<i>Sol très basique</i>

**3.5 Carbone total et de la teneur en matières organique :** La teneur en carbone total du sol a été déterminée selon la méthode Walkley et Black. Le principe de cette méthode consiste à oxyder à froid le carbone présent dans le sol par une quantité connue de

dichromate de potassium dont l'excès est dosé en retour par le sel de Mohr (ammonium fer(II) sulfate). Le volume de sel de Mohr permet de calculer la quantité de dichromate de potassium en excès et donc déduire ensuite de la quantité de dichromate ayant oxydé le



carbone. Cette valeur permet de calculer la quantité de carbone présent dans l'échantillon. La teneur en matière organique du sol est calculée sur la base de la teneur totale en carbone d'après la formule :

$\% \text{ MO} = \% \text{ C} \times 1,724$  avec MO : Matière organique ; C : teneur en carbone total

### 3.6 Azote totale et phosphore total :

L'azote total a été mesuré par la méthode Kjeldahl (Bremner and Mulvaney, 1982). La matière organique du sol est minéralisée à chaud par l'acide sulfurique concentré. L'azote est récupéré sous forme ammonium puis distillé sous forme ammoniacale avant d'être dosé par volumétrie. C'est donc un dosage acide-base qui permet de calculer à partir du volume d'acide nécessaire pour neutraliser la base ammoniacale et enfin calculer la quantité d'azote contenu dans l'ammoniacale. La teneur en phosphore assimilable a été déterminée par la méthode de Dabin modifié. Elle consiste à incinérer l'échantillon de sol à 550°C pour obtenir des cendres. Ces dernières sont attaquées avec de l'acide nitrique concentré pendant 5 heures. Après évaporation, le culot est récupéré avec de l'acide sulfurique 2 N. Le mélange subit une nouvelle évaporation puis le culot est de nouveau récupéré avec l'acide sulfurique 1 N dans une fiole. Le dosage est ensuite effectué par colorimétrie avec le réactif de Murphy et Riley. La valeur du phosphore assimilable de l'échantillon de sol est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

**3.7 Les ions échangeables (K, Ca, Mg) :** Le dosage des ions échangeables a été effectué par complexométrie. Les éléments échangeables (Ca, Mg, K) sont extraits du sol avec une solution d'acétate d'ammonium à pH 7 après une nuit de contact et d'agitation. Le surnageant est récupéré et amené jusqu'à un volume de 100 mL. Les cations échangeables contenus dans le surnageant sont dosés au spectrophotomètre d'absorption atomique. Les ions Ca et le Mg ont été dosés par complexométrie. Le Mg est calculé par différence des résultats des dosages du (Ca + Mg) et du Ca seul. A pH 10, le Ca et le Mg forment avec l'EDTA (éthylène diamine tétra-acide acétique) des complexes solubles Ca-EDTA et Mg-EDTA. Les réactions sont instantanées aux températures avoisinant

60°C. Avec l'indicateur noir ériochrome T (NET), de couleur bleu pur à l'état libre, des complexes Ca-NET et Mg-NET (rouge vineux) sont formés. Le Ca est titré avec l'EDTA en présence de calcon comme indicateur, après avoir précipité le Mg par alcalinisation de l'extrait jusqu'à pH 12.5, le volume obtenu à la burette permet de calculer la concentration du Ca. Et du volume d'EDTA obtenu au dosage du (Ca + Mg) on soustrait celui du dosage du Ca seul pour trouver la quantité d'EDTA qui a réagi avec le Mg et donc calculer la concentration du Mg.

**3.8 Analyses microbiologiques :** La charge microbienne a été déterminée en utilisant la méthode de dilution décimale. Dix (10) grammes de chaque échantillon de sol ont été pesés séparément à l'aide d'une balance électronique (marque G & G T500Y). Puis, le sol a été mélangé avec 90 mL d'eau distillée stérile contenue dans un flacon de 250 mL. La solution obtenue après homogénéisation est appelée une solution mère. Cette dernière a été utilisée pour réaliser une série de dilutions décimales allant de  $10^{-2}$  à  $10^{-5}$ . Cent (100)  $\mu\text{L}$  de chaque inoculum obtenu ont été ensemencés en utilisant la technique d'ensemencement en surface. Les boîtes de culture ont été incubées dans l'étuve (Mettler 110 GmbH ; Germany) à 37 °C pendant 48 h pour les bactéries mésophiles et 72 h pour la flore fongique (levures et moisissures). Le milieu Place Count Agar (PCA) a été utilisé pour le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT). Le milieu de Mossel pour le dénombrement des bactéries du genre *Bacillus* sp. Le milieu gélosé King A a permis le dénombrement des bactéries appartenant à l'espèce *Pseudomonas aeruginosa*. Le milieu MBEAA a été utilisé pour la numération des streptocoques du groupe D. Le milieu de Chapman a été utilisé pour déterminer la charge des bactéries appartenant à l'espèce *Staphylococcus aureus*. Enfin, le milieu Brain Heart Infusion (BHI) additionné de chloramphécol à 0,5‰ a été utilisé pour le dénombrement des levures et moisissures. A la fin de l'incubation, les colonies ont été comptées manuellement et la charge microbienne a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{ni}{Vi.D} \times \frac{Vsm}{m} \text{ (UFC/g)}$$
 avec : *ni* : Moyenne des colonies de la dilution considérées ; *Vi* : volume de l'inoculum ; *D* : dilution ; *m* : masse de l'échantillon ; *Vsm* : volume de la solution mère

**3.9 Traitement et analyse des données :** Les données collectées ont été traitées en utilisant le logiciel Microsoft Excel 2016. Le

logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 22.0 a été utilisé pour réaliser l'analyse multiple de variance (MANOVA) et le test de Student Newman et Keuls. Le logiciel PAST version 4.03 a été utilisé pour réaliser le test de khi-deux, l'analyse canonique de correspondance (ACC) et la classification hiérarchique (CAH).

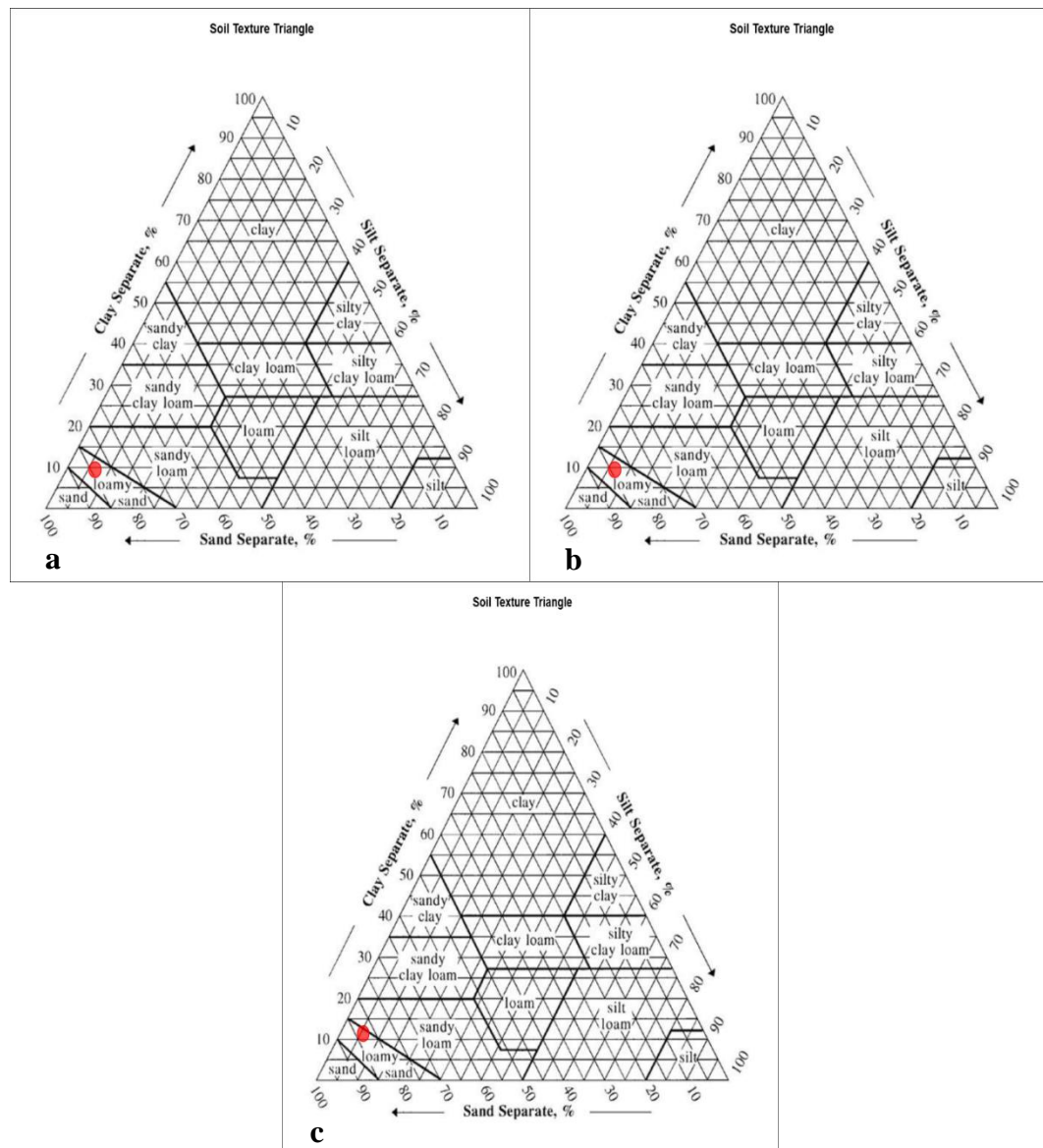
## 4 RÉSULTATS

**4.1 Caractéristiques physico-chimiques des sols :** Les résultats des analyses physico-chimiques (Tableau 3) montrent que la teneur en argile a été légèrement élevée dans l'échantillon ES1 (11%) comparé aux échantillons ES0 et ES2. Cependant, la teneur en limon a été plus élevée dans l'échantillon ES0 (7,11%), suivi d'ES1

(6,27%) et d'ES2 (2,78%). S'agissant de la fraction sableuse, les teneurs ont été 88,22, 82,73 et 83,89 % respectivement dans les échantillons des sols ES1, ES2 et ES0. D'après le triangle de texture de l'USDA, ces trois échantillons de sol ont une texture sablo-limoneuse (figure 2).

**Tableau 3:** Caractéristiques physico-chimiques des échantillons

	<i>ES0</i>	<i>ES1</i>	<i>ES2</i>
<b>Argile (%)</b>	9,00	11,00	9,00
<b>Limon (%)</b>	7,11	6,27	2,78
<b>Sable (%)</b>	83,89	82,73	88,22
<b>Humidité</b>	0,58	4,76	1,25
<b>pH</b>	5,88	6,73	5,62
<b>C</b>	0,99	1,02	0,84
<b>N</b>	0,10	0,12	0,10
<b>C/N</b>	9,90	8,50	8,40
<b>MO</b>	1,72	1,76	1,45
<b>P</b>	0,02	0,07	0,05
<b>K</b>	0,01	0,01	0,01
<b>Ca</b>	0,05	0,11	0,05
<b>Mg</b>	0,00	0,03	0,06



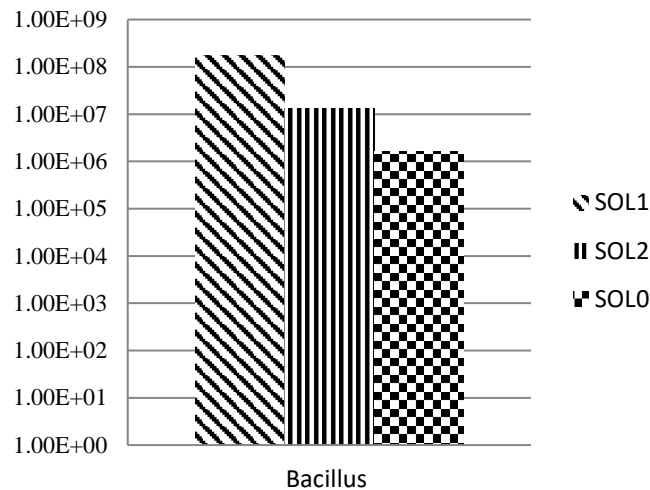
**Figure 3 :** Triangles texturales des trois échantillons de sol selon USDA, (a) échantillon ES0, (b) échantillon ES1 et (c) échantillon ES2

Les résultats montrent également que les sols ES0 et ES2 ont un pH respectivement de 5,88 et 5,62. Tandis que, l'échantillon de sol ES1 a un pH égal à 6,73. D'après les normes reportées dans le tableau 4, les échantillons ES0 et ES2 sont acides puisque les pH sont compris entre 5 et 6,5, tandis que l'échantillon ES1 est neutre puisque le pH est compris entre 6,5 et 7,5. Le taux d'humidité a été plus élevé dans les échantillons de sol cultivé, avec respectivement 4,76 % 1,25 % pour ES1 et pour ES2. Tandis que dans l'échantillon témoin, le taux d'humidité a été plus faible (0,53 %). A propos du carbone total et de la matière organique, les teneurs ont été plus élevées dans l'échantillon ES1 suivi des

échantillons ES0 et ES2. Cependant, ces trois échantillons ont été pauvres en matière organique ( $1,4\% < MO < 2\%$ ). L'azote a été présent dans les trois échantillons de sols mais à de très faible teneur : 0,10 % pour ES0, 0,12 % pour ES1 et 0,10 % pour ES2. S'agissant du rapport C/N, les valeurs ont été relativement supérieures dans le témoin ES0 avec une valeur de 9,90, suivi d'ES1 et ES2 avec respectivement 8,50 et 8,40. La vie microbienne dans ES0 est normale car le rapport C/N est compris entre 9 et 12. Tandis qu'elle est relativement faible dans les échantillons ES1 et ES2, avec  $C/N < 9$ . Ces résultats montrent aussi que le phosphore est présent dans les 3 échantillons, bien qu'en très

faible quantité. L'échantillon ES1 a une teneur de 0,07, par contre la plus faible est attribuée à ES0 (0,02). L'échantillon ES2 a une teneur intermédiaire (0,05). Concernant les cations échangeables, les résultats montrent que les teneurs en cation  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  et  $K^+$  ont été très faibles dans les trois échantillons de sol.

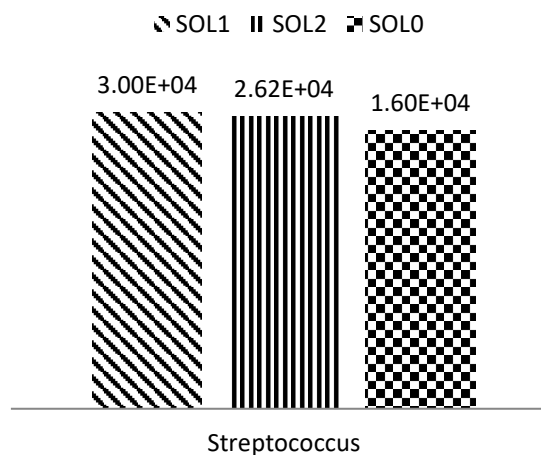
**4.2 Charge microbienne :** La figure 2 montre la charge bactérienne en *Bacillus sp.* de tous les échantillons. L'échantillon ES1 a valeur plus élevée avec une moyenne de  $1,75.10^8$  UFC/g, suivi de l'échantillon ES2 avec une valeur  $1,29. 10^7$ . La charge en *Bacillus sp.* baisse dans l'échantillon de sol ES0 avec une moyenne de  $1,60.10^6$  UFC/g.



**Figure 4 :** Charge bactérienne des bactéries du genre *Bacillus sp.*

L'analyse des variances à un facteur a été appliquée. Les résultats ont montré que la moyenne du nombre de germes *Bacillus* ne sont pas significatif ( $P > 0,05$ ). La classification de Student Newman et Keuls au seuil de 5% montre que le nombre de germes *Bacillus* peut être structurée en un seul groupe homogène selon le type de sol. S'agissant *Staphylococcus aureus*, les résultats des cultures sur milieu spécifique n'ont révélé aucune présence de ces

germes dans les 3 échantillons. La charge en *Streptococcus* de tous les échantillons a été représentée sur la figure 3. L'échantillon ES1 a une charge plus élevée avec une moyenne de  $3,10^4$  UFC/g et l'échantillon ES0 avec une moyenne de  $1,60.10^4$  UFC/g. L'analyse de la variance à un critère de classification a montré que les différences entre ces échantillons n'est pas significative.

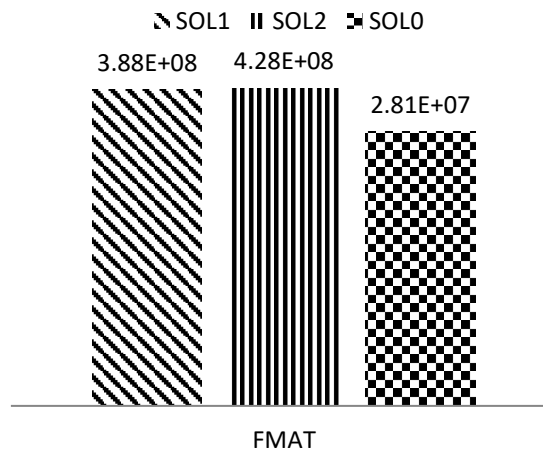


**Figure 5 :** Densité microbienne des bactéries du genre *Streptococcus* du groupe D



La figure 4 montre la densité de la flore mésophile totale. Les échantillons ES1 et ES2 ont une concentration en FMAT respectivement de  $3,88.10^8$  UFC/g et  $4,28.10^8$  UFC/g, tandis que la plus petite valeur a été obtenue avec l'échantillon ES0 ( $2,81.10^7$

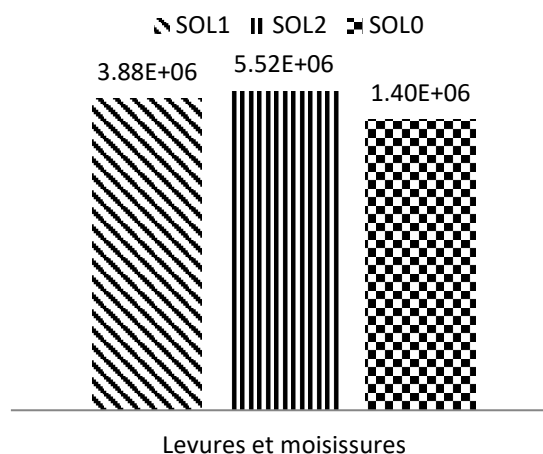
UFC/g). L'analyse des variances à un critère de classification a été appliquée et montré qu'aucune variable n'est discriminante pour structurer les variantes de facteur en plusieurs classes homogènes ( $P > 0,05$ ).



**Figure 6 :** Charge en flore mésophile aérobie totale

La figure 6 présente sur les densités en levures et de moisissures dans les trois échantillons de sol. Les échantillons ES1 et ES2 ont respectivement de  $3,88.10^6$  UFC/g et  $5,52.10^6$  UFC/g, tandis que l'échantillon témoin présente une moyenne de  $1,40.10^6$  UFC/g. L'analyse des variances à un critère de classification a été appliquée. Les résultats ont montré que les différentes variables sont hautement discriminantes pour structurer les

variantes du facteur en classe homogène. La classification de Student Newman et Keuls au seuil de 5% montre que la moyenne du nombre de germes levures et moisissures peut être scindée en deux sous classes (a, b). La première sous classe correspondant aux échantillons ES0 et ES1 s'est distinguée par des faibles moyennes. La deuxième sous classe constituée des échantillons ES1 et ES2 s'est caractérisée par des fortes moyennes.



**Figure 1 :** Charge microbienne des germes levures et moisissures

La charge en *Staphylococcus aureus* est présentée sur la figure 7. La densité en *Staphylococcus*

*aureus* a été de  $9,68.10^6$  UFC/g et  $4,74.10^6$  respectivement dans les échantillons de sol

ES1 et ES2. Par contre, la charge a été plus faible dans l'échantillon (1,09.10<sup>5</sup> UFC/g). L'analyse des variances à un facteur a été appliquée. Les résultats ont montré qu'aucune

variable n'est discriminante pour structurer les variantes de facteur en plusieurs classes homogènes (P > 0,05).

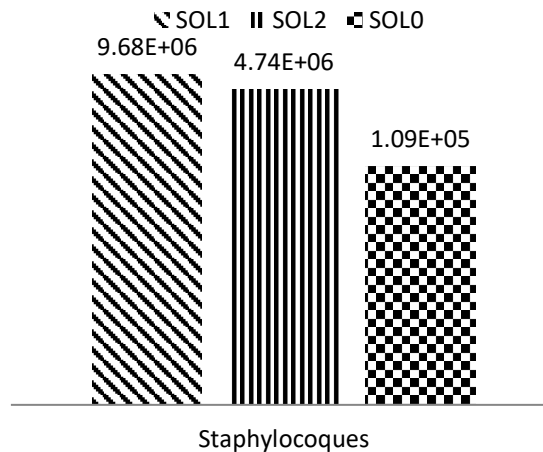


Figure 8 : Densité en *Staphylococcus aureus* des trois échantillons de sol

### 4.3 Comparaison des Charges microbiennes des trois échantillons de sol :

La figure 15 montre la densité microbienne dans les trois échantillons du sol. L'échantillon de sol ES1 prélevé au niveau de planche culture de persil a été le plus chargé en microorganismes, suivi d'ES2 prélevé sur la planche où est cultivée la tomate. Par contre, l'échantillon témoin ES0 a été le moins chargé avec moins de microorganismes. Néanmoins, dans les trois (3) échantillons sont pratiquement homogène. En effet, ils ont la

même composition microbienne. Par ailleurs, la flore *Bacillus* a été la plus représentée dans ces trois échantillons. Elle été plus abondante dans l'échantillon ES2, tandis que dans les autres échantillons, elle a enregistré des valeurs plus faibles. La charge en *Bacillus* a été suivie par celle des *Staphylococcus aureus*, ainsi que les levures et moisissures. En effet, ces microorganismes ont été plus abondant dans les échantillons ES1 et ES2 que dans le témoin (ES0).

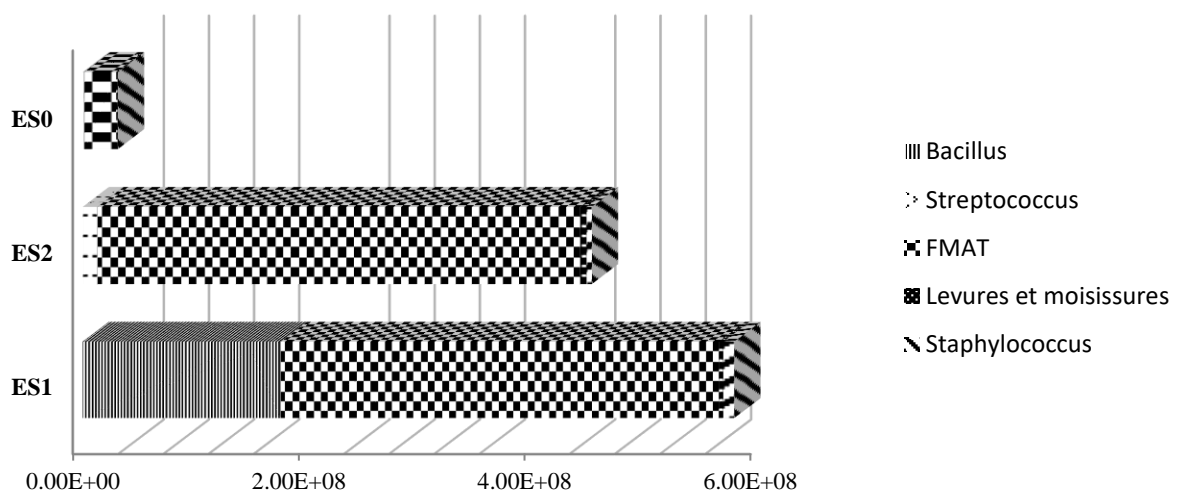
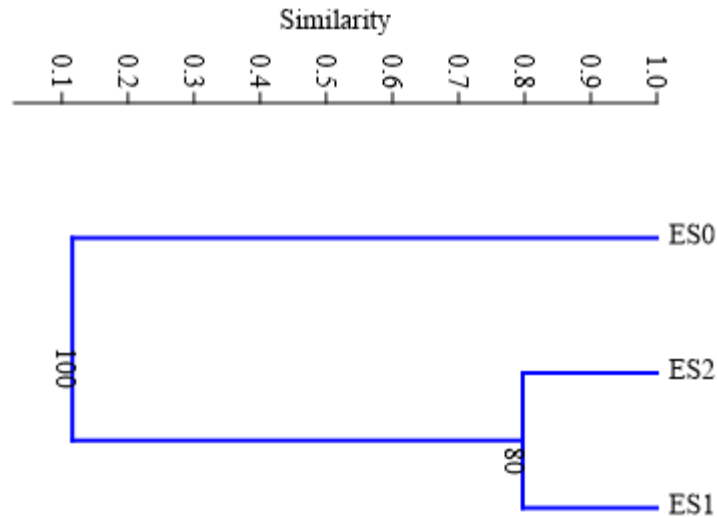


Figure 9: Comparaison de la charge microbienne des trois échantillons de sol

**4.4 Classification hiérarchique des échantillons de sol :** La figure 10 montre le regroupement des échantillons suivant les paramètres microbiologiques étudiés. Les 3 échantillons de sol sont subdivisés en deux

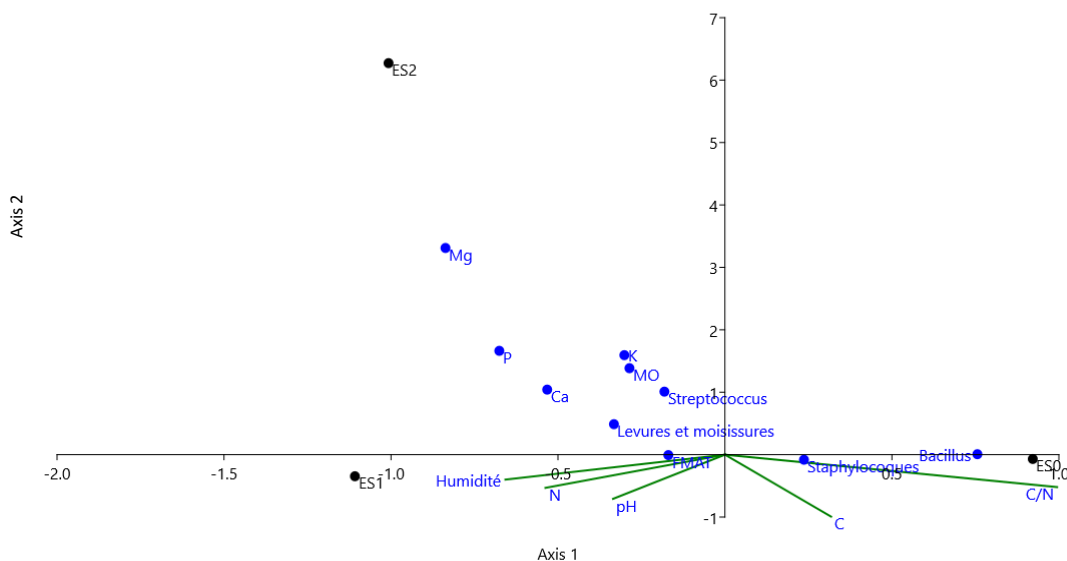
classes. La première classe est composée du cluster formé par les échantillons ES1 et ES2 avec un indice de similarité (Bray-Curtis) d'environ 0,75. Par contre, l'échantillon ES0 forme une classe unique.



**Figure 2 :** Dendrogramme UPMGA regroupant les 3 échantillons de sols selon la charge microbienne

**4.5 Analyse canonique de correspondance :** L'ACC des différents paramètres est représenté par la figure 11. L'axe 1 et l'axe 2 expliquent 100% des variations observées. L'axe 1 explique 97,97% des variations tandis que l'axe 2 explique 2,03% des variations. Ainsi, au niveau des échantillons des ES1 et ES2 la croissance de la

FMAT, des streptocoques du groupe D et des levures et moisissures a été influencée par Mg<sup>2+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, N, la matière organique, humidité et le Ph. par contre, la croissance des *Staphylococcus* et des *Bacillus* au niveau du sol témoin a été influencée par la teneur en carbone et le rapport C/N.



**Figure 3 :** ACC des échantillons de sol

## 5 DISCUSSION

L'utilisation de manière irrationnelle des pesticides et d'autres matières actives dans les pratiques maraîchères constitue un danger pour l'environnement et santé humaine (Pascault, 2010 ; Savadogo, 2007 ; Lal, 1988). En effet, les pesticides comptent parmi les polluants les plus dangereux pour l'environnement en raison de leur stabilité, de leur mobilité et de leurs effets à long terme sur les organismes vivants. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact des produits phytosanitaires sur les propriétés des sols maraîchers d'Agri-Congo à Kombé dans le département de Brazzaville. Les analyses granulométriques ont révélé que les horizons de labour des trois échantillons de sol étudiés ont une texture sablo limoneuse avec des proportions de sable variant de 82,22 % à 88,23 %. Ces résultats sont proches de ceux de Mabiala et al. (2020) et Yallo et al. (2022) qui ont travaillé sur les sols de Brazzaville Sud. Le pourcentage élevé en sable des sols de Brazzaville serait dû à la nature gréseuse de la roche mère (Denis, 1974). Ces résultats montrent aussi que les apports chimiques fréquents par les maraîchers pour booster le rendement des cultures n'ont aucun effet sur la texture du sol. Concernant le pH, les trois échantillons de sol ont un pH acide. Ces résultats sont similaires à ceux de Yallo et al. (2022). Ces auteurs ont montré que le pH des sols des zones maraîchères de Brazzaville est acide. En outre, la valeur du pH de l'échantillon ES1 est légèrement moins acide que les autres échantillons. Cela peut être justifié par sa teneur élevée en calcium comparé aux deux autres échantillons. Selon Kaboré (2004), certains déchets utilisés en maraîchage, du fait de leurs fortes teneurs en calcium (Ca) et en magnésium (Mg) ont la capacité d'élever le pH eau du sol. Ces résultats ont montré également que les sols étudiés ont un rapport C/N assez faible, compris entre 8 et 10. Ce rapport est plus faible dans les échantillons ES1 et ES2. Cela peut indiquer que ces sols contiennent de la matière organique bien décomposée. En effet, plus le rapport C/N est élevé (>12), plus l'activité biologique est réduite et la minéralisation rencontre des difficultés (Kaya, 2019). Dans le même sens, Nijimbere et al. (2020) ont souligné qu'en sols cultivés, un rapport C/N  $\leq 9$  indique

une bonne humification, alors que des valeurs  $\geq 12$  sont indicatrices des difficultés de minéralisation de la matière organique. Dans notre étude, les rapports C/N des sols exploités étudiés ont un rapport inférieur à 9 (ES1 avec C/N de 8,5 ; ES2 avec C/N de 8,4). Ce qui indique un degré de minéralisation avancé de la matière organique. Sedogo (1993) et Gamouh et al. (2005) affirment que plus la teneur en matière organique est faible, plus la minéralisation est importante. Comparée à l'échantillon ES0, les activités microbiennes dans les échantillons des sols ES1 et ES2 sont meilleures, car leur rapport est inférieur à 9 (C/N < 9). Les teneurs élevées en phosphore des sols sous culture par rapport au témoin pourraient s'expliquer par l'apport répété des amendements organique et des engrais chimiques. Coulibaly et al. (2012) ont observé une augmentation de la teneur en P des sols sous culture dans la province du Tuy (Burkina Faso) après les dix premières années de mises en culture. Selon ces auteurs, l'apport répété d'engrais complexes augmenterait la concentration de P au cours du temps dans le sol. La faible teneur en cations échangeables des sols serait due à leur texture sableuse du sol et au pH. Ces derniers favoriseraient la lixiviation des éléments chimiques. Dans leur étude, Ondo et al. (2014) justifient aussi la pauvreté en cations échangeables dans les sols par la lixiviation favorisée par l'acidité des sols. La comparaison des résultats de la charge microbienne paramètre par paramètre, réalisée à l'aide de l'analyse multiple de variance (MANOVA) et du test de Student Newman et Keuls, n'a pas révélé de différences significatives entre les échantillons de sol. Ils constituent un groupe homogène ( $p > 0,05$ ) pour les différentes flores microbiennes dénombrées, sauf pour les levures et moisissures ( $p < 0,05$ ). Cependant, en prenant en compte l'ensemble des paramètres microbiologiques étudiés, les résultats ont montré que les sols exposés aux intrants chimiques (ES1 et ES2) ont des charges microbiennes supérieures à celle du témoin (ES0). Ce qui est confirmé par le test Khi-deux, qui a révélé des différences significatives ( $p < 0,05$ ) pour l'ensemble des groupes des

microorganismes dénombrés. Plusieurs auteurs soulignent que l'application fréquente des pesticides pourrait expliquer la différence de charge microbienne. Selon Ouattara et al. (2010) les apports de pesticides associés aux engrais minéraux induisent une augmentation de 4 à 25 % de la biomasse microbienne totale. Ces auteurs ont montré, dans leur étude, que la biomasse microbienne dans la parcelle témoin sous jachère était toujours inférieure à la biomasse microbienne dans la parcelle de coton fertilisée avec des engrais minéraux et traitées avec des pesticides. La biomasse microbienne des parcelles traitées était toujours supérieure à celle des parcelles où le compost était utilisé comme engrais à la place des engrais minéraux. Ces résultats sont également soutenus par Hussain et al. (2001) qui ont montré que les couples endosulfan-diméthoate, profenofos-cyperméthrine et bifenthrine-acétamipride augmentent la biomasse microbienne. D'autres auteurs ont montré que cette augmentation était liée au métabolisme microbien. En effet, certaines bactéries et certains champignons peuvent utiliser les résidus de pesticides comme source de carbone et d'énergie (Lu et al., 2011 ; Foughali et Chial, 2016). Par contre, d'autres microorganismes peuvent juste les dégrader (Huang et al., 2018). Selon Lompo (2007), dans le sol, les champignons, les algues, les protozoaires et les bactéries participent à la dégradation des pesticides, mais les bactéries et les champignons sont les principaux responsables de cette dégradation. Par ailleurs, l'eau d'arrosage peut être considérée aussi comme un facteur qui intervient dans l'élimination des pesticides. En effet, les échantillons ES1 et ES2 appartiennent à des sols cultivés, et sont donc exposés aux différents apports notamment, l'arrosage par l'eau. Or l'eau a de multiples effets mécaniques, physiques et/ou chimiques. Entant que solvant, elle augmente la disponibilité des éléments solubles, comme les pesticides par exemple, et facilite leur déplacement dans le sol. Ainsi, lorsque la capacité de rétention de l'eau dans le sol est atteinte, une bonne partie peut s'infiltrer pour aller vers les nappes phréatiques et les plans d'eau de surface par ruissellement. Van der Werf (1996) précise, dans ce sens, que

l'infiltration de l'eau dans le sol entraîne le lessivage de molécules phytosanitaires, en fonction des propriétés de ces produits, des propriétés du sol, du taux d'infiltration et de l'épaisseur de la zone non saturée. Schreck (2008) souligne que les molécules phytosanitaires, notamment les herbicides, de par leurs propriétés physico-chimiques, sont souvent hydrosolubles et peuvent être facilement exportées par les eaux d'infiltration ou de ruissellement. Ce lessivage induit une diminution de la concentration du ou des pesticides au niveau des sols traités. C'est le cas des sols à texture sablo-limoneux qui ont une faible capacité de rétention d'eau. Par conséquent, les organismes du sol ne sont plus impactés négativement par le produit toxique et la biomasse peut augmenter. Une autre raison pouvant justifier cette augmentation de la charge dans les échantillons traités est le rapport C/N. En effet, en se référant aux paramètres chimiques analysés, il est constaté une parfaite corrélation entre l'abondance de la microflore totale et le rapport C/N. La faible teneur en matière organique favorise une minéralisation importante (Sedogo, 1993 ; Gamouh et al., 2005). Cette minéralisation est la conséquence d'une activité microbienne intense dans les échantillons des sols ES1 et ES2, où la charge microbienne est plus élevée, car leur rapport est inférieur à 9 ( $C/N < 9$ ). En prenant en compte à la fois les paramètres physico-chimiques et microbiologiques, l'analyse canonique de correspondance a montré que la charge en *Bacillus* et en staphylocoques ont été influencé par le rapport C/N et le carbone total. Mabiala et al. (2020) qui ont travaillé sur des sols sous culture des légumineuses, avaient montré que la présence des *Bacillus* était impactée sur le site ORSTOM, par entre autres paramètres chimiques, la teneur en carbone total. Par contre au site ES1, les *Streptococcus*, les levures et moisissures et la flore totale ont été influencé par le pH, l'azote, l'humidité et la matière organique. Selon Marouane (2022), les champignons sont généralement prépondérants dans les sols acides tandis que les bactéries prédominent dans les sols neutres ou légèrement alcalins.



## 6 CONCLUSION

Ce travail a donc montré que l'utilisation des produits chimiques (Mamira super 90EC, Pacha 25 EC et Tophos 480 EC) au site de Kombé à Brazzaville n'a pas d'impact négatif sur la charge microbienne donc sur les caractéristiques microbiologiques du sol. Il est possible que ses microorganismes utilisent ses

intrants dans leur métabolisme. Toutefois, les effets sur les propriétés des sols observés dans cette étude ne doivent pas être considérés comme dus uniquement aux apports chimiques. Probablement d'autres facteurs, entre autres, climatiques, le travail du sol et les engrais organiques interviennent.

## Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt avec des tiers concernant ce travail.

## 7 RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIE

- ANAC. 2017. Base de données annuelles de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile (ANAC), Données Météorologiques de la Région de Brazzaville. Ministère de Transport et de l'Aviation Civile, Brazzaville, Congo, 5p.
- Boccanfuso D. et Yergeau M. 2020. Agriculture urbaine, pauvreté et sécurité alimentaire : un portrait du Mali. Document de travail du GRÉDI 20-01, 25p.
- Bricas N. et Daviron B., 2008. De la hausse des prix au retour du productivisme agricole : les enjeux du Sommet sur la sécurité alimentaire de juin 2008 à Rome. *Hérodote*, 131 (4) : 31-39.
- Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M.P. et Coquet Y. 2005. Les pesticides dans les sols. Conséquences agronomiques et environnementales. France Agricole, 637p.
- Denis B. 1974. Notice explicative N°52 : Carte pédologique Brazzaville-Kinkala, République Populaire du Congo, à 1/200.000. ORSTOM : Paris (France).
- FAO. 2016. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire. Rome ISBN 978-92-5-209374-9
- Foughali O. et Chial H. 2016. Isolement et caractérisation de microorganismes capables de dégrader l'herbicide Apyros (sulfosulfuron) à partir d'un sol agricole contaminé par le même herbicide. Mémoire de master, Spécialité : Ecologie microbienne, Université des Frères Mentouri Constantine, 104p.
- Gakosso N.V. 2015. Caractérisation morphologique des sols utilisés pour le maraîchage dans les sites de Kombé et de Wayako à Brazzaville. Master d'Enseignement, Université Marien NGOUABI, Brazzaville (Congo), 80p.
- Gamouh A., Bensalah M., Abaadi N., Ziad A., Coste C., et Fournier J-C. 2005. Effets comparés et interactifs des pesticides et facteurs physiques sur la minéralisation de substrats carbonés dans le sol. *Bulletin de l'Institut Scientifique, section Sciences de la Vie*, N°26-27 : 35-38.
- Bremner J.M. and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen-Total, in Methods of soil analysis, Chemical and Microbiological properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of Americana, Madison, 1982: 595-624.
- Huang Y., Xiao L., Li F., Xiao M., Lin D., Long X. and Wu Z. 2018. Microbial Degradation of Pesticide Residues and an Emphasis on the Degradation of Cypermethrin and 3-phenoxy Benzoic Acid: A Review. *Molecules*, 23 (2313) : 1-23. doi:10.3390/molecules23092313
- Hubert, G., Schaub, C. 2011. La fertilisants des sols. L'importance de la matière organique. *Chambre d'Agriculture, Bas Rhin. Service Environnement-Innovation*, 46p.
- Hussain A., Rafique Asi M., Iqbal Z. and Chaudhry J. A. 2001. Impact of heavy repeated long term pesticides applications on soil properties in a cotton agroecosystem. In: "Impact of

- long term pesticides usage on soil properties using radiotracer techniques". Proceeding of final research coordination meeting. Organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Hangzhou, Zhejiang, China, 24-28 : 141- 156.
- Kaboré W.T. 2004. Impacts de l'apport des déchets urbains solides non triés sur les potentialités agronomiques des sols : cas de l'agriculture péri-urbaine de Ouagadougou Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option Agronomie, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso.
- Kome G.K., Enang R.K. and Kfuban Yerima B.P. 2018. Knowledge and management of soil fertility by farmers in western Cameroon. *Geoderma Regional*, 13 : 43-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.02.001>.
- Lal R., 1988. Surveillance de l'érosion des sols des terres arables tropicales et son contrôle. *Avancées en agronomie*, 37 : 183-248.
- Lompo D.J. 2007. Impact des résidus de pesticides sur les microorganismes des sols dans les agrosystèmes cotonniers du Burkina-Faso. Diplôme d'études approfondies (DEA), Spécialité : Sciences du sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso. 60p.
- Lu P., Jin L., Liang B., Zhang J., Li S., Feng Z., and Huang X. 2011. Study of biochemical pathway and enzyme involved in metsulfuron-methyl degradation by *Ancylobacter* sp. XJ-412-1 isolated from soil. *Current Microbiology*, 62 : 1718–1725.
- Mabiala S.T., Goma-Tchimbakala J., Goma-Tchimbakala E.J.C-A., Lebonguy A.A. And Banga A.B. 2020. Diversity of the Bacterial Community of Three Soils Revealed by Illumina-Miseq Sequencing of 16S rRNA Gene in the South of Brazzaville, Congo. *American Journal of Microbiological Research*, 8 (4) : 141-149. doi: 10.12691/ajmr-8-4-4.
- Maltas A., Oberholzer H., Charles, R., Bovet V., et Sinaj S. 2012. Effet à long terme des engrais organiques sur les propriétés du sol. *Recherche Agronomique Suisse*, 3 : 148–155.
- Marouane H. 2022. Effet du stress hydrique sur la biomasse microbienne de la rhizosphère et les composantes technologiques d'une culture céréalière. Thèse de doctorat, Spécialité : Valorisation de la flore dans la phytoprotection, Université IBN KHALDOUN de Tiaret (Algérie), 153p
- Murphey, J. and Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27 : 31-36.
- Nations Unies. 2022. Afrique subsaharienne/Boom démographique : Une arme à double tranchant.
- Nelson D.W. and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Dans M. R. Page A.L., *Methods of soil analysis. Part 2 American Society of Agronomy*, Madison. 539-579.
- Nijimbere S., Kaboneka S., Ndiokubwayo S., Irakoze W. et Ndikumana J. 2021. Caractérisation physico-chimique des sols d'une exploitation agricole du Mumirwa en commune Rumonge (Burundi). *Research gate*, 29: 33-43.
- Nzoussi K.H. and Li JF. 2015. Impact of urban population on the environment of the city of Brazzaville. *American Journal of Engineering Research*, 4 (3): 116-125.
- Ondo J.A., Eba F., Menye B.R., Prudent P., Ollui-Mboulou M. and Omva-Zue J. 2014. Characteristics of a manganese-rich soil and metal accumulation in edible parts of plants in the region of Moanda, Gabon. *African Journal of Agricultural Research*, 9 (5) : 1952-1960. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR11.2082>.
- Ouattara B., Savadogo W.P., Traore O., Koulibaly B., Sedogo P.M. et Traore

- SA. 2010. Effet des pesticides sur l'activité microbienne d'un sol ferrugineux tropical du Burkina Faso. *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 06 (1): 11-20.
- Pascault N. 2010. Réponse des communautés microbiennes du sol à l'apport de résidus de culture : influence des pratiques agricoles et lien avec le fonctionnement biologique du sol. Thèse de Doctorat, Spécialité : Ecologie Microbienne, Université de Bourgogne (France).
- PROPAC : Plateforme sous Régionale des Organisations Paysannes de l'Afrique Centrale. 2012. Revue documentaire sur la filière maraîchère au Cameroun, en République du Congo et en République Démocratique du Congo. 52 p.
- Robinson W.O. 1927. The determination of organic matter in soils by means of hydrogen peroxide. *J. Agr. Research*, 34 : 339-356
- Roose E. 2014. La dégradation des terres et l'érosion des sols. In : Roose E. (ed.), Laouina A. (ed.), Sabir M. (ed.). Gestion durable des eaux et des sols au Maroc : Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes. IRD Editions, 2014. p 21-31 ISBN : 97822709917902
- Savadogo J, Coulibaly P.J.A., Traoré B, Bassole M.S.D., Kabore A. et Legma J.B. 2021. Amélioration des propriétés physico-chimiques et microbiologiques des sols par des fertilisants biologiques sous cultures de la tomate en zone Soudano-sahélienne. *Afrique Science*, 19 (4): 189-202.
- Savadogo W.P., Ouattara A.S., Sedogo P.M., and Traore A.S. 2007. Anaerobic biodegradation of Sumithion an Organophosphorus insecticide used in Burkina Faso agriculture by acclimatized indigenous Bacteria. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (11): 1896-1905.
- Schreck E. 2008. Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration - Impact sur les lombriciens. Thèse de doctorat, Spécialité : Ecotoxicologie, Université de Toulouse III-Paul Sabatier, 302p.
- Sedogo P.M. 1993. Évolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de Doctorat, Mention Sciences Naturelles, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 329 p.
- Van der Werf H. 1996. Assessing the impact of the pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 60 : 81-96.
- Yallo M.S., Watha-Ndoudy N., GOMA ép. Mboukou-Kimbatsa I.M.C., Mbou M.M.D., Nzila J.D., Makouanzi E.C.G., Mareshal L., Kimpouni V. et Loumeto J.J., 2022. Pratiques culturales et caractérisation physicochimique des sols sous maraîchage à Brazzaville (Congo). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16 (6): 2978-2991.