



ISSN Print: 2394-7500
ISSN Online: 2394-5869
Impact Factor (RJIF): 8.4
IJAR 2024; 10(6): 36-42
www.allresearchjournal.com
Received: 14-02-2024
Accepted: 15-03-2024

Papy Kawata Dagumbu
Université de Kinshasa, Faculté
des Sciences et Technologie,
Mention Sciences de
l'environnement, B.P.190
Kinshasa XI, Republic of the
Congo

Victor Pwema Kiamfu
Université de Kinshasa, Faculté
des Sciences et Technologie,
Mention Sciences de la vie,
B.P.190 Kinshasa XI, Republic
of the Congo

Emmanuel Biey Makali
Université de Kinshasa, Faculté
des Sciences et Technologie,
Mention Sciences de
l'environnement, B.P.190
Kinshasa XI, Republic of the
Congo

Jules Kitadi
Université de Kikwit, Faculté des
Sciences et Technologies, B.P.190
Kinshasa XI, Republic of the
Congo

Irène Kibal
Université de Kinshasa, Faculté
des Sciences et Technologie,
Mention Chimie et Industrie,
B.P.190 Kinshasa XI, Republic
of the Congo

Nyami Pero Jeaney
Institut Supérieur Pédagogique
d'Ilebo, B.P. 198 Ilebo, Republic
of the Congo

Dieudonné Musibono Eyul Anki
Université de Kinshasa, Faculté
des Sciences et Technologie,
Mention Sciences de
l'environnement, B.P.190
Kinshasa XI, Republic of the
Congo

Corresponding Author:
Victor Pwema Kiamfu
Université de Kinshasa, Faculté
des Sciences et Technologie,
Mention Sciences de la vie,
B.P.190 Kinshasa XI, Republic
of the Congo

Apport des biosolides dans la décontamination et la fertilité d'un sol sableux contaminé aux hydrocarbures aromatiques polycycliques

Papy Kawata Dagumbu, Victor Pwema Kiamfu, Emmanuel Biey Makali, Jules Kitadi, Irène Kibal, Nyami Pero Jeancy and Dieudonné Musibono Eyul Anki

DOI: <https://doi.org/10.22271/allresearch.2024.v10.i6a.11793>

Abstract

In order to improve the fertility of a sandy soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, increasing quantities of biosolids obtained from the treatment and drying of septic tank sludge (control or (T₀), soil not contaminated with hydrocarbons; (T₁), soil contaminated with hydrocarbons; (T₂), hydrocarbon-contaminated soil to which we added 15% biosolids; (T₃), contaminated soil to which we added 30% biosolids and (T₄), contaminated soil to which we added 45% biosolids) was mixed with contaminated soil to test the germination and growth of roots and stems of *Abelmoschus esculentus* and *Amarantus cruentus* after 90 days. Results showed that on day 5 following soil application of biosolids, the germination rate of *Abelmoschus esculentus* was $\geq 80\%$ in all substrates, while *Amarantus cruentus* seeds germinated at over 80% only in treatments T₃ and T₄. Root growth on day 14 showed that the length of okra (*Abelmoschus esculentus*) roots was significant for T₄ substrates first and then T₃. Stem length was marked for T₄ and T₃. *Abelmoschus esculentus* roots and stems developed well in T₄ and T₃ substrates. The physicochemical properties of the substrates indicated that total nitrogen, total phosphorus, assimilable phosphorus, total organic carbon and electrical conductivity increased in substrates containing biosolids. Doses of 30 and 45% biosolids applied to hydrocarbon-contaminated soil had a positive effect on the germination and growth of roots and stems of two, reflecting the reduced toxicity of hydrocarbon-contaminated soil due to biosolids.

Keywords: Kinshasa in Republic of Congo, hydrocarbons, sandy soil, biosolids

Introduction

La préoccupation croissante concernant le changement climatique mondial suscite un intérêt grandissant pour le développement des méthodes permettant de réduire le niveau de gaz à effet de serre dans l'atmosphère dont le dioxyde de carbone (CO₂) est responsable à 60 % du réchauffement de la planète. La capture et le stockage du carbone dans le sol retient l'attention du monde entier en raison du rôle de réservoir de carbone à long terme, du faible coût et des moyens écologiques qu'il offre pour minimiser le changement climatique (Silvana *et al.* 2014)^[19].

Le sol représente un compartiment clé dans le processus de régulation du climat car il stocke environ les deux tiers du carbone total dans les écosystèmes. La séquestration du carbone dans le sol s'opère à travers une augmentation persistante du carbone organique du sol provenant de l'élimination du CO₂ de l'atmosphère, mais également à travers la production d'une plus grande quantité de biomasse (Silvana *et al.*, 2014)^[19].

Le sol ne peut remplir son rôle que s'il fonctionne convenablement. Malheureusement, l'exploitation minière, la commercialisation et l'utilisation des hydrocarbures continuent de contribuer à la perturbation et au dysfonctionnement du sol et sa mauvaise gestion impacte négativement sur les processus microbiens du sol et la croissance des plantes.

Ce qui provoque l'altération des propriétés physico chimiques et biologiques du sol dont la perte de nutriments majeurs comme l'Azote, le Phosphore, le Potassium ainsi que la réduction voire la cessation de l'activité microbienne (Pepper *et al.*, 2012)^[17].

Les biosolides qui sont des matières solides, semi-solides ou liquides résultant du traitement biologique des eaux usées domestiques, qui ont été traitées pour être épandues en toute sécurité peuvent être une solution au problème, ce qui a permis d'ailleurs de réhabiliter 72 sites aux Etats Unis d'Amérique avec succès (Pepper *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2019) [17, 25]. Le processus d'application des biosolides pour la restauration des sites plutôt que leur élimination offre l'avantage de recourir à des quantités d'énergie relativement faibles (Tian *et al.*, 2009) [23].

L'épandage des biosolides est admis comme pulvérisation, injection ou incorporation de sous-produits organiques liquides, semi-liquides ou solides issus du processus de traitement des eaux usées, sur ou sous la surface du sol afin de tirer parti des qualités des résidus en matière d'apport d'éléments nutritifs et d'amélioration des propriétés du sol. Ces sous-produits organiques sont épandus sur le sol pour en améliorer la structure et fournir des éléments nutritifs aux cultures et autres végétaux qui y poussent. La disponibilité de ses éléments nutritifs pour la végétation sur un site d'épandage dépend de la composition, du traitement, de la manipulation et de la méthode d'épandage de ces matières ainsi que d'un certain nombre de facteurs liés au sol et au climat (Wang *et al.*, 2019) [25]. L'utilisation des boues d'épuration traitées présente des avantages économiques, agronomiques et environnementaux car elles constituent des amendements peu coûteux et ont une grande capacité de fertilisation et constituent une source de macro (N et P) et de micro (Fe, Zn, Cu, etc.) éléments (Mingorance, 2013) [14]. Selon Wijesekara. *et al.*, (2020) [27] 66% de la population mondiale en 2050 sera urbaine et pourra générer 13,5 x 10⁷ tonnes de biosolides par an et la meilleure stratégies pour gérer cette quantité de biosolides serait la réutilisation ou le recyclage.

En raison de leur teneur élevée en matière organique et la présence des nutriments, les biosolides sont idéaux pour remettre en état les sols dégradés en augmentant la flore microbienne, la matière organique et en améliorant la structure des sols (Tian *et al.*, 2015). Les sols pollués aux hydrocarbures particulièrement les hydrocarbures aromatiques polycycliques se caractérisent par un appauvrissement de la microflore et l'absence de la végétation (Crone, 2001; Bidaud, 2013; Florian, 2014) [3, 2, 5].

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont des contaminants du sol aux propriétés mutagènes et carcinogènes avec une forte capacité d'accumulation. Ils affectent tous les organismes vivants et peuvent s'accumuler dans les chaînes alimentaires (Gawryluk *et al.*, 2022) [6]. On les retrouve en milieu urbains à travers les déversements accidentels de carburants (Fuel, essence, huile). L'observation des activités anthropiques de nos jours montre à l'évidence que la contamination de sols aux hydrocarbures est permanente mais peut être minimisée par divers traitements ou utilisations (Gawryluk *et al.*, 2024) [7]. A Kinshasa en République Démocratique du Congo, le manque d'infrastructure d'assainissement expose les écosystèmes et particulièrement la santé publique à des graves conséquences (Muteba *et al.*, 2014; Lulendo *et al.*, 2016) [15, 13]. Dans cette ville, les boues de vidange sont déversées sans traitement préalable dans les eaux de surface causant ainsi des dommages allant de la pollution des cours d'eau avec un excès de nutriments, mais également la mort de poissons en favorisant la prolifération d'algues dangereuses qui entravent la santé humaine (Abdulmoseen *et al.*, 2023) [1].

Si donc on s'accorde sur leur valeur agronomique et sur d'autres applications dans la réhabilitation des sites miniers notamment, l'utilisation des biosolides issus du traitement des boues de vidange traitées par lits de séchage non plantés sur les sites et les sols contaminés aux hydrocarbures peut aussi représenter une opportunité qui permettrait de couper la chaîne de contamination des écosystèmes marins d'une part et servir à la décontamination de sols contaminés d'autre part (Abdulmoseen *et al.*, 2023) [1].

Cette étude est une contribution au développement d'un dispositif de traitement qui fait usage de boues de vidange traitées afin de réduire la toxicité et augmenter la fertilité d'un sol sableux contaminé aux hydrocarbures.

Milieu d'étude

Cette étude a été conduite au jardin expérimental de la Faculté des Sciences et Technologie de l'Université de Kinshasa. Les échantillons de sols contaminés aux hydrocarbures ont été prélevés à l'aide d'une pelle spéciale sur les sites de vente et de stockage des hydrocarbures à 3 cm de profondeur (Figure 1).



Fig 1: Cartographie des sites d'échantillonnage des sols contaminés aux hydrocarbures

La région de Kinshasa est soumise aux alizés du Sud-Ouest et au courant marin froid de Benguela. Les températures atmosphériques enregistrées à la station météorologique de Mbinza pendant la durée de nos expériences ont oscillé entre 30,3 °C et 30,7 °C et la quantité totale des pluies pour la même période a oscillé entre 211,1mm et 323 mm.

Deux grandes saisons caractérisent cette ville. La saison sèche qui commence au mois de mai et qui se termine en mi-septembre. Le reste des mois de l'année sont caractérisés par une saison pluvieuse, intercalée par une courte saison sèche entre janvier et février qui devient de plus en plus aléatoire compte tenu des mutations climatiques.

Cette ville est construite sur un site topographique contrasté parce qu'à la fois confortable (la plaine: la ville basse) et contraignant (les collines: la ville haute). Le relief est composé d'une plaine marécageuse *et alluviale* et d'une région des collines constituée de Monts Ngafula, Ngaliema, Amba et les plateaux de Kimwenza et de Binza.

Le réseau hydrographique de cette ville comprend le fleuve Congo et ses principaux affluents de la rive gauche qui, pour la plupart, sillonnent la ville du Sud vers le Nord. Il s'agit principalement des rivières Lukunga, Ndjili, Nsele, Mai-Ndombe et la Mbale (Shomba *et al.*, 2015) [22]. A côté de ces dernières, il y'a également les rivières Gombe, Kinkusa, Bitshaku-sthiaku, Kalamu, Lukaya, Mango, Tshwenge, Funa, Bumbu et Mangengenge (Kamb, 2018) [12].

Ces rivières sont actuellement polluées suite à la carence d'assainissement adéquat et à la pression démographique de la ville (Muteba *et al.*, 2014) [15] les sols de Kinshasa sont classés selon l'ordre des kaolisols, sous-ordre des hydroxerokaolisols et grand groupe des arenoferrals, classification type des sols du Congo. Ce sont des sols qui ont été développés sur les sables ocre communément appelés « système de Kalahari », produits de l'érosion des collines et du démantèlement du plateau. Ces sols sont constitués par des couches de sables fins souvent de couleur ocre jaune parfaitement homogénéisés, dépourvus de stratification; avec une teneur en argile généralement inférieur à 20 %. La teneur en matière organique et le degré de saturation du complexe adsorbant y sont faibles.

Matériel

Le matériel biologique de cette étude est constitué des graines de deux espèces végétales dont la germination et la croissance est faite facilement dans les conditions climatiques tropicales et sur les sols sableux pauvres en nutriments. Il s'agit d'*Amaranthus cruentus* et *Abelmoschus esculentus* obtenues au jardin expérimental de la Mention Sciences de la Vie de la Faculté des Sciences et Technologie de l'Université de Kinshasa.

Méthodes

Collecte des échantillons

Les boues de vidanges liquides des fosses septiques avaient été obtenues au niveau des décharges publiques puis traitées par lits de séchage non plantés dans la station pilote située au jardin Jeep de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa (15°18'32,226" E; 4°25'3,028" S et 437 m d'altitude). Les échantillons solides séchés de boue de vidange ou biosolides étaient prélevés de manière aléatoire directement dans le lit de séchage puis mélangés afin d'obtenir un échantillon composite.

Les échantillons de sols non contaminés aux hydrocarbures étaient prélevés dans quatre coins des parcelles voisines aux lieux de prélèvement de sols contaminés aux hydrocarbures à 3 cm de profondeur. Ces échantillons de sol ont été séchés et tamisés à l'aide d'un tamis de 5mm de mailles.

Préparation des milieux d'expérimentation

Quatre milieux de germination et de croissance de deux espèces végétales (*Amaranthus Cruentus* et *Abelmoschus esculentus*) étaient électionnés pour les expériences pendant 90 jours. Le témoin (T₀) composé du sol non contaminé; (T₁), sol contaminé non amendé, le traitement (T₂) composé du sol contaminé auquel on a ajouté 15% de biosolides, (T₃) sol contaminé auquel nous avons ajouté 30% de biosolides et (T₄), sol contaminé auquel on a incorporé 45% de biosolides.

Estimation de la germination et de la croissance des racines et des tiges

Les taux de germination des graines étaient estimés après 5 jours et la croissance des racines et des tiges au 14^{ème} jour conformément aux règles internationales d'évaluation des semences recommandées par l'Association Internationale d'Evaluation des Semences (ISTA, 2012) [11].

Analyse statistique et traitement des données

Les données obtenues après les des différentes observations et manipulations ont été encodées sur le tableur Excel 2013 puis le calcul de la moyenne et de l'écart-type ont été fait pour chaque paramètre de croissance et physico-chimique avec le même logiciel. Les résultats obtenus après les différents traitements et analyses sont exprimés sous forme des tableaux, graphiques et figures pour les rendre interprétables. Les analyses statistiques utilisées ont consisté en l'analyse des variances (ANOVA) à un facteur suivi du test de la plus petite différence significative (LSD) à l'aide des logiciels Excel 2021 et SPSS v21.

Résultats

Propriétés des biosolides utilisées

La variation moyenne des paramètres physiques des biosolides utilisés dans cette étude pour le traitement de sols contaminés aux hydrocarbures est reprise au tableau 1. Le taux des germes d'*Escherichia coli* était inférieur à 10³ et aucun œuf d'helminthes n'a été trouvé dans ces biosolides.

Tableau 1: Propriétés des biosolides utilisés pour le traitement du sol (Cot: Carbone organique total; CE: Conductivité Electrique; MS: Matière sèche)

Paramètre	K (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)	pH	Cot%	CE (µS/cm)	MS%
	0,4±1,1	4,4±1,3	2,6±0,3	6,9±0,3	35,5±0,3	6,6±0,2	67,8±0,1

Il ressort du tableau 1 que le pH des biosolides utilisés est neutre (6,9) et la conductivité électrique de 6,6 µS/cm. Le potassium est de 0,4 (mg/l) tandis que l'azote est de 4,4 (mg/l)

Effets de l'application des biosolides sur la texture du sol contaminé

L'analyse du sol contaminé par les hydrocarbures, du sol non contaminé et des différents traitements amendés par les

biosolides a montré une texture sableuse. Les teneurs en argile et limon de ces deux sols sont minimales dans les horizons superficiels. On a 10% de limon et 3% d'argile dans le sol contaminé aux hydrocarbures et respectivement 5% de limon et d'argile dans le sol non contaminé aux hydrocarbures.

Germinations des graines

L'observation de la germination des graines dans le sol amendé et non amendé 5 jours après semis a montré que le gombo (*Abelmoschus esculentus*) a germé à plus de 80% dans tous les milieux tandis que l'amarante (*Amarantus Cruentus*) n'a germé à plus de 80% que dans le traitement T₀, T₃ et T₄ sauf dans le traitement T₁ où il n'y a eu aucune germination et au traitement T₂ où il n'y a eu que 10% de germination (Figure 2).

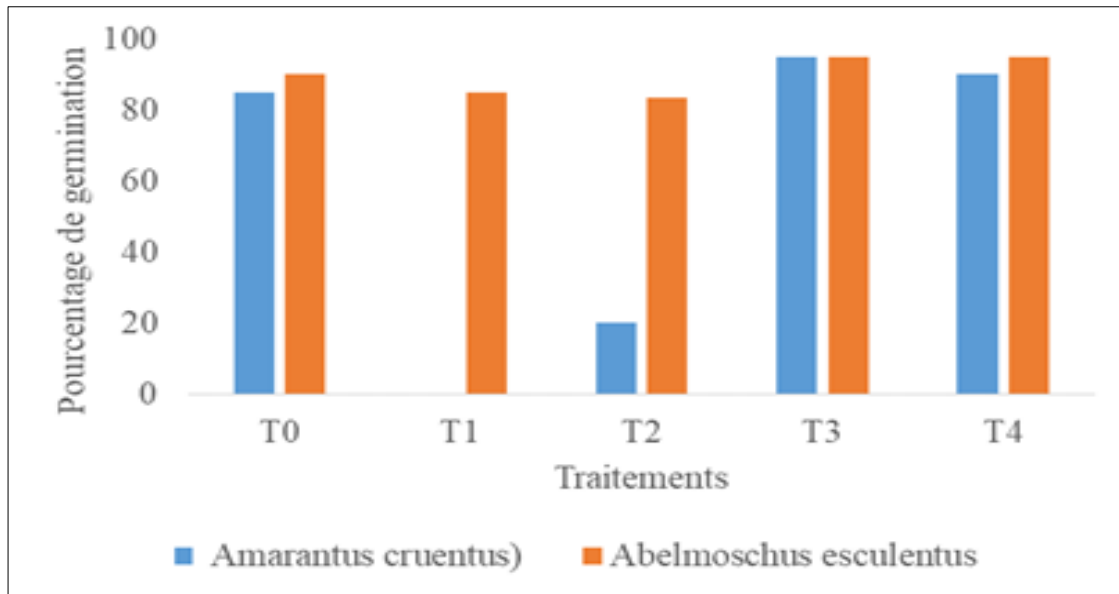


Fig 2: Taux de germination des graines des plantules selon les traitements

Croissance des racines des plantules: L'évolution de la croissance des plantules du gombo (*Abelmoschus*

esculentus) et de l'amarante (*Amarantus cruentus*) est visualisée sur la figure 3.

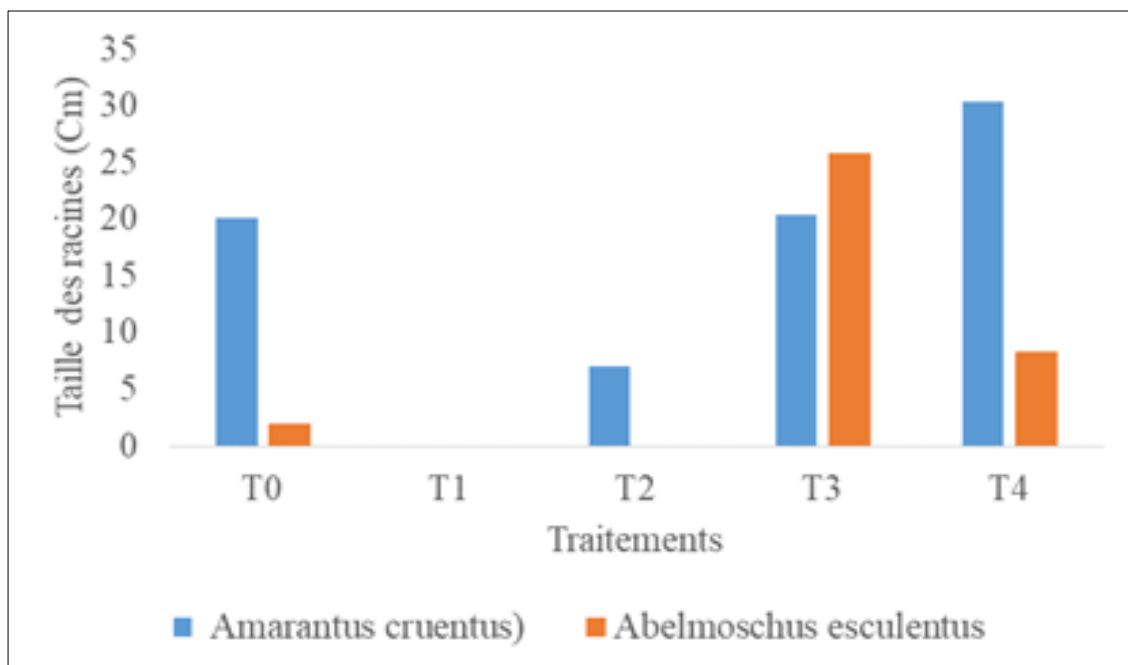


Fig 3: Evolution de la croissance des racines des plantules par rapport aux traitements

La croissance des racines était nulle pour le sol contaminé et non amendés avec le biosolide (T₁) pour les deux plantules, nulle également pour le gombo (*Abelmoschus esculentus*) germé dans le traitement T₂.

Croissance des tiges des plantules

L'évolution des tiges des plantules du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et l'amarante (*Amarantus cruentus*) est visualisée sur la Figure 4.

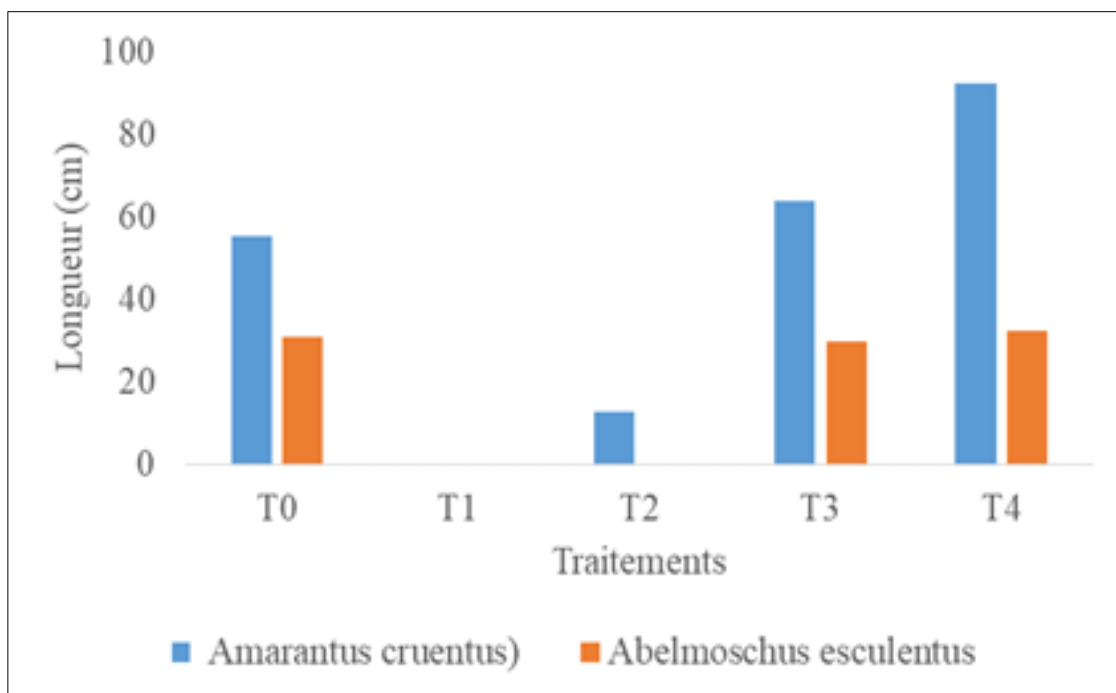


Fig 4: Croissance des tiges des plantules par rapport aux traitements

La croissance de la longueur des plantules était nulle pour les deux plantules dans le milieu T₁. Nulle également dans T₂ pour le Gombo.

Paramètres physico-chimiques des sols selon les traitements: La variation moyenne de différents paramètres physico-chimiques des traitements des sols retenus dans le cadre de cette étude est reprise dans le tableau 2.

Tableau 2: Teneurs en éléments des différents traitements après 90 jours (CEC: Capacité d'Echange Cationique; Pt: Potassium total; Ct: Carbone total; Pas: Potassium assimilable)

Paramètre	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
pH	5,52±0,69	6,59±0,55	6,59±0,55	6,9±0,35	6,97±0,26
CE (µS/cm)	0,1	0,08	0,09	0,1	0,1
Mg (mg/l)	2,32±0,21	3,09±0,91	3,12±0,89	3,02±0,03	3,2±0,10
Ca (mg/l)	1,71±0,78	0,66±0,12	0,72±0,17	1,86±0,26	1,89±0,36
Na (mg/l)	0,03±0,02	0,03±0,02	0,03±0,02	0,03±0,02	0,03±0,02
K (mg/l)	0,03±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,06±0,03	0,09±0,02
CEC	4,35±0,51	4,54±0,30	4,57±0,34	4,56±0,29	4,66±0,57
N (mg/l)	0,03±0,02	0,45±0,05	0,47±0,06	0,48±0,05	0,49±0,08
Pt (ppm)	81,39±3,0	15,03±1,42	15,03±1,42	119,63±1,00	122,42±2,49
Pas (ppm)	7,48±0,28	4,93±0,23	4,95±0,23	13±0,11	21,4±1,41
Ct (mg/l)	0,49±0,17	11,51±0,70	11,51±0,70	13±0,11	12,73±0,70

Le pH des traitements étudiés a varié de 5,52 dans le témoin à 6,97 dans le traitement T₄, le sol auquel on a ajouté 45% de biosolides. La capacité d'échange cationique est restée presque identique dans tous les traitements.

Le potassium (K) a varié de 0,03 dans le témoin (sol contaminé aux hydrocarbures) et le sol non contaminé et non amendé tandis que pour le sol amendé avec 30%, il a été de 0,06% et de 0,09% dans le sol ayant été amendé avec 45% de biosolides.

Le potassium assimilable varie avec la quantité de biosolide utilisée de 4,95 dans le traitement T₂ à 21,4 ppm dans le traitement T₄.

Discussion

Plus de 10³ *Escherichia coli* étaient comptés dans le biosolide utilisé pour l'expérimentation et aucun œuf d'helminthes n'a été trouvé. Il a été établi que les biosolides appliqués dans des sols appauvris et contaminés induisent une croissance de microorganismes de 10³ UFC/g1 de sol non amendé à 10⁷ UFC/g1 dans le sol amendé (Pepper, 2012) ^[17]. Ce qui

indique que l'influence des biosolides est efficace pour créer une population bactérienne importante dans les substrats contaminés.

Selon Pepper (2012) ^[17], la population bactérienne améliorée est maintenue efficacement pendant plus de 10 ans après les amendements de biosolides.

D'autres chercheurs ont signalé que les biosolides peuvent stimuler les activités microbiennes et enzymatiques du sol, améliorant ainsi l'état des nutriments du sol et la croissance des plantes.

Les propriétés des biosolides appliqués dans cette étude montrent des teneurs en azote total de 4,4%; 2,6 de phosphore; 0,4 de potassium; 35,5 de carbone organique total; une conductivité électrique de (71,45 µS/cm) et un pH de 6,9. Ces propriétés sont susceptibles d'avoir un impact positif sur l'amélioration des caractéristiques d'un sol.

Les biosolides peuvent avoir un effet très positif sur la croissance des végétaux avec, un meilleur apport en macronutriments (NPK). L'ajout des biosolides surtout avec les doses de 30 et 45% a montré effectivement une légère

augmentation de la conductivité électrique et de l'azote. L'augmentation de la Conductivité électrique (CE) des traitements amendés avec 30 et 45% de biosolides pourrait être la conséquence de la production d'ions organiques de faible poids moléculaire ou de la libération de sels lors de la décomposition des substances organiques et correspond aux augmentations de la Conductivité électrique (CE) du sol après ajout de fortes doses d'amendements organiques au sol (González-Ubierna *et al.* 2012) [8].

Certains chercheurs ont en outre constaté que l'épandage de biosolides n'avait qu'un impact limité sur le potassium car il est généralement faible dans les biosolides (Sopper 1993) [21]. Cette constatation est similaire à cette étude où l'ajout de potassium des biosolides n'a apporté aucune différence significative. En même temps, le Phosphore total et assimilable a augmenté avec l'ajout de biosolides. Cependant, les concentrations de Phosphore dans les traitements suivis étaient inférieures à celles des biosolides (Hinesly *et al.*, 1982; Topper *et al.*, 1986) [10, 24]. Ces tendances suggèrent soit une immobilisation accrue du Phosphore, soit une meilleure utilisation par les plantes à mesure que les taux d'épandage de biosolides augmentent.

L'ajout des biosolides dans la réhabilitation des sols contaminés a un effet sur différentes formes d'azote. L'azote nitrique disponible a tendance à augmenter de façon linéaire avec l'augmentation des biosolides rapporte Sopper (1993) [21]. L'azote ammoniacal disponible augmente également de façon linéaire. L'azote total diminue pour une application avoisinant 3 ans. (Sopper 1993) [21]. Dans le cadre de la remise en état des terres, l'azote est considéré comme un facteur de risque. Dans la récupération des terres, l'azote est considéré comme l'élément nutritif le plus limitant (Sopper 1993) [21]. Dans cette étude, la teneur d'azote dans les biosolides est appréciable (4%) tandis que qu'elle est faible dans les différents traitements. Autour de 1%, l'on peut se douter de l'utilisation de l'azote par les plantes tests.

D'un autre côté, certaines recherches ont mis en évidence l'amélioration de la capacité d'échange cationique, de pH, du potassium et du calcium (Wendy *et al.*, 2012; Wijesekara *et al.*, 2020) [26, 27]. Les résultats de Cette recherche ne permettent pas de confirmer l'amélioration de ces paramètres même avec les doses de biosolides supérieur à 30%.

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent une inhibition de la germination et de la croissance des plantules dans le sol contaminé par les hydrocarbures. Ce qui coïncide avec ce qu'ont obtenu d'autres auteurs car les hydrocarbures, en particulier les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont des contaminants du sol aux propriétés mutagènes et cancérogènes et à forte capacité d'accumulation. Ils affectent tous les organismes vivants et peuvent s'accumuler dans les chaînes alimentaires et ont un impact négatif sur la germination des plantes (Soleimani *et al.*, 2010 [20] Yun *et al.*, 2019 [30]; Zhu *et al.* 2019 [31]; Reddy *et al.*, 2020) [18].

Henner *et al.* (1999) [9] ont signalé qu'après avoir ajouté des doses d'hydrocarbures sur un substrat étudié, il ne s'est observé aucun impact significatif sur la germination des graines de *Lolium perenne* ce constat a été également observé par. De leur côté, Gawryluk *et al.* (2022) [6] et Gawryluk *et al.* (2024) [7] ont constaté l'inhibition de la germination des graines de *Poa pratensis* dans un sol contaminé aux hydrocarbures

Ces observations confirment que certaines espèces de plantes se montrent plus sensibles à la germination alors que d'autres en témoignent moins.

C'est le cas dans cette étude qui a révélé que pour la germination des semences, l'*Abelmoschus esculentus* a enregistré 100% sur le sol contaminé et sur tous les substrats y compris le sol contaminé sans amendement de biosolides.

Remerciements

Les auteurs remercient sincèrement les techniciens du jardin expérimental de la Mention Sciences de la Vie de l'Université de Kinshasa pour leur contribution dans le suivi des expériences pendant cette étude.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'apport des biosolides dans la décontamination et la fertilité d'un sol sableux contaminé aux hydrocarbures. Pour ce faire, la boue de vidange des fosses septiques humaines a été prélevée et séchée pour constituer le biosolide, puis mélangée aux sols sableux contaminée aux hydrocarbures aromatiques cycliques afin de tester le pouvoir germinatif et la croissance des racines des Amarantes (*Amarantus gruntus*) et du Gombo (*Abelmoschus esculentus*). de cultures étaient ainsi préparées dont (T₀), sol non contaminé par des hydrocarbures; (T₁), sol contaminé par des hydrocarbures; (T₂), sol contaminé aux hydrocarbures auquel nous avons ajouté 15% de biosolides; (T₃), sol contaminé auquel nous avons ajouté 30% de biosolides et (T₄), sol contaminé auquel nous avons ajouté 45% de biosolides. Les grains de deux plantes; le gombo *Abelmoschus esculentus* et l'amarante *Amarantus cruentus* étaient semés pour observer le taux de germination et la croissance des racines et des tiges. Les résultats obtenus après 5 jours de semis ont montré que le taux de germination d' *Abelmoschus esculentus* était supérieur à 80 % dans tous les substrats, tandis que les graines d' *Amarantus cruentus* n'ont germé à plus de 80 % que dans les traitements T₃ et T₄. La croissance des racines du gombo (*Abelmoschus esculentus*) était significative pour les substrats T₄ d'abord et T₃ ensuite. Les racines et les tiges d' *Abelmoschus esculentus* se sont bien développées sur les substrats T₄ et T₃. Les propriétés physicochimiques des substrats indiquent que l'azote total, le phosphore total, le phosphore assimilable, le carbone organique total et la conductivité électrique augmentent dans les substrats contenant des biosolides.

Des doses de 30 et 45 % de biosolides appliquées à un sol contaminé par les hydrocarbures ont eu un effet positif sur la germination et la croissance des racines et des tiges de ces deux plantes, ce qui reflète l'importance de l'effet des biosolides sur la croissance de ces plantes.

Références

1. Abdulmoseen S, Ndungutse JM, Xinxin L, Yang Y, Zhao H. Sewage sludge application and treatment: Process integration of plasma pyrolysis and anaerobic digestion with the resource re-recovery. *Heliyon*. 2023, 9(9). DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e19765
2. Bidaud C. Biodégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Approche microbiologique et application au traitement d'un sol pollué. Génie des procédés. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne; c2013. p. 279.

3. Crone M. Diagnostic de sols pollués par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à l'aide de la spectrophotométrie UV. *Environmental Sciences. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne*; c2001. p. 183.
4. Evanylo GK, Abaye AO, Dundas C, Zipper CE, Lemus R, Sukkariyah B, *et al.* Herbaceous Vegetation Productivity, Persistence and Metals Uptake on a Biosolids-Amended Mine Soil. *Journal of Environmental Quality*. 2005;34(5):1811-1819. DOI:10.2134/jeq2004.0329
5. Florian G. Bioremediation des sols pollués aux hydrocarbures Les hydrocarbures aromatiques et les alcanes. 2014. éd. Université de RENNE1.
6. Gawryluk A, Anna S, Halina L. Effect of soil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons from drilling waste on germination and growth of lawn grasses. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2022;236:113492. DOI:10.1016/j.ecoenv.2022.113492
7. Gawryluk A, Jaromir K. Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons on Germination and Initial Growth of Selected Lawn Grass Species in Soil Polluted with PAHs. *Journal of Ecological Engineering*. 2024;25(1):175–186. DOI:10.12911/22998993/174427
8. González-Ubierna S, Jorge-Mardomingo I, Carrero-González B, Cruz M, Casermeiro M. Soil organic matter evolution after the application of high doses of organic amendments in a Mediterranean calcareous soil. *Journal of Soils and Sediments*. 2012;12(8):1257-68. DOI:10.1007/s11368-012-0516-y
9. Henner P, Schiavon M, Druelle V, Lichtfouse E. Phytotoxicity of ancient gaswork soils. Effect of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on plant germination. *Organic Geochemistry*. 1999;30(8):963–969.
10. Hinesly TD, Redborg DE, Ziegler E, Rose-Innes IH. Effects of chemical and physical changes in strip mined spoil amended with sewage sludge on the uptake of metals by plants. In: Sopper WE, Seaker EM, Bastian RK, editors. *Land reclamation and biomass production with municipal wastewater and sludge*. Pennsylvania State University Press, University Park, PA; c1982. p. 339-352.
11. ISTA. International seed evaluation rules. International Seed Assessment Association: Glattbrugg, Switzerland; 2012.
12. Kamb TJ. Etude de la structure des peuplements des macroinvertébrés benthiques et évaluation de la qualité biologique et écologique des rivières Gombe, Kinkusa et Mangenge à Kinshasa/RD Congo. Thèse de Doctorat, UPN; 2018. 230 p.
13. Lulendo N, Mutonkole P. Management of Excreta and Parasitic Infestation of Ground and Children from 2 to 10 Years in Ngiri-Ngiri Health Area. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2016;3(3). DOI:10.4172/2380-2391.1000184
14. Mingorance MD, Rossini Oliva, Benito Valdés, Pina Gata FJ, Eduardo O, Leidi, Guzmán I, *et al.* Stabilized municipal sewage sludge addition to improve properties of an acid mine soil for plant growth. *Journal of Soils and Sediments*. 2013;14(4). DOI:10.1007/s11368-013-0743-x
15. Muteba D. Comportements et pratiques alimentaires à Kinshasa. *Journal of Oriental and African Studies*. 2014;23:263-283.
16. Mariam K, Al-Lami, Oustriere N, Eva GE, Joel G. Amendment-assisted revegetation of mine tailings: improvement of tailings quality and biomass production. *International Journal of Phytoremediation*. 2019. DOI:10.1080/15226514.2018.1537249
17. Pepper IL, Zerzghi HG, Bengson SA, Iker BC, Banerjee MJ, Brooks JP. Bacterial populations within copper mine tailings: long-term effects of amendment with Class A biosolids. *Journal of Applied Microbiology*. 2012;113:569-577.
18. Reddy KR, Chirakkara RA, Martins Ribeiro LF. Effects of Elevated Concentrations of Co-Existing Heavy Metals and PAHs. *Toxic Radioact Waste*. 2020;24(4).
19. Silvana I, Rodrigo SC, Renella G. Soil Carbon Sequestration Resulting from Biosolids Application. 2014.
20. Soleimani M, Afyuni M, Hajabbasi MA, Nourbakhsh F, Sabzalian MR, Christensen JH. Phytoremediation of an aged petroleum contaminated soil using endophyte infected and non-infected grasses. *Chemosphere*. 2010;81(9):84–90.
21. Sopper WE. *Municipal sludge use in land reclamation*. Lewis Publishers, Boca Raton; c1993. p. 163.
22. Shomba K. Monographie de la ville de Kinshasa. Ed. ICREDES; c2015. p. 10.
23. Tian G, Granato TC, Cox AE, Pietz RI, Carlson CR, Abedin Z. Soil carbon sequestration resulting from long-term application of biosolids for land reclamation. *Journal of Environmental Quality*. 2009;38:61-74.
24. Topper KF, Sabey BR. Sewage sludge as a coal mine spoil amendment for revegetation. *Land Degradation and Development*, 2016, 29(3). DOI:10.1002/ldr.3071
25. Wang Z, Flury M. Effects of freezing-thawing and wetting-drying on heavy metal leaching from biosolids. 2019;91:465-474.
26. Wendy C. Influence of biosolids and fertilizer amendments on element concentrations and revegetation of copper mine tailings. *Canadian Journal of Soil Science*. 2012;92(1):89-102. DOI:10.4141/cjss2011-005
27. Wijesekara H, Bolan NS, Kumarathilaka P, Geekiyanage N, Kunhikrishnan A, Seshadri B, *et al.* Biosolids enhance mine site rehabilitation and revegetation. *Environmental Materials and Waste*; c2020. p. 45-71.
28. Young-Nam K. Interactions between Soil Biogeochemistry and Native Earthworms in New Zealand. Doctoral thesis, Lincoln University; c2016. 176 p.
29. Young-Nam K, Jacqui H, Brett H, Stephane B. Impacts of Endemic Maoridrilus Earthworms (Megascolecidae) in Biosolids-Amended Soil. *Journal of Environmental Quality*. 2017;46(1):177-184. DOI:10.2134/jeq2016.06.0207
30. Yun Y, Liang L, Wei Y, Luo Z, Yuan F, Li G, Sang N. Exposure to Nitro-PAHs interfere with germination and early growth of *Hordeum vulgare* via oxidative stress. *Ecotoxicol Environ Safe*. 2019;180:756–761.
31. Zhu H, Gao Y, Li D. Germination and Growth of Grass Species in Soil Contaminated by Drill Cuttings. *Western North American Naturalist*. 2019;79(1):49. DOI:10.3398/064.079.0105