



Potentiel de restauration de la biodiversité du sol par les essences agrofertilitaires dans les conditions pédoclimatiques de Kisangani en RD Congo

Ⓔ Fikilini F¹, Ⓔ Boselo², Ⓔ Liotho J³ & Ⓔ Alongo S^{4*}

^{1,2}. Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, candidats ingénieurs agroécologues

^{2,3}. Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Laboratoire d'agroécologie et ingénierie de l'environnement

* Correspondance : salongo.ifa@laecoile.org

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



Received: 20 Aout 2022

Accepted: 09 Dec. 2022

Published: 31 Dec. 2022

RESUME

Dans ce travail nous avons inventorié de façon comparative la macrofaune d'invertébrés du sol sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbeck* et végétation environnante sur un anthroposol urbain dans le site expérimental de l'IFA à Kisangani. Pour ce faire, l'épaisseur de la litière a été mesurée avant l'ouverture de 20 fosses d'échantillonnage de 1 m² dans chacune des quatre occupations du sol. Après mesure in situ de l'épaisseur de litière sous chaque espèce en plantation, les effectifs de la macrofaune d'invertébrés du sol ont été dénombrés après avoir excité l'activité biologique à l'aide d'une solution chimique de permanganate de potassium dans les mottes de terres prélevées sous chaque espèce végétale. Les résultats obtenus ont montré en général une richesse en biodiversité du sol significativement élevée sous les trois essences agrofertilitaires que sous la végétation environnante. Cette richesse de la macrofaune d'invertébrés nettement supérieure sous les essences agrofertilitaires a été attribuée l'apport continu en matières organiques constituée des débris végétaux qui tombent régulièrement et qui est une source d'énergie pour la plupart des êtres vivants du sol. Le recours à des voies biologiques pour gérer durablement la fertilité des terres agricoles dégradées dans le site expérimental de l'IFA-Yangambi paraît désormais une nécessité.

Mots clés : macrofaune du sol, essences agrofertilitaires, anthroposol, milieu urbain et Kisangani.

ABSTRACT

Potential for restoration of soil biodiversity by agrofertilizer species under the pedoclimatic conditions of Kisangani in DR Congo

In this study we made a comparative inventory of the soil invertebrate macrofauna under *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbeck* and surrounding vegetation on an urban anthroposol in the IFA experimental site in Kisangani. For this purpose, litter thickness was measured before opening 20 sample pits of 1 m² in each of the four soil occupations. After in situ measurement of litter thickness under each species in plantation, the numbers of soil invertebrate macrofauna were counted. The results obtained showed that, in general, soil biodiversity was significantly richer under the three agrofertilizer species than under the surrounding vegetation. This richness of the macrofauna of invertebrates, which was significantly higher under the agrofertiliser species, was attributed to the continuous supply of organic matter consisting of regularly falling plant debris, which is a source of energy for most soil living beings. The use of biological pathways to sustainably manage the fertility of degraded farmland in the IFA-Yangambi experimental site now seems a necessity.

Key words : Soil macrofauna, agrofertilizer species, anthroposol, urban environment and Kisangani

1. Introduction

Notre planète perd des espèces à un taux comparable à celui observé lors des extinctions de masse qui ont affecté

la terre dans un passé lointain (Ceballos *et al.*, 2010). Le facteur principal de cette perte de biodiversité est lié aux

activités anthropiques du fait que les changements d'utilisation des terres induisent une perte d'habitat pour les organismes, l'utilisation croissante d'énergie fossile par l'homme engendre un dérèglement climatique qui menace les organismes en modifiant leurs conditions de vie (Hinsinger, 2004). On ignore également si le déclin mondial des espèces, essentiellement estimé sur la base des vertébrés (Ceballos *et al.*, 2009), a lieu dans le sol et à quelle vitesse. Pourtant ce sont des bons indicateurs de la fertilité des sols, car ils sont impliqués dans les cycles des éléments nutritifs les plus importants (Tejada *et al.*, 2006 ; Fatima *et al.*, 2008). Ils peuvent réagir aux changements dans la gestion des sols plus rapidement que d'autres variables chimiques ou physiques étudiées (Mondini *et al.*, 2007).

En effet, le sol recèle un trésor vivant insoupçonné qui représente 50% de la biodiversité, ce n'est que récemment qu'une vision plus globale de la biodiversité qu'il héberge à commencer émerger (Ceballos *et al.*, 2005). La diversité biologique des sols englobe toutes sortes d'organismes - des organismes unicellulaires et microscopiques et des invertébrés tels que les nématodes, les vers de terre, les arthropodes et leurs stades larvaires, mais aussi des mammifères, des reptiles et des amphibiens qui passent une grande partie de leur vie dans le sol, ainsi que des algues et champignons très divers qui sont indispensables pour accroître la production alimentaire, promouvoir une alimentation nutritive, protéger la santé humaine, réhabiliter les sites pollués et combattre le changement climatique, mais leur contribution reste largement sous-estimée.

Dans cette étude, nous essayons d'évaluer le potentiel de restauration de la biodiversité du sol par les essences agrofertilitaires plantées dans un anthroposol soumis à la mise en culture continue et au travail de sol excessif. Dupriez – de Leener (cité par Alongo *et al.*, 2022), une agrofertilitaire est un arbre dont l'activité enrichit la couche arable d'une terre, en améliore la texture et en favorise la structuration. Les arbres fertilitaires sont principalement issus de la famille des légumineuses et plus précisément de la sous-famille des Mimosacée. Les essences agrofertilitaires en étude concernent *Albizia lebbbeck*, *Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium* par

comparaison à la parcelle non restaurée largement occupée par la végétation herbeuse.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

La ville de Kisangani se trouve dans la cuvette centrale congolaise (RDC), à la province de la Tshopo entre 0°31' Nord, 23°29' Est et à une altitude de 396 à 400 m (Alongo *et al.*, 2022). Selon Vandenput (1981), Kisangani est caractérisé par un climat chaud et humide avec la moyenne annuelle des températures variant entre 23 et 26 °C, la minimale d'environ 19 °C et 30 °C de maxima. Les précipitations sont abondantes, mais non uniformément réparties pendant l'année. La pluviométrie annuelle varie entre 1735,5 mm et 1835 mm avec des moyennes de 152 jours de pluie par an. Le mois d'octobre est le plus pluvieux de l'année (241 mm de pluie) tandis que février est le mois le plus sec (86 mm de pluie). L'humidité relative de l'air oscille entre 80 à 90 % avec l'insolation annuelle est faible (1976 heures), représentant environ 45 % de la radiation annuelle totale du fait que le ciel est le plus souvent nuagé.

2.2. Parcelles de collecte des données

Les données ont été prélevées dans les parcelles agroécologiques de restauration des terres dégradées installées par le Laboratoire d'Agroécologie et Ingénierie de l'Environnement de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi à Kisangani situées entre 0° 30' 40'' N; 25° 09' 52'' E et à 406 m d'altitude (Figure 1).

Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher avec 3 répétitions et 5 traitements. Les traitements correspondent aux 4 végétations à base d'essences agrofertilitaires : *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Albizia lebbbeck*, *Leuceuna leucocephala* et la jachère à base de *Penisetum javanica*. Cependant, les observations dans cette étude se sont focalisées uniquement sur les parcelles agroécologiques à *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbbeck* et *Acacia mangium* (Figures 2, 3 et 4).

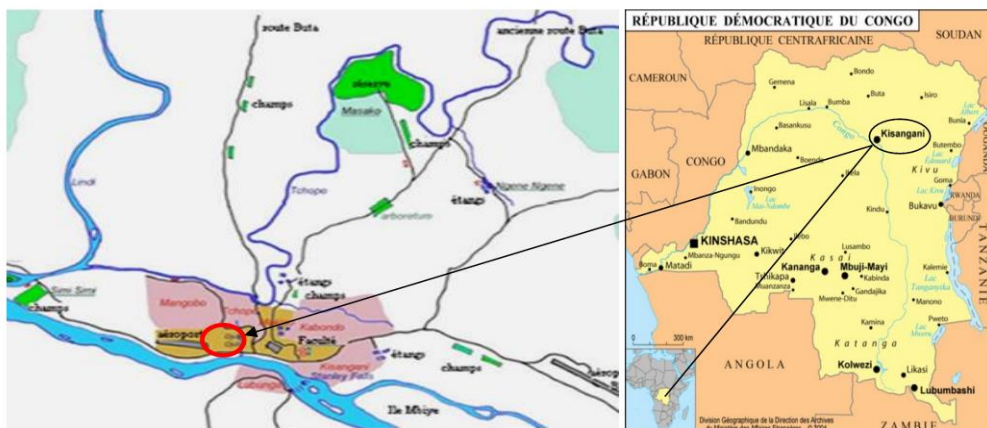


Figure 1. Localisation site d'étude (en rouge).



Figure 2. Photo de l'espèce *Albizia lebbeck* dans les parcelles d'essai



Figure 3. Photo de l'espèce *Acacia auriculiformis* Cunn. ex Benth dans les parcelles d'essai



Figure 4. Photo de l'espèce *Acacia mangium* Wild dans les parcelles agroécologiques

2.3. Méthodes analytiques in situ

Les données collectées in situ concernent l'épaisseur de la litière, l'épaisseur de l'horizon organique, l'inventaire systématique et le triage manuel de la macrofaune d'invertébrés trouvés au sol (Figure 5). Ces derniers concernent entre autres le ver de terre, hanneton commun, larve de hanneton commun, taupe, acarien, grillon champêtre, larve de fourmillon commun, scorpion, myriapode, cloporte, collembole et fourmis.

L'épaisseur des litières et des horizons organiques sous chaque essence agrofertilitaire a été mesurée à l'aide d'une latte graduée ; tandis que l'inventaire de la macrofaune d'invertébrés du sol a été réalisé après avoir excité l'activité biologique à l'aide d'une solution chimique de permanganate de potassium dans les mottes de terres prélevées sous chaque espèce agrofertilitaire. Cette méthodologie présente donc l'intérêt de couvrir une surface étendue avec un grand nombre de points de prélèvements. On obtient ainsi une bonne vision de la distribution spatiale de la macrofaune de la couche superficielle du sol sous les trois essences agrofertilitaires et la végétation herbeuse témoin.



Vers de terre



Terricules de vers de terre



Hanneton commun



Larve de hanneton commun



Larves de hanneton (en haut) et de Cétoine dorée (en bas)



Taupe



Acarien



Grillon champêtre



Larve de fourmillon commun



Pièges en entonnoir de larves de fourmillon

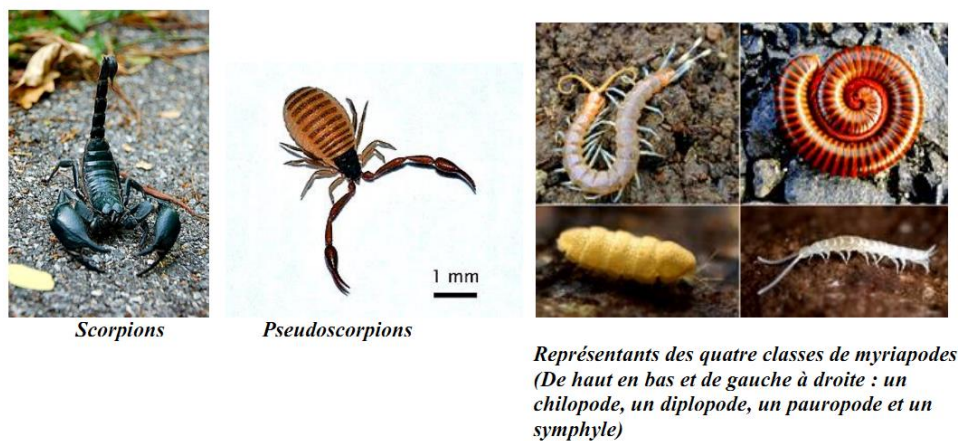


Figure 5. Liste non exhaustive de la macrofaune d'invertébrés du sol ciblés par l'étude

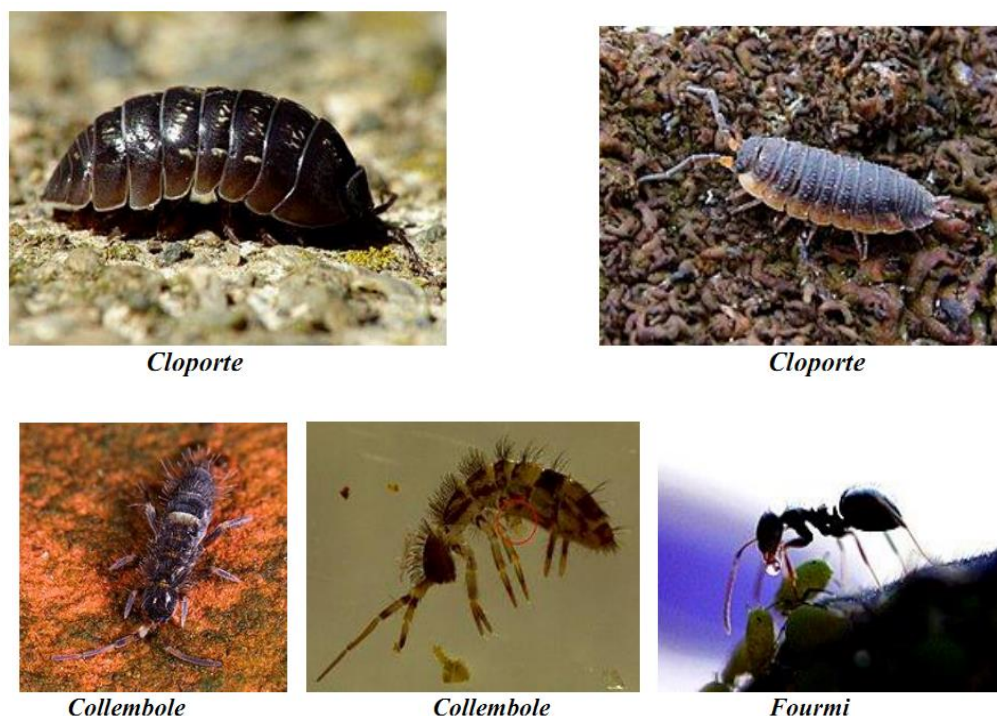


Figure 5. Liste non exhaustive de la macrofaune d'invertébrés du sol ciblés par l'étude (suite)

2.4. Analyses statistiques des données

Les calculs des moyennes, d'écarts types et des coefficients de variation des données ont été effectués pour les paramètres pédologiques étudiés à l'aide de logiciel Microsoft Office Excel. Les comparaisons statistiques des résultats des différentes occupations du sol ont été réalisés à l'aide de test d'ANOVA après transformation préalable des données. Le test de Newman-Keuls a permis de réaliser les comparaisons multiples grâce au logiciel Statistica 6.0.

3. Résultats

3.1. Epaisseur de la litière (cm)

Les résultats en rapport avec l'épaisseur de la litière sous les parcelles agroécologiques à base d'*Acacia mangium*,

Acacia auriculiformis et *Albizia lebbeck* en plantation en comparaison avec celle observée sous la végétation herbeuse environnante sont illustrés dans la figure 1 avec des différences très significatives ($p < 0,01$) entre les essences agrofertilisantes et la végétation herbeuse environnante.

La lecture des résultats tels qu'illustré dans la figure 1 montre que l'épaisseur de la litière varie de 3 à 4 cm sous les essences agrofertilisantes, alors qu'elle varie de 0,5 à 1 cm sous la végétation herbeuse environnante. Cette épaisseur est en moyenne de $3,67 \pm 0,58$ cm sous *Acacia mangium*, $3,33 \pm 0,58$ cm sous *Acacia auriculiformis* et sous *Albizia lebbeck*, alors qu'elle est en moyenne de $0,67 \pm 0,29$ cm sous la végétation environnante.

Il se dégage d'une façon globale que les valeurs de l'épaisseur de la litière sont significativement élevées sous les espèces agrofertilisantes par rapport aux valeurs

obtenues sous la végétation herbeuse environnante. Il est fort possible que la valeur relativement élevée de l'épaisseur observée sous les trois essences fertilitaires

après deux années de plantation soit liée à l'accumulation abondante des débris végétaux sous ses essences, qui enrichies le sol en matières organiques.

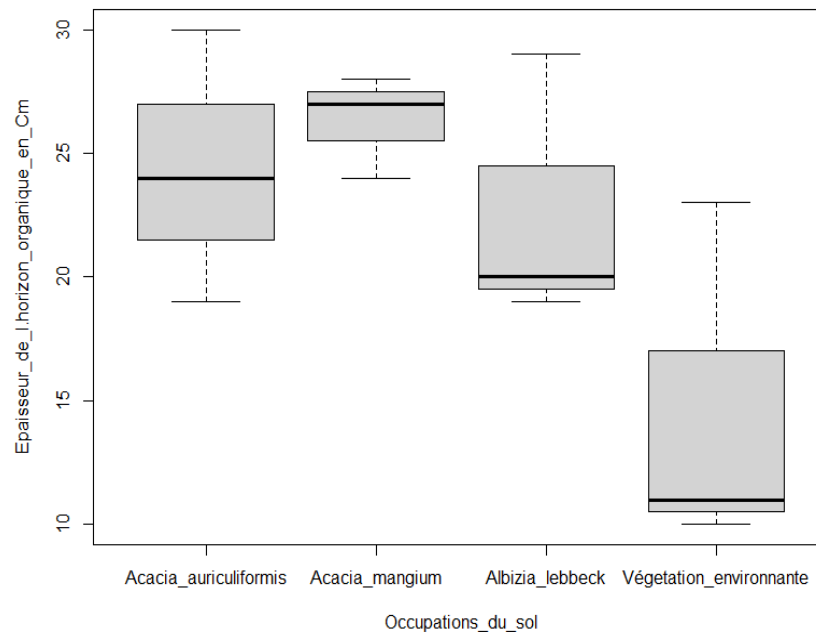


Figure 1. Variation moyenne de l'épaisseur de litière sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbeck* et sous la végétation environnante dans les parcelles agroécologiques en étude.

3.2. Epaisseur (cm) de l'horizon organique

La figure 2 présente les résultats des valeurs mesurées de l'épaisseur de l'épaisseur et/ou profondeur de l'horizon organique du sol sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis* et *Albizia lebbeck* en plantation dans les parcelles agroécologiques par comparaison à la végétation herbeuse d'origine anthropique. L'épaisseur de l'horizon organique varie de 24 à 28 cm avec une moyenne de 26,33 cm sous *Acacia mangium*, de 19 à 30 cm avec une moyenne de 24,33 cm sous *Acacia auriculiformis* et de 19 à 29 cm avec une moyenne de

22,67 cm sous *Albizia lebbeck*, alors qu'elle varie de 11 à 23 cm avec une moyenne de 14,67 cm sous la végétation environnante.

La comparaison statistique des résultats n'indique toutefois pas des différences entre les sols sous les trois essences agrofertilitaires ($p > 0,05$), alors que les différences observées demeurent nettement significatives entre les trois essences agrofertilitaires et la végétation herbeuse retenue comme témoin à partir de laquelle les effets améliorants des essences agrofertilitaires peuvent se dégager par comparaison.

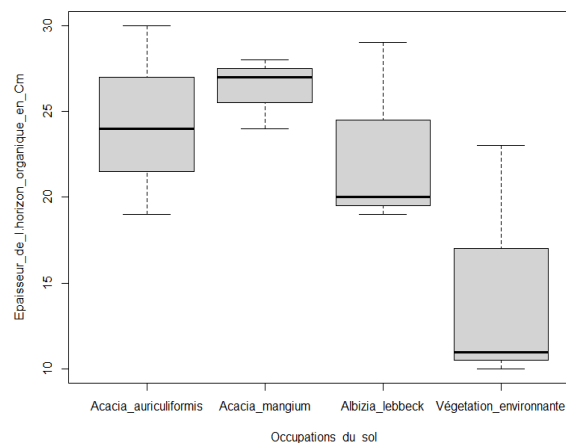


Figure 2. Variation moyenne de l'épaisseur de l'horizon organique du sol sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbeck* comparativement au sol sous la végétation herbeuse d'origine anthropique dans le site expérimental.

3.3. Faune du sol sous trois essences agrofertilitaire et végétation herbacée

3.3.1. Population de ver de terre et les myriapodes

Les résultats des effectifs de la population des vers de terre et des myriapodes sous les trois essences et la végétation herbacée fournis sont illustrés dans les figures 3 et 4. S'agissant de vers de terre comme principal bio-indicateur de la fertilité du sol, les résultats indiquent un effectif très élevé sous les essences agrofertilitaires avec une moyenne de 218 individus sous *Acacia mangium*, 242 individus sous *Acacia auriculiformis* et 174 individus sous *Albizia lebeck* contre un effectif

moyenne de 104 individus sous la végétation environnante.

On note également la même tendance pour les effectifs dénombrés des myriapodes (Figure 4) qui présentent des valeurs moyennes élevées sous les essences agrofertilitaires que sous la végétation herbacée environnante. Ces résultats de la macrofaune d'invertébrés du sol confirme davantage le bon potentiel de restauration de l'activité biologique du sol par les essences agrofertilitaires étudiées. Ceci serait due à la régularité des chutes des débris végétaux qui enrichissent le sol en matières organiques et favorise une activité biologique intense.

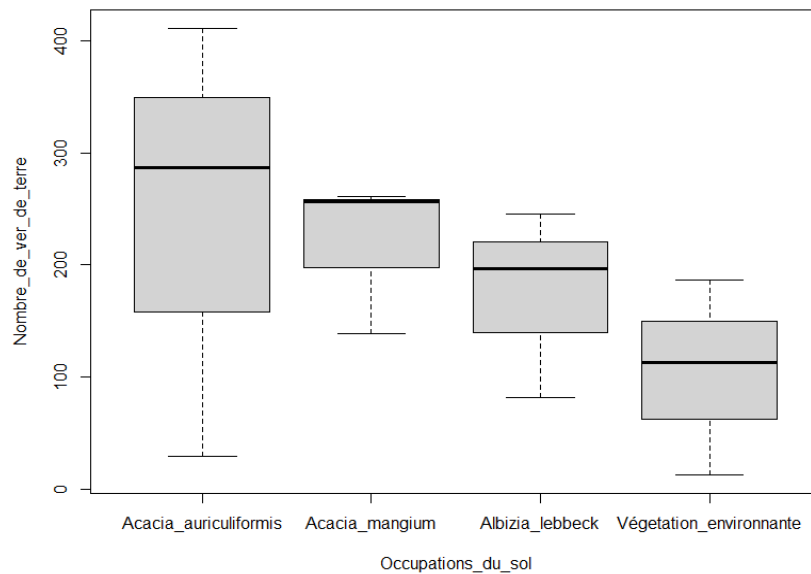


Figure 3. Variation moyenne de la population de vers de terre dans l'horizon organique sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebeck* et sous la végétation environnante

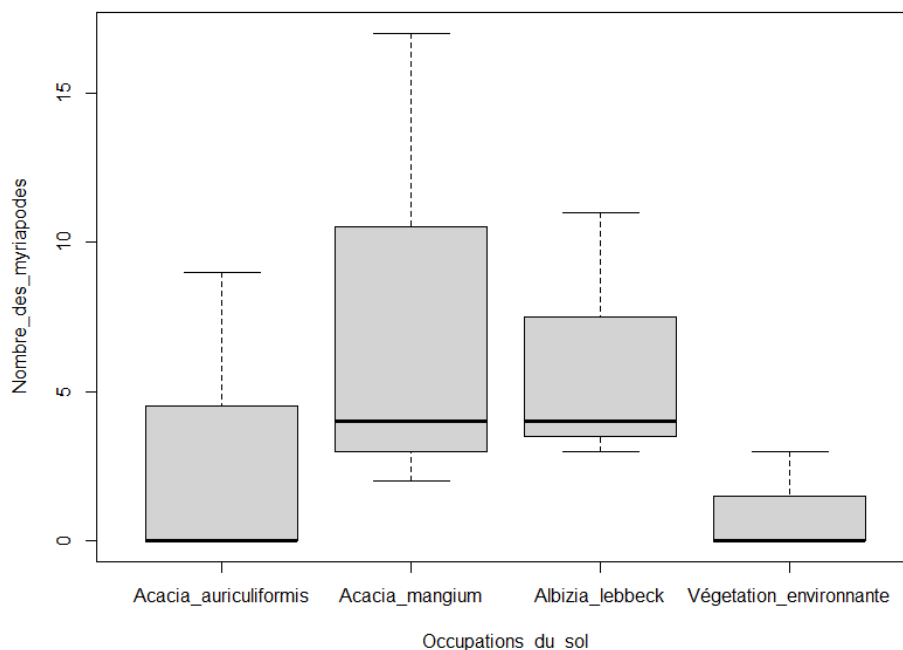


Figure 4. Variation moyenne des myriapodes dans l'horizon organique sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbeck* et sous la végétation environnante**3.4. Effectifs des fourmis**

Les résultats des effectifs des fourmis inventoriés sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebbeck* et sous la végétation environnante sont contenus dans le tableau 1. De l'analyse des résultats contenus dans le tableau, il s'avère que le nombre de fourmis par m² varie de 0 à 312 sous *Acacia mangium*, de 0 à 70 sous *Acacia*

auriculiformis, de 13 à 208 sous *Albizia lebbeck* et de 0 à 520 sous la végétation environnante. Ce qui donne en moyenne par m² un nombre de 91 fourmis sous *Acacia mangium*, 24 fourmis sous *Acacia auriculiformis*, 95 fourmis sous *Albizia lebbeck* et 148 fourmis sous la végétation environnante. Ces résultats montrent que le nombre de fourmis sous les essences agrofertilisantes est relativement faible que sous la végétation environnante.

Tableau 1. Effectifs des fourmis dans les quatre occupations du sol

Profil du sol	<i>Acacia mangium</i>	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Albizia lebbeck</i>	Végétation environnante
P1	0	3	13	520
P2	100	47	43	30
P3	3	70	104	0
P4	41	0	108	90
P5	312	0	206	100
Moyenne	91	24	95	148
Ecart-type	129,85	32,55	74,16	212,06
CV(%)	142,69	135,62	78,06	143,28

3.5. Effectifs des larves de hanneton

Les résultats des effectifs des larves de hanneton inventoriés sont contenus dans le tableau 2 qui montre d'une façon globale que le nombre de larves de hanneton par m² varie de 5 à 13 sous *Acacia mangium*, de 3 à 14 sous *Acacia auriculiformis*, de 1 à 8 sous *Albizia lebbeck* et de 0 à 6 sous la végétation environnante. Ce qui donne en moyenne 8 larves de hanneton par m² sous *Acacia*

mangium, 7 larves de hanneton sous *Acacia auriculiformis*, 5 larves de hanneton sous *Albizia lebbeck* et 2 larves de hanneton sous la végétation environnante. Ces résultats montrent que le nombre de larves de hanneton sous les essences agrofertilisantes est nettement élevé que sous la végétation environnante. Les résultats montrent en outre une distribution hétérogène (CV% > 30%) des larves de hanneton par m² avec des différences significatives en terme d'effectifs sous les essences agrofertilisantes que sous la végétation environnante.

Tableau 2. Effectifs des larves de hanneton dans les quatre occupations du sol

Profil du sol	<i>Acacia mangium</i>	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Albizia lebbeck</i>	Végétation environnante
P1	13	4	6	0
P2	5	3	5	0
P3	11	14	7	1
P4	7	4	1	4
P5	6	9	8	6
Moyenne	8	7	5	2
Ecart-type	3,44	4,66	2,70	2,68
CV(%)	42,93	66,54	54,03	134,16

Il sied de signaler les autres faunes du sol identifiées et inventoriées en très faible effectif lors de cette étude mais

présentées dans ce travail concernant notamment les pseudoscorpions, les myriapodes, des acariens.

4. Discussion

Les résultats obtenus sur l'épaisseur de litière sont en moyenne élevée sous les essences agrofertilisatrices que sous la végétation environnante témoin. L'accumulation régulière des débris végétaux sous les essences agrofertilisatrices serait responsable de cette situation comparativement à la végétation environnante qui a été soumise à une exploitation agricole excessive. Les résultats en outre prouvent un effet bénéfique des essences agrofertilisatrices sur la macrofaune d'invertébrés du sol étudié. Ceci peut s'expliquer par les systèmes biologiques de régulation qui assurent le maintien de la structure physique, la conservation des réserves humiques et l'efficacité du cycle des nutriments (Lavelle, 1984).

L'importance et le rôle des macro-invertébrés du sol varient selon leur abondance et leur diversité (aussi bien taxonomique que fonctionnelle). C'est ce groupe d'organismes qui a attiré notre attention dans cette étude. Cependant, ce sont des organismes très sensibles aux perturbations, qu'elles soient anthropiques, physiques ou chimiques (Trehen *et al.* 1993). D'après Black & Okwako (1997), la richesse spécifique de la macrofaune édaphique est la plupart du temps plus faible en zones cultivées que dans les zones de végétation native, ce qui entraîne une altération des processus de minéralisation du Carbone et de l'Azote.

Les résultats trouvés dans cette étude confirment les potentialités et aptitudes des essences étudiées dans la restauration de la fertilité biologique des sols dégradés suite à la production et retombées des litières chez les trois espèces agro fertilisantes arborées, utilisées à la restauration des sols étudiés. Les résultats similaires ont été trouvés par Gnahoua *et al.* (2013). Gona-Tchimbakala *et al.* (2005) rapportent des cas de production de litière plus importante pour les trois espèces étudiées en saison pluvieuse, bien que la saison sèche soit indexée comme principale responsable de la forte chute des feuilles des essences étudiées en zone tropicale.

Les essences agrofertilisatrices agissent comme une source d'énergie (litière, racines vivantes ou mortes, matière organique), des microorganismes (bactéries et champignons) comme principaux décomposeurs et des macroorganismes (racines vivantes et invertébrés) comme régulateurs. La fonction principale de ces régulateurs est de créer des conditions favorables à l'activité microbienne en fragmentant les débris végétaux et en mélangeant ces fragments avec le sol. Selon Lavelle *et al.* (1995), il existe quatre systèmes principaux de régulation du sol : le système superficiel composé de la litière et de racines, la rhizosphère, la drilosphère (représentée par le volume de sol, la microflore et la faune. Influencées par les vers de terre ; Brown, 1995), et la thermosphère.

Les essences étudiées agissent positivement sur la macrofaune du sol qui à son tour influe sur la dynamique de la matière organique, libérant ainsi des nutriments et

améliorant les paramètres physiques du sol comme la porosité, la densité et la disponibilité en eau (Lavelle *et al.*, 1994). Les invertébrés du sol restaurés par les essences agrofertilisatrices en expérimentation exercent une action très favorable, et tout particulièrement en zone tropicale; sur la conservation de la structure du sol et des nutriments (Lavelle *et al.*, 1995). Nous obtenons donc de cette étude une idée préliminaire de ce qu'est la macrofaune d'un anthroposol sous l'effet des essences agrofertilisatrices, et comment elle réagit aux perturbations anthropiques.

5. Conclusion

Ce travail avait pour objectif d'inventorier la diversité biologique de la macrofaune d'invertébrés du sol du sol sous *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis* et *Albizia lebbek* dans un anthroposol urbain de Kisangani. Les résultats obtenus ont montré en général une richesse en biodiversité du sol plus élevée sous les essences agrofertilisatrices que sous la végétation environnante. Le recours à des voies biologiques pour gérer durablement la fertilité des terres agricoles dégradées semble désormais une nécessité. Les plantations des arbres agrofertilisatrices s'inscrivent bien dans la pratique agroécologique des jachères améliorées dans le but de rapidement restaurer et gérer durablement la fertilité des sols ferrallitiques étudiés présentant peu de réserves en éléments minéraux et en matière organique ainsi que des pH acides.

Bibliographie

- Alongo S., Kombele F., Visser M. & Bogaert J. 2022. Réponses des indicateurs de la fertilité chimique d'un ferralsol au changement d'occupation du sol et à la fragmentation des forêts dans la région de Yangambi en RD Congo. *Yangambi Journal of Agroecology and environment research. International Journal*, 1 (1) : 1-10.
- Black H.I.J. & Okwakol M.J.N.. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics : the role of termites. *Applied Soil Ecology*. 6.p 37-53.
- Ceballos G., Garcia A., Pringle, R. & Ehrlich, P 2010. The magnitude of the sixth extinction crisis. In review.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., 2009. Discoveries of new mammal species and their implications for conservation and ecosystem services. *Proceedings from the National Academy of Sciences*, 106, 3841-3846.
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Soberón, J., Salazar, I. and Fay, J.P. 2005. Global Mammal Conservation: What Must We Manage? *Science*, 309, 603–607.
- De Leenher L., D'Hoore J. & Sys K., 1952. Cartographie et caractérisation pédologique de la catena de

- Yangambi. Yangambi : *Publication INEAC., série scientifique.* n° 55, 62p.
- Fatima M.S., Moreira., Joroen E. & David E., 2008. Tropical Soil Biology. Sampling and characterization of Below-ground Biodiversity. London-Sterling, VA.
- Gnahoua G., Oliver R., Nguessan K. & Balle P. 2013. Production et retombées minérales des litières chez quatre espèces de légumineuses arborées, utilisées en amélioration de jachères en zone forestière de Cote d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 72 : 5800-5809
- Gona-Tchimbaka, J., Ndoundou-Hockemba M., Kokolo A., Mboussou-Kimbangou A.N.S., 2005. Variation des apports de litière et d'éléments minéraux dans les plantations de Limba (*Terminalia superba*). *TROPICULTURA*, 23,1, 53-59.
- Hinsinger P., 2004. Nutrient availability and transport in the rhizosphere. In "Encyclopedia of Plant and Crop Science", 3rd Ed. Marcel Dekker, In: USA, 1094-1097.
- Lavelle P., 1984. The soil system in the humid tropics. *Biology international*, 9, p 2-17.
- Lavelle P., Chauvel A., Fragoso C., 1995. Faunal activity in acid soils. In : Date et al. (eds.). Plant soil interactions in low pH. Netherlands, p 201-211.
- Lavelle P., Dangerfield M., Fragoso c., Eschenbrenner V., Lopez-Hernandez D., Pashanasi B., Brussaard L., 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In : Woomer P.L. & Swift M.J. (eds.). The Biological Management of Tropical Soil Fertility. London: John Wiley & Sons, p 137-139.
- Mondini C., Cayuela M.L., Sinicco T., Sanchez-Monedero M. A., Bertolne E., Bardi L., 2007. Soil application of meat and bone meal. Short-term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 462-474.
- Pashanasi B., Brussaard L., 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In : Woomer P.L. & Swift M.J. (eds.). The Biological Management of Tropical Soil Fertility. London: John Wiley & Sons, p 137-139.
- Tejada M., Garcia C., Gonzalez J.L., Hernandez M.T., 2006a. Organic amendment based on fresh and composted beet vinasse: influence on soil properties and wheat yield. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 900-908.
- Trehan P., Coleman D.C., Bitsch J.M., Berthelin J., Bardin R, 1993. Soil biology : a conceptual approach with specific goals. *European Journal of Soil Biology*. 29 (1),p 1-6.
- Vandenput R., 1981. Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai : publications D.G.A., Editions Lesaffre, hors série, pp.228-259.