

Evaluation de la réponse du soja aux doses croissantes d'un compost à base de *Tithonia diversifolia* sur un sol fortement altéré

[Assessment of the response of Soybean to the supply of increasing amounts of compost of *Tithonia diversifolia* on a highly weathered soil]

Kasongo Lenge Mukonzo Emery¹ and Banza Mukalay john²

¹Laboratoire de pédologie, Faculté des sciences agronomiques,
Université de Lubumbashi BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

²Département de phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques,
Université de Lubumbashi BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: While meat becomes a luxury food for the poor people, legumes including soya bean, can constitute an alternative. Unfortunately, on highly weathered soils of Lubumbashi, the performance of this crop remains far below the potential. The effects of compost of *Tithonia diversifolia* on growth and yield of soybean were studied during the 2013-2014 cropping season on degraded soil Lubumbashi (DR Congo). Under a basic fertilizer, six levels of compost of *T. diversifolia* (0, 7.5T, 15T; 22,5T; 30T; 37,5T ha) were applied as treatments in a completely randomized block design with 3 replications. The observations were focused on vegetative parameters and the yield of the crop. Similar behavior of soya bean plants was observed, regardless of the dose of compost made. Under the supply of mineral fertilizers, the supply of composts to soybeans mustn't be recommended given the low-income of farmers and the availability of composts.

KEYWORDS: Soybean, compost, *Tithonia diversifolia*, weathered soil.

RESUME: A l'heure où la viande constitue un aliment de luxe pour les populations pauvres, les légumineuses entre autres le soja constituent une alternative. Malheureusement, sur les sols fortement altérés de Lubumbashi, son rendement demeure de loin inférieur au potentiel même de la culture. Les effets de compost de *Tithonia diversifolia* sur la croissance et le rendement de soja ont été étudiés au cours de la saison culturale 2013-2014 sur un sol dégradé de Lubumbashi (R.D. Congo). Sous couvert d'un engrais de fond, six niveaux de compost de *T. diversifolia* (0 ; 7,5T ; 15T ; 22,5T ; 30T ; 37,5T de compost de *Tithonia diversifolia* par hectare) ont été appliqués comme traitements, dans un dispositif en blocs complets randomisés à 3 répétitions. Les observations ont porté sur les paramètres végétatifs et de rendement et les résultats obtenus ont révélé un comportement similaire des plants de soja, quelle que soit la dose de compost apportée. Sous couvert d'engrais minéraux, l'apport des composts n'est pas à conseiller en culture de soja, au regard de faibles revenus des agriculteurs et disponibilité des composts.

MOTS-CLEFS: compost, *Tithonia diversifolia*, sol fortement altéré, soja, engrais minéraux.

1 INTRODUCTION

Le soja (*Glycine max* (L.) Merr.) est la plus importante culture des légumineuses à grains dans le monde en termes de la production totale et de commerce international. Comme les autres légumineuses alimentaires, le soja joue un rôle non négligeable dans l'amélioration des systèmes d'associations et des rotations des cultures [1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5]. Par ailleurs, l'association symbiotique de soja et des bactéries du sol du groupe Rhizobium (*Bradyrhizobium japonicum*), permet de fixer jusqu'à 200 kg N ha⁻¹ an⁻¹ [6], ce qui réduirait les coûts et dommages causés par l'apport des engrais minéraux.

En République Démocratique du Congo, au cours des années 2003-2013, sa production et sa superficie ont varié respectivement de 14630 et 23000 à 23000 tonnes et 30000 à 42000 hectares (www.fao.org). Au cours de la même période, bien que le rendement ait varié de 4750 à 5476.19 Hg par hectares (www.fao.org), il reste malheureusement de loin inférieur au potentiel de la culture et à ceux obtenus dans d'autres pays comme le Kenya (3,76 tonnes/ha ; [7]) ; la Serbie (4,35 tonnes/ha ; [8]) et la Tanzanie où l'ajout de Phosphore et l'inoculation permet d'atteindre des rendements de 10,837 tonnes/ha [9].....,

Le faible niveau de fertilité de sols de Lubumbashi serait à la base de faibles rendements de principales cultures vivrières dans la région, y compris le soja. La fertilisation minérale proposée comme solution demeure fragile sur des sols à forte mobilité d'Al et Fe, précipitant avec les éléments nutritifs apportés. Par ailleurs, le faible niveau de revenu des paysans de la région couplés aux exigences dans l'application des engrais minéraux, constitue souvent un frein à leur acquisition. Dans ce contexte, la fertilisation organique devrait constituer une solution appropriée pour la restauration de la fertilité des sols [10; 11].

En effet, les amendements organiques appliquées aux sols tropicaux et acides contribuent à l'augmentation des rendements des cultures par la fourniture d'éléments nutritifs nécessaires à l'alimentation et la croissance des plantes, l'amélioration des propriétés physiques et biologiques des sols [12 ; 13 ; 14 ; 15 ; 11 ; 16].

Cet article s'articule autour de l'hypothèse selon laquelle sous couvert de NPK, il existe une dose optimale d'amendement organique qui améliore la croissance et la production de soja. L'objectif général de cet essai est d'évaluer la réponse du soja installé sur un sol fortement altéré à l'apport des doses croissantes de compost à base de *Tithonia* et sous couverture du NPK.

2 MILIEU, MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU

2.1.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Cet essai a été conduit au champ expérimental de la faculté des sciences agronomiques (11°35'507" S, 27°28'612" E altitude moyenne de 1266 m), au nord-ouest de la ville de Lubumbashi, Sud-est de la République Démocratique du Congo. Le climat est du type Cw6 selon la classification de Koppën avec une période de croissance normale d'une durée moyenne de 182 jours [17]. La saison de pluie va de novembre à mars, la saison sèche de mai à septembre alors qu'avril et octobre constituent les mois de transition. Antérieurement, seules la forêt claire dite « Miombo », les galeries forestières (Mushitu) et la forêt dense sèche appelée « Muhulu » étaient dominantes [18]. Actuellement, l'occupation du sol autour de Lubumbashi a profondément changé et ces forêts sont souvent remplacées par une végétation anthropisée [19]. Les sols de Lubumbashi sont du type ferrallitique, profondément altérés et se caractérisent par l'abondance de sesquioxides de fer et d'alumine, et de matériaux argileux à faible capacité d'échange (kaolinite) (inférieur à 16 Cmole. kg⁻¹) [20].

2.2 MÉTHODES

2.2.1 DESCRIPTION DE L'ESSAI

L'essai, en 3 répétitions, a été conduit selon un dispositif en blocs complets randomisés comprenant six niveaux d'apport de matière organique (*Tithonia diversifolia*) (0 ; 7,5T ; 15T ; 22,5T ; 30T et 37,5 T/ha) sous couvert d'une dose de 220 kg NPK 10-20-10.



Photo 1 : Expérimentation à 7 jours après semis (Crédit : J. Banza mukalay)

Les graines de soja, de variété Kalea (obtenues à l'Institut National.....NERA/Kipopo), ont été semées en lignes en raison de trois graines par poquet, avec une densité de 375000 plants par hectare aux écartements de 0,40 m X 0,20 m. Le semis était intervenu à la même date que l'apport de l'amendement humifère (*Tithonia diversifolia*) dont l'âge de compostage était de deux ans, soit à la date du 24/12/2013. L'engrais NPK 10-20-10 a été apporté 30 jours après semis à unique dose. Les travaux d'entretien s'étaient rapportés au sarclage et au buttage. Au début et en cours de végétation, les observations ont portés sur le taux de levée, diamètre au collet, hauteur des plantes, nombre des feuilles par plantes, le nombre de gousse, le poids des gousses, le poids de 1000 graines et le rendement en graine de soja ont été mesurés. L'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur contrôlé a été utilisée pour les traitements des données, avec un test de Tukey, pour la comparaison des moyennes au seuil de signification de 5 % ont été effectuée à l'aide du logiciel Minitab 16.

3 RESULTATS

Le taux de levée a varié entre 67,067% (T0) et 78,177(T4) % pour tous les traitements. Les résultats de l'analyse de la variance indiquent que les taux de levée obtenus sur les parcelles amendées aux différentes doses de compost et les parcelles témoins ont été similaires (Figure 1).

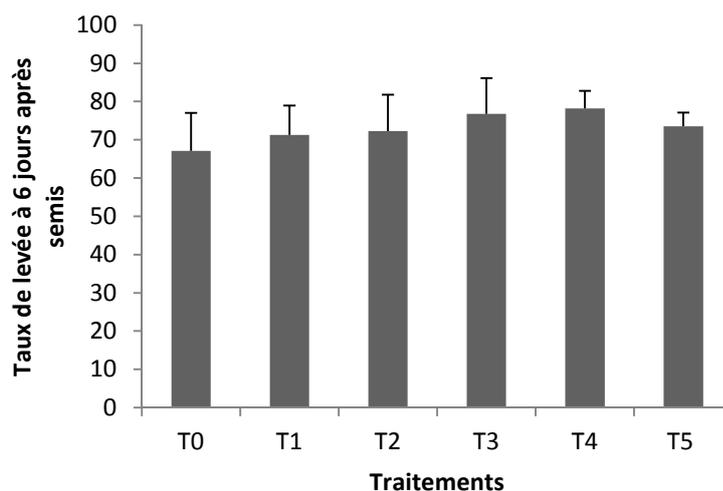


Figure .1 : Effet des doses de compost sur la levée du soja. T0: témoin non amendé; T1: 7,5T/ha du compost ; T2: 15T/ha du compost ; T3: 22,5T/ha du compost ; T4: 30t/ha du compost ; T5: 37,5 t/ha du compost.

L'analyse de la variance a indiqué qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des traitements ($P > 0,05$). Ceci implique que l'ajout du compost n'a pas permis d'accroître le nombre de feuilles par rapport aux parcelles non amendées (figure 2).

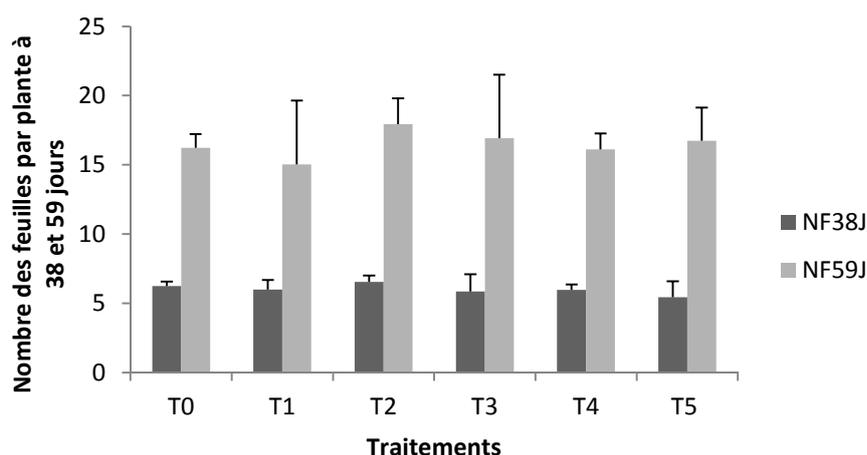


Figure 2 : Evolution du nombre de feuilles par plant de soja sous l'influence des doses croissantes de compost. T0:témoin non amendé; T1: 7,5T/ha du compost ; T2: 15T/ha du compost ; T3: 22,5T/ha du compost ; T4: 30t/ha du compost ; T5: 37,5 t/ha du compost ; NF38J : nombre de feuilles à 38 jours et NF59J : nombre de feuilles à 59 jours.

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent que l'ajout du compost n'a pas permis d'augmenter la hauteur de la plante à 59 jour et à la récolte ; de différences non significatives étant obtenues entre les traitements (figure 3).

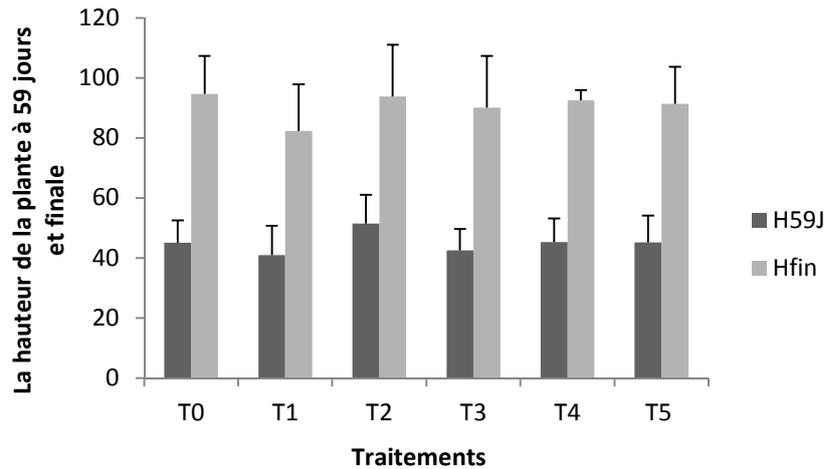


Figure 3 : Effet des doses croissantes de compost sur la hauteur des plants de soja. T0:témoin non amendé; T1: 7,5T/ha du compost ; T2: 15T/ha du compost ; T3: 22,5T/ha du compost ; T4: 30t/ha du compost ; T5: 37,5 t/ha du compost; H59J : la hauteur des plantes à 59 jours et Hfin : la hauteur finale à la récolte.

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements appliqués par rapport au témoin.

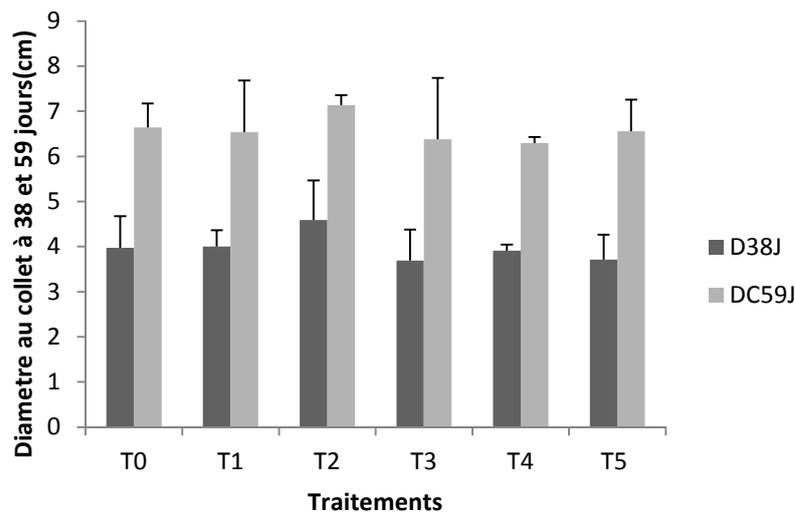


Figure 4 : Effet des doses de compost sur le diamètre au collet. T0:témoin non amendé; T1: 7,5T/ha du compost ; T2: 15T/ha du compost ; T3: 22,5T/ha du compost ; T4: 30t/ha du compost ; T5: 37,5 t/ha du compost; D38J : diamètre au collet à 38 jours et DC59J : diamètre au collet à 59 jours.

La figure 5 révèle que le poids des gousses par plante varie entre 14,63 et 18,3g. Toutefois, les résultats de l'analyse de la variance indiquent que les parcelles non amendées et celles amendées ont donné de poids de gousses similaires.

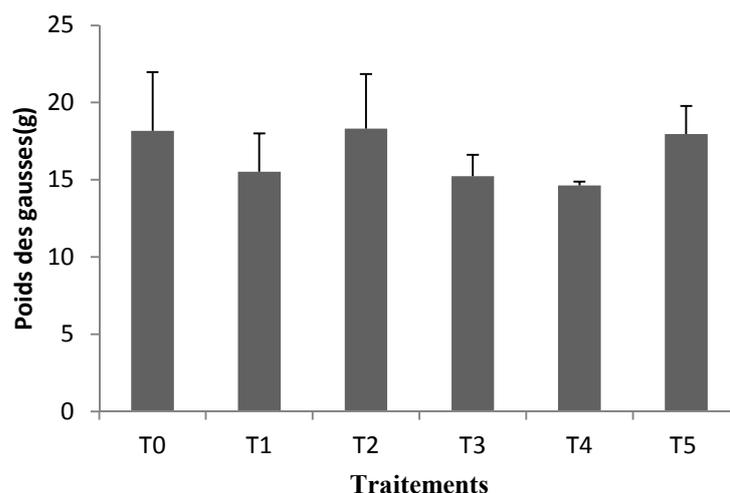


Figure 5 : Effet des doses croissantes de compost sur le poids des gausse. T0:témoin non amendé; T1: 7,5T/ha du compost ; T2: 15T/ha du compost ; T3: 22,5T/ha du compost ; T4: 30t/ha du compost ; T5: 37,5 t/ha du compost.

Les résultats de l'analyse de la variance ont indiqué que les poids de 1000 grains sont similaires pour tous les traitements appliqués (figure 6). Le rendement moyen en graines de soja a varié entre 2,66 et 3,3t/ha (figure 7). Toutefois, les résultats de l'analyse de la variance ont révélé que les rendements obtenus sur les parcelles n'ayant pas reçu les amendements (T0) ont été similaires à ceux des parcelles ayant reçu les amendements (T1, T2, T3, T4 et T5).

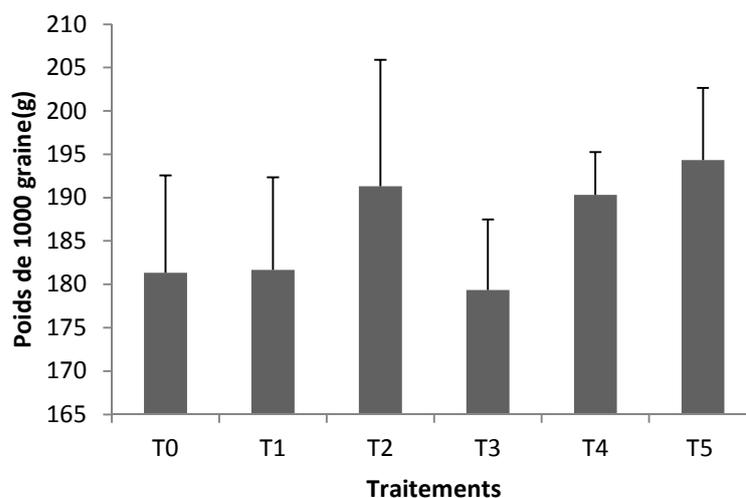


Figure 6 : poids de 1000 graines de soja en fonction de doses de compost appliquées. T0:témoin non amendé; T1: 7,5T/ha du compost ; T2: 15T/ha du compost ; T3: 22,5T/ha du compost ; T4: 30t/ha du compost ; T5: 37,5 t/ha du compost.

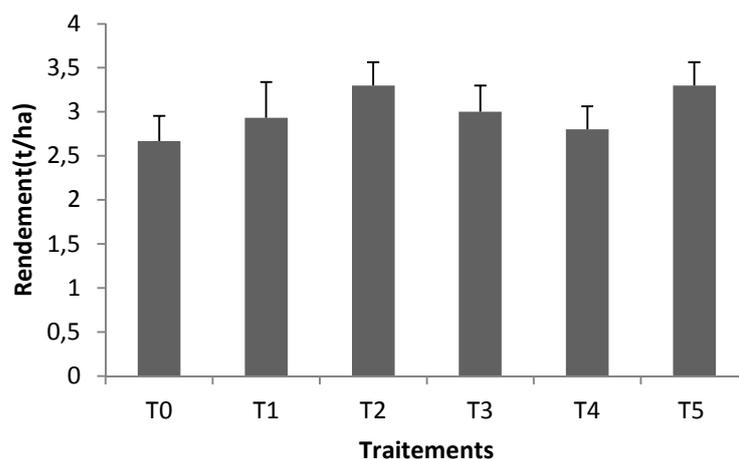


Figure 7 : Effet des doses croissantes de compost sur le rendement en graines de soja. T0:témoin non amendé; T1: 7,5T/ha du compost ; T2: 15T/ha du compost ; T3: 22,5T/ha du compost ; T4: 30t/ha du compost ; T5: 37,5 t/ha du compost.

4 DISCUSSION

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent que les différentes doses de composts appliquées n'ont pas eu d'effet significatif sur les paramètres observés ; ce qui témoigne d'un faible pouvoir de ces composts à améliorer la production du soja installé sur un ferralsol sous couvert des engrais minéraux. Ces résultats contredisent ceux de nombreux chercheurs qui ont trouvé un potentiel élevé de biomasses de *Tithonia diversifolia* et de leur compost à améliorer la performance des cultures vivrières et maraichères sur sols dégradés [21 ; 22 ; 20 ; 23].

Pour le taux de levée, les résultats obtenus indiquant des effets nuls des amendements sur la levée s'apparente à ceux de plusieurs chercheurs qui ont montré que la levée était plus influencée par les facteurs intrinsèques à la semence et les conditions du sol [24 ; 25 ; 26].

La comparaison des traitements entre eux indiquent que la croissance des plantes ainsi que les rendements obtenus étaient similaires entre les parcelles non amendées et celles qui ont reçu les doses croissantes de compost. La faible performance des composts suggère l'utilisation d'un compost trop mûre qui aurait perdu des éléments nutritifs. Dans cet ordre d'idées, la référence [15] indique que pour les composts, leur taux de minéralisation étant faible, soit 6 % des apports par les composts, la faible valeur fertilisante contribue plutôt à l'entretien de la matière organique des sols qu'à l'amélioration de la performance des cultures. En effet, les résultats obtenus par la référence [27] au Maroc ont montré que les composts trop mûres n'améliorent pas la performance des cultures par rapport aux composts de durée moyenne. Des résultats similaires montrant la faible performance des composts trop mûres, ont été également obtenus par d'autres chercheurs [28 ; 29 ; 30]. Parallèlement, la performance observée sur les parcelles en termes de croissance et de rendements par rapport aux résultats antérieurement rapportés dans la région (0,8 tonnes/ha comme rendement moyen du soja selon la référence [31], témoignent d'une disponibilité rapide des éléments minéraux par la couverture des engrais minéraux. Les effets bénéfiques de la fertilisation minérale sur la croissance et les rendements des cultures ont déjà été démontrés par plusieurs chercheurs [32 ; 33 ; 34 ; 35 ; 25 ; 36]. Les résultats de la référence [7] évaluant les effets des doses croissantes des engrais minéraux sur le soja, ont montré que les valeurs des paramètres de croissance et de rendement croissent avec les apports de la fertilisation minérale.

Les résultats obtenus dans cet essai laissent présager que les effets des composts ont été masqués par ceux des engrais minéraux ; pourtant, plusieurs essais conduits en Afrique Subsaharienne indiquent que les effets des engrais minéraux sont souvent améliorés par l'ajout des amendements organiques [22 ; 37 ; 25]. Ceci est imputable en grande partie à l'âge de compost qui affecte directement sa qualité. Le compost vieux perd souvent la majorité de ses éléments nutritifs qui sont bénéfique à la culture [27].

5 CONCLUSION

Des doses croissantes d'amendements organiques à base de compost de *Tithonia diversifolia* sous une couverture de NPK ont été testées en vue d'évaluer les différents stades phénologiques du soja sur un sol fortement altéré. Les résultats

obtenus ont montrés que sous couvert de NPK, les différentes doses de compost induisent des effets similaires sur la phénologie du soja. Néanmoins les performances observées sur toutes les parcelles (amendées et les parcelles témoins non amendées) sont dues à l'apport d'engrais de couverture. Dans cette optique, aucune dose de compost n'est à recommander, sous couvert de NPK. Il conviendrait aux autres chercheurs d'approfondir cet essai sur la phénologie du soja avec un apport des doses croissantes du compost de différents âges et sans couverture de NPK.

REFERENCES

- [1] V.M. Manyong, K.E. Dashiell, B Oyewole et G. Blahut, " Spread of new Soybean varieties in a traditional soybean growing area of Nigeria," A Seminar Paper in the Second Symposium of the African Association of Farming Systems Research Extension and Training (AAFSRET), 20–23 August 1996, Ouagadougou, Burkina Faso pp. 151-162, 1996.
- [2] R.J. Carsky, R. Abiadoo, K.E Dashiell et N. Sanginga, " Effect of soybean on subsequent maize grain yield in Guinea savannah of West Africa," *Afr. Crop Sci. J.*, vol 5, pp31-39, 1997.
- [3] F. P.N. Mako, N. C. KOUAME, P. Z Goli, " Evaluation finale du rendement et des paramètres phytosanitaires de lignées de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] dans deux zones agro écologiques de savane de Côte d'Ivoire", *Int. J. Biol. Chem. Sci.* vol 7(2), pp 574-583, 2013.
- [4] A.T. Diop, W. Krasova, K.B. Sanon, P. Houngnandan, M. Neyra, N. Kandiora, "Impacts des conditions pédoclimatiques et du mode cultural sur la réponse du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) à l'inoculation endomycorhizienne avec *Rhizophagus irregularis*," *Journal of Applied Biosciences* vol 69, pp 5465 – 5474, 2013.
- [5] S.Y. Useni, K. Mayele, A.K.P. Kasangij, K. L. Nyembo et L.L. Baboy, " Effets de la date de semis et des écartements sur la croissance et le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) à Lubumbashi, RD Congo", *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol 6 pp 40-47, 2014.
- [6] D.L. Smith et D.J. Hume. " Comparison of assay methods for N₂ fixation utilizing white bean and soybean, " *Can. J. Plant Sci.*, vol 67, pp 11-19, 1987.
- [7] B.S. Verde, B, O. Danga, J.N. Mugwe, "Effects of manure, lime and mineral P fertilizer on soybean yields and soil fertility in a humic nitisol in the Central Highlands of Kenya", *International Journal of Agricultural Science Research*. Vol 2(9), pp 283-291, 2013.
- [8] N. MRKOVAČKI, J. MARINKOVIĆ et R. AĆIMOVIĆ. "Effect of N Fertilizer Application on Growth and Yield of Inoculated Soybean", *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* vol 36, (1) pp 48-51, 2008.
- [9] E. V Tairo et P.A. Ndakidemi, "Yields and economic benefits of soybean (*Glycine max* L.) as affected by Bradyrhizobium japonicum inoculation and phosphorus supplementation", *Nelson Mandela African Institution of Science and Technology, American Journal of Research Communication*, Vol 1(11), 2013.
- [10] FAO, "Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable". Rome, FAO, 2004.
- [11] K. L. Nyembo, M. M. kisimba, M. M. Theodore, L. Jonas, L. A. Kanyenga, N. K. Becker, M. M. Mpundu, L. L. Baboy, "Effets de doses croissantes des composts de fumiers de poules sur le rendement de chou de chine (*Brassica chinensis* L.)", *Journal of Applied Biosciences* vol 77, pp 6505-6522, 2014.
- [12] F. Bastida, E. Kandeler, J.L. Moreno, M. Ros, C. Garcia, T. Hernandez, " Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate", *Applied Soil Ecology*, vol 40, pp 318-329, 2008.
- [13] H.H. Ben, T. Aloui, T. Gallali, T. Bouzid, S. El Amri, Hassine R.H. Ben, "Évaluation quantitative et rôle de la matière organique dans les sols cultivés en zones subhumides et semi-arides méditerranéennes de la Tunisie", *Agrisol*. Vol, 19 pp 4-17, 2008.
- [14] V, Kotchi, K.A. YAO, D. Sitapha, "Réponse de cinq variétés de riz à l'apport de phosphate naturel de Tilmes (Mali) sur les sols acides de la région forestière de Man (Côte d'Ivoire) ", *J. appl. Biosc.* Vol 31, pp 1895-1905, 2010.
- [15] K.C. Mulaji, "Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo) ", Thèse de doctorat, Gembloux Agro bio tech, 220p, 2011.
- [16] S.Y.Useni, M.I Glady, M.M. Theodore, N.K. Becker, L. Jonas, A. B.L. Mick, K.L. Antoine et B.L. Louis, "Amélioration de la qualité des sols acides de Lubumbashi (Katanga, RD Congo) par l'application de différents niveaux de compost de fumiers de poules", *Journal of Applied Biosciences* 77:6523 – 6533, 2014.
- [17] FAO. "New_LocClim: Local Climate Estimator", *FAO Environment and Natural Resources Working Paper*, N° 20, 2005.
- [18] Munyemba K.F., Bamba I, Kabulu D.J., Amisi M., Veroustrate F., Ngongo L.M., Bogaert J., 2008 "Occupation des sols dans le cône de pollution à Lubumbashi". *Ann. Fac. Sc. Agro.*, vol1, PP 19-25.
- [19] Munyemba et Bogaert. "Anthropisation et dynamique spatiotemporelle de l'occupation du sol dans la région de Lubumbashi entre 1956 et 2009", *e-revue UNILU* 1 (2014) 3-23, 2014.

- [20] L.E. Kasongo, M.T. Mwamba, M.P. Tshipoya, M.J. Mukalay, S.Y. Useni, K.M. Mazinga, K.L. Nyembo, "Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo", *Journal of Applied Biosciences* vol 63 pp 4727 – 4735, 2013.
- [21] B. Jama, C.A. Palm, R.J. Buresh, A.I. Niang, C. Gachengo, G. Nziguheba, "Tithonia as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya", a review. *Agroforestry Systems*, vol 49 pp 201-221, 2000.
- [22] F. Kaho, M. Yemefack, F. Tegwefou et J.C. Tchanthouang, "Effet combiné de feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur le rendement du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre du Cameroun", *Tropicultura*, vol, 29 pp 39-45, 2011.
- [23] K. S. Chukwuka et E. O. Omotayo, "Effects of Tithonia greenmanure and water hyacinthcompost application on nutrientdepleted soil in South-Western Nigeria", *International Journal of Soil Science*, vol 3, pp 69-74, 2008.
- [24] J.O. Olaniyi, W.B. Akanbi, O.A. Olanira, O.T. Ilupeju. Effet of organic, inorganic and organominerals on growth, fruit yield and nutritional composition of okra (*Abelmoscus esculentus*). *Journal of Animal and Plant Sciences* vol 9 pp 1135-1140, 2010.
- [25] K.L. Nyembo, S. Y. Useni, M. M Mpundu, M. D. Bugeme, L.E. Kasongo, L.L. Baboy. Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* vol 59, pp 4286– 4296, 2012.
- [26] S.Y. Useni, K.M. Chukiyabo, K.J. Tshomba, M.E. Muyambo, K.P. Kapalanga, N.F. Ntumba, K.P. Kasangij, K. Kyungu, L.L. Baboy, K.L. Nyembo, M.M. Mpundu, "Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsol du sud-est de la RD Congo", *Journal of Applied Biosciences* vol 66, pp 5070 – 5081, 2013.
- [27] B. Attrassi, L. Mrabet, A. Douira, K. Ouinie et N.El Haloui, "Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers", *UFR eaux usées et santé», Université Ibn Tofail, Faculté des sciences BP. 133 Kenitra 14000 Maroc*, 2005.
- [28] C. Tiejn. "The potential of composting in developing countries compost" *Sci*, 16, 6-7, 1975.
- [29] S. Hann, " Results of municipal waste colpost resarch over more than years at the Institute for Soil Fertility at Heren/ Gorningen, the Netherlands", *Neth. J. agric. Sci*, vol29 pp 49-61, 1981.
- [30] A. M. Berjon, M.D. Clement, P.R. Aragon et S. Camarero, "The influence of solid Urban Waste compost and nitron-mineral fertilizer on grow the and productivity in potatoes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol28 pp 1653-1661, 1997.
- [31] Senasem, "Catalogue variétal des cultures vivrières : Céréales (maïs, riz), Légumineuses (haricot, soja, niébé), Plantes à tubercules (manioc, patate douce, pomme de terre), Bananier", *Appui du projet CTB/MINAGRI*, Kinshasa, p153, 2008.
- [32] A.R. Hasnabade, R.R. Bharmbe, V.S. Hudge, T.G. Cimanshette, "Response of soybean to N and P and irrigaton application in vertisol soils", *Ann. Plant Physiol*. Vol 4, pp 205-210, 1990.
- [32] B. Bumb, "Global fertilizer persepective, 1980-2000. The challenges in structural transformation". *Technical bulletin T-42. Muscle shoals, Alabama: International*, 1995.
- [33] D. Yanggen, V. Kelly, T. Reardon, A. Naseem "Incentives for fertilizer use in sub-saharan africa: a review of empirical evidence on fertilizer response and profitability". Department of Agricultural Economics Michigan State University East Lansing, Michigan 48824, Working Paper No. 70, 1998.
- [34] P.K. Ghosh, P. Ramesh, K.K. Bandyopadhyay, A.K. Tripathi, K.M. Hati, A.K. Misra et C.L. Acharya, " Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phoshocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics.I. Crop yields and system performance", *Indian Institute of Soil Science Bioresource Technology* 95: 77–83, 2004.
- [35] S. Sanogo, M. Camara, M. Zouzou, Z. Keli, F. Messoum, A. Sekou, "Effets de la fertilisation minérale sur des variétés améliorées de riz en condition irriguée à Gagnoa, Côte d'Ivoire", *Journal of Applied Biosciences* vol35, pp 2235 – 2243, 2010
- [36] J. Zerihun, J. Sharma, D. Nigussie, K. Fred, " The effect of integrated organic and inorganic fertilizer rates on performances of soybean and maize component crops of a soybean/maize mixture at Bako, Western Ethiopia", *African Journal of Agricultural, International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT)*, 1041-1062, 2013.
- [37] K.P. Akanza et K.A. Yao, " Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol", *Journal of Applied Biosciences* vol46, pp 3163– 3172, 2011.