

Étude de l'influence du compost issu des déchets ménagers sur le rendement en graines de haricot (*Phaseolus vulgaris* L) en Ville de Butembo

Kambere Siviri Lwanga¹, Gilbert Paluku Mutiviti², Emmanuel Kakule Vyakuno³, Charles Kambale Valimunzigha⁴

Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de trois doses de compost issu des déchets ménagers en Ville de Butembo sur le rendement en graines du haricot nain. Ainsi, quatre essais ont été installés dans quatre sites (Horizon, ITAV, ULPGL et Wayene) suivant un dispositif expérimental en trois blocs aléatoires complets. T_0 : parcelles témoins non enrichies, T_1 = parcelles enrichies avec 10 t de compost /ha, T_2 = parcelles enrichies avec 15 t de compost /ha, T_3 = parcelles enrichies avec 20 t de compost/ha et T_4 = parcelles enrichies avec 400 kg de NPK 15-15-15/ha. Les données ont été analysées d'abord au niveau de chaque site en recourant à l'analyse de la variance à deux facteurs de classification, modèle croisé mixte et en second lieu, en compilant les données de quatre sites, ces derniers considérés comme source de variation, nous avons réalisé une analyse de la variance à trois facteurs de classification modèle hiérarchisé du type IV. Ces analyses statistiques ont été complétées par l'estimation de l'efficacité agronomique relative de différentes doses du compost et du fertilisant NPK 15-15-15.

¹ Professeur Associé en Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben (Nord-Kivu RDC) : lwsiviri@gmail.com

² Professeur Ordinaire en Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben (Nord-Kivu RDC).

³ Professeur en Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences sociales, Politiques et Administratives de l'Université Catholique du Graben (Nord-Kivu RDC).

⁴ Professeur Ordinaire en Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique du Graben (Nord-Kivu RDC).

L'analyse de la variance des données du rendement en graines a montré une différence significative entre les traitements testés et entre les sites d'essai. Avec une plus petite différence significative de 219,3 kg/ha, les rendements respectifs de 694,4 kg/ha, 791,4 kg/ha, 1057,6 kg/ha, 1254,4 kg/ha et 1221,1 kg/ha ayant été obtenus pour les traitements T₀, T₁, T₂, T₃ et T₄, les doses moyenne et maximale de compost ont eu le même effet positif sur le rendement en graines dans les quatre sites. S'agissant des sites, avec des rendements respectifs de 842,6 kg/ha, 1101,9 kg/ha, 1244,8 kg/ha et 825,8 kg/ha (PPDS= 201,5 kg/ha) pour les sites Horizon, ITAV, ULPGL et Wayene, les sites ITAV, ULPGL se sont révélés plus favorables à la culture du haricot nain. Par ailleurs, des valeurs moyennes de l'efficacité agronomique relative de 12,2 %, 34,3 %, 44,6 % et 43,1 % ont été enregistrées pour les traitements T₁, T₂, T₃ et T₄, des valeurs largement inférieures au seuil de 75 % requis qu'une dose d'engrais soit considérée comme agronomiquement efficace.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of three doses of compost from household wastes in the town of Butembo on the seed yield of dwarf bean. Thus, four trials were installed in four sites (Horizon, ITAV, ULPGL and Wayene) following a Randomized Completed Blocks Design with three blocks each comprising five plots corresponding to the five treatments, T₀: non-enriched control plots, T₁ = plots enriched with 10 t of compost/ha, T₂ = plots enriched with 15 t of compost/ha, T₃ = plots enriched with 20 t of compost/ha and T₄ = plots enriched with 400 kg of NPK 15-15-15/ha. The data were first analyzed at the level of each site using the analysis of variance with two classification factors, a mixed crossover model and secondly, by compiling the data from four sites, we performed a three-way analysis of variance classification hierarchical type IV model. These statistical analyses were completed by estimating the relative agronomic effectiveness of the different doses of compost and NPK 15-15-15 fertilizer.

Analysis of variance of seed yield data showed a significant difference between treatments tested and between trial sites. With a least significant difference of 219.3 kg/ha, the respective yields of 694.4 kg/ha, 791.4 kg/ha, 1057.6 kg/ha, 1254.4 kg/ha and 1221.1 kg/ha were obtained for the treatments T₀, T₁, T₂, T₃ and T₄. The average and maximum doses of compost had the same positive effect on seed yield in the four sites. Regarding the sites, with respective yields of 842.6 kg/ha, 1101.9 kg/ha, 1244.8 kg/ha and 825.8 kg/ha (LSD = 201.5 kg/ha) for Horizon, ITAV, ULPGL and Wayene sites, the ITAV, ULPGL sites have proven to be more favorable to dwarf bean

cultivation. In addition, average values of relative agronomic efficiency of 12.2 %, 34.3 %, 44.6 % and 43.1 % were recorded for treatments T₁, T₂, T₃ and T₄, values that are much lower than the 75 % threshold required for a dose of fertilizer to be considered agronomically effective.

1. Introduction

De nos jours, la production agricole en général et celle du haricot en particulier, sont limitées par l'appauvrissement et la dégradation des sols, accentués par l'apport inadéquat et non raisonné des matières fertilisantes (VALIMUNZIGHA *et al.*, 2019). En outre, la mauvaise gestion, la non-maîtrise des intrants organiques et la combinaison non optimale des engrais chimiques et organiques constituent des facteurs limitants importants de l'augmentation des rendements agricoles (SAÏDOU *et al.*, 2003).

La pression démographique dans les zones urbaines couplée aux besoins croissants en légumes dans plusieurs villes de la République Démocratique du Congo a entraîné la promotion d'une agriculture urbaine et péri-urbaine et le développement d'une agriculture sédentarisée permettant de réduire la pression sur les zones rurales (OGNALAGA *et al.*, 2015). Dès lors, l'amélioration quantitative et qualitative des productions agricoles ne peut plus être basée sur l'augmentation des surfaces emblavées, moins sur une agriculture itinérante, mais plutôt sur l'augmentation des rendements par unité de surface (OGNALAGA *et al.*, 2015). Cela exige donc une meilleure connaissance des propriétés édaphiques et surtout une maîtrise des paramètres de fertilité et de la fertilisation des sols (KONÉ *et al.*, 2010).

L'augmentation des rendements par unité de surface exige une adoption par les agriculteurs d'un apport systémique, approprié et raisonné des fertilisants, c'est-à-dire, l'utilisation adéquate des engrais à des doses raisonnables (SAÏDOU *et al.*, 2003 ; OLANIYI, 2010 ; OGNALAGA *et al.*,

2015). La fumure minérale seule n'offre pas toujours des perspectives satisfaisantes pour l'agriculture urbaine et péri-urbaine caractérisée par des petits jardins maraichers (KONÉ *et al.*, 2009) , et surtout si elle est appliquée sur des sols ferralitiques reconnus pour leur pauvreté en azote et en phosphore (BIAOU *et al.*, 2017). La principale cause de la réticence aux engrais chimiques par les petits exploitants agricoles est le coût élevé de ces engrais ainsi que leur contribution médiocre dans le maintien de la composition de la matière organique du sol. Dans un tel cas, le recours à l'usage du compost et autres fumures organiques est vivement souhaité.

Une bonne pratique agricole qui implique l'apport des substances organiques, tels que les engrais et/ou amendements organiques, les résidus de récolte ou différents types de composts, pourrait améliorer la fertilité et la qualité des sols marginalisés (WEBER *et al.*, 2007). En effet, les matières organiques, à l'instar de divers composts, améliorent la structure des sols, augmentent la capacité de rétention en eau et des nutriments du sol, réduisent les risques de pollution, stimulent l'activité microbienne et augmentent le rendement des cultures (CRICHTON *et al.*, 2000 ; LAOS *et al.*, 2000 ; DOUGLAS *et al.*, 2003 ; KOWALJOW et MAZZARINO, 2007). De plus, les sources d'engrais organiques possédant un rapport C/N en dessous de 20 contiennent une concentration élevée de nutriments (CHAVES *et al.*, 2007 ; TOGNETTI *et al.*, 2008) et possèdent des potentiels d'immobilisation de l'azote (DE NEVE *et al.*, 2004).

Au regard de tous ces avantages qu'offre le compost, le choix de la culture reste aussi un facteur déterminant dans la valorisation des déchets ménagers dans l'agriculture urbaine et péri-urbaine. Dans le contexte de notre investigation, le choix a été porté sur la culture du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*). Le haricot constitue une des cultures essentielles dans l'alimentation des populations de l'Afrique centrale et orientale où les populations vivent dans une pauvreté extrême (BAUDOIN *et al.* 2001 ; NYABYENDA, 2014). Du point de vue nutritionnel, le haricot est un aliment

important et constitue 65 % de l'apport protéique dans l'alimentation humaine et 32 % des calories. Il apporte également du fer, du zinc, des fibres et des carbohydrates lents (CIAT, 2014). Il occupe à cet effet, une place de choix du fait qu'il constitue une importante source de protéines et d'énergie pour les hommes dans les pays en développement où l'accès aux protéines d'origine animale est difficile.

La teneur en lysine des graines de haricot demeure relativement importante ; de ce fait, le haricot améliore la qualité des régimes alimentaires en base des amylacées comme les céréales. Cependant, les graines de haricots sont déficientes en méthionine trouvée en quantité satisfaisante dans les céréales. De ce fait, les céréales et les haricots contribuent de manière plus complémentaire à la valeur nutritive du régime alimentaire des peuples de plusieurs régions du monde (VANDERBORGHT et BAUDOIN, 1998), plus particulièrement ceux du Kivu montagneux (NYABYENDA, 2014).

Du point de vue économique, le haricot représente une source notable de revenus de divers foyers ruraux des hautes montagnes du Kivu. Malgré l'importance du haricot en tant que denrée alimentaire de choix et source de revenus, les agriculteurs congolais ne parviennent pas à satisfaire la demande des populations. Le rendement du haricot commun demeure faible et instable, il oscille en moyenne entre 400 et 800 kg/ha (BOUWMEESTER *et al.*, 2009). Pourtant les résultats de recherche ont montré que plus de 2000 à 3000 kg de haricots nains et de 4000 à 6000 kg de haricots volubiles peuvent être produits par hectare (KANYENGA *et al.*, 2016).

Parmi les causes de cette baisse de rendement dans le Kivu (Nord-Kivu, Sud-Kivu et le Maniema) et dans la plupart des provinces de la République Démocratique du Congo, on peut citer : les méfaits des aléas climatiques, particulièrement les effets dépressifs de la sécheresse résultant du manque et/ou de la mauvaise répartition des pluies durant le cycle végétatif,

l'infertilité des sols, l'insuffisance alors de diffusion des variétés améliorées, le non-respect de principales opérations de l'itinéraire technique de la culture du haricot commun. Sous les tropiques cependant, le haricot est fréquemment cultivé sur des sols marginaux qui ont dans la plupart des cas une forte acidité, une faible capacité d'échange cationique et une forte désaturation.

Par ailleurs, des éléments tels que le phosphore, calcium, molybdène, cobalt, bore, cuivre et zinc sont soit déficients soit convertis en une forme inassimilable pour la plante, alors que très indispensables pour assurer le potentiel d'assimilation symbiotique de la légumineuse et, par conséquent, une production élevée et stable en gousses et en graines (BAUDOIN *et al.*, 2001). Ces conditions marginales dans les régions tropicales expliquent en partie les rendements faibles et instables qui y sont observés (NZUNGIZE, 2012; MIKLAS *et al.*, 2006, KANYENGA *et al.*, 2016).

Des études menées sur l'influence de la fertilisation minérale en culture de haricot commun ont pour la plupart révélé des augmentations sensibles de rendement allant jusqu'à 100 % en utilisant divers fertilisants (BAERT, 1988). Dans le même contexte, SEBAHUTU (1988) a constaté que les variétés de haricot réagissaient différemment par rapport à la fertilisation minérale au Rwanda. Des études menées par MBUKULA *et al.* (2018) au Congo Central ont montré un accroissement de 102 % du rendement en graines de haricot lorsque la dose de 60N-60P2O5-60K2O y est appliquée.

Par ailleurs, à Kashusha dans le Sud-Kivu, MUKE *et al.* (2019) ont remarqué une amélioration du rendement en graines de haricot par rapport au traitement témoin (parcelles non fertilisées) de 67, 58 et 51 % respectivement quand les parcelles sont fertilisées par le NPK, DAP et le fumier local. Bien que les engrais chimiques offrent des résultats satisfaisants, ils ne sont pas facilement acceptés par un grand nombre d'agriculteurs au Nord-Kivu. Ainsi, le recours aux fertilisants organiques

paraît comme une alternative pour l'amélioration du rendement en graines de haricot.

Plusieurs travaux ont été effectués pour déterminer la dose d'azote à apporter à la plante. Entre 1978 et 1980, 16 et 15 sites d'essais ont été réalisés respectivement dans les cultures de pois et de haricot au Canada par CHAMBERLAND. CHAMBERLAND (1982) conclut que l'apport en azote doit se situer entre 15 et 30 kg N/ha pour la culture de haricot. À l'aide de la méthode Cate-Nelson, CHAMBERLAND (1982) a fixé des niveaux de concentration critiques de P et de K dans le sol qui sont de 60-88 kg/ha pour le phosphore et de 95-204 kg/ha pour le potassium, puis a déterminé trois niveaux de fertilité qualifiés de pauvre, moyen et riche de part et d'autre des valeurs critiques d'analyse de sol.

Lors de ses études, CHAMBERLAND (1982) a trouvé une réponse marquée aux différentes doses de P dans la culture de haricot seulement en sols dits « pauvres » en phosphore. Dans ces sols, la quantité d'engrais phosphatés recommandable pourrait dépasser les 60 kg P_2O_5 /ha. Dans la catégorie des sols moyens, il recommanda une dose de 20 kg/ha de P_2O_5 . Il n'observa aucune réponse à l'ajout de P dans les sols dits riches. Alors, il recommanda d'ajouter seulement la quantité de P exportée par les récoltes qui était 0,45 kg par tonne pour le haricot. Il recommanda aussi un maximum de 40 kg K_2O /ha dans les sols pauvres et, pour les sols moyens et riches une dose de 20 kg K_2O devait suffire.

Enfin, la quantité de K exportée par le haricot serait de l'ordre de 3,2 kg de K par tonne de graines de haricot. Ainsi, DESLAURIERS (2014) fixe les besoins en phosphore chez le haricot de 0 à 120 kg/ha selon que le sol est riche ou pauvre en cet élément. Lors de ses études, DUPRIEZ (2009) a constaté que pour les variétés ayant des besoins moins importants en éléments nutritifs comme le haricot, petit pois, radis, fraise, plantes à fleurs, la dose de 1 à 2 kg/m² soit 10 à 20 t/ha de compost est satisfaisante.

C'est dans cette logique que s'inscrit ce travail traitant de l'influence du compost issu de déchets ménagers sur le rendement en graines de haricot dans quatre zones agroécologiques de Butembo. Ainsi, ce travail visait l'objectif d'évaluer les effets du compost sur le rendement et l'efficacité agronomique relative pour la culture de haricot nain en Ville de Butembo. Afin de baliser le chemin conduisant vers l'élaboration d'une méthodologie pouvant répondre à la problématique reprise ci-dessus, nous avons avancé anticipativement en guise d'hypothèse la réponse suivante à la question soulevée ci-haut :

✓ La plus forte dose de compost produit à partir des déchets ménagers à Butembo pourrait entraîner un rendement similaire à celui de l'engrais NPK 15-15-15 et une efficacité agronomique relative similaire à celui de l'engrais NPK 15-15-15 et supérieure à 75 % pour la culture de haricot, car elle agirait comme amendement organique susceptible d'influer positivement sur les propriétés physique, chimique et biologique des sols.

2. Matériels et méthodes

2.1. Site expérimental

Les essais expérimentaux ont été réalisés en Ville de Butembo dans 4 zones agro écologiques notamment : le sud-ouest de la Ville (site Horizon/UCG, 29°15'42,57''E, 0°7'42,04''N, 1838 m), le sud-est (site ULPGL, 29°18'20,66''E, 0°5'40,96''N, 1756 m), le nord-est (site Wayene, 29°19'48,78''E, 0°9'14,60''N, 1741 m) et le centre-ville (site ITAV, 29°16'59,45''E, 0°7'50,16''N, 1765 m). Tous les sites étaient précédemment occupés par une courte jachère d'intercampagne et n'avaient jamais subi de traitements d'engrais dans le passé. La figure 1 ci-dessous visualise les sites expérimentaux.

Les analyses chimiques, physiques et biologiques de sols à une profondeur de 25 cm de sites expérimentaux ont révélé ce qui suit (Siviri, 2011) :

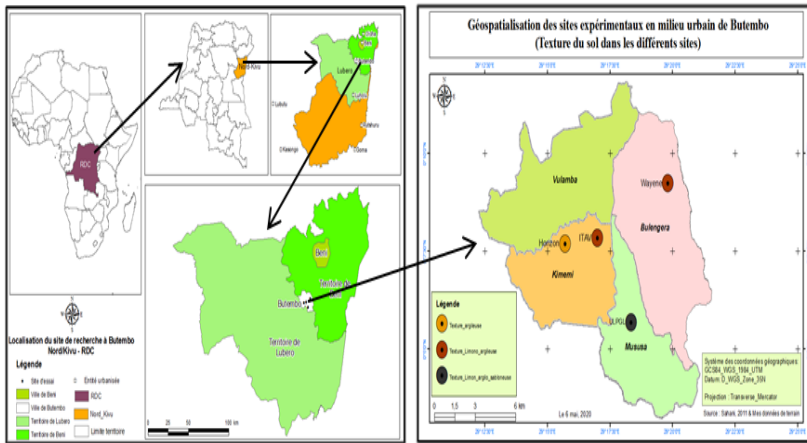


Figure 1. Visualisation des 4 sites expérimentaux en ville de Butembo

Tableau 1. Résultats des analyses physiques, chimiques et biologiques du sol de Butembo dans les quatre sites expérimentaux.

Caractéristique	Horizon	ITAV	ULPGL	Wayene
pH-H ₂ O	6,3	5,2	5,1	4,5
pH-KCl	5,4	4,2	4	4
C.Org (g/Kg)	58	27	23	27
Humus (%)	11,5	5,3	4,7	5,5
N total (%)	0,46	0,28	0,24	0,24
C/N	13	11	10	12
P disponible (mg/100g)	2	1	1	1
Ca échangeable	258	68	62	12
Mg échangeable	53	13	19	3
K échangeable	65	4	9	7
Na échangeable	2	2	2	2
Concentration Saline	84	88	40	56
NaCl (mg/100g)	4,7	4,8	4,8	4,8
Indice de battance	0,31	0,33	0,56	0,33
**Mn (mg/Kg)	1059	387	28	68
**Fe (mg/Kg)	853	285	427	224
**Zn (mg/Kg)	-	-	-	-
**Cu (mg/Kg)	-	-	-	-
Pb (mg/Kg)	22,4	13	13,8	17,4
Ni	-	-	-	-
Cd	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Hg	-	-	-	-
Respiration (mg de CO ₂ /g de sol)	2,09	1,12	0,95	1,08
% Argile	44,1	33,8	34	34,6
% Limon fin et grossier	37,5	23,7	35,9	23,1
% Sable fin et grossier	18,4	42,5	30,1	42,4
Texture	Argileuse	Limon argileuse	Limon argileuse	Limon argileuse

Les conditions climatiques qui prévalaient lors de la conduite des essais sont présentées dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2. Données météorologiques dans les deux stations météorologiques de la Ville de Butembo au moment de l'expérimentation.

Station	ITAV				Aérodrome Ruwenda			
Mois	Nov. 2019	Déc. 2019	Jan. 2020	Fév. 2020	Nov. 2019	Déc. 2019	Janv. 2020	Fév. 2020
P (mm)	126,40	106,50	61,00	73,80	126,4	106,5	102,6	105
Tmax (°C)	24,50	23,94	24,26	23,70	25,0	24,5	24	24
Tmin (°C)	14,66	14,42	13,82	13,87	14,6	13,7	14,6	13,2
Tmoy (°C)	19,60	18,68	19,04	18,80	19,80	19,1	19,3	18,6
H (%)	86,76	87,55	89,13	87,49	88,8	87,7	79	79
Jours de pluies	15	16	7	12	10	12	10	18

Noté : P : Précipitations, Tmax, Tmin Tmoy sont respectivement la température maximale, la température minimale et la température moyenne et enfin H est l'humidité relative de l'air.

2.2. Matériel

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation a été fourni par le Centre de Recherche Agronomique et Vétérinaire du Graben (CERAVEG) de l'Université Catholique du Graben (UCG) ; il était constitué de la semence du haricot nain (*Phaseolus vulgaris*). D'autres matériels biologiques et non biologiques étaient constitués du compost en base de divers déchets ménagers (déchets urbains) qui a servi pour bien déterminer les doses séquentielles expérimentées, l'engrais minéral NPK 15-15-15, le GPS (marque Garmin) pour la géolocalisation des sites

expérimentaux, le pied à coulisse pour mesurer le diamètre au collet des plants de haricot.

2.3. Méthodes

2.3.1. Planification des essais

Les essais ont été installés suivant un dispositif expérimental en trois blocs aléatoires complets (DAGNELIE, 2012). Tous les objets placés en expérience étaient présents dans chacun des blocs, le nombre de parcelles par bloc étant au moins égal au nombre d'objets (5). La répartition des objets au sein de différents blocs et de différents sites se faisait de façon complètement aléatoire et indépendamment d'un bloc à l'autre et d'un site à un autre.

Chaque bloc était donc subdivisé à cinq parcelles correspondant aux cinq traitements, à savoir T_0 : traitement témoin (parcelle non fertilisée) ; T_1 : parcelle enrichie avec 10 t de compost/ha ; T_2 : parcelle enrichie avec 15 t de compost/ha ; T_3 : parcelle enrichie avec 20 t de compost/ha et T_4 : parcelle enrichie avec du NPK 15-15-15 à la dose de 400 kg/ha. Les dimensions des parcelles expérimentales étaient de 3m*3m soit 9 m² séparées au sein d'un même bloc par une distance de 0,5 m. Quant aux blocs, ils étaient séparés entre eux par une distance d'un mètre.

2.3.2. Conduite des essais

La conduite des essais a consisté globalement à la préparation du champ (déchaumage, labour à plus au moins 30 cm de profondeur et hersage), l'épandage des matières fertilisantes, le semis, le paillage, l'entretien de la culture et la récolte. Le semis s'est effectué en dates du 6, 7, 8 et 9 novembre 2019 respectivement dans le site de l'ULPGL, Wayene, de l'ITAV et de l'Horizon après épandage des matières fertilisantes, aux écartements de 30 cm*30 cm dans tous les quatre sites d'essai en raison de 4 graines par poquet.

Le démariage est intervenu 2 semaines après le semis en réduisant le nombre de plants à deux par poquets suivant que la plantule était vigoureuse ou malingre. Le premier sarclo-buttage effectué manuellement à l'aide d'une houe est intervenu quatre semaines après le semis dans les quatre sites expérimentaux et le deuxième au début de la floraison soit 6 semaines après le semis. La récolte des graines de haricot a été réalisée manuellement 3 mois après le semis.

2.3.3. Paramètres mesurés et/ou observés

Les paramètres observés ont été les suivants : (i) le taux de levée (%) a été estimé par le rapport entre le nombre de plantules levées et celui de graines semées multiplié par 100 ; (ii) la hauteur des plants (cm) mesurée au début de la floraison à partir du collet (surface du sol) au sommet de la plante (bourgeon terminal) ; (iii) le nombre de feuilles a été compté au même moment que l'estimation de la hauteur ; (iv) le nombre de fleurs initié par plant estimé par comptage de fleurs effectué chaque semaine depuis l'apparition de premières fleurs à la maturité ; (v) le nombre de gousses par plante a été estimé en comptant toutes les gousses produites par plante ; (vi) le taux de nouaison (%) a été estimé par le rapport du nombre de gousses et de fleurs initié par plante multiplié par 100 ; (vii) le poids de 1000 graines (g) et (viii) le rendement en graines de haricot obtenu en pesant toutes les graines récoltées par parcelle expérimentale hormis celle de la bordure (soit une parcelle utile de 2,4 m x 2,4 m ou 5,76 m² de surface), puis extrapolé à l'hectare (t/ha). L'efficacité agronomique relative (EAR) a été estimée selon la méthode proposée par MOREL et FARDEAU (1991) et adaptée par KONE *et al.* (2010) et MUKE *et al.* (2019), comme suit :

$$EAR (\%) = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_1} \times 100$$

Noté : Y_1 est le rendement produit dans la parcelle traitée, Y_0 est le rendement produit dans la parcelle non traitée et $(Y_1 - Y_0)$ est le rendement

supplémentaire dû à l'efficacité agronomique relative (EAR) de l'engrais. Les données intermédiaires ont été collectées sur un échantillon de 10 plantes se trouvant au centre de chaque parcelle expérimentale.

2.3.4. Analyse statistique des données

Pour apprécier l'effet des traitements testés sur les paramètres de croissance et du rendement en graines, nous avons estimé que les données collectées doivent être soumises à l'analyse de la variance suivant deux étapes. Dans un premier temps, la situation de chaque site a été présentée séparément en adoptant donc l'analyse de la variance à deux facteurs de classification, modèle croisé mixte, où les traitements (doses de compost et de NPK) constituent le facteur fixe et les blocs, le facteur aléatoire. En second lieu, le facteur site est intervenu en utilisant l'analyse de la variance à trois facteurs de classification, modèle hiérarchisé de type IV, où le facteur traitement (doses de compost et de NPK) croise les facteurs sites et les blocs, mais les blocs sont subordonnés aux sites. L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel SAS version 8.2 dans laquelle nous avons utilisé préférentiellement le test de Fisher au seuil $\alpha = 5 \%$. La comparaison multiple des moyennes a été effectuée par le test t de Student.

3. Résultats

3.1. Performances agronomiques de haricot sous l'effet de différentes doses de compost

Les résultats présentés dans le tableau 3 ci-dessous indiquent qu'en considérant les données compilées de quatre sites d'essai, les traitements, les sites et les blocs dans les sites se sont révélés significativement différents entre eux pour tous les paramètres étudiés, sauf pour le nombre de feuilles par plant et le taux de nouaison où aucun effet significatif des traitements ne s'est dégagé. Autrement dit, quels que soient les sites, les

traitements n'ont pas eu d'effets similaires sur la croissance en hauteur des plants, le nombre de fleur par plant, le nombre de gousses par plante, le poids de mille graines et le rendement en graines de haricot et quels soient les traitements, les sites n'ont pas eu d'effets identiques sur tous les paramètres. La différence significative entre les blocs dans les sites signifierait que les sols dans les quatre sites d'essai étaient hétérogènes. L'interaction entre les traitements et les sites ne s'est pas révélée significative pour tous les paramètres à l'exception du nombre de fleurs par plant, alors que celle entre les traitements et les blocs dans les sites l'a été pour tous les paramètres étudiés.

Tenant compte des données compilées de quatre sites, les valeurs moyennes de tous les paramètres présentées dans le tableau 3 ci-dessous indiquent que la dose de 400 kg de NPK 15-15-15/ha (T₄) a eu une plus grande influence positive sur ces paramètres. En outre, des effets positifs sur tous les paramètres étudiés ont été enregistrés avec l'application des doses croissantes du compost comparativement au témoin. Ces résultats seraient liés à la plus forte teneur d'éléments nutritifs apportés par le NPK et des teneurs modérées, mais croissantes avec l'augmentation de la dose du compost.

Quant aux effets de quatre sites, considérant les données compilées de cinq traitements, les sites sont classés dans l'ordre décroissant de grandeur de leur influence sur la hauteur des plants de haricot nain, le nombre de feuilles par plant et le poids de mille graines de la manière suivante : ULPGL > ITAV = Horizon > Wayene. Une classification presque similaire a été enregistrée pour le nombre de fleurs par plant et le nombre de gousses par plant. Ce classement s'expliquerait bien par la variation des conditions plus écologiques à l'échelle locale liées ainsi donc à l'hétérogénéité du sol et aux microclimats qui prévalaient dans chacun de quatre sites au moment de l'expérimentation. La comparaison multiple de diverses valeurs moyennes du rendement en graines montre que les deux plus grandes doses

de compost et la dose de l'engrais NPK ont été les meilleures. Il apparaît aussi que les sites ULPGL et ITAV ont été plus favorables à la production des graines de haricot nain comparativement aux deux autres sites Horizon et Wayene.

Tableau 3. Effets des différentes doses de compost et du NPK 15-15-15 sur tous les paramètres étudiés.

Traitements	HP	NFIP	NFrP	NGP	TN	PMG	RG
T ₀	22,6 ^c	8,2	5,8 ^b	3,8 ^b	62,5	467,2 ^c	694,4 ^b
T ₁	24,0 ^{bc}	8,6	5,9 ^b	4,3 ^{ab}	71,2	476,3 ^{bc}	791,4 ^b
T ₂	25,8 ^{ab}	8,6	7,2 ^a	5,1 ^a	71,8	488,3 ^a	1057,6 ^a
T ₃	26,6 ^{ab}	8,8	7,6 ^a	5,1 ^a	68,8	485,3 ^{ab}	1254,4 ^a
T ₄	28,5 ^a	8,5	8,2 ^a	5,0 ^a	65,9	483,9 ^{ab}	1221,1 ^a
PPDS	2,77	-	1,06	0,95	-	11,83	219,3
Sites							
Horizon	24,5 ^b	8,9 ^b	6,1 ^c	4,7 ^b	73,5 ^a	479,9 ^b	842,6 ^b
ITAV	24,4 ^b	8,5 ^b	7,4 ^b	4,9 ^{ab}	64,1 ^{bc}	481,8 ^b	1101,9 ^a
ULPGL	35,1 ^a	9,8 ^a	10,3 ^a	6,2 ^a	62,7 ^c	489,4 ^a	1244,8 ^a
Wayene	18,1 ^c	6,8 ^c	3,9 ^d	2,8 ^c	71,8 ^{ab}	469,9 ^c	825,8 ^b
PPDS	3,01	0,56	1,09	1,05	8,07	7,41	201,5
P-Value Traitements	0,002	0,1220	0,001	0,019	0,191	0,007	0,001
P-Value Sites	0,001	0,001	0,001	0,001	0,034	0,002	0,003
P-Value Blocs (Sites)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,052	-	-
P-Value Traitements*sites	0,232	0,547	0,001	0,331	0,089	0,716	0,337
P-Value Traitements* blocs (sites)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-

Noté : PPDS = plus petite différence significative, HP = hauteur du plant, NFIP = nombre de feuilles par plant, NFrP = nombre de fleurs par plant, NGP = nombre de gousses par plant, TN = taux de nouaison, PMG = poids de mille graines et RG = rendement en graines

3.2. Efficacité agronomique relative des fertilisants

Les résultats consignés dans le tableau 4 montrent des valeurs de l'efficacité agronomique relative qui est définie comme la valeur amendante d'un fertilisant pour les quatre traitements testés largement inférieures à 75 %, un pourcentage exigé pour qu'un fertilisant soit considéré comme efficace sur le plan agronomique.

Tableau 4. Efficacité Agronomique relative de différents fertilisants utilisés

Sites Traitements	Horizon	ITAV	ULPGL	Wayene
T ₀	-	-	-	-
T ₁	-14,0	-36,4	51,3	5,8
T ₂	5,4	33,3	53,2	31,0
T ₃	35,8	33,9	57,8	48,3
T ₄	32,2	37,5	54,9	45,6

4. Discussion

La comparaison multiple des valeurs moyennes de la hauteur des plants, quels que soient les sites et quels soient les traitements (tableau 3), montre que les doses de compost de 15 t/ha et 20 t/ha ainsi que la dose de 400 kg/ha d'engrais NPK 15-15-15 ont influencé positivement, de manière significative, la hauteur des plants de haricot. Ces résultats semblent avoir un soubassement en ce sens qu'à un certain seuil de dose de compost, ce dernier, tout en améliorant les propriétés physiques du sol, libère une certaine quantité d'éléments nutritifs, parmi lesquels l'azote, à la suite du processus de minéralisation graduelle.

En outre, l'engrais NPK 15-15-15 étant riche en azote, il est logique qu'il agisse positivement sur la croissance en hauteur des plants de haricot. Nos résultats ne s'écartent pas de ceux d'un bon nombre d'auteurs qui ont

souligné le rôle impératif de l'azote dans plusieurs processus métaboliques de la plante, notamment le transport, la biosynthèse, la transmission et aussi la régulation de l'information génétique, réponse plus favorable aux facteurs environnementaux (CHRISTIAN, 2004, LIMAMI et AMEZIANE, 1997, WITHAN et DELVIN, 1983).

Les résultats de la comparaison multiple des valeurs moyennes du nombre de fleurs et de gousses (tableau 3) initiées par plant de haricot quels que soient les sites et quels que soient les traitements prouvent que les parcelles fertilisées respectivement par le NPK, la dose maximale et la dose moyenne de compost ont donné des valeurs moyennes significativement supérieures à celles des plantes croissant dans les parcelles traitées avec la dose minimale de compost et les parcelles non fertilisées. Ces résultats s'accordent avec ceux de LAUPRETRE et BENOIT (1989) qui ont démontré que les nombres de fleurs et de gousses initiées par plante sont influencés par le rythme d'alimentation hydrique, minérale et de la disponibilité de ces deux composantes. Ceci justifierait l'allure de nos résultats.

Les résultats de l'analyse de la variance des données compilées du taux de nouaison, quels que soient les traitements et quels que soient les sites n'ont indiqué aucune différence significative entre les traitements testés (tableau 3). Il se pourrait que la formation des gousses soit un processus qui varie fortement avec le régime hydrique de la plante. En effet, dans leur étude portant sur l'influence de diverses doses d'engrais minéraux et de fréquences d'arrosage sur le rendement en graines du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*), MBUKALA et ses collaborateurs en 2018 ont remarqué que le taux d'avortement de fleurs diminue de 36 % lorsque l'irrigation est appliquée du semis au début de la maturation comparativement aux parcelles témoins (sans arrosage régulier). Ainsi, dans le cadre du présent travail, les plantes qui évoluaient dans les

conditions naturelles dans chacun de quatre sites d'essais auraient profité de la même façon des pluies enregistrées pendant la période d'essai.

Les résultats de la comparaison multiple des valeurs moyennes du poids de 1000 graines et du rendement en graines (tableau 3) révèlent que les deux plus grandes doses de compost et la dose de l'engrais NPK ont eu une influence positive significativement supérieure à celle de deux autres traitements restants (la plus petite dose de compost et la parcelle témoin non fertilisée). Ces résultats seraient dus à la richesse en éléments fertilisants surtout le phosphore dans les engrais testés. Le phosphore est connu comme étant un facteur limitant dans la production des légumineuses en graines et joue un rôle essentiel dans l'initiation des gousses. Sa déficience dans un fertilisant ou dans le sol réduit sensiblement le nombre de gousses initié par plant et par ricochet, elle baisse significativement le rendement en graines (MAHAMOOD *et al.*, 2009).

En outre, le phosphore intervient dans l'activité biologique de la fixation de l'azote chez les légumineuses. Sa déficience affecte le processus de la fixation biologique de l'azote qui influence positivement la croissance et le rendement en graines de légumineuses en graines (MUFIND *et al.*, 2017 ; MUKE *et al.*, 2019). Ceci explique en partie, le rendement en graines élevé dans les parcelles traitées par les deux fortes doses de compost et par le NPK 15-15-15.

En effet, l'analyse chimique du compost faisant l'objet de cette étude avait une teneur en phosphore esquivant à 1,83 %, certes une faible teneur comparativement à celle se trouvant dans le NPK 15-15-15. Or, si ce compost se minéralisait spontanément, les 15 tonnes et les 20 tonnes épandues par hectare dans le cadre de cette étude libèreraient dans le sol respectivement 274,5 kg et 366 kg de phosphore par hectare, ce qui est de loin supérieur à la quantité de phosphore 60 kg qu'apportent les 400 kg de NPK 15-15-15 épandus dans le sol. Ces quantités seraient, peut-être même excessives au point de provoquer des déséquilibres avec d'autres éléments

susceptibles de provoquer leur blocage. Il est vrai que la minéralisation du compost est lente et dépend de la forte activité microbologique dans le sol laquelle est soumise aussi à l'influence des facteurs de l'environnement, tels que l'humidité et la température.

Dans le cas de la zone de Butembo, la température étant relativement fraîche n'aurait pas entraîné une minéralisation en cascade au point de provoquer l'excès du phosphore dans le sol. Les rendements moyens en graines obtenus pendant nos divers essais nous poussent plus à confirmer partiellement la première partie de l'hypothèse qui préconisait que « la plus forte dose de compost produit à partir des déchets ménagers à Butembo pourrait entraîner un rendement similaire à celui de l'engrais NPK 15-15-15 et une efficacité agronomique relative similaire à celui de l'engrais et supérieure à 75 % pour la culture de haricot nain, car elle agirait comme amendement organique susceptible d'influer positivement sur les propriétés physique, chimique et biologique des sols ».

Les valeurs de l'efficacité agronomique relative enregistrées à la fin de la récolte du haricot (tableau 4) pour tous les traitements testés et dans les quatre sites d'essai ont été relativement faibles et même en deçà du seuil de 75 % recommandé pour qu'un engrais ou une dose d'engrais soit considérée comme efficace sur le plan agronomique. Autrement dit, pour la culture du haricot nain en milieu de Butembo et durant la saison de nos essais, l'emploi de différentes formulations utilisées dans la présente étude se justifie moins.

Toutefois, cette efficacité peut évoluer au cours des saisons suivant les conditions qui prévalent au moment de la culture. En plus, malgré la faiblesse de l'EAR trouvée dans le cadre de la culture du haricot nain, la matière organique qui ne se minéralise que très lentement, peut donc avoir des effets résiduels bénéfiques au-delà de notre saison culturale. Au regard des résultats de l'efficacité agronomique relative obtenus dans cette étude, nous sommes en position d'infirmer la deuxième hypothèse de ce

travail qui stipulait que : « la plus forte dose de compost produit à partir des déchets ménagers à Butembo pourrait entraîner un rendement similaire à celui de l'engrais NPK 15-15-15 et une efficacité agronomique relative similaire à celui de l'engrais et supérieure à 75 % pour la culture de haricot nain, car elle agirait comme amendement organique susceptible d'influer positivement sur les propriétés physique, chimique et biologique des sols ».

Conclusion

Ce travail a été initié en vue d'évaluer les effets du compost sur le rendement et l'efficacité agronomique relative pour la culture de haricot nain en Ville de Butembo. Eu égard aux résultats obtenus, les différents paramètres estimés s'érigent en deux groupes distincts dont le premier constitué de paramètres insensibles aux traitements testés (nombre de feuilles, nombre de fleurs initiées par pied, taux de nouaison) et le second composé de paramètres sensibles aux traitements testés (hauteur des plants, nombre de gousses par plant, poids de 1000 graines, rendement en graines).

Pour les paramètres sensibles aux traitements testés, il a été aussi remarqué des effets positifs significatifs des doses séquentielles de compost au point de rivaliser avec la dose d'engrais NPK. Tel est le cas pour le rendement en graines pour lequel les doses moyenne et maximale du compost ont alors donné des rendements en graines similaires à celui obtenu avec l'application de l'engrais NPK. Concernant l'efficacité agronomique relative, aucun des traitements testés ni les trois doses séquentielles du compost, ni la dose de NPK n'ont été proches de la limite de 75 % exigée.

Faut-il bannir l'utilisation du compost ou de l'engrais NPK dans la culture du haricot en milieu de Butembo ? Loin de là, au contraire, le mieux serait de répéter dans le temps l'usage de ces intrants pour bénéficier

de leurs effets résiduels dans le sol, surtout pour le cas du compost produit à partir des déchets organiques ménagers qui, s'ils ne sont pas pris en charge, resteront, une menace, donc une nuisance voire un danger...pour l'homme dans son environnement.

Références bibliographiques

- BIAOU, O.D.B., SAIDOU, A., BACHABI, F-X., PADONOU, G.E., et BALOGOUN I., (2017). *Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (Daucus carota L.) sur sol ferrallitique au sud Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5): 2315-2326
- BAUDOIN, J.P., VANDERBORGHT, T., KIMANI, P.M. et MWANGOMBE, A. W. (2001). *Légumes à grains : Haricot. In : Raemaekers R. H. (éditeur), 2001. Agriculture en Afrique tropicale, Bruxelles, Belgique : DGCI (Direction Générale de la Coopération Internationale), Ministère des Affaires Étrangères, du Commerce Extérieur et de la Coopération Internationale, 317-334.*
- CHAMBERLAND, E., (1982). *Prédiction des besoins en engrais N, P et K des légumes cultivées en sol minéral : pois et haricot. Canadian Journal Soil of Science* 62 (4): 663-672.
- CHAVES, B, DE NEVE, S., PIULATS, L.M., BOCKX, P., VAN CLEEMPUT, O. et HOFMAN, G. 2007: *Manipulation the N release from Nrich crop residues by using organic wastes on soils with different textures. , Soil Use and Management*, 23:212-219.
- CLAUSE, L., (1989), *Guide Clause, Traité des travaux du jardinage*, L Clause : Société anonyme La graine d'élite, 215p.
- CRICHTON, L., SHRAMA, A., HEWETT, SS., ORTEGA, LB. (2000). *Report of Resource Recovery Forum. Recycling Achievements in Euope.* Ellesemere Press: Skipton North, Yorkshire; 44.
- DAGNELIE, P. (2011), *Statistique théorique et appliquée. Tome 2, Inférence statistique à une et à deux dimensions.* Bruxelles, De Boeck, 736p.

- DAGNELIE, P. (2012), *Principes d'expérimentation : Planification des expériences et analyse de leurs résultats*. Gembloux, Presses agronomiques, 413p.
- DAGNELIE, P. (2013), *Statistique théorique et appliquée. Tome 1, Statistique descriptive et bases de l'inférence statistique*. Bruxelles, De Boeck, 515 p.
- DE NEVE, S., GAONASAE'Z, S., CHAVE, B., SLEUTEL, S., HOFMAN, G. (2004). *Manipulation N Mineralization from high N crop residues using on- and off farm organic materials*. Soil Biology and Biochemistry, 36: 127-134.
- DESLAURIERS, G., (2014), *Méta-analyse d'essais de fertilisation N, P et K sur le haricot et le pois*. Mémoire de Maîtrise en sols et environnement, Université Laval, Québec, Canada, 88p.
- DOUGLAS, JT., AITKEN, MN., SMITH, CA. (2003). *Effects of five non-agricultural organic wastes on soil composition and on the yield and nitrogen recovery on Italian ryegrass*. Soil Use Man., 19: 135-138.
- DUGUÉ, P., et GIGOU, J. (2002), *Gestion de la fertilité*, In Memento de l'Agronome, GRET, CIRAD, Ministère des Affaires étrangères, Paris, 600-641
- DUPRIEZ, H. *Agriculture tropicale et exploitations familiales d'Afrique*, Terres et vie Belgique 2009, 480p
- FAO. (2010). *Développement des villes plus vertes en République Démocratique du Congo*. FAO, Rome, Italie, 35p
- KANYENGA, L.A., KASONGO, L.M., KIZUNGU, V.R., NACHIGERA, M.G. & KALONJI, M.A., (2016). *Effect of climate change on common bean (Phaseolus vulgaris) crop production: determination of the optimum planting period in midlands and Highlands zones of the Democratic Republic of Congo*. Global Journal of Agricultural Research and Reviews, 4 (1): 190-199.
- KONÉ B, SAIDOU A, CAMARA MET DIATTA S., (2010). Effet de différentes sources de phosphate sur le rendement di riz sur sols acides. *Agronomie Africaine* 22:55-63.

- KONE, B., ETTIEN, J.B., AMADJI, G.L., DIATTA, S. et CAMARA, M. (2010) *Effets d'engrais phosphates de différentes origines sur la production rizicole pluviale des sols acides en zone de forêt semi-montagneuse sous climats tropicaux : Cas des hyperdystric ferralsols sous jachères en Côte d'Ivoire*. *Etude et gestion des sols*, 17 (1) (2010), 7-17.
- KOWALJOW, E., MAZZARINO, MJ. (2007). *Soil restoration in semiarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality*. *Soil Biological. Biochemistry*, 39: 1580-1588.
- LAOS, F., SATTI, P., WALTER, I., MAZZARINO, MJ., MOYANO, S. (2000). *Nutrient availability of composted and non-composted residues in a Patagonia Xeric Mollisol*. *Biol. Fert. Soil.*, 31: 462- 469.
- MBUKULA, M., MATONDO, N.K., BURUCHARA, R., RUBYOGO, J.C., LUNZE L., NITUMFUIDI, S. ET MATUTA, S. (2018). *Influence des différentes doses d'engrais minéraux et des fréquences d'arrosage sur le rendement du haricot commun (Phaseolus vulgaris L.)*. *International Journal of Development Research* Vol. 08, Issue, 07, pp.21677-21686.
- MOREL, C. and FARDEAU, J.C, (1991), *Phosphorus Bioavailability of Fertilizer: A Predictive Laboratory Method for Its Evaluation*. *Fert. Res.*, 28 (1991) 1 – 9
- MULUMEKONE, J.R., (2017). *Étude comparative de l'influence de l'engrais chimique NPK et le fumier de ferme sur le rendement et la croissance du haricot nain à Mulungu*. *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 32: 199-209.
- MUKE, A., MBEYAME CHRISTOPHER ASANZI ET RUHEBUZA KIJANA. (2019), *Usage approprié des engrais dans la production du haricot commun (Phaseolus vulgaris) dans les régions tropicales humides de l'Est de la République Démocratique du Congo*. *Afrique SCIENCE* 15(3) (2019) 176-189 176 ISSN 1813-548X.
- MUZINGU, BL. (2010). *Les sites maraîchers coopératives de Kinshasa en RD Congo : Contraintes environnementales et stratégies des acteurs*. Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, 199p.
- NYABYENDA, P. (2005). *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Généralités, Légumineuses alimentaires, Plantes à*

- tubercules et racines, Céréales*. Presses agronomiques de Gembloux, Bruxelles, 225p.
- NZUNGIZE, R.J. (2012). *Identification of Pythium species inducing common bean (Phaseolus vulgaris L.) root rot symptoms and development of backcrosses to improve the level of varietal resistance to this disease*, these de Doctorat, Sciences Agronomiques et Ingénierie biologique, Université de Liege Gembloux Agrobio Tech, Belgique, 119p.
- OGNALAGA, M.N., GINO BOUSSIENGUI-BOUSSIENGUI, PHERLA ICHIDA OYANADIGUI ODJOGUI. (2015). *Contribution à la restauration de la fertilité des sols du périmètre maraîcher de l'IGAD DJAMITI (Franceville) par l'apport raisonné des amendements organiques et minéral*. Journal of Animal & Plant Sciences, 2015. Vol.24, Issue 3: 3843-3853
- OLANIYI, JO, AKANDI, WB., OLANIRAN OA and ILUPEJU OT. (2010). *The effect of organomineral and inorganic fertilizers on the growth, fruit yield, quality and chemical compositions of okra*. Journal of Animal & Plant Science 9: 1135-1140.
- PIERI, C. (1989). *Fertilité des terres en savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. Montpellier, CIRAD-IRAT, 444p.
- SAIDOU, A. JANSSEN BH AND TEMMINGHOFF, EJM. (2003). *Effets of soil properties and NPK fertilizer on maize yields and nutrients budgets on ferralitic soils in Souther Benin*. Agriculture, Ecosystems and Environment 100:165-273.
- SEBAHUTU, A. (1988). *Résultats de la recherche sur la fertilisation du haricot au Rwanda. Actes du quatrième séminaire régional sur l'amélioration du haricot dans la région des grands Lacs*. CIAT African Workshop Series N°9, Bukavu, Zaïre, pp81-89.
- TOGNETTI, C., MAZZARINO, M.J. and Laos, F. 2008: *Compost of municipal organic waste: effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity*. Soil BiolBioch, 49:2290-2296.
- VALIMUNZIGHA, C., AFOKA, N., MBUSA, H. (2019). *Détermination de la dose optimale de K₂O sur le rendement en tubercules de la culture de*

la pomme de terre (Solanum tuberosum L) à Butembo, Est de la RD Congo. Journal of Applied Biosciences 144: 14764-14772

WEBER, J., KARCZEWSKA, A., DROZD, J., LIEZNAR, M., LIEZNAR, S., JAMROZ, E., KOCOWIEZ, A. (2007). *Agricultural and ecological aspects of sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1294-1302.*