



Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi

Useni Sikuzani Yannick¹, Baboy Longanza Louis², Nyembo Kimuni Luciens³, Mpundu Mubemba Michel⁴

¹, Département de Phytotechnie (UNILU). ¹Université de Lubumbashi, RD Congo (Faculté des Sciences Agronomiques, B.P 1825 Lubumbashi).

DESS - Défense des Végétaux (UCL) et Bioingénieur (Ingénieur Agronome - UNAZA-IFA). Université de Lubumbashi, RD Congo (Faculté des Sciences Agronomiques, B.P 1825 Lubumbashi) et Collaborateur Scientifique à l'Université Libre de Bruxelles (Service d'Écologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale, Avenue F.D. Roosevelt 50, CP 169 B-1050 Bruxelles, Belgique).

³DEA – production végétale (UNILU) et Ingénieur Agronome (UNILU). ¹Université de Lubumbashi, RD Congo (Faculté des Sciences Agronomiques, B.P 1825 Lubumbashi) et chef du département de phytotechnie (UNILU-faculté des sciences agronomiques)

⁴DEA – Biologie végétale et environnement (UNILU) et Ingénieur Agronome (UNILU). ¹Université de Lubumbashi, RD Congo (Faculté des Sciences Agronomiques, B.P 1825 Lubumbashi) et directeur adjoint à l'école d'hôtellerie et tourisme (UNILU).

Correspondance e-mail : yannickuseni@gmail.com Tél +243813666582 et +243990553772

Original submitted in on 12th April 2012. Published online at www.m.elewa.org on June 30th 2012.

RESUME

Objectif : Les paramètres végétatifs et de rendement ont été observés pour évaluer les effets de doses croissantes de biodéchets, des fertilisants inorganiques et de leur combinaison sur le comportement de trois variétés de maïs.

Méthodologie et résultats : L'essai a été installé suivant un dispositif factoriel. Les traitements, en trois répétitions, comprenaient trois variétés de maïs (Babungo, Unilu et Katanga) et 3 doses de biodéchets (1,75 ; 3,5 et 7 t.ha⁻¹) appliquées seules ou en combinaison aux engrains minéraux (300kg NPK+200kg Urée et 150 kg NPK+100 kg urée) et comparées aux témoins sans fertilisation et avec engrais minéral seul. Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation des biodéchets comme fertilisants est à recommander étant donné qu'elle permet d'accroître le rendement du maïs au regard de leur composition chimique.

Conclusion et potentielle application de la recherche : La dose de 1,75 t.ha⁻¹ de fumiers de poules combinées à la dose de référence des engrains minéraux réduite de moitié serait à recommander étant donné qu'elle accroît le rendement et l'indice d'acceptabilité.

Mots clés : fumiers de poules-engrais minéraux-rendement-fertilisants-maïs

ABSTRACT

Combined effects of added organic wastes and inorganic fertilizers on yield of three varieties of *Zea mays* L. grown in the region of Lubumbashi

Objective: The vegetative parameters and yield were observed to evaluate the effects of increasing doses of organic wastes, inorganic fertilizers and their combination on the behavior of three varieties of corn.

Methods and results: The experiment was installed following a factorial design. Treatments, in three replicate, consisted of three maize varieties (Babungo, UNILU and Katanga) and three doses of organic wastes (1.75, 3.5 and 7 t.ha⁻¹) applied alone or in combination with mineral fertilizers (300kg NPK+ 200kg urea and 150 kg NPK+100 kg urea) and compared to controls without fertilizers and with inorganic fertilizer only. The results obtained showed that the use of organic waste is recommended as it can increase corn yields.

Conclusion and potential application of research: The dose of 1.75 t.ha⁻¹ of chicken manure combined with the reference dose of inorganic fertilizers reduced by half would be recommended since it increases yield and index of acceptability.

Keywords: chicken manure-mineral fertilizer-yield-fertilizer-corn

INTRODUCTION

Suite à l'accroissement de la population et l'urbanisation rapide dans la région de Lubumbashi, les populations vivent dans un environnement hautement menacé par la pollution. La plus grande partie de cette menace de pollution, qui conduit à des taux élevés de maladies, à la malnutrition et à des décès, est due à une inadaptation voire une absence des méthodes de gestion des déchets. En outre, cette situation d'accroissement de la population et d'urbanisation rapide, entraîne une demande de plus en plus croissante en denrées alimentaires. En effet, La production alimentaire locale au Katanga est faible et entièrement insuffisante. En 2008, la production du maïs (*Zea mays* L.), principale culture vivrière, a été évaluée à 272913 tonnes par an alors que les besoins réels ont été estimés à plus ou moins 422669 tonnes de maïs par an. L'inspection provinciale de l'agriculture a estimé le rendement moyen à 650 kg - 1000 Kg par hectare dans les petites exploitations paysannes et de 3000 kg - 5000 kg par hectare dans des grandes exploitations (SENASEM, 2008). Cette situation crée une insécurité alimentaire à environ 6 millions d'habitants, ce déficit presque permanent est généralement comblé par des importations provenant de l'Afrique Australe (Anonyme, 2009). La pression foncière entraînée par la croissance démographique rapide et l'urbanisation, constitue une entrave à la production agricole encore pratiquée dans des systèmes traditionnels extensifs. Ainsi, les temps de jachère sont réduits de 20 ans à moins de 2-3 ans ou s'annulent quasiment. La reconstitution de la fertilité du sol n'est pas achevée pendant cette

courte durée de jachère. Dans un contexte d'insécurité alimentaire, de réduction de la fertilité des sols et de la hausse des prix des engrains sur les marchés, il apparaît nécessaire d'utiliser pour l'agriculture les nutriments disponibles et à faible coût. De plus, l'application exclusive des engrains minéraux n'est généralement efficace que pendant les premières années d'apports continus ; on constate en effet une baisse de rendement après quelques années à cause de la dégradation des propriétés des sols. Pourtant, les sous-produits de l'assainissement sont riches en éléments nutritifs pour la pratique agricole. Des solutions alternatives devront donc être envisagées pour faire face à ce problème, vu que l'effectif de la population katangaise passera de 9 millions d'habitants en 2010 à 17 millions en 2025 et à 45 millions d'ici 2050 (Anonyme, 2009b).

La production et la valorisation de biodéchets sont en expansion (Cameron et al., 2004; Crecchio et al., 2004), et des effets positifs sur les rendements des cultures ont été obtenus sous plusieurs conditions de sol et de climat (Convertini et al., 1999). Beaucoup de recherches ont démontré que des apports de ces produits augmentaient les niveaux de matière organique, la capacité d'échange cationique, le nombre de microorganismes et leurs activités (Crecchio et al., 1988, Guidi et al., 1988 ; Guisquiani2004 ; et al., 19952001 ; MacLaren et Cameron, 1996 ; Bresson et al., 2001) A cet effet, il s'avère indispensable d'avoir des informations concernant la réponse des plantes suite à l'utilisation directe de ces matériaux comme amendements dans les sols acides tropicaux. Cette étude a été initiée dans le but de

valoriser les biodéchets (fumiers de poules) en comparant leurs effets à ceux des engrains chimiques. L'essai installé avait pour objectifs spécifiques déterminer la dose optimale des fumiers de poule appliqués seuls ou combinés aux engrains chimiques en vue de mieux valoriser leurs effets sur la production du maïs. Dans cette étude,

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel biologique: La présente étude a porté sur deux variétés génétiquement améliorées de maïs (Unilu et Katanga) et une variété locale (Babungo). La variété Babungo, qui était la plus cultivée, est en train d'être abandonnée au détriment des variétés Katanga et Unilu mises au point par la faculté des sciences agronomiques de l'université de Lubumbashi. Ces deux variétés sont plus préférées par les paysans de la région de Lubumbashi suite à leur facilité d'adaptation aux conditions de l'environnement, leur résistance à certaines maladies et insectes et leur rendement élevé (6 à 8 t.ha⁻¹). Par contre la variété Babungo, obtenue à l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique (INERA), présente de risque élevé de sensibilité à la verse étant donné la grande taille de plantes.

nous avons émis les hypothèses que (1) l'apport de fumier de poules améliore la productivité des sols et les rendements des cultures, (2) qu'il existe des doses optimales d'apports de ces biodéchets (3) et que l'ajout des engrains chimiques permet de mieux les valoriser.

Méthodes : Cette expérimentation a été conduite durant la saison culturelle 2010-2011 à la station de recherche de la Faculté des sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi (UNILU). Le site se situe à 1243 m d'altitude, 11°39' de latitude Sud et 27°28' de longitude Est.

Analyse de laboratoire, expérimentation et Observations : Au début de l'étude, les échantillons composites de sol ont été collectés sur chaque parcelle à 0-15 cm de profondeur. Ces échantillons de sol, tout comme ceux de fumier de poules, ont été analysés pour déterminer la teneur en N, P et K (tableau 1). Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de l'Office Congolais de contrôle (OCC) selon les méthodes décrites par Mulaji (2011).

Tableau 1 : Teneur en éléments minéraux majeurs dans le sol et dans les fumiers de poules (kg/tonne)

	N _{total}	P _{total}	K _{total}
Sol	32,7	1,8	31,3
Fumiers de poules	23	10	16,8

La préparation du terrain a consisté au défrichement et au labour à plat. Au moment du labour, les pailles ont été enfouies et le hersage est intervenu juste après. Quarante-deux (42) jours après épandage des fumiers de poules par enfouissement, les grains de maïs ont été semés aux écartements de 75 cm x 25 cm. Après levée, le NPK et l'Urée ont été respectivement épandus au semis et 45 jours après semis. L'engrais composé NPK (10-20-10) a été utilisé comme engrais de fond ; l'urée 46 % comme engrais de couverture pour une bonne croissance de maïs. L'essai a été installé suivant un dispositif factoriel 3*11*3. Les traitements, en trois répétitions, consistaient en trois variétés de maïs et trois doses de fumiers de poules (1,75 ; 3,5 et 7 t.ha⁻¹). Les fumiers de poules étaient apportés seuls ou avec un supplément d'engrais minéral composé et azoté correspondant à 300 kg NPK + 200 kg d'urée par hectare et 150 kg NPK+100 kg d'urée hectare. Ces traitements issus des combinaisons des doses des

fumiers de poules et des engrais chimiques étaient comparés aux témoins sans fertilisation et avec engrais minéral. Dix (10) jours après semis, les observations ont porté sur le taux de levée. En cours de végétation, les jours à la floraison mâle et femelle ont été comptés et la hauteur des plantes à la floraison mâle a été mesurée. A la montaison, le nombre d'épis par pieds ont été comptés. A la récolte, la résistance à la verse, le nombre de rangées de graines par épi, le poids moyen de grains par épi, le poids de 1000 graines et le rendement en maïs grain ont été enregistrés (à 15% d'humidité des grains).

Analyse statistique et économique : L'analyse de variance (ANOVA multifactorielle) et la séparation des moyennes (test de DUNCAN) ont été utilisées pour déterminer les différences entre les traitements, à l'aide du logiciel SAS. Pour l'analyse économique des traitements l'indice d'acceptabilité (IA) a été calculé pour identifier le meilleur traitement facilement

adoptable par les paysans. Cet indice compare la rentabilité des nouveaux traitements au traitement de référence bien connu par les paysans (Kaho et al, 2011). C'est donc le rapport des bénéfices de deux traitements : $IA = \text{Bénéfice du traitement}/\text{Bénéfice du témoin}$. Ainsi :

- Si $IA < 1,5$ le traitement est rejeté ;
- Si IA est situé entre 1,5 et 2, le traitement est adopté avec réticence ;
- Si $IA > 2$, le traitement est facilement adopté.

Pour l'évaluation des bénéfices, les charges suivantes ont été prises en considération : l'achat des engrais

minéraux, la collecte des fumiers de poules, le transport et l'incorporation dans le sol. Le coût des engrais chimiques est celui observé sur le marché local (55\$ /50 kg pour le NPK et 50\$ /50kg pour l'urée). Le coût de la main-d'œuvre pour collecter, transporter et incorporer les fumiers de poules ont été évalués à 130 \$ /tonne (dont 5\$ /sac de 50 kg et 30 kg pour le transport et épandage d'une tonne) alors que le transport et l'épandage des engrais minéraux ont été évalué à 10\$ /50 kg. Le prix moyen d'une tonne de maïs dans les différents marchés de Lubumbashi est d'environ 350\$.

RESULTATS

Hormis le niveau de résistance à la verse, les comportements de 3 variétés de maïs ont été différents (tableau 2).

Tableau 2 : Influence de la variété sur le comportement du maïs.

Paramètres	Variétés			<i>P</i>	CV
	Babungo	Katanga	Unilu		
Taux de levée (%)	70,3±14,2c	83,8±5,8a	76,6±6,1b	0,000	12,3
Hauteur de plantes à l'inflorescence mâle (cm)	199,8±13,7a	158,9±4,3b	77,7±13c	0,000	7,74
Jours à la floraison mâle	68,8±4,6b	68,9±3,1b	73,7±3a	0,000	5
Résistance à la verse (%)	89,5±8,1a	89,8±10,6a	92,4±6,5a	0,32	9,5
Nombre d'épi par pied	1±0b	1,4±0,4a	1,4±0,5a	0,000	33,2
Nombre de rangées de graines par épi	14,4±1,2a	13,9±0,7b	14,6±0,7a	0,000	6,9
Poids de grains par épi (g)	190,7±38,7a	125,3±45,4b	168,1±31,8a	0,001	25,9
Poids de 1000 grains (g)	398,5±59,9a	384,6±52a	345,5±72,8b	0,0024	16,5
Rendement (t.ha ⁻¹)	8,2±1,4a	6,07±2,3b	6,07±1,6b	0,001	30,1

Légende : *P* : probabilité ; CV : coefficient de variation. Moyennes±écart-type. Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN

En effet, les variétés Babungo et Unilu présentent des tiges de maïs de grande taille que la variété Katanga ($P < 0,001$), malgré leur faible taux de levée ($P < 0,001$). En outre, la variété Unilu est cependant tardive quant à l'apparition des inflorescences mâles comparativement aux deux autres variétés. Les comparaisons analytiques montrent que la variété influence positivement le nombre de jours à l'inflorescence mâle ($P < 0,001$). Toutefois, la faible taille de plantes de maïs de la variété Unilu les rend plus résistantes à la verse bien que l'Anova puisse révéler de différences non significatives entre les moyennes des variétés ($P = 0,32$). Par ailleurs, le rendement en maïs grains a été élevé pour la variété Babungo et faible et identique pour les variétés Katanga et Unilu. L'analyse des données dans les lots expérimentaux montre que la variété Babungo bien qu'à maturité tardive et très sensible à la verse donne un rendement élevé que les deux variétés de maïs mises au point et vulgarisées par la faculté des sciences agronomiques ($P < 0,001$).

Les fumiers de poules appliquées seules n'ont pas influencé significativement la croissance en hauteur des tiges de maïs (tableau 3). Comparées aux parcelles fertilisées aux engrais minéraux seuls, la résistance à la verse a été sensiblement accrue par leur combinaison, et cela quelle que soit la dose. La dose de 3,5 tonnes de fumiers de poules combinée à la dose de référence des engrais minéraux a accru sensiblement le nombre d'épis par pied par rapport aux parcelles fertilisées aux engrais minéraux ou fientes de poules seuls. Bien que le nombre de rangées de graines soit similaires quelle que soit le type et la dose des fertilisants, les faibles doses des fumiers de poules (1,75 et 3,5 t.ha⁻¹) combinées à la dose de référence des engrais minéraux réduite de moitié ont permis d'accroître significativement le rendement par rapport à la dose élevée ou ces mêmes doses combinées à la dose de référence des engrais minéraux (tableau 4).

Tableau 3 : Effets des doses croissantes des fumiers de poules, engrais minéraux et de leur combinaison sur la croissance du maïs.

Types et doses de fertilisants par hectare	Taux de levée (%)	Hauteur de plantes à l'inflorescence mâle (cm)	Jours à la floraison mâle	Résistance à la verse (%)
Témoin	74,7±14a	135,8±55,8a	72±4,4a	78,8±13,9d
300kg NPK+200kg Urée	75,6±8,7a	141,9±49,1a	70,2±4,3a	88,6±10,2b
3,5 tonnes FP	73,3±14,9a	145,5±52,9a	71,3±3,6a	88,9±8b
7 tonnes FP	77,8±4,5a	148,8±57,2a	70,3±3,9a	90b±4,6
1,75 tonne FP	81,6±12,6a	146,5±55,4a	70,8±3,5a	87,2c±7,6
3,5 tonnes FP+150kg	77,4±6,1a	146,3±55,6a	68,2±5a	95,5a±4,3
NPK+100kg Urée				
7 tonnes FP+150kg	76,5±8,6a	146,6±55,8a	70,1±4,6a	96,2a±5
NPK+100kg Urée				
1,75 tonne FP+150kg	84,4±6a	146,4±55,9a	71,1±4,8a	91,3±7,6ab
NPK+100kg Urée				
3,5 tonnes FP+300kg	73,1±12,8a	146,6±58,9a	68,7±4a	92,9±5,8ab
NPK+200kg Urée				
7 tonnes FP+300kg	74,6±13,2a	149,2±59,4a	72,1±2,3a	94,3±5,1ab
NPK+200kg Urée				
1,75 tonne FP+300kg	77±12,6a	146,8±53,6a	70,2±5,3a	92,6±8ab
NPK+200kg Urée				
CV	14,2	37,8	6	8,4
P	0,54	0,1	0,6	0,0004

Légende : P : probabilité ; CV : coefficient de variation ; FP : fumiers de poules. Moyennes ± écart-type. Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN

Et comparativement aux parcelles non fertilisées, l'apport des fumiers de poules a permis de doubler pratiquement le poids de grains par épis et le rendement en maïs grain ; qu'ils soient combinés ou non aux engrais minéraux. Les résultats de l'Indice d'Acceptabilité sont présentés dans le tableau 5. Ces

résultats montrent que les traitements 1,75 tonne de fumiers de poules appliqués seuls ou combinés à la dose de fertilisants inorganiques réduite de moitié peuvent être proposés aux paysans avec plus de chance d'adoption (IA respectivement 2,1 et 2,15).

Tableau 4 : Effets des doses croissantes des fumiers de poules, engrais minéraux et de leur combinaison sur les paramètres de rendement du maïs.

Types et doses de fertilisants par hectare	Nombre d'épis par pied	Nombre de rangée de grains par épis	Poids de grains par épis (g)	Poids de 1000 grains (g)	Rendement en maïs grain (t.ha ⁻¹)
Témoin	0,8±0,3c	12,9±1,6b	91,6±46d	247,7±66,8c	3±0,7d
300kg NPK+200kg Urée	1,2±0,4b	13,8±1,1ab	157,7±47,2bc	369,3±63,6b	6±1,9bc
3,5 tonnes FP	1,3±0,5ab	13,8±0,7ab	165,9±43,5b	367,6±42,8b	5,6±2,1c
7 tonnes FP	1,2±0,4b	14,2±0,7a	142,9±50,6c	379,8±53,1b	6,1±1,7bc
1,75 tonne FP	1,3±0,5ab	14±0,7a	159,4±47,6b	371,4±55,3b	7±1,2b
3,5 tonne FP+150kg	1,2±0,4b	14±1,2a	197,3±46,1b	429,4±34,5a	8,4±2a
NPK+100kg Urée					
7 tonnes FP+150kg	1,3±0,5ab	14,5±0,6a	195,7±38,2a	406,6±16,5ab	7,7±1,6ab
NPK+100kg Urée					
1,75 tonne FP+150kg	1,2±0,4b	14±1,1a	174,6±44,6ab	403,1±36,7ab	8±1,5a

NPK+100kg Urée					
3,5 tonnes FP+300kg	1,6±0,5a	13,6±0,8ab	169,7±32,5ab	384±69,4ab	7,7±2,5ab
NPK+200kg Urée					
7 tonnes FP+300kg	1,4±0,5ab	14±0,8a	165,6±41,2ab	375,6±44,9ab	7,7±1,7ab
NPK+200kg Urée					
1,75 tonne FP+300kg	1,1±0,3c	14±1,4a	155±42,4ab	403,2±53,4ab	7±2,1b
CV	36,2	7,6	27	13,4	27
P	0,002	0,2	0,003	0,000	0,000

Légende P : probabilité ; CV : coefficient de variation; FP : fumiers de poules. Moyennes ± écart-type. Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN

Tableau 5 : Effets des apports combinés de biodéchets et des fertilisants inorganiques sur la rentabilité économique de la culture de *Zea mays* L.

Traitements	Coût engrais chimique (\$/ha)	Coût des fumiers de poules (\$/ha)	Coût variable total (\$/ha)	Rendement en maïs grain (t.ha ⁻¹)	Revenu brut (\$/ha)	Bénéfice brut (\$/ha)	Indice d'acceptabilité
Sans fertilisation	0	0	0	3	1050	1050	-
300 kg NPK+200 kg urée	630	0	630	6	2100	1470	1,4
3,5 tonnes FP	0	455	455	5,6	1960	1505	1,43
7 tonnes FP	0	910	910	6,1	2135	1225	1,17
1,75 tonne FP	0	227,5	227,5	7	2450	2222,5	2,1
3,5 tonnes FP, 150 kg	315	455	770	8	2800	2030	1,93
NPK et 100 kg urée							
7 tonnes FP, 150 kg NPK et 100 kg urée	315	910	1225	7,7	2695	1470	1,4
1,75 tonne FP, 150 kg	315	227,5	542,5	8	2800	2257,5	2,15
NPK et 100 kg urée							
3,5 tonnes FP, 300 kg	630	455	1085	7,7	2695	1610	1,53
NPK+200 kg urée							
7 tonnes FP, 300 kg	630	910	1540	7,7	2695	1155	1,1
NPK+200 kg urée							
1,75 tonne FP, 300 kg	630	227,5	857,5	7	2450	1592,5	1,52
NPK+200 kg urée							

Mais lors qu'on connaît le faible niveau de revenus de la plupart des paysans de la zone d'étude, le traitement 1,75 tonne de fumiers de poules par hectare qui a la même catégorie de IA que 1,75 tonne de fumiers de poules+150 kg NPK+100 kg urée est le plus recommandable. Les interactions des variétés et des types et doses des fertilisants n'ont pas induit de différence significative sur la croissance du maïs, hormis la hauteur des plantes à l'inflorescence mâle.

En effet, quelle que soit la dose et la nature du fertilisant, seules les plantes de maïs de la variété Babungo avaient une taille élevée comparativement aux deux autres variétés. En revanche, les rendements sont plus élevés sur les parcelles fertilisées aux fumiers de poules combinés à la dose de référence des engrains minéraux réduite de moitié ; mais faibles lorsque les fumiers sont combinés à la dose de référence des engrains minéraux. En plus, avec les mêmes types de

fertilisants et avec les mêmes doses d'application, les rendements sont élevés pour la variété Babungo, suivie

DISCUSSION

A 10 jours après semis, le taux de levée a été supérieur pour l'ensemble des traitements. En effet, environ 14 % de mortalité a été observée à la levée pour toutes les variétés. Ces résultats sont intéressants vu qu'il n'y aura qu'une faible quantité de semences à utiliser pour le regarnissage des vides. L'unique hypothèse à ce sujet serait que les conditions climatiques (température), au moment du semis, ont été favorables pour amorcer le processus de la germination (tableau 2). En effet, la température optimale pour la germination du maïs est comprise entre 21 et 22°C ; Ce qui implique que le moment de semis doit être pris en compte pour assurer une levée parfaite (Ristanovic, 2001). Quant à la hauteur de plantes à la floraison mâle, celle-ci a été élevée sur les parcelles traitées aux engrains minéraux suivies de celles traitées à la forte dose des fumiers de poules (FP). Ceci serait dû à la grande quantité d'azote que libère les engrains minéraux (122 kg de N/ha). En effet, l'azote contribue au développement végétatif de toutes les parties aériennes de la plante. Il est profitable à la plantation, lors de la pousse de la végétation, et aux légumes feuillus, mais il convient de le distribuer sans excès car cela se ferait au détriment du développement des fleurs, des fruits ou des bulbes. En outre, son excès pourra être dommageable car il rendra les plantes plus sensible à la verse étant donné qu'elles seront de grande taille, tel que démontré par Nilsson (1979). D'où, contrairement aux parcelles fertilisées aux engrains minéraux, la plus grande résistance à la verse n'a été observée que sur les parcelles fertilisées aux FP, avec ou sans ajout des engrains minéraux. La taille de tiges de maïs a été significativement accrue sur le sol amendé avec 7 tonnes des FP + 300 kg NPK + 200 kg Urée, augmentation liée probablement à la grande quantité d'azote libérée simultanément par les engrains minéraux et les FP. Comme il l'a été démontré par plusieurs recherches, l'apport en azote favorise non seulement la croissance des plantes, mais également sa teneur en protéines brutes digestibles en fin de saison. Ces résultats corroborent les recherches de Sanogo et al. (2010) sur les variétés améliorées de riz en côte d'Ivoire et respectivement ceux de Lamine (2000) et Kaho et al. (2011) sur le maïs au Burkina Faso et au Cameroun. Garcia et al. (1997) ; Maftoun et al. (2004) ; Garcia et al. (2006) attribuent cette augmentation de la taille des plantes issues des

de la variété Katanga et enfin la variété Unilu.

parcelles fertilisées aux fortes doses d'engrais minéraux associés aux amendements organiques à la quantité et à l'activité importante des microorganismes du sol qui libéreraient une quantité importante d'azote. Mais dans une étude menée par Lithourgidis et al. (2007) sur le maïs, aucune différence significative n'a été observée entre les fertilisants minéraux et organiques du point de vue taille de plante. La grande taille des plantes issues des parcelles fertilisées aux engrais minéraux uniquement leur aurait rendu sensible à la verse. En effet, comparativement aux parcelles fertilisées aux FP seulement, la résistance à la verse a été faible sur les parcelles fertilisées aux engrais minéraux seuls et sur les parcelles témoins. Toutefois, l'ajout des engrais minéraux aux FP accroît sensiblement la résistance des plantes à la verse. La grande taille des plantes de maïs, déjà évoqué précédemment, aurait rendu les plantes issues des parcelles fertilisées uniquement aux engrais minéraux très sensibles à la verse.

Comme pour les paramètres végétatifs, l'apport des FP avec ou sans ajout des engrais minéraux a considérablement influencé tous les paramètres de rendement. Le nombre d'épis par plante, le nombre de rangées de graines par épis, le poids de grains par épis, le poids de 1000 grains et le rendement en maïs grain ont été sensiblement affectés par l'apport des fortes doses des FP associées à la dose de référence des engrais minéraux réduite de moitié. L'ajout de la dose de référence des engrais minéraux aux fortes doses des FP influence négativement les paramètres de rendement.

Les amendements, associés à la fumure minérale, ont permis d'améliorer les rendements en maïs grain par rapport au témoin fertilisé par la fumure minérale seule. L'apport de 1,75 t.ha⁻¹ des FP a amélioré de façon significative le rendement en maïs grain de 4,9 t.ha⁻¹ par rapport aux rendements obtenus sur le sol témoin non amendé. Les apports des FP à 1,75 t.ha⁻¹ et des engrais minéraux (150 kg NPK + 100 kg Urée) ont un effet supérieur sur le rendement du maïs par rapport à la dose de 7 tonnes FP + 300 kg NPK + 200 kg Urée ; l'antagonisme entre les éléments minéraux, liés à leur excès dans le sol, pourrait justifier cette situation d'une part et de l'autre Une overdose de C apportée par ces fortes doses pourrait dépasser la capacité minéralisatrice des microorganismes et par conséquent

causer une faible libération de nutriments voire même une mobilisation de certains nutriments en début de cycle cultural du maïs. Cela est d'autant plus évident que le rapport C/N des déchets est élevé. L'ajout de la fumure minérale surtout l'azote et le phosphore pourrait augmenter l'activité biologique du sol et faciliter du même coup une libération effective de nutriments pour le maïs, tel que démontré par Kiba et al. (2008). Les FP apportés à 3,5 t.ha⁻¹ et 7 t.ha⁻¹ n'ont pas amélioré la production du maïs en absence de la fumure minérale vulgarisée. Les doses inférieures apportées sans engrais ont pourtant statistiquement égalé la fumure minérale. Par ailleurs, le rendement moyen obtenu a été de 6 t.ha⁻¹. Ceci rapporte aux résultats des enquêtes de SENASEM (2008), situant le rendement moyen du maïs est de l'ordre de 6 à 8 t.ha⁻¹ en station. Quant à la rentabilité économique cependant, elle a été faible sur les parcelles fertilisées aux fortes doses de FP appliquées seules, ou leur

combinaison avec la dose de référence des engrais chimiques. Pour l'ensemble de traitements, la rentabilité optimale a été obtenue avec la faible dose de FP non combinée ou non à la faible dose des engrais chimiques. Les fortes doses de fertilisants exigent une augmentation du coût de production, entraînant une réduction du profit. Et même, lorsque les fortes doses des fertilisants sont utilisées, l'augmentation de rendement qu'elles entraînent ne fait que compenser les dépenses engagées pour leur achat. Les études similaires faites au Kenya par Muna-Mucheru et al. (2007) et Jama et al. (2000) et au Cameroun par Kaho et al. (2011) ont également montré que le traitement aux fertilisants organiques seuls (5t.ha⁻¹ de Feuilles de *Tithonia diversifolia*) procurait les marges bénéficiaires les plus élevées que les traitements avec engrais minéraux seuls ou combinés aux fertilisants organiques.

CONCLUSION

Cette étude a été menée dans le but de valoriser les biodéchets (fumiers de poules) en comparant leurs effets aux engrais minéraux seuls et à leur combinaison. Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation des fumiers de poules comme fertilisants est à recommander étant donné qu'elle permet d'accroître le rendement du maïs. Toutefois, la dose optimale des fumiers de poules est celle de 1,75 t.ha⁻¹ (4,7 t.ha⁻¹). En plus, l'ajout de la dose de référence des engrais chimiques réduite de moitié aux fumiers de poules (8 t.ha⁻¹ pour la dose de 1,75 t.ha⁻¹ FP+150kg NPK+100 kg urée) a accru sensiblement le rendement comparativement aux parcelles non fertilisées (2,1 t.ha⁻¹)

¹⁾ ou fertilisées exclusivement aux engrais minéraux (5,9 t.ha⁻¹) et aux fumiers de poules. Néanmoins, pour les fortes doses, les coûts élevés des fertilisants réduisent sensiblement leur rentabilité au détriment de faibles doses des fumiers de poules appliqués seuls (1,75 t.ha⁻¹). L'association des engrais minéraux avec les déchets organiques est à recommander ; néanmoins des techniques efficaces de compostage des déchets, sont de bonnes perspectives pour une intensification de l'agriculture urbaine. Les résultats de cette étude et les suggestions formulés pris en compte permettront d'accroître la production et le rendement du maïs dans la région de Lubumbashi.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, 2009a. Rapport trimestriel de l'inspection provinciale de l'agriculture. Province du Katanga, RD Congo. 56 p
- Anonyme, 2009b. Etude du secteur agricole : Rapport préliminaire, bilan-diagnostic et notes d'orientation. Ministère national de l'agriculture pêche et élevage, Tecslu et GECT, Kinshasa, RDC. 337 p
- Bresson LM, Koch C, Le Bissonnais Y, Barriuso E, Lecomte V, 2001. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Sciences Society of American Journal.* **65:** 1804-1811.
- Cameron E, How N, Saggar S, Ross C, 2004. The cost-benefits of applying biosolid composts for vegetable, fruit and maize/sweet corn. Landcare Research Science Series no. 27. Manaaki Whenua Press, Lincoln, Canterbury, NZ. 31 p.
- Convertini G, De Giorgio D, Ferri D, La cava P, Giglio L, 1999. Sugar beet and durum wheat quality characteristics as affected by composted urban waste. Pages 241-244 in Anac D., Martin- Prével (eds). Improved Crop Quality by Nutrient Management, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

- Crecchio C, Curci M, Pizzigallo MDR, Ricciuti P, Ruggiero P, 2004. Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biol. Biochem.* **36** :36: 1595-1605.
- Garcia C., Roldan A., et Hernandez T., 1997. Changes in microbial activity after abandonment of cultivation in a semiarid Mediterranean environment. *J. Environ. Qual.*, **26**: 285-292.
- Guidi G, Pera A, Giovanetti M, Poggio G, Bertoldi M, 1988. Variations of soil structure and microbial population in a compost amended soil. *Plant Soil*, **106**: 113-119.
- Guisquiani PL, Pagliai M, Giglioti G, Businelli D, Benetti A, 1995. Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties. *J. Environ. Qual.* **24**: 175-182.
- Jama B, Palm CA, Buresh RJ, Niang AI, Gachengo C, Nziguheba G, 2000. *Tithonia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. *Agroforestry Systems*, **49**: 201-221.
- Kaho F, Yemefack M, Feujo-Tegwefouet P, Tchanthaouang JC, 2011. Effet combiné de feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrains inorganiques sur le rendement du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre du Cameroun. *Tropicultura*, **29** (1): 39-45
- Kiba DI, Compaoré E, Nacro HB, Lompo F, Sedogo MP, 2008. Valorisation agronomique de déchets d'abattoir et de décharges de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). Rapport de l'INERA et l'IDR et l'UPB, Burkina Faso.
- Lamine D, 2000. Effet de l'engrais azoté et du fumier sur le rendement du maïs. Mémoire de Fin d'études, Institut de développement Rural, Université de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 71 p
- Lithourgidis AS, Matsi T, Barbayiannis N, Dordas CA, 2007. Effect of liquid cattle manure on corn yield, composition and soil properties. *Agron. J.*, **99**: 1041-1047.
- MacLaren RG, Cameron KC, 1996. Soil science: sustainable production and environmental protection. 2nd ed. Auckland, Oxford University Press, NZ. p. 83-277.
- Maftoun M, Moshiri F, Karimian N, Ronaghi AM, 2004. Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. *J. Plant Nutr.*, **27**(9):1635-1651.
- Mulaji KC, 2011. 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.
- Muna-Mucheru M, Mugendi D, Kung'u J, Mugwe J, Bationo A, 2007. Effects of organic manure and mineral fertilizer inputs on maize yield and soil chemical properties in a maize cropping system in Meru South District, Kenya, *Agroforestry Systems*, **69**:189-197.
- Ristanovic D, 2001. Maize. In: Raemaekers, R.H. (Editor). *Crop production in tropical Africa*. DGIC (Directorate General for International Coöperation), Ministry of Foreign Affairs, External Trade and International Coöperation, Brussels, Belgium.
- Sanogo S, Camara M, Zouzou M, Keli Z, Messoum F, Sekou A, 2010, Effet de la fertilisation minérale sur des variétés améliorées de riz en conditions de Gagnoa, Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosc.* **35** : 2235-2243.
- SENASEM, 2008. 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.
- Tejada M, Hernandez MT, Garcia C, 2006. Application of two organic amendments on soil restoration: Effects on the soil biological properties. *J. Environ. Qual.*, **35**: 1010-1017.