

Impact de deux fumures organiques sur la productivité de la culture du maïs dans la région de Ngandajika, Province de Lomami, RD Congo

[Impact of two organic manures on the productivity of maize crop in the region of Ngandajika, Province of Lomami, DR Congo]

Michel Nkongolo¹, Charles Ilunga¹, Evelyne Madilo¹, Carcy Tshimbombo², and Robert Mukendi²

¹Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo

²Institut National de Recherches Agronomiques, Station de Ngandajika, RD Congo

Copyright © 2024 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: This study was carried out with the aim of evaluating the impact of the contributions of organic fertilizers (*Tithonia diversifolia*, Batguano) on the growth and yield of maize cultivation in monoculture and in association with cowpea. From this study, the following results were recorded: In monoculture, Bat-guano gives a yield of 4.18 T/Ha significantly higher than *Tithonia diversifolia* with 3.73 T/Ha in the QPM3 variety; 3.82 T/Ha against 2.43 T/Ha with the Mus1 variety. In maize-cowpea association, Bat-guano gives the yield of 3.19 T/Ha significantly higher than *Tithonia diversifolia* with 2.77T/Ha in the QPM3 variety, 2.89 T/Ha against 1.40 T/Ha with the variety Mus1. The study that was conducted highlights a clearly beneficial effect of the use of natural fertilizers, namely Tithonia and bat guano, on the cultivation of maize in monoculture as well as in association with cowpea. Data analysis indicates that the treatment with bat-guano was found to be the manure capable of significantly improving the vegetative and yield components of grain maize compared to tithonia. In general, both treatments had higher yields compared to the control (F0).

KEYWORDS: *Tithonia diversifolia*, Bat-guano, monoculture, association, cowpea.

RESUME: Cette étude a été réalisée dans l'objectif d'évaluer l'impact des apports des fertilisants organiques (*Tithonia diversifolia*, Batguano) sur la croissance et le rendement de la culture du maïs en monoculture et en association avec le niébé. De cette étude, il a été enregistré les résultats ci-après: Dans la monoculture, le Bat-guano donne le rendement de 4,18T/Ha significativement plus élevé que le *Tithonia diversifolia* avec 3,73 T/Ha dans la variété QPM3; 3,82 T/Ha contre 2,43 T/Ha avec la variété Mus1. En association maïs-niébé, le Bat-guano donne le rendement de 3,19 T/ Ha significativement plus élevé le *Tithonia diversifolia* avec 2,77T/Ha dans la variété QPM3, 2,89 T/Ha contre 1,40 T/Ha avec la variété Mus1. L'étude qui a été menée, met en évidence un effet nettement bénéfique de l'utilisation des fertilisants naturels à savoir le Tithonia et le bat guano sur la culture du maïs en monoculture comme en association avec le niébé. L'analyse des données indique que le traitement au bat-guano s'est révélé être la fumure susceptible d'améliorer significativement les composantes végétales et de rendement du maïs grain par rapport au tithonia. D'une manière générale, tous les deux traitements ont eu des rendements plus élevés par rapport au témoin (F₀). Les deux peuvent ainsi être utilisés pour accroître la fertilité du sol et augmenter de façon significative les rendements de cultures et par conséquent contribuer à l'amélioration de la production de maïs.

MOTS-CLEFS: *Tithonia diversifolia*, Bat-guano, monoculture, association, niébé.

1 INTRODUCTION

Il est généralement admis que les sols de régions tropicales, spécifiquement les ferrallitiques ne peuvent pas soutenir une production au de-là de trois ans de suite sans subir une dégradation [14]. Face à cette dégradation, plusieurs options ont été essayées, il ressort de tous ces essais que le recours à la fumure organique est la plus efficace [9]; [8]. La restauration de la fertilité de sols dans ces régions et plus particulièrement sur les ferrallitiques revient au type de matière organique utilisée. L'option se réduit au choix de la matière organique à utiliser qui soit susceptible de relever le niveau de la fertilité [4].

Cet essai porte sur le choix de deux fertilisants organiques susceptibles d'être une solution au problème de fertilité du sol à Ngandajika, il s'agit de *Tithonia diversifolia* et de Bat-guano qui ont montré leur performance dans certaines régions tropicales dans la restauration de la fertilité de sols [3]; [10]. Il s'agit dans cet essai d'évaluer l'effet de ces deux fumures organiques choisies (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray, et Bat-guano) sur la croissance et le rendement (rentabilité) du maïs (en monoculture et en association avec le niébé).

2 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le site de la Station de l'INERA/Ngandajika a servi de cadre expérimental pour l'étude sous examen. Cette station est située à 7Km de la cité de Ngandajika, dans le territoire portant le même nom, dont les coordonnées géographiques sont 6° 43' 326" de latitude Sud et 23° 56' 33,5" de longitude Est, à 793 m d'altitude moyenne [2]. C'est une zone à vocation agricole par excellence pour les provinces du Kasai Oriental et de la Lomami.

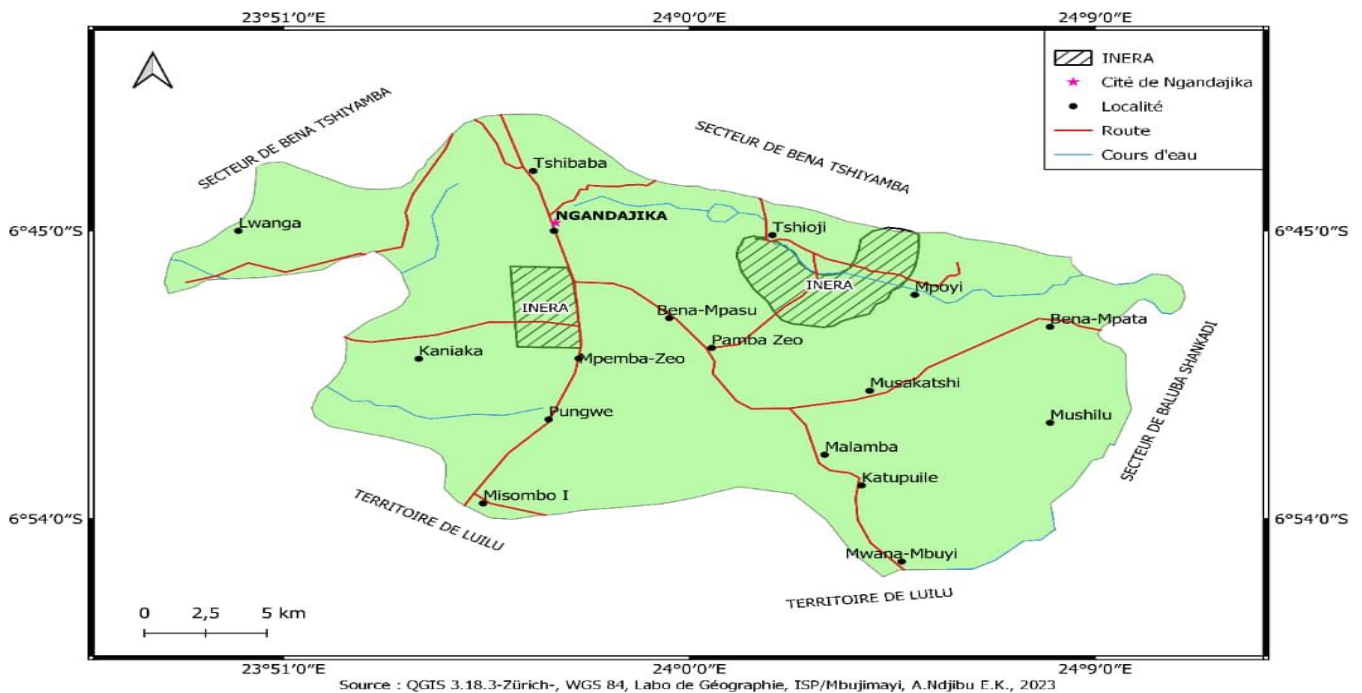


Fig. 1. Carte de l'INERA/NGANDAJIKA

2.1 LES ASPECTS PHYSIQUES

2.1.1 LE RELIEF

Le relief de Ngandajika est dominé par les plaines et les plateaux. Comme le climat, il confère à cette région des bonnes potentialités agricoles. La végétation type de Ngandajika est la savane herbeuse boisée [17]; [1].

2.1.2 LE CLIMAT

Le climat du territoire de Ngandajika est du type tropical, AW₄, selon la classification de Köppen. Il se caractérise par l'alternance de deux saisons climatiques, la pluvieuse et la sèche. La 1^{ère} se subdivise en deux, une grande dite saison A, allant du 15 août au 31 décembre et une petite dite saison B qui va de 15 janvier au 15 mai, ces données sont en train de devenir théoriques avec le phénomène du changement climatique qui se manifeste certaines saisons dans la région.

Quant à la saison sèche, elle se subdivise aussi en deux, elle va du 31 décembre au 15 janvier, c'est la petite saison sèche, et du 15 mai au 15 août c'est la grande saison sèche. La moyenne des précipitations annuelles, enregistrées dans la période de 1980 à 2014, est de 1216,14 mm à la Station de recherche de l'INERA/NGANDAJIKA, et celle des températures est de 24,25°C. Le mois d'avril est le plus chaud avec une moyenne des maxima de 28,4°C et le plus froid est juillet avec 20,1°C de moyenne des minima [6]. La durée de l'insolation est de 2400 heures [11].

2.1.3 LES SOLS ET LA VÉGÉTATION

Les sols de Ngandajika sont formés d'un recouvrement sableux sur un sédiment argileux qui repose souvent à faible profondeur, sur une ancienne dalle latéritique. La fraction argileuse peu importante ne semble pas uniquement constituée de kaolinite. Ces sols contiennent 21 à 23% d'éléments fins [7]. Ils sont de manière générale, profonds avec un profil qui décrit la présence de tous les horizons et leurs subdivisions, à l'exception de certains endroits où il peut exister une nappe phréatique superficielle.

Elle est dominée par les poacées qui couvrent plus de 70% de la superficie par m². Les espèces dominantes sont *Imperata cylindrica* sur les sols lourds et *Hyparrhenya dissoluta*, *Digitaria brazzoi*, *Triumfetta musteru*, *Eriosema griseu*, *Mimosa pudica* sporadiquement quelques espèces de la famille de légumineuse comme *Mucuna Sp*, *Stylosanthes Sp*, rencontrées dans les bas-fonds sur les sols légers. A l'instar d'autres savanes boisées, on trouve de galeries forestières le long des rivières et ruisseaux.

3 METHODE ET TECHNIQUES

3.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans cet essai était constitué des semences de maïs (*Zea mays*) de variété QPM3 provenant de l'INERA/Ngandajika. La variété QPM vient de la conversion de variétés de maïs tropical et subtropical normal en OPAQUE-2 qui a été découverte aux Etats Unis [13]; [25]; [5].

Elle est le résultat de la recherche qui a permis la mise au point d'un maïs avec une apparence normale et une haute teneur en lysine et en tryptophane (70%) [26]. Elle est en vulgarisation en RDC depuis 20

3.2 MATÉRIEL FERTILISANT

Ce sont les deux matières organiques, le Bat-guano et le *Tithonia diversifolia* qui ont été utilisées comme fertilisants.

3.3 MÉTHODES

Le dispositif expérimental de cet essai est un factoriel construit selon un arrangement en Split-plot. Les variétés QPM3 (V₁) et Mus1 (V₂) constituent des facteurs principaux tandis que les fumures (*Tithonia diversifolia* et bat-guano) sont des facteurs secondaires. Les blocs séparés de 1,5 m, l'un de l'autre, ont été répétés trois fois (B₁, B₂, B₃) pour pallier aux éventuelles erreurs dues à l'hétérogénéité des terrains. Chaque bloc est subdivisé en douze parcelles élémentaires de même superficie soit 12 m² (4 m x 3 m) séparées de 0,5 m l'une de l'autre, correspondant aux variétés QPM3 et Mus1. Chacune des parcelles d'étude est séparée de la suivante par des rangs de bordure, afin d'éviter des interférences entre traitements. Ces interrangs ont été maintenus désherbés par un travail du sol.

Ce dispositif s'étend sur une superficie de 30 m x 20,5 m, soit un total de 615 m² (Fig. 1.). Deux traitements, F₁ et F₂ constitués de deux doses de fumures de 1 kg/m² correspondant à 12 kg par unité expérimentale, sont appliqués. Les parcelles témoins non amendées sont symbolisées par Fo.

Le prélèvement de mesures de paramètres de croissance (diamètre au collet, hauteur de plants, surface foliaire) et de rendement (nombre d'épis par plant) était effectué, le 12 avril 2020 et la récolte était faite le 28 mai 2020. La mesure des

autres paramètres de rendement (nombre de grains par épi, poids de mille grains et rendement Mg/ha) était effectuée, en ce jour de récolte. Les conditions de précipitations et de températures ayant prévalu tout au long de cette saison culturale, ont été conformes au contexte habituel de cette région, les effets du changement climatiques ne se sont pas manifestés.

4 RESULTATS

4.1 RÉSULTATS DES APPORTS ORGANIQUES SUR LES PARAMÈTRES DE DÉVELOPPEMENT DU MAÏS EN MONOCULTURE ET EN ASSOCIATION MAÏS-NIÉBÉ

Au cours de cet essai, les paramètres suivis étaient: le taux de levée, le diamètre au collet, la hauteur des plants, et la surface foliaire. Nous présentons dans les tableaux 7.1 et 7.2., les résultats des données relatives au développement du maïs pour respectivement le maïs mis en monoculture et en association avec le niébé sous application des fumures organiques sus mentionnées.

Tableau 1. Résultats relatifs au développement du maïs en monoculture sous application de fumures organiques

Variété	Fertilisants	Paramètres analysés															
		T.L (%)				D.C (cm)				H.P. (cm)				S.F. (cm ²)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM 3	F1	91,7a	87,2 am	S	25,4	2,100a	2,156 am	NS	27,4	108,0b	114,6 am	S	8,98	251,1b	290,6 am	S	16,2
	F2	86,7b				2,300a				132,0a				382,7a			
	F0	83,3b				2,067a				103,7b				238,0b			
MUS 1	F1	78,3b	78,9 bm	S	25,4	2,200a	2,211 am	NS	27,4	114,7b	122,6 am	S	8,98	283,8b	297,9 am	S	16,2
	F2	83,3a				2,400a				140,7a				384,9a			
	F0	75,0b				2,033a				112,3b				224,9c			
Décision		S				NS				NS				NS			
CV		21,24				19,00				9,3				13,4			

(Les moyennes portant la même lettre ne sont pas différentes au seuil de 5% par le test LSD de Turkey)

Légende: F₁ Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin; T.L.: Taux de levée (%); D.C.: Diamètre au collet (cm); H.P. Hauteur des plantes (cm); S.F. Surface foliaire (%); VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation (%).

Tableau 2. Résultats relatifs au développement du maïs en association avec le niébé sous application de fumures organiques

Variété	Fertilisants	Paramètres analysés															
		T.L (%)				D.C (cm)				H.P. (cm)				S.F. (cm ²)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM 3	F1	85,9a	84,4 am	S	6,35	2,167a	2,144 am	NS	6,9	105,7b	107,1 bm	S	4,31	292,5a	280,8 am	S	10,9
	F2	88,0a				2,200a				111,7a				293,4a			
	F0	79,4b				2,067a				103,8b				256,3b			
MUS 1	F1	85,9a	83,1 am	S	6,35	2,167a	2,244 am	NS	6,9	109,3b	118,9 am	S	4,31	271,8b	279,1 am	S	16,2
	F2	88,9a				2,367a				120,7a				344,5a			
	F0	74,4b				2,200a				106,7b				220,9c			
Décision		NS				NS				S				NS			
CV		4,3				19,00				9,3				8,74			

(Les moyennes portant la même lettre ne sont pas différentes au seuil de 5% par le test LSD de Turkey)

Légende: F₁ Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin; T.L.: Taux de levée (%); D.C.: Diamètre au collet (cm); H.P. Hauteur des plantes (cm); S.F. Surface foliaire (%); VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation (%).

L'examen de ces tableaux permet de constater que les apports en matières organiques ont influencé de manière variable les différents paramètres analysés sur le développement du maïs en monoculture ou en association avec le niébé. L'analyse des résultats obtenus, a montré des différences significatives entre les valeurs moyennes des paramètres de développement végétatif dans les deux variétés utilisées et aussi au niveau de différentes fumures au seuil de (P<0,05).

4.1.1 LE TAUX DE LEVÉE

En monoculture, la différence entre les fumures est significative, le tithonia donne un taux de levée (91,7%) statistiquement supérieur au bat-guano (86,7%) et au témoin (83,3%).

En association de la culture du maïs avec le niébé, la différence entre les fumures est significative, les fumures de tithonia (85,9%) et de bat-guano (88,0%) donnent un taux de levée statistiquement le même, mais supérieur à celui du témoin (79,0%).

4.1.2 LE DIAMÈTRE AU COLLET

En monoculture, la différence est non significative entre les fumures pour le diamètre au collet, (2,100 cm) pour le tithonia, (2,300 cm) pour le bat-guano et (2,067 cm) pour le témoin.

En association de la culture du maïs avec le niébé, la différence entre les fumures est non significative pour le diamètre au collet, elles ont toutes statistiquement le même diamètre au collet, (2,167 cm) pour le tithonia, le bat-guano (2,200cm) et le témoin (2,067 cm).

4.1.3 LA HAUTEUR DE PLANTS

En monoculture, la différence entre les fumures est significative, le bat-guano donne la hauteur de plants (132,0 cm) statistiquement plus élevée que le tithonia (108,0 cm) et le témoin (103,7cm).

En association de la culture du maïs avec le niébé, la différence entre les fumures est significative, le bat-guano affiche la hauteur des plants (111,7cm) plus élevée statistiquement que celle du tithonia (105,7cm) et le témoin (103,8cm).

4.1.4 LA SURFACE FOLIAIRE

En monoculture, le bat-guano a une surface foliaire (382,7 cm²) statistiquement supérieure au tithonia (251,1cm²) et au témoin (238,0 cm²).

En association de la culture du maïs avec le niébé, Le *Tithonia diversifolia* donne la surface foliaire (292,5cm²) statistiquement la même que le bat guano (293,4cm²) supérieure au témoin (256,3 cm²).

4.2 RÉSULTATS DES APPORTS ORGANIQUES SUR LES PARAMÈTRES DE RENDEMENT DU MAÏS EN MONOCULTURE ET EN ASSOCIATION MAÏS/NIÉBÉ

Le nombre d'épis par plant (NEP), le nombre de rangées par épi (NGE), le nombre des graines par rangée (NGR), le poids de 1000 graines (P1000) et le rendement (RDH) sont les paramètres mesurés pour évaluer la production en graines. Pour ces caractères, les différentes valeurs obtenues sont consignées dans les **tableaux 3. et 4.**

Tableau 3. Résultats relatifs à la production du maïs en monoculture sous application de fumures organiques

Variétés	Fertilisants	Paramètres analysés															
		NEP				NGE				P1000 (grammes)				RDH (Mg/Ha)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV (%)	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM3	F1	1,0a				327,18b				199,0a				3,73b			
	F2	1,0a	1,0 am	NS	4,72	479,22a	375,90 am	S	21,1	196,3a	177,0 bm	S	3,8	4,18a	2,95 am	S	3,36
	F0	1,0a				321,31b				135,7b				0,96c			
MUS 1	F1	1,0a				329,1b				204,7b				2,43b			
	F2	1,0a	1,0 am	NS	4,72	411,6a	354,66 bm	S	21,1	221,7a	197,8 am	S	3,8	3,82a	2,43 bm	S	3,36
	F0	1,0a				323,19b				164,0c				1,02c			
Décision		NS				S				S				S			
CV		4,72				21,4				9,3				1,84			

Légende: F₁ Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation NEP: Nombre d'épis par plant; NGE: Nombre de grains par épi; P1000: Poids de 1000 grains; RDH: Rendement en Mégagrammes par hectare

Tableau 4. Résultats relatifs à la production du maïs en association au niébé sous application de fumures organiques

Variétés	Fertilisants	Paramètres analysés															
		NEP				NGE				P1000 (grammes)				RDH (Mg/Ha)			
		VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV (%)	VM	M/V	D	CV	VM	M/V	D	CV
QPM3	F1	1,0a	1,0 am	NS	4,72	395,01a	359,54 am	S	8,22	207,3a	184,2 am	S	8,46	2,77b	2,25 am	S	6,46
	F2	1,0a				408,31a				218,3a				3,19a			
	F0	1,0a				275,31b				127,0b				0,76c			
MUS 1	F1	1,0a	1,0 am	NS	4,72	315,21b	320,90 bm	S	8,22	186,7b	171,8 bm	S	8,46	1,40b	1,70 bm	S	6,46
	F2	1,0a				368,20a				205,3a				2,89a			
	F0	1,0a				279,3c				123,3c				0,82c			
Décision		NS				S				S				S			
CV		4,72				8,22				13,03				8,45			

Légende: F₁: Traitement Tithonia; F₂: Traitement Bat guano; F₀: Témoin VM: Valeurs mesurée; M/V: Moyenne par variété; D: Décision; CV: Coefficient de variation NEP: Nombre d'épis par plant; NGE: Nombre de grains par épi; P1000: Poids de 1000 grains; RDH: Rendement en Mégagrammes par hectare.

4.2.1 LE NOMBRE D'ÉPIS PAR PLANT

En **monoculture**, la différence entre les fumures est non significative pour le nombre des épis par plant qui est statistiquement le même pour toutes les fumures soit (1).

En **association du maïs au niébé**, il n'y a pas de différence significative entre les fumures pour le nombre des épis par plant, le tithonia et le bat-guano ont statistiquement le même nombre des épis par plant soit (1).

4.2.2 LE NOMBRE DES GRAINS PAR ÉPI

En **monoculture**, la différence entre les fumures est significative pour le nombre des grains par épi (NGE), le bat-guano donne le nombre des grains par épi (479,22) statistiquement plus élevé que tithonia (327,18) et le témoin (321,21).

En **association du maïs au niébé**, le bat-guano a le nombre des grains par épi (368,2) statistiquement plus élevé que le tithonia (315,21) et celui-ci plus que le témoin (279,3).

4.2.3 LE POIDS DE MILLE GRAINS

En **monoculture**, la différence entre les fumures n'est pas significative, Tithonia a un poids de 1000 grains (199,0g) statistiquement le même que bat-guano (196,3g), mais plus élevé que le témoin (135,7g).

En **association du maïs au niébé**, la différence entre les fumures est significative pour le poids de mille grains, Le bat-guano a le poids de mille grains (218,3g) statistiquement plus élevé que le tithonia (207,3g) et celui-ci a sa moyenne plus élevée que le témoin (127g).

4.2.4 LE RENDEMENT

En **monoculture**, la différence entre les fumures est significative, le bat-guano donne un rendement (4, 18Mg.ha⁻¹) statistiquement plus élevé que tithonia (3,73g Mg.ha⁻¹) et celui-ci donne un rendement plus élevé que le témoin (0,96 Mg.ha⁻¹).

En **association du maïs au niébé**, la différence est significative entre les fumures. Le bat-guano donne un rendement de (3,19 Mg.ha⁻¹) statistiquement plus élevé que le tithonia (2,77 Mg.ha⁻¹) et celui-ci a un rendement plus élevé que le témoin (0,76 Mg.ha⁻¹).

Les tableaux 5 et 6, ci-après donnent l'accroissement du rendement de fumures utilisées par rapport au témoin.

Tableau 5. *Accroissement du rendement de la culture de maïs sous application de fumures utilisées par rapport au témoin (en monoculture du maïs)*

Variétés en monoculture	Traitements	Rendement (Mg/ha)	Accroissement du rendement par rapport au témoin (%)
QPM3	F ₁	3,73	288,3
	F ₂	4,18	335,4
	F ₀	0,96	---
Mus1	F ₁	2,43	138,2
	F ₂	3,82	274,5
	F ₀	1,02	---

F₁: Traitement au Tithonia; F₂: Traitement au bat-guano; F₀: Témoin sans fertilisant

En monoculture, le bat guano se plaçant en tête, suivi par le tithonia. Il varie de 100 à 300% avec la variété Mus1, le bat guano se plaçant encore en tête, suivi par le tithonia.

Tableau 6. *Accroissement du rendement de la culture du maïs en association au niébé avec les fumures utilisées par rapport au témoin*

Variétés en association au niébé	Traitements	Rendement (Mg/ha)	Accroissement du rendement par rapport au témoin (%)
QPM3	F ₁	2,77	264,4
	F ₂	3,19	319,7
	F ₀	0,76	---
Mus1	F ₁	1,4	70,7
	F ₂	2,89	252,4
	F ₀	0,82	---

F₁: Traitement au Tithonia; F₂: Traitement au bat-guano; F₀: Témoin sans fertilisant

En association maïs-niébé, l'accroissement du rendement par rapport au témoin va de 200 à 300%, le bat-guano vient en tête, suivi par le tithonia. Les tableaux 7, 8. et.9. Donnent respectivement le coût engagé pour les fumures utilisées, les recettes susceptibles d'être réalisées dans la vente du produit de la récolte et la rentabilité générée par les fumures utilisées.

4.3 RENTABILITÉ DES FERTILISANTS UTILISÉES

Tableau 7. *Coût engagé pour les fumures utilisées*

Fertilisants avec la variété QPM3	Prix par unité expérimentale (P) (FC)	Nombre d'unités expérimentales (N)	Coût total (PXN) (FC)
Témoin	---	---	---
Tithonia	2666,66	36	96000
Bat-guano	3166,66	36	114000
Fertilisants avec la variété Mus1	Prix par unité expérimentale (P) (FC)	Nombre d'unités expérimentales (N)	Coût total (PXN) (FC)
Témoin	---	---	---
Tithonia	2666,66	36	96000
Bat-guano	3166,66	36	114000

Le bat-guano engage un coût plus élevé que le tithonia à cause des frais engagés pour sa disponibilité et son épandage au champ.

Tableau 8. Recettes réalisables sur l'accroissement de la production obtenue

Fertilisants avec la Variété QPM3	Rendement Kg.ha ⁻¹	Accroissement du rendement	Prix unitaire FC/Kg	Valeur monétaire des surplus (FC)
Témoin	960	---	350	---
Tithonia	2770	1810	350	633500
Bat-guano	3190	2230	350	780500

Fertilisants avec la variété QPM3	Rendement Kg.ha ⁻¹	Accroissement du rendement	Prix unitaire FC/Kg	Valeur monétaire des surplus (FC)
Témoin	1020	---	350	---
Tithonia	1400	380	350	133000
Bat-guano	2890	1490	350	521500

Le bat-guano donne un grand montant que le tithonia sur les recettes réalisées par la vente du produit de la récolte, avec les deux variétés de maïs

Tableau 9. Rentabilité économique des fumures utilisées sur la culture du maïs

Fertilisants avec V.QPM3	Recettes sur accroissement/Production (R)	Dépense pour les fumures (D)	Taux Rentabilité (R/D)
Témoin	---	---	---
Tithonia	633500	96000	6,5
Bat-guano	780500	114000	6,8

Fertilisant avec la variété Mus	Recettes sur accroissement/Production (R)	Dépense pour les fumures (D)	Taux Rentabilité (R/D)
Témoin	---	---	---
Tithonia	133000	96000	1,5
Bat-guano	521500	114000	4,5

Le bat-guano génère une rentabilité plus élevée que le tithonia, dans les deux variétés de maïs.

5 DISCUSSION

En ce qui concerne les paramètres végétatifs de la culture du maïs, on observe que:

- **Le taux de levée** n'est pas le même pour les deux fumures en monoculture de maïs comme en association maïs-niébé. Le tithonia a un taux de levée supérieur au bat-guano, ce qui serait dû à la production de l'ammoniac à partir du bat-guano. Celui-ci a un impact négatif sur la germination [15].
- **Le diamètre au collet** est le même pour les deux fumures. Ce qui s'expliquerait par le fait que le diamètre au collet est une caractéristique plus variétale qui n'est pas très impactée par les fumures [12].
- **La hauteur de plants**, pour ce paramètre, on observe que le bat-guano donne une valeur moyenne significativement plus élevée que le Tithonia du fait de sa richesse en éléments nutritifs [15], [19].

Par rapport aux paramètres de rendement

Au niveau de fumures, pour les paramètres de rendement, en monoculture comme en association maïs-niébé, on observe globalement que le bat-guano donne de valeurs moyennes significativement plus élevées que le Tithonia du fait de sa richesse en éléments nutritifs. Cependant le Tithonia s'arrangeant dans la catégorie d'arbres fixateurs d'azote, il contribue dans l'amélioration biologique de la fertilité du sol.

Ceci explique ses performances comparativement à la plupart d'autres arbres fixateurs d'azote [16]; [20]; [18]; [22]; [21]. Quant à l'accroissement du rendement par rapport au témoin, il traduit la tendance des résultats qui ont été enregistrés sur ce paramètre, il se situe au-dessus (variant aux environs de 100 à plus de 300%) de celui qui a été enregistré en Afrique de

l'Ouest [23]; [24]; [27] de l'ordre de 140%. Ce résultat montre bien les performances de ces deux matières organiques par rapport à d'autres même si les conditions édapho-climatiques peuvent être différentes.

En ce qui concerne la rentabilité de ces deux fumures par rapport au témoin, elle est évidemment supérieure à celle de beaucoup d'autres matières organiques et à l'instar de résultats enregistrés avec l'accroissement du rendement par rapport au témoin, elle varie de 4 à 7. Dans la mesure où elles offrent la possibilité de minimisation de leur coût, leur rentabilité peut encore s'accroître étant donné que ces deux matières organiques sont à la portée des producteurs.

6 CONCLUSION

L'étude qui a été menée, met en évidence un effet nettement bénéfique de l'utilisation des fertilisants naturels à savoir le *Tithonia* et le bat guano sur la culture du maïs en monoculture comme en association avec le niébé. L'analyse des données indique que le traitement au bat-guano s'est révélé être la fumure susceptible d'améliorer significativement les composantes végétatives et de rendement du maïs grain par rapport au tithonia. D'une manière générale, tous les deux traitements ont eu des rendements plus élevés par rapport au témoin (F₀). Les deux peuvent ainsi être utilisés pour accroître la fertilité du sol et augmenter de façon significative les rendements de cultures et par conséquent contribuer à l'amélioration de la production de maïs. Le bat-guano donne dans l'ensemble de valeurs plus élevées que le *Tithonia diversifolia*.

Il peut être retenu que ces deux matières organiques utilisées comme fumures sur la culture du maïs, induisent un accroissement du rendement plus élevé en monoculture qu'en association au niébé. Cet accroissement de rendement est plus élevé pour le bat-guano en comparativement au *Tithonia diversifolia*.

A la vue des résultats enregistrés, il peut être observé que l'association maïs-niébé n'accroît ni la croissance de la culture du maïs, ni non plus son rendement. Vraisemblablement la légumineuse (niébé) associée n'enrichit pas toujours le sol en azote, au point que la culture du maïs (céréale) en bénéficie substantiellement. L'azote fixé est plus utilisé par le niébé (légumineuse) qui croît au même moment que la céréale.

REFERENCES

- [1] Anonyme: Monographie de la Province du Kasai-Oriental. Programme national de relance du Secteur, Agricole rural (MNSAR) 997-2001 Programme des Nations Unies pour le Développement, Agence de Nations Unies pour les Services aux projets (UNOPS), Kinshasa, 277p, 1998.
- [2] Rapport annuel du territoire de Ngandajika province du Kasai-Oriental. RDC, 2-5pp, 2003.
- [3] Anonyme: Chauves-souris, oiseaux et entreprise rurale, Guanomad S.A., Madagascar, 2014.
- [4] Ayuke F.O., L. Brussaard, B. Vanlauwe, J. Six, D.K. Lelei, C.N. Kibunja, M.M. Pulleman: Gestion de la fertilité des sols: Impacts sur le sol macrofaune, l'agrégation du sol et de la répartition du sol en matière organique, l'écologie du sol appliquée ISSN: 0929-1393, 2011.
- [5] Bressani R.: Nutritional value of high lysine maize in humans In: Cereals food World 36: 806-811, 1991.
- [6] Crabbe et Totiwe, paramètres moyens et extrêmes principaux du climat des stations du réseau INERA Sections de Climatologie Yangambi, 1979.
- [7] Culot J.P. et H. Laudelout: Rétrogradation et utilisation des engrais phosphaté dans les sols du Congo Belge. Pédologie 87: 162-168, 1959.
- [8] Ibrahima A., C. Abib Fanta et R. Ndjouenkeu: Impact de la gestion de la matière organique sur le statut minéral des sols et des récoltes dans les savanes soudano-guinéennes de Ngaoundéré, Cameroun, In: Seiny-Boumard P. (Eds). Savanes africaines en développement: innover pour durer, Actes du colloque, Garoua, Cameroun, pp1-10, 2009.
- [9] Igue A.M., C.A. Oga, I. Balogoun, A. Saidou, G. Ezui, S. Youl, G. Kpagbin, A. Mando, M.J. Sogbedji: Détermination Des Formules D'engrais Minéraux Et Organiques Sur Deux types De Sols. Pour une Meilleure Productivité De Maïs (*Zea mays* L.). Dans la commune De Banikora (Nord-Est Du Bénin, 2016.
- [10] Ikerra S.T., E. Semu and J.P Mrema: The «Secret» Behind the Good performance of *Tithonia diversifolia* on P. availability as compared to Other Green Revolution in Africa. Exploring the Scientific Facts. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York, 2011.
- [11] Janssens, 1998): Summary of agronomic fertilizer trials in the Province of Kasai oriental (democratic republic of Congo) FAO (food agriculture organization) division of the development of land and water. Technical report and CD-OM. Rome 98/1 and 98/3.

- [12] Kaho F., M. Yemefack, P. Feujoy -Teguetfouet et J.C. Tchanchaouang: Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun in *Tropicultura*, 29,1,39-45, 2011.
- [13] Krivanek A.F., H. De Grotte, N.S. Gunaratna, A.O. Diallo and D. Friesen: Breeding and disseminating quality protein maize (Q PM) for Africa. *Afr. J. Biotechnol*; 6: 312-324, 2007.
- [14] Ngongo L., E.V. Rans, G. Baert, E.L. Kasongo, A. Verdoodt, B.B. Mujinya, and J.M. Mukalay: Guide des sols en R.D.Congo, Tome I: Guide de gestion. UNILU, Lubumbashi, 262p, 2009.
- [15] Nkongolo M.: Comparaison du bat-guano aux engrais minéraux sur la culture du maïs. Verlag/ Editions universitaires européennes, 2016.
- [16] Raberzandrina R.: Biométhanisation et recyclage de la matière organique en Agriculture. In: Les arbres fixateurs d'azote, L'amélioration biologique de la fertilité du sol, Paris Ostrom 467-472 (Colloques et Seminaire), 1987.
- [17] Rishirumuhirwa T.E., C. Birasa, L. Bigura, Lunze et M. Kurayum: Pedological study of eight sites for fertilizers trails in Economic Community of Great Lakes Countries C.E.P.G.L. (Moso, Mashitsi, Rubona, Karama, Yangambi, Mulungu, Gandajika, M'vuazi, Gitega, République de Burundi, IRAZ (Institut de Recherche Agronomique et Zootechnique de la CEPGL) 110p, 1989.
- [18] Rutunga V., N.K. Karanja, C.K.K. Gachene, C. Palm: Biomass production and nutrient accumulation by *Tephrosia vogelii* (Hemsley) A. Gray and *Tithonia diversifolia* Hook F., fallows during the six months growth period at Maseno, Western Kenya, 1999.
- [19] Sapic J.: Engrais guano, Ooreka, 123 RF, 2016.
- [20] Smaling E.M.A., S.M. Nandwa and B.H. Janseen: Soil fertility in Africa is at stake. In: Buresh R.J., Sanchez P.A., Calhoun F. (Eds). Replenishing Soil Fertility in Africa.SSSA Special Publ. SI. SSSA, Madison, WI, 1997.
- [21] Schlecht E.A., A. Buerkert, E. Tielkes and A. Bationo: A critical analysis of challenges and opportunities for soil fertility restoration in sudano-sahélien West Africa, in *Advances in integrated soil fertility management in sub-saharian Africa: challenges and opportunities*, ed. Bationo A., Waswa B., Kihara J., Kimetu J., Springer), 2007.
- [22] Thorsm S.B., H. Tiessen, et K.J. Buresh: Short fallows of *Tithonia diversifolia* and *Crotalaria grahamiana* for soil fertility improvement in Western Kenya, *Agroforestry systems*, 55, 181-194, 2002.
- [23] Pol V.D.: *Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub- Saharan Africa*, Springer Shop, Amazon France, 1993.
- [24] Vanlauwe B., J. Wendt, and J. Diels: Combined Application of Organic Matter and Fertilizer, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. *Sustaining Soil Fertility in West Africa* SSSA Special Publication n°.58, 2001.
- [25] Vietmeyer N.D.: A drama in three long acts: The story of the development of quality protein maize. *Diversity* 16: 29-32, 2000.
- [26] Vivek B.S., A.G. Krivanek, N. Palacios-Rojas, S. Twumasi-Afryies and A.O. Diallo: Breeding Quality Protein Maize (QPM): Protocols for Developing QPM Cultivars. Mexico, D.F. CIMMYT, 2008.
- [27] Wopereis M.C.S., and A. Maatman: Improving farming livelihoods in sub-Saharan Africa: the case for integrated soil fertility management in: IFDC, Proc of the ISFM training, 7-12 Octobre, Lomé, IFDC-Division Afrique, 25p, 2002.