

Effets des composts de *Lantana camara* Linn, d'*Erythrina abyssinica* Lam. ex DC. et de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray et du fumier de chèvre sur le rendement d'amarante au Burundi

Séverin NIJIMBERE^{1*}, Chantal KWIZERA¹, Willy IRAKOZE², Cyrille MBONIHANKUYE²
et Bruce NSHIMIRIMANA³

¹ Université du Burundi, Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI), Centre de Recherche en Sciences des Productions Animales, Végétales et Environnementales (CRAVE), BP 2940 Bujumbura, Burundi

² Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU), BP 795 Bujumbura, Burundi

³ Université du Burundi, Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP 2700 Bujumbura, Burundi

(Reçu le 31 Mars 2023 ; Accepté le 15 Juin 2023)

* Correspondance, courriel : severin.nijimbere@ub.edu.bi

Résumé

Cette étude avait pour objectif de comparer les effets des composts de *Tithonia diversifolia*, d'*Erythrina abyssinica* et de *Lantana camara* ainsi que du fumier de chèvre sur la production de la variété *Same* d'amarante. Elle a été conduite en blocs aléatoires complets avec trois répétitions dans les champs du campus Mutanga de l'Université du Burundi à Bujumbura (Burundi). Chaque parcelle expérimentale correspondait à une application d'un type de compost ou du fumier de chèvre, combiné ou non à une dose N - P₂O - K₂O : 15-15-15 d'engrais chimiques. Les résultats obtenus après un mois de culture de l'amarante ont montré une augmentation significative de la biomasse foliaire fraîche produite par plante ($p < 0,05$) en cas d'application du fumier de chèvre seul (4,3 g) ou combiné aux engrais chimiques (15,2 g), de l'application combinée des engrais chimiques et des composts de *Lantana camara* (24,6 g) et de *Tithonia diversifolia* (11,6 g) ou de l'application des engrais chimiques seuls sans fertilisant organique (16,3 g) par rapport au témoin (4,7 g) et aux traitements d'*Erythrina abyssinica* seul (9,9 g) ou combiné aux engrais chimiques (12,6 g). Après deux mois de culture, les biomasses foliaires par plante mesurées dans tous les traitements n'étaient pas significativement différentes de celles des traitements au fumier de chèvre associé ou non aux engrais chimiques sauf celui de *Tithonia diversifolia* sans engrais chimiques dont la biomasse est la plus faible. Ainsi, les composts de *Tithonia diversifolia* et de *Lantana camara*, combinés aux engrais chimiques, peuvent remplacer valablement le fumier de chèvre dans la culture d'amarante.

Mots-clés : *compost, Tithonia diversifolia, Erythrina abyssinica, Lantana camara, amarante.*

Abstract

Effects of composts of *Lantana camara* Linn, *Erythrina abyssinica* Lam. ex DC. and *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray, and goat manure on amaranth yield in Burundi

This study aimed to compare the effects of the composts of *Tithonia diversifolia*, *Erythrina abyssinica* and *Lantana camara* as well as goat manure on the production of the variety *Same* of amaranth. It was conducted in complete random blocks with three replications in the fields of the Mutanga campus of the University of

Burundi in Bujumbura (Burundi). Each experimental plot corresponded to an application of a type of compost or goat manure, combined or not with chemical fertilizers (dose N - P₂O - K₂O : 15-15-15). The results obtained after one month of amaranth cultivation showed a significant increase in the fresh leaf biomass per plant produced ($p < 0.05$) when goat manure was applied alone (4.3 g) or combined with chemical fertilizers (15.2 g), when chemical fertilizers were applied in combination with the compost of *Lantana camara* (24.6 g) and *Tithonia diversifolia* (11.6 g) and when chemical fertilizers were applied alone without organic fertilizer (16.3 g) compared to the control (4.7 g) and to the *Erythrina abyssinica* treatments alone (9.9 g) or combined with chemical fertilizers (12.6 g). After two months of cultivation, the foliar biomasses per plant measured in all the treatments were not significantly different from those of the treatments with goat manure associated or not with chemical fertilizers except that of *Tithonia diversifolia* without chemical fertilizers whose biomass is the lowest. Thus, the composts of *Tithonia diversifolia* and *Lantana camara*, combined with chemical fertilizers, can validly replace goat manure in amaranth cultivation.

Keywords : *compost, Tithonia diversifolia, Erythrina abyssinica, Lantana camara, amaranth.*

1. Introduction

L'augmentation de la production des légumes est l'une des solutions alternatives pour améliorer la sécurité alimentaire des populations pauvres. En effet, leur teneur élevée en micronutriments est une arme efficace contre la sous-nutrition [1]. Néanmoins, l'obtention d'une production suffisante en quantité et en qualité pour toute la population requiert une optimisation des facteurs de production comprenant l'usage des semences sélectionnées, une meilleure gestion de l'eau et du sol, une meilleure gestion des cultures, la lutte contre les plantes adventices et les maladies et ravageurs [2, 3]. Au Burundi, la gestion de la fertilité des sols demeure une limitation à l'obtention des rendements souhaités [4, 5]. Les principaux sols de ce pays sont, selon l'Atlas des sols de l'Afrique, les Acrisols, les Ferralsols et les Nitisols [6]. Ces groupes sont connus pour leur pauvreté en éléments nutritifs et leur faible pouvoir de rétention de nutriments à cause de la faible valeur de la Capacité d'Echange Cationique (CEC) aux pH habituels. Les pratiques de fertilisation sont maîtrisées par peu d'agriculteurs en termes du choix des types d'engrais et de leur dosage. Les fertilisants les plus utilisés sur les cultures vivrières sont les engrais chimiques (DAP, Urée et KCl), les engrais organiques et plus récemment les engrais organo-minéraux FOMI (*Imbura, Totahaza et Bagara*). En outre, les engrais chimiques ne sont pas appliqués dans toutes les exploitations agricoles parce qu'ils ne sont pas facilement accessibles à la plupart des petits exploitants agricoles burundais à cause de leurs prix relativement élevés. De ce fait, le taux d'utilisation des engrais chimiques est le plus bas d'Afrique [7]. Dans l'agriculture burundaise, l'usage des engrais chimiques ou organo-minéraux semble être réservé aux cultures de rente (riz, maïs, haricot, pomme de terre, etc.) et c'est d'ailleurs pour les quelques cultures que les doses d'application ont été déterminés au Burundi. Dans ces conditions, le recours aux engrais organiques facilement accessibles s'avère une solution pour augmenter la productivité agricole des sols burundais. En effet, la plus grande superficie du Burundi est occupée par des sols fortement altérés, acides et pauvres en éléments nutritifs [5, 8]. Leur mise en valeur à des fins agricoles nécessite des amendements avec de la chaux et des engrais organiques. Ces derniers présentent de nombreux bienfaits notamment l'augmentation de la teneur en carbone organique du sol, l'apport des nutriments surtout l'azote et le phosphore ainsi que l'augmentation des populations microbiennes et leurs activités [9]. De même, l'usage des fertilisants organiques permet d'éviter la pollution des eaux, la dégradation des sols et la réduction de la biodiversité des écosystèmes qui peuvent provenir de l'usage excessif des engrais chimiques et des pesticides [9]. Une série de cultures semble être négligées par les agents de la vulgarisation et de la recherche quant aux pratiques de fertilisation. Les légumes sont dans cette catégorie de plantes négligées alors qu'elles présentent une grande importance pour la sécurité alimentaire

des populations humaines. En effet, certaines d'entre eux, si ce ne sont que tous, sont riches en glucides, en vitamines et en sels minéraux [10]. Par ailleurs, ils contiennent des ingrédients alimentaires précieux qui peuvent être utilisés avec succès pour la construction et la réparation du corps humain. Parmi ces plantes maraichères qui ne sont pas suffisamment rapportées dans les études scientifiques au Burundi figure l'amarante. L'amarante est une plante de la famille des Amaranthaceae. Le genre *Amaranthus* renferme des espèces comestibles et des espèces non comestibles. Les espèces comestibles sont appréciées pour leur teneur élevée de leurs feuilles en protéines, calcium, fer, bêta-carotène et vitamine C [11]. De plus, les graines de certaines espèces d'amarantes sont consommées par les personnes humaines. En effet, la qualité nutritive des protéines des graines d'amarante est la plus élevée de celles de tous les légumes et se rapproche de celle des produits d'origine animale [12]. Le développement de la culture d'amarante au Burundi, où le taux de malnutrition chronique affecte 55 % des enfants de moins de cinq ans [13] et où la malnutrition aiguë affecte 6 % de cette tranche d'âge [14], pourrait aider à améliorer la situation nutritionnelle. La promotion de la culture d'amarante passera nécessairement par la maîtrise des pratiques culturales les plus efficaces notamment celles de fertilisation et d'irrigation/arrosage. Néanmoins, peu d'études se sont penchées sur la fertilisation de l'amarante en vue de l'augmentation de sa production au Burundi. C'est dans cette logique qu'a été conduite cette étude expérimentale. L'objectif principal de ce travail était d'évaluer le potentiel de fertilisation de trois arbres et arbustes du Burundi (*Erythrina abyssinica*, *Tithonia diversifolia* et *Lantana camara*) vis-à-vis de l'amélioration du rendement de la variété *Same* d'amarante. Ces trois plantes ont été choisies parce qu'elles poussent bien dans toutes les zones agroécologiques du Burundi et qu'elles produisent une biomasse relativement grande. Les objectifs spécifiques étaient (i) d'identifier les types de composts dont les effets sur la production d'amarante seraient meilleurs que (ou ne seraient pas différentes de) ceux du fumier de ferme en combinaison ou non avec les engrais chimiques et (ii) d'évaluer les effets des engrais chimiques sur la production d'amarante.

2. Matériel et méthodes

2-1. Localisation et climatologie du site expérimental

L'essai a été installé dans un champ de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI) de l'Université du Burundi, au campus Mutanga à Bujumbura. Ce site est localisé à 03° 22' 41,8" de latitude sud et 29° 23' 3,2" de longitude est et à une altitude de 848 m. Il se situe dans une zone agroécologique de la plaine de l'Imbo ayant un climat de type (Aw4) selon la classification de Köppen [15]. Dans cette région naturelle de l'Imbo, il y a trois saisons culturales : la saison A qui va de mi-octobre à mi-février, la saison B de mi-février à mi-juin et la saison C de mi-juin à mi-octobre. La saison C ne concerne que les cultures de bas-fonds.

2-2. Échantillonnage et analyse des propriétés physico-chimiques du sol du site d'essai

Avant l'expérience, des prélèvements de cinq échantillons élémentaires de sol ont été effectués à la profondeur de 0 à 20 cm dans le champ expérimental, suivant la méthode des diagonales, puis mélangés pour constituer un seul échantillon composite. Cet échantillon a été ensuite séché à l'air libre pendant deux semaines, puis broyé avec une pression modérée avant le tamisage pour recueillir la fraction de la terre fine (de diamètre moyen inférieure à 2 mm). Ces opérations de prétraitement de l'échantillon ont été réalisées au Laboratoire d'Agrochimie et de Physique du sol de la FABI. C'est dans ce laboratoire même qu'a été effectuée la mesure du pH. Les autres analyses physico-chimiques ont été réalisées au Laboratoire d'Analyse des Sols et des Produits Agricoles (LASPA) de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU). Ces analyses faites au LASPA ont porté sur le carbone organique, l'azote total, les cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}), l'acidité d'échange (H^{+} et Al^{3+}), le phosphore assimilable et la capacité d'échange cationique (CEC).

2-3. Matériel biologique utilisé

Le matériel biologique utilisé était constitué par des graines d'amarante et des fertilisants organiques comprenant le fumier de chèvre et les composts issus des feuilles des plantes localement récoltées. L'amarante utilisée est la variété *Same* de l'espèce *Amaranthus hypochondriacus*. Cette variété a été introduite au Burundi en provenance du centre AVRDC (*The World Vegetable Center, Eastern and Southern Africa*) localisé à Arusha-Tanzania où elle porte le code RV100159 [16]. Elle est actuellement en attente d'homologation au Burundi. Les engrais organiques utilisés dans cet essai étaient constitués par le fumier de chèvre et les composts issus des feuilles de *Lantana camara* Linn (Verbenaceae), d'*Erythrina abyssinica* Lam. ex DC. (Fabaceae) et de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae: Heliantheae). Ces composts ont été préparés par hachage à la machette et compostage dans des fosses pendant un mois avant leur usage. Pendant ce temps, le fumier de chèvre, ramassé dans l'étable, a été entassé à l'air libre pour son murissement.

2-4. Préparation du terrain, installation du dispositif expérimental et pratiques culturales

Après le labour et le hersage du terrain, des parcelles expérimentales ont été délimitées. Celles-ci étaient constituées par une ligne de trois poquets espacés de 20 cm. L'essai a été conduit suivant un protocole en blocs aléatoires complets comprenant 3 blocs et trois répétitions par traitement (**Figure 1**). Les traitements consistaient en une combinaison factorielle de quatre types d'engrais organiques combinés ou non aux engrais chimiques répondant à la dose de N- P₂O-K₂O : 15-15-15, soit 15 unités d'azote, 15 unités de P₂O₅ et 15 unités de K₂O. Les traitements suivis lors de cette expérimentation étaient les suivants :

T1 : 0 kg de fertilisant organique + 0 kg de NPK (Témoin)

T2 : 10 t MF / ha de fumier de chèvre + 0 kg d'engrais chimiques

T3 : 10 t MF / ha d'*Erythrina abyssinica* + 0 kg d'engrais chimiques

T4 : 10 t MF / ha de *Lantana camara* + 0 kg d'engrais chimiques

T5 : 0 t MF / ha de fertilisant organique + 5 g d'engrais chimiques, dose N - P₂O - K₂O : 15 - 15 - 15

T6 : 10 t MF / ha de fumier de chèvre + 5 g d'engrais chimiques, dose N - P₂O - K₂O : 15 - 15 - 15

T7 : 10 t MF / ha d'*Erythrina abyssinica* + 5 g d'engrais chimiques, dose N - P₂O - K₂O : 15 - 15 - 15

T8 : 10 t MF / ha de *Lantana camara* + 5 g d'engrais chimiques, dose N - P₂O - K₂O : 15 - 15 - 15

T9 : 10 t MF / ha de *Tithonia diversifolia* + 0 kg d'engrais chimiques

T10 : 10 t MF / ha de *Tithonia diversifolia* + 5 g d'engrais chimiques, dose N - P₂O - K₂O : 15 - 15 - 15

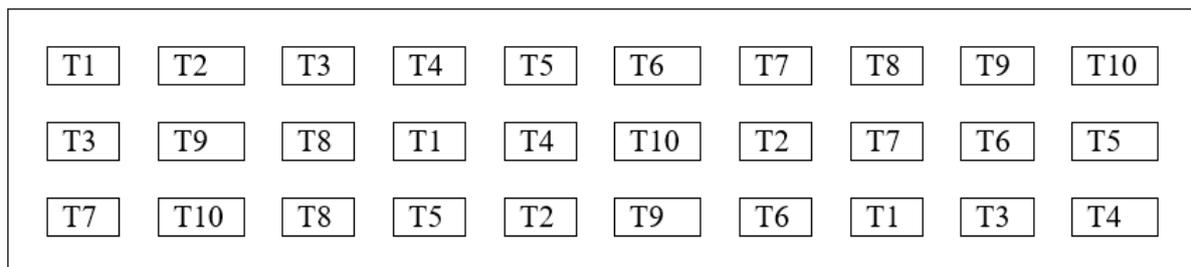


Figure 1 : Schéma du protocole expérimental en blocs aléatoires complets

Dans les poquets de semis, du fumier de chèvre ou des composts d'*Erythrina abyssinica*, de *Lantana camara* ou de *Tithonia diversifolia* ont été déposés en raison de 10 t MF /ha, c'est-à-dire que dans chaque poquet était placée une masse de 40 g de MF de fumure organique en cas de besoin. Le dépôt des engrais organiques a été suivi par l'ajout de 5 g d'engrais, de dose de N - P₂O₅ - K₂O : 15 - 15 - 15, dans les poquets correspondant aux traitements avec engrais chimiques. Après cette pratique de fertilisation, tous les poquets ont été remplis

avec du sol bien émietté. L'opération suivante a été le semis d'environ cinq graines d'amarante à 1,0 cm de profondeur. Le semis a été opéré en date du 20 février 2020. A deux semaines après le semis, au moment où les plants d'amarante étaient bien établis, un démariage étaient opéré quitte à ne garder qu'un plant par poquet. A chaque semaine, on procédait au sarclage pour arrachage des mauvaises herbes et ameublissement du sol.

2-5. Collecte des données

Les paramètres évalués lors de cet essai ont concerné la hauteur du plant, le nombre de feuilles par plant, la longueur et la largeur de la plus large feuille, le diamètre au collet, la biomasse foliaire ainsi que la biomasse totale. La collecte a été faite sur tous les trois plants de chaque traitement en trois temps espacés de 30 jours : d'abord sur le 1^{er} plant, ensuite sur le second plant et enfin sur le dernier plant. La première série de collecte a été opérée le 20 mars 2020 et a porté sur la hauteur, le nombre de feuilles, la longueur et la largeur de la plus large feuille et le poids des feuilles fraîches. La seconde récolte de données a été réalisée le 20 avril 2020 et a concerné les mêmes mesures que celle du 20 mars tout en y ajoutant le nombre de branches et le diamètre au collet. La dernière collecte a été effectuée le 20 mai 2020 quand quelques graines commençaient à tomber par terre [17]. La largeur et la longueur de la plus large feuille ont servi à l'estimation de la surface des feuilles à l'aide de la **Formule** [18] :

$$SF (cm^2) = l \times L \times 6,6 \tag{1}$$

où, *SF* est la surface foliaire en cm^2 , *l* la largeur en *cm* et *L* la longueur en *cm*.

2-6. Traitement des données

Les données obtenues à partir de la culture ont été analysées statistiquement en utilisant la fonction PROC ANOVA du logiciel JMP Pro14. Les moyennes ont été comparées en utilisant les comparaisons HSD toutes paires de Tukey au niveau $p = 0,05$ comme test post-hoc.

3. Résultats

3-1. Caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'essai

Les caractéristiques physico-chimiques du sol du site de l'étude sont détaillées dans le **Tableau 1**. Succinctement, c'est un sol au pH neutre, ayant une faible capacité d'échange cationique (CEC), une teneur très faible en matière organique et en phosphore assimilable et une teneur moyenne en azote [19 - 21].

Tableau 1 : *Caractéristiques chimiques et physico-chimiques du sol du site d'essai*

pH eau	CO (%)	N tot (%)	P assimilable (P-Olsen) : mg/kg	Complexe d'échange meq / 100 g - Méthode Metson					
				Al ³⁺	H ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CEC
6,57	1,24	0,24	4,1	0	0,21	1,31	6,14	2,55	11,3

3-2. Composition chimique des fertilisants organiques utilisés

La composition ionique des composts utilisés pour l'essai est montrée au **Tableau 2**. En examinant ces résultats d'analyse, nous remarquons que les teneurs en azote de tous les composts et fumiers utilisés sont largement suffisantes. En effet, un fertilisant organique dont la teneur en azote total est supérieure à 1 %

est de bonne qualité pour la fertilisation des cultures [22]. Le rapport C/N d'une substance organique renseigne sur sa vitesse de minéralisation [23]. Un rapport C/N compris entre 10 et 15 correspond à un compost mature [24]. Dans les composts utilisés dans la présente étude, les valeurs de C/N varient de 7 à 16,5 ; les extrêmes étant occupés par le compost de *Lantana camara* et le fumier de chèvre. En termes de maturité, on réalise que seul de fumier de chèvre étaient déjà arrivé à maturité au moment de leur application dans le sol. Sur base de ce rapport C/N, les composts de *Lantana camara*, de *Tithonia diversifolia* et d'*Erythrina abyssinica* peuvent être qualifiés d'instables et à faibles dose de composés humifères puisqu'ils présentent des valeurs de C/N inférieures à 10 [25]. Les teneurs en potassium de tous les substrats organiques utilisés sont suffisantes ou largement suffisantes en considérant les valeurs recommandées par la FAO et l'AFNOR qui situent l'optimum entre 0,4 et 1 % M.S [26].

Tableau 2 : Composition chimique des fertilisants organiques utilisés

Type de fertilisants	CO (%)	N tot (%)	C/N	P tot (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Compost de <i>Lantana camara</i>	26,4	3,77	7,0	0,32	3,82	1,48	0,54
Compost d' <i>Erythrina abyssinica</i>	27,4	2,94	9,3	0,24	1,93	2,05	0,64
Fumier de chèvre	30,5	1,85	16,5	0,35	0,50	0,16	0,12
Compost de <i>Tithonia diversifolia</i>	27,8	3,57	7,8	0,38	4,10	2,16	0,32

3-3. Paramètres de croissance et de rendement des plants d'amarante d'un mois

Les moyennes des mesures de croissance et de rendement de la variété *Same* d'amarante déterminées après un mois de culture, traitement par traitement, sont montrées au **Tableau 3**.

Tableau 3 : Hauteur, nombre de feuilles, surface foliaire, biomasse foliaire et totale d'une plante de la variété *Same* d'amarante collectés après un mois de culture

Traitement	Hauteur (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ²)	Biomasse fraîche (g)	Biomasse foliaire (g)	Biomasse sèche (g)
T1	14,67 ± 3,84c	10,00 ± 1,73b	243,9 ± 60,16b	5,69 ± 2,73c	4,69 ± 2,17c	0,70 ± 0,35d
T2	20,93 ± 8,05bc	12,67 ± 2,19ab	477,4 ± 223,0ab	35,45 ± 2,03ab	17,00 ± 0,51ab	4,33 ± 0,37abc
T3	31,27 ± 2,61abc	14,33 ± 1,76ab	509,2 ± 124,8ab	15,29 ± 2,05bc	9,90 ± 0,66bc	1,80 ± 0,18bcd
T4	32,03 ± 1,65abc	13,67 ± 0,33ab	644,2 ± 57,9ab	20,84 ± 5,72bc	11,71 ± 1,92bc	2,27 ± 0,68bcd
T5	39,87 ± 2,70a	15,00 ± 0,58ab	933,8 ± 167,5a	33,53 ± 3,29ab	16,27 ± 1,03ab	3,79 ± 0,25abcd
T6	29,83 ± 1,06abc	16,33 ± 0,33a	907,4 ± 55,6a	31,06 ± 2,37abc	15,22 ± 0,69ab	3,62 ± 0,23abcd
T7	33,87 ± 3,12ab	15,00 ± 0,58ab	850,3 ± 125,0ab	23,46 ± 1,03bc	12,64 ± 0,38bc	2,92 ± 0,26bcd
T8	43,33 ± 4,86a	16,33 ± 1,45a	1041,9 ± 104,8a	58,17 ± 11,60a	24,58 ± 4,10a	6,56 ± 1,03a
T9	34,50 ± 1,84ab	15,00 ± 0,00ab	758,2 ± 69,1ab	20,48 ± 1,77bc	11,64 ± 0,88bc	2,35 ± 0,14bcd
T10	46,33 ± 2,95a	16,33 ± 0,67a	897,2 ± 163,3a	44,00 ± 11,77ab	19,27 ± 3,98ab	5,26 ± 1,45ab

Note : Moyenne ± Erreur standard. Les traitements dont les valeurs d'une variable sont suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différents pour ladite variable au seuil de 5 %.

3-3-1. Hauteur des plants

La hauteur moyenne des plants d'amarante de la variété *Same* âgées d'un mois varie entre 14,7 et 46,3 cm, les deux valeurs extrêmes étant respectivement celles des traitements témoin (T1) et de *Tithonia diversifolia* combiné aux engrais chimiques (T10). Le test de Tukey au seuil de 5 % montre que les hauteurs moyennes des plants d'amarante fertilisés avec des engrais chimiques en combinaison avec *Tithonia* (T10) ou *Lantana* (T8) ou sans aucune fumure organique (T5) sont significativement plus grandes que celles des plants des traitements au fumier de chèvre seul (T2) et au témoin (T1).

3-3-2. Nombre de feuilles par plant

Les nombres de feuilles des plants de la variété *Same* âgées d'un mois sont compris entre 16 et 10. Ces valeurs extrêmes sont celles des traitements de *Tithonia* avec engrais chimiques (T10) et le témoin (T1). La comparaison multiple des moyennes de ces nombres par le test de Tukey montre que les plants d'amarante des traitements à engrais chimiques ajoutés aux composts de *Tithonia*(T10), de *Lantana*(T8) et au fumier de chèvre (T6) possèdent des nombres de feuilles significativement plus élevés que ceux du témoin (T1).

3-3-3. Surface foliaire du plant

Les valeurs des surfaces foliaires estimées par le produit de la longueur et de la largeur de la plus large feuille et d'un facteur de 6,6 montré à l'*Équation (1)* pour tous les traitements sont montrées au **Tableau 3**. Les traitements à engrais chimiques ajoutés aux composts de *Lantana*(T8) et de *Tithonia*(T10), au fumier de chèvre (T6), et au sol seul (T5) présentent des surfaces foliaires significativement plus élevées que celle du témoin.

3-3-4. Biomasse foliaire des plants

Les poids des feuilles fraîches des plants d'amarante d'un mois sont tels que le poids le plus élevé a été obtenu dans le traitement au compost de *Lantana* combiné aux engrais chimiques (T8 : 24,6 g) tandis que le poids le plus bas a été pesé dans le traitement témoin (T1 : 4,7 g) (**Tableau 3**). La biomasse foliaire moyenne des traitements T8 à *Lantana* mélangé avec les engrais chimiques (24,6 g) se révèle significativement plus élevée que celle du témoin et de tous les autres traitements sans engrais chimiques (sauf celui du fumier de chèvre). Elle est aussi significativement plus élevée que celle du traitement d'*Erythrina* et engrais chimiques (T7 : 12,6 g). Les traitements au fumier de chèvre sans engrais chimique (T2 : 17,0 g) et avec engrais chimiques (T6 : 15,2 g) présentent des biomasses foliaires moyennes par plant qui ne sont pas significativement différentes de celles des traitements à engrais chimiques ajoutés aux composts de *Lantana* (T8 : 24,6 g) et de *Tithonia* (T10 : 19,3 g).

3-3-5. Biomasse totale fraîche des plants

Les poids frais moyens des plants d'amarante par traitement sont repris dans le **Tableau 3**. L'analyse statistique de ces valeurs prises dans leur globalité montre des tendances similaires à celles constatées pour la biomasse foliaire ; c'est-à-dire une bonne performance des traitements à engrais chimiques ajoutés aux composts de *Lantana* et de *Tithonia* et du traitement à fumier de chèvre seul, et une mauvaise performance du témoin (T1). Nous notons que la plus grande biomasse totale fraîche est notée en cas de *Lantana* et engrais chimique (T8) et que celle-ci est significativement plus élevée que celles du témoin (T1) et celles des traitements aux composts d'*Erythrina*, de *Lantana* et de *Tithonia* sans engrais chimiques (T3, T4 et T9) et celle d'*Erythrina* avec engrais chimiques (T7).

3-3-6. Biomasse totale sèche des plants

L'analyse globale des résultats des poids secs des plants d'amarante mesurés après un mois de culture (**Tableau 3**) montre que tous les traitements avec application d'engrais chimiques, sauf celui d'*Erythrina*, ainsi que celui du fumier de chèvre sans engrais chimique, présentent des meilleures performances de biomasse sèche d'amarante. Pour cette variable, la première place est occupée par le traitement à *Lantana* et engrais chimiques (T8 : 6,56 g) tandis que les mauvais traitements (dont les biomasses sont significativement plus faibles que celle du traitement T8) sont le témoin (T1 : 0,70 g), les traitements aux composts d'*Erythrina*, de *Lantana* et de *Tithonia* appliqués seuls sans engrais chimiques (T3 : 1,80 g, T4 : 2,3 g et T9 : 2,3 g) et le traitement d'*Erythrina* avec engrais chimiques (T7 : 2,9 g).

3-4. Paramètres de croissance et de rendement des plants d'amarante de deux mois

Les données collectées à deux mois après le semis sont données dans le **Tableau 4** sous forme de moyenne par traitement.

3-4-1. Hauteur de la plante

Les moyennes des hauteurs des plantes de la variété *Same* d'amarante mesurées à deux mois après le semis sont reprises dans le **Tableau 4**. Le test de Tukey sur cette variable ne montre pas de différence significative entre les hauteurs des plants. Malgré cela, les hauteurs moyennes des plants ayant reçu un surplus d'engrais chimiques comme fertilisation sont relativement supérieures à celles mesurées dans les traitements sans engrais chimiques.

Tableau 4 : Hauteur, nombre de feuilles, surface foliaire, biomasse foliaire et totale, poids de feuilles et biomasse totale d'une plante de la variété *Same* d'amarante collectés après deux mois de culture

Traitement	Hauteur (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ²)	Nombre de branches	Biomasse foliaire (g)	Biomasse totale (g)	Diamètre au collet (mm)
T1	106,37±20,06a	28,00±5,03b	1648,7±249,4a	6,00±3,21b	121,14±58,95ab	459,19±241,45a	16,88±4,41bc
T2	155,33±20,35a	40,33±2,33ab	2382,3±370,2a	11,33±6,64ab	163,73±80,83ab	733,48±383,27a	28,73±2,84ab
T3	156,80±3,70a	31,33±2,91b	2155,9±135,7a	15,00±2,00ab	224,75±61,30ab	914,57±219,66a	25,28±0,60abc
T4	159,27±14,35a	34,33±4,10b	2202,42±236,42a	11,67±2,40ab	206,23±39,13ab	911,35±214,71a	22,45±2,69abc
T5	175,43±0,72a	35,00±2,08b	1957,1±258,0a	8,33±2,91b	196,71±47,73ab	865,25±146,36a	23,74±1,22abc
T6	179,00±27,77a	51,00±1,15a	2389,4±248,5a	25,33±1,86a	298,40±4,86a	1202,20±21,49a	32,50±1,53a
T7	171,80±3,01a	34,67±0,33b	2292,9±252,6a	10,00±1,15ab	238,40±19,67ab	1097,50±52,48a	24,94±1,99abc
T8	159,43±50,05a	33,67±0,67b	1929,7±178,5a	5,00±2,52b	132,75±15,31ab	657,86±58,37a	21,67±1,70abc
T9	137,07±2,20a	29,00±1,00b	988,0±98,0a	2,00±2,00b	38,51±8,06b	209,97±45,37a	15,83±0,37c
T10	148,87±20,56a	31,33±3,53b	1348,6±343,4a	4,00±4,00b	109,73±51,45ab	532,46±260,32a	18,90±3,53bc

Note : Moyenne ± Erreur standard. Les traitements dont les valeurs d'une variable sont suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différents pour ladite variable au seuil de 5 %.

3-4-2. Nombre de feuilles

Les moyennes des nombres de feuilles comptées à deux mois après le semis sont montrées dans le **Tableau 4**. L'analyse statistique de ces valeurs montre deux groupes de moyennes homogènes qui se chevauchent. Le premier groupe est celui du fumier de chèvre mélangé ou non à des engrais chimiques. Le second groupe quant à lui rassemble les autres traitements et aussi le fumier de chèvre sans engrais chimiques. Il ressort de cette analyse que les plants d'amarante semés sur le sol amendé avec du fumier de chèvre mélangé aux engrais chimiques présentent un nombre moyen de feuilles significativement plus élevé que celui des autres traitements, excepté celui du fumier de chèvre seul.

3-4-3. Nombre de branches

Les nombres de branches comptés à deux mois après le semis sont montrés dans le **Tableau 4**. A la tête du classement se trouve le traitement au fumier de chèvre avec engrais chimiques (T6) qui présente une valeur moyenne de 25 branches. Cette valeur n'est pas significativement différente de celles des traitements à *Erythrina* combiné ou non aux engrais chimiques (T3 et T7), à *Lantana* sans engrais chimique (T4) et au fumier de chèvre sans engrais chimique (T2). Toutefois, le nombre de branches compté pour ce traitement record diffère significativement de ceux des traitements ayant connu l'application des engrais chimiques sur composts de *Tithonia* (T10) et de *Lantana* (T8), et de ceux des traitements à *Tithonia* seul (T9), le témoin (T1) et le sol seul avec engrais chimiques (T5).

3-4-4. Diamètre au collet

Les diamètres au collet des plants d'amarante mesurés à deux mois après le semis sont compris entre 15,8 mm (T9) et 32,5 mm (T6), les valeurs extrêmes étant celles des traitements à *Tithonia* sans engrais chimiques (T9) et du fumier de chèvre avec engrais chimiques (T6). Le test de Tukey au seuil de 5 % conduit sur les diamètres au collet montre trois groupes de moyennes homogènes qui se chevauchent (**Tableau 4**). Il convient de signaler que le traitement à fumier de chèvre avec engrais chimique (T6) affiche une valeur du diamètre qui est significativement plus élevée que celles des traitements témoin (T1) et celles des traitements à *Tithonia* avec ou sans engrais chimiques (T9 et T10).

3-4-5. Surface foliaire

Les valeurs des surfaces foliaires calculées à l'aide des largeurs et longueurs des plus larges feuilles sont comprises entre 2389,4 cm² (T6) et 988 cm² (T1) (**Tableau 4**). Il n'existe toutefois pas de différence significative entre les traitements pour cette variable.

3-4-6. Poids des feuilles

Les poids de feuilles pesés à deux mois après le semis sont compris entre 38,5 et 298,4 g. Ces deux valeurs sont celles des traitements à *Tithonia* sans engrais chimique (T9) et au fumier de chèvre avec engrais chimiques (T6). Le test de Tukey révèle que ces deux moyennes sont statistiquement différentes sans pour autant différer avec les poids moyens des feuilles des autres traitements (**Tableau 4**).

3-4-7. Biomasse totale fraîche

Les biomasses moyennes fraîches pesées à deux mois après le semis sont comprises entre 210 et 1202 g ; les deux extrêmes étant ceux des traitements T9 et T6. Le test de Tukey ne montre pas de différence significative entre les traitements pour la biomasse totale (**Tableau 4**).

3-5. Poids de graines

Les poids moyens des graines d'amarante de la variété *Same* récoltées après trois mois de culture sont montrés dans le **Tableau 5**. Ils sont compris entre 22,1 g (T10) et 91,4 g (T7). La comparaison multiple des moyennes à l'aide du test de Tukey révèle l'existence de trois groupes de moyennes homogènes qui se chevauchent. Les traitements avec application d'engrais chimiques ajoutés au substrat du compost d'*Erythrina* (T7) et sans aucune fertilisation organique (T5) affichent des valeurs de poids de graines significativement plus élevés que ceux des traitements de *Tithonia* (avec ou sans engrais chimiques) et le témoin.

Tableau 5 : Poids des graines par plante de la variété *Same* d'amarante récoltés à trois mois après le semis

Traitement	Poids des grains (g)
T1	38,42 ± 2,23bc
T2	76,46 ± 3,28ab
T3	57,40 ± 9,19abc
T4	68,78 ± 11,51ab
T5	83,74 ± 16,49a
T6	61,68 ± 7,51abc
T7	91,45 ± 13,46a
T8	81,48 ± 3,67ab
T9	39,27 ± 2,89bc
T10	22,10 ± 0,69c

Note : Moyenne ± Erreur standard. Les traitements dont les valeurs d'une variable sont suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différents pour la variable au seuil de 5 %.

4. Discussion

Les mesures effectuées après un mois de culture de l'amarante montrent que les traitements aux composts de *Tithonia diversifolia* et de *Lantana camara* combinés avec les engrais chimiques (T10 et T8) prennent la tête de classement pour toutes les variables mesurées au même titre que les traitements au fumier de chèvre. Pour la biomasse foliaire, plus concernée par l'alimentation humaine, les valeurs récoltées sur les plantes d'un mois montrent que (i) l'engrais chimique apporte une performance pour cette variable puisque le traitement à engrais chimique seul (T5) en présente une valeur plus élevée que celle du traitement témoin (T1), (ii) le traitement à *Erythrina* combiné ou pas aux engrais chimiques sont parmi les plus mauvais producteurs de feuilles, (iii) les traitements à *Lantana camara* et à *Tithonia* combinés aux engrais chimiques (T8 et T10) sont les plus performants au même titre que le traitement au fumier de chèvre et engrais chimiques. Dans la catégorie des traitements menés sans engrais chimiques, il n'existe pas de différence significative entre les traitements pour les variables biomasse foliaire fraîche et sèche et biomasse totale, sauf que le fumier de chèvre se démarque nettement des autres traitements pour ces deux variables. Pourtant, dans la catégorie des traitements ayant connu une application des engrais chimiques, ceux des composts de *Lantana* et de *Tithonia* se classent dans le même groupe que celui du fumier de chèvre. Ce contraste de classement s'expliquerait par la lenteur de libération des nutriments contenus dans les composts de *Lantana camara* et de *Tithonia diversifolia* en l'absence des engrais chimiques alors que ceux qui sont contenus dans le fumier de chèvre seraient facilement mobilisables par la plante. A deux mois après le semis, les traitements au *Tithonia diversifolia* associé ou non aux engrais chimiques (T9 et T10) affichent les pires performances tandis que ceux du fumier de chèvre associés ou non aux engrais chimiques (T2 et T6) sont les meilleurs. A cette même date, les traitements à *Erythrina abyssinica* se classent dans le meilleur groupe de moyennes homogènes pour la biomasse foliaire fraîche, le nombre de branches et le diamètre au collet.

Cette mauvaise réponse de *Tithonia diversifolia* à l'amarante serait due à une pénurie de nutriments après leur utilisation hâtive par l'amarante au cours du premier mois. Après deux mois de culture d'amarante, les composts de *Tithonia* et *Lantana* sont à un degré de décomposition très avancé voire même complète alors que le fumier de chèvre est encore là avec ses nutriments. Il en est de même du compost d'*Erythrina* dont la décomposabilité est plus lente que celle des composts des deux autres arbustes. Pour le poids de graines, les traitements d'*Erythrina abyssinica* et engrais chimiques (T7) et le sol seul avec engrais chimiques (T5) sont les meilleurs tandis que ceux de *Tithonia diversifolia* (associés ou non aux engrais chimiques) et le témoin sont les pires de ces traitements. Contrairement aux observations du premier mois qui font éloger du *Tithonia* et de *Lantana*, ceux - là auraient plutôt changé les propriétés du sol quitte à leur empêcher de produire des graines d'amarante en quantité aussi grande que le sol seul fertilisé avec les engrais chimiques. Par analyse globale, on constate que les traitements aux composts de *Tithonia diversifolia* et de *Lantana camara* combinés avec les engrais chimiques (T10 et T8) prennent la tête de classement au même titre que les traitements au fumier de chèvre surtout dans les mesures prises dans le premier mois de culture. A cette date, ces deux traitements sont classés au premier rang dans la plupart de variables mesurées tandis que le traitement témoin (sol seul) se classe en dernière position. Ces effets positifs de *Tithonia* et de *Lantana* seraient dus à leur grande teneur en nutriments comme le montrent les compositions ioniques de ces matières fertilisantes reprises au **Tableau 2**, qui sont par ailleurs proches de celles déterminées par d'autres auteurs [27]. Ces nutriments sont mis à la disposition des plantes après la décomposition de ces pyhtomasses. Des effets positifs de *Tithonia diversifolia* et de *Lantana camara* sur les productions vivrières ont été déjà mentionnés par d'autres recherches. Ainsi, un essai conduit au Kenya a révélé que les applications de *Lantana camara* et de *Tithonia diversifolia* présentent des effets positifs sur le rendement du maïs [28]. Il convient toutefois de rappeler que *Lantana camara* est allélopathique aux cultures [29 - 31] mais que cet effet peut être réduit ou anéanti par le compostage [31].

5. Conclusion

L'objectif de cette étude conduite en champ était d'identifier une espèce végétale dont le compost pourrait remplacer le fumier de chèvre dans la fertilisation de l'amarante et d'évaluer les effets des engrais chimiques sur la production de cette culture. Les paramètres de production ont été mesurés après 1, 2 et 3 mois de culture. Il apparaît que les différences plus marquées entre les traitements ont été observées après un mois de culture. En effet, à cette date, la plupart de variables de production de l'amarante mesurées dans les traitements aux composts de *Tithonia* et de *Lantana*, combinés aux engrais chimiques, n'étaient pas significativement différentes de celles qui étaient mesurées dans les traitements de fumier de chèvre combiné ou non aux engrais chimiques. En conséquence, les composts de *Tithonia* et de *Lantana* peuvent remplacer le fumier de chèvre dans la fertilisation de l'amarante lorsqu'ils sont combinés aux engrais chimiques. De même, les biomasses foliaires mesurées dans les traitements aux composts d'*Erythrina*, combinés ou non aux engrais chimiques, dans les traitements aux composts de *Tithonia* et de *Lantana* sans fertilisants chimiques, et dans le traitement avec engrais chimiques seul sans fertilisant organique ne sont pas significativement différentes. Cette constatation traduit que les engrais chimiques seuls n'améliorent la production de l'amarante qu'en combinaison avec une fumure organique de bonne qualité comme celle de *Tithonia* et de *Lantana*. Toutefois, la combinaison des engrais chimiques avec certains substrats organiques comme l'*Erythrina* n'améliore pas la production de l'amarante. En conclusion, les composts de *Tithonia* et de *Lantana* peuvent remplacer le fumier de chèvre dans la fertilisation de la variété *Same* d'amarante. En complément à la présente étude, il serait intéressant de (i) analyser de la rentabilité économique des traitements effectués, (ii) évaluer les effets de la fertilisation fractionnée de l'azote avec ces amendements organiques, (iii) évaluer les effets des traitements sur les propriétés du sol et, (iv) reproduire la même étude au courant d'autres saisons et dans d'autres localités ayant des conditions pédoclimatiques différentes de celles de la zone d'étude.

Références

- [1] - G. GRUBBEN, W. KLAVER, R. NONO-WOMDIM, A. EVERAARTS, L. FONDIO, J. A. NUGTEREN and M. CORRADO, Vegetables to combat the hidden hunger in Africa. *Chronica Horticulturae*, 54 (1) (2014) 24 - 32
- [2] - G. S. KHUSH, Challenges for meeting the global food and nutrient needs in the new millennium. *Proceedings of the Nutrition Society*, 60 (1) (2001) 15 - 26
- [3] - Z. H. WANG, S. X. LI and S. MALHI, Effects of fertilization and other agronomic measures on nutritional quality of crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (1) (2008) 7 - 23
- [4] - B. MINANI, D. G. RUREMA and P. LEBAILLY, Analyse et stratégies de l'agriculture familiale dans un pays post-conflit : cas de la province de Kirundo au nord du Burundi. In *XXIXèmes Journées du développement ATM 2013 « Economie informelle et développement : emploi, financement et régulations dans un contexte de crises »*, (2013) 11 p.
- [5] - S. NIJIMBERE, S. KABONEKA, S. NDIHOKUBWAYO, W. IRAKOZE and J. NDIKUMANA, Caractérisation physico-chimique des sols d'une exploitation agricole du Mumirwa en commune Rumonge (Burundi). *Revue de l'Université du Burundi Série-Sciences Exactes et Naturelles*, 29 (2020) 34 - 44
- [6] - A. JONES, H. BREUNING-MADSEN, M. BROSSARD, A. DAMPHA, J. DECKERS, O. DEWITTE and R. B. ZOUGMORÉ, Soil Atlas of Africa. *European Commission, Publications Office of the European Union*, Brussels, Belgium, (2013) 174 p.
- [7] - J. D. NKURUNZIZA and F. NGARUKO, Explaining growth in Burundi : 1960 - 2000, Draft paper. *Centre for the Study of African Economies*, University of Oxford, (2002)
- [8] - D. SHI, G. CHEN, L. XIONG, Y. HUANG, K. LIU, Y. XING and Y. HUANG, Properties of Basic Soils in Different Types and Improvements and Uses in Burundi. *Agricultural Science & Technology*, 16 (4) (2015) 733 - 736

- [9] - R. SCOTTI, G. BONANOMI, R. SCELZA, A. ZOINA and M. A. RAO, Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15 (2) (2015) 333 - 352. Epub 30 de abril de 2015. DOI: 10.4067/S0718-95162015005000031
- [10] - R. HANIF, Z. IQBAL, M. IQBAL, S. HANIF and M. RASHEED, Use of vegetables as nutritional food : role in human health. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1 (1) (2006) 18 - 22
- [11] - G. DE-LANNOY, Leaf Vegetables. In Crop Production in Tropical Africa. Raemaekers RH (ed). *Directorate General for International Co-operation (DGIC)*, Brussels, Belgium ISBN-10:90806822-1-7, (2001) 403 - 511
- [12] - R. BRESSANI, E. C. M. DE MARTELL, C. M. DE GODINEZ, Protein quality evaluation of amaranth in adult humans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 43 (1993) 123 - 143
- [13] - E. N. ODJIDJA, C. CHRISTENSEN, G. GATASI, S. HAKIZIMANA, H. MURORUNKWERE, J. B. MASABO and T. MEGUID, 2030 Countdown to combating malnutrition in Burundi: comparison of proactive approaches for case detection and enrolment into treatment. *International Health*, 14 (4) (2022) 413 - 420
- [14] - M. NIMPAGARITSE, C. KORACHAIS, D. ROBERFROID, P. KOLSTEREN, M. D. ZINE EDDINE EL IDRISSE and B. MEESSEN, Measuring and understanding the effects of a performance based financing scheme applied to nutrition services in Burundi-a mixed method impact evaluation design. *International journal for equity in health*, 15 (1) (2016) 1 - 11
- [15] - M. KOTTEK, J. GRIESER, C. BECK, B. RUDOLF, F. RUBEL, World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3) (2006) 259 - 263
- [16] - T. STOILOVA and O. MBWAMBO, Evaluation of the Genetic Diversity in a Subset of Amaranth Germplasm (*Amaranthus* spp.) and *Celosia Argentea* from Africa Using Agro-Morphological Traits. In "Proceedings of the Southeast Asia Vegetable Symposium on Vegetable for Improved Nutrition and Livelihood in Southeast Asia (SEAVEG 2016)", Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kuala Lumpur, Malaysia, (2016) 288 - 298
- [17] - J. M. RAMIREZ, L'amarante dans les barres nutritives en France. Rapport du projet professionnel, *Université de Lorraine*, (2015) 28 p.
- [18] - M. B. SOKOTO and O. VICTOR, Growth and yield of amaranth (*Amaranthus spp.*) as influenced by seed rate in Sokoto, Nigeria. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2 (1) (2017) 29 - 35
- [19] - B. DABIN, Les facteurs chimiques de la fertilité des sols (bases échangeables, sels, utilisation des échelles de fertilité). In « *Pédologie et développement* », Paris, *ORSTOM ; BDPA*, (1970) 221 - 237
- [20] - J. R. LANDON, Booker tropical soil manual : A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. *Booker Tate Ltd/Longman Scientific & Technical*, Harlow, United Kingdom, (1991) 474 p.
- [21] - E. TESSENS and J. GOURDIN, Critères d'interprétation des analyses pédologiques. *Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU)*, 19 (1993) 26 p.
- [22] - A. V. BAKER, Composition and Uses of Compost (Chapter 10). *Agricultural Uses of By-Products and Wastes*, 668 (1997) 140 - 162 DOI : 10.1021/bk-1997-0668.ch010
- [23] - A. H. T. BIEKRE, B. T. TIE and D. O. DOGBO, Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (1) (2018) 596 - 609
- [24] - W. NAMKOONG, E. Y. HWANG, J. G. CHEONG and J. Y. CHOI, A comparative evaluation of maturity parameters for food waste composting. *Compost Science & Utilization*, 7 (1999) 55 - 62
- [25] - D. TAHRAOUI N, Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, (2013) 244 p.
- [26] - O. TOUNDOU, Evaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol, la physiologie et le rendement du maïs (*Zea mays* L. Var. *Ikennè*) et de la tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Var. *Tropimech*) sous deux régimes hydriques au Togo. Thèse de doctorat. Université de Limoges ; Université de Lomé, (2016) 195 p.

- [27] - B. JAMA, C. A. PALM, R. J. BURESH, A. NIANG, C. GACHENGO, G. NZIGUHEBA and B. AMADALO. B., *Tithonia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya : a review, *Agroforestry Systems*, 49 (2000) 201 - 221
- [28] - A. NIANG, B. AMADALO, S. GATHUMBI and C. OBONYO, Maize Yield Response to Green Manure Application from Selected Shrubs and Tree Species in Western Kenya : A Preliminary Assessment, *East African Agricultural and Forestry Journal*, 62 (2) (1996) 199 - 207. DOI: 10.1080/00128325.1996.11663302
- [29] - A. MISHRA, Allelopathic properties of *Lantana camara* : A review article, *International Journal of Innovative Research and Review*, 2 (4) (2014) 32 - 52
- [30] - P. K. GHOSH, K. G. MANDA and K. M. HATI, Allelopathic effects of weeds on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in India — a review. *Agricultural Reviews*, 21 (1) (2000) 66 - 69
- [31] - O. O. OTUSANYA, O. J. ILORI and A. A. ADELUSI, Allelopathic effects of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray on germination and growth of *Amaranthus cruentus*, *Research Journal of Environmental Sciences*, 1 (6) (2007) 285 - 293
- [32] - N. HUSSAIN, T. ABBASI and S. A. ABBASI, Vermicomposting eliminates the toxicity of *Lantana* (*Lantana camara*) and turns it into a plant friendly organic fertilizer. *Journal of hazardous materials*, 298 (2015) 46 - 57. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2015.04.073