

Effets de la fertilisation organique sur la dynamique des éléments nutritifs du sol à Ngandajika

[Effects of organic fertilization on soil nutrient dynamics in Ngandajika]

Georges Muyayabantu Mupala¹, Michel Nkongolo Mulambwila¹, Charles Ilunga Kashama¹, Carcy Tshimbombo Jadika², and Théodore Tshilumba¹

¹Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo

²Institut National d'Etudes et de Recherches Agronomiques, 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: The study of organic manure should not only be limited to the analysis of its effects on crop development and yield, but should also extend to the examination of its impact on maintaining or increasing soil fertility. A trial was conducted in Ngandajika on the residual effects or nutrient dynamics of two organic materials, cow dung and *Tithonia diversifolia*. At the end of this trial, the following results were recorded, the T2 treatment or the dung nutrient dynamics gave the yield of 2.87 T/ha and 3.16 T/ha respectively in maize monoculture and in maize-cowpea association, which are significantly higher than that achieved with T1 or *Tithonia diversifolia* nutrient dynamics 2.27 T/ha and 2.55 T/ha and the latter more than the control (1.41 T/ha and 1.63 T/ha). Thus, we can therefore remember that the nutrient dynamics of cow dung are stronger than those of *Tithonia diversifolia* on the maize crop more than on the control. Both organic manures with their element dynamics not only increase the yield of maize cultivation, they also increase soil fertility.

KEYWORDS: organic fertilization, nutrient dynamics, soil, Ngandajika.

RESUME: L'étude d'une fumure organique ne doit pas uniquement se limiter à l'analyse de ses effets sur le développement et le rendement des cultures, elle doit aussi s'étendre à l'examen de son impact sur le maintien ou l'accroissement de la fertilité du sol. Un essai a été effectué à Ngandajika sur les effets résiduels ou la dynamique d'éléments nutritifs de deux matières organiques, la bouse de vache et le *Tithonia diversifolia*. A l'issue de cet essai, les résultats ci-après, ont été enregistrés, le traitement T₂ ou la dynamique d'éléments nutritifs de la bouse donne le rendement de 2,87T/ha et 3,16T/ha respectivement en monoculture de maïs et en association maïs-niébé, qui sont significativement plus élevés que celle réalisée avec T₁ ou dynamique d'éléments nutritifs de *Tithonia diversifolia* 2,27T/ha et 2,55T/ha et celui-ci plus que le témoin (1,41T/ha et 1,63T/ha). Ainsi donc, on peut donc retenir que la dynamique d'éléments nutritifs de la bouse de vache est plus forte que celle de *Tithonia diversifolia* sur la culture du maïs celui-ci plus que sur le témoin. Les deux fumures organiques avec leurs dynamiques d'éléments augmentent non seulement le rendement de la culture du maïs, ils accroissent aussi la fertilité du sol.

MOTS-CLEFS: fertilisation organique, dynamique d'éléments nutritifs, sol, Ngandajika.

1 INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo comme d'autres pays d'Afrique Sud-Saharienne est confortée à une croissance démographique importante avec des prévisions du doublement de la population d'ici, 2050 [1]. Cette croissance sera essentiellement urbaine et s'accompagnera de besoins en nourriture croissantes. Ainsi pour répondre au besoin de production

alimentaire de cette population humaine en perpétuelle croissance, il est nécessaire d'assurer durablement l'aptitude du sol à produire des cultures tout en préservant l'environnement [8]; [11].

C'est dans cette perspective que l'accent doit être mis sur les pratiques culturelles dans l'agriculture de conservation du patrimoine sol. Laquelle est axée sur la restitution et le maintien de la matière organique du sol (MOS) [14]; [17]; [21].

A cet égard, les fumures organiques jouent un rôle important dans la restitution et le maintien de la matière organique du sol, susceptible de contribuer non seulement à l'accroissement de ses capacités pour la production de denrées alimentaires, mais aussi à la sauvegarde de la biodiversité faunique et floristique de l'environnement [12]; [7].

Il apparaît donc clairement que la matière organique non seulement, met à la disposition de cultures des éléments nutritifs bien que d'une manière lente et progressive et en proportions moins importante que les engrais minéraux. Mais, elle conditionne aussi plus la fertilité du sol [15]; [19]. Par conséquent, l'étude d'une fumure organique ne doit pas uniquement se limiter à l'analyse de ses effets sur le développement de la culture et particulièrement sur son rendement. Elle doit s'étendre aussi à l'examen du maintien ou de l'accroissement de la fertilité du sol où elle est appliquée [18].

C'est dans cet objectif que cette étude a été conduite, elle a eu pour objectif de: - Déterminer la dynamique d'éléments nutritifs des fumures de *Tithonia diversifolia* et de la bouse de vache sur la culture du maïs dans la région de Ngandajika. Les deux fumures organiques ayant accru le développement et le rendement de la culture du maïs. - Comparer la dynamique d'éléments nutritifs de la bouse de vache à celle de *Tithonia diversifolia* sur la culture du maïs.

L'expérimentation de cet essai a été conduite sous un dispositif en blocs simples complètement randomisés avec trois traitements: T_0 = le traitement sans dynamique d'éléments nutritifs de ces deux fumures organiques; T_0 = le traitement sans dynamique d'éléments nutritifs de fumures organiques; T_1 = le traitement de la dynamique d'éléments nutritifs de *Tithonia diversifolia* et T_2 = le traitement de la dynamique d'éléments nutritifs de la bouse de vache.

Leurs dynamiques accroitraient naturellement le développement et le rendement de la culture du maïs et contribueraient à maintenir ou accroître la fertilité du sol pour la production agricole ultérieure.

2 CADRE PHYSIQUE

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 $6^{\circ} 43' 326''$ de latitude Sud et $23^{\circ} 56' 33,5''$ de longitude Est, à 793 m d'altitude moyenne [3]. C'est une zone à vocation agricole par excellence pour les provinces du Kasai Oriental et de la Lomami/RD. Congo.

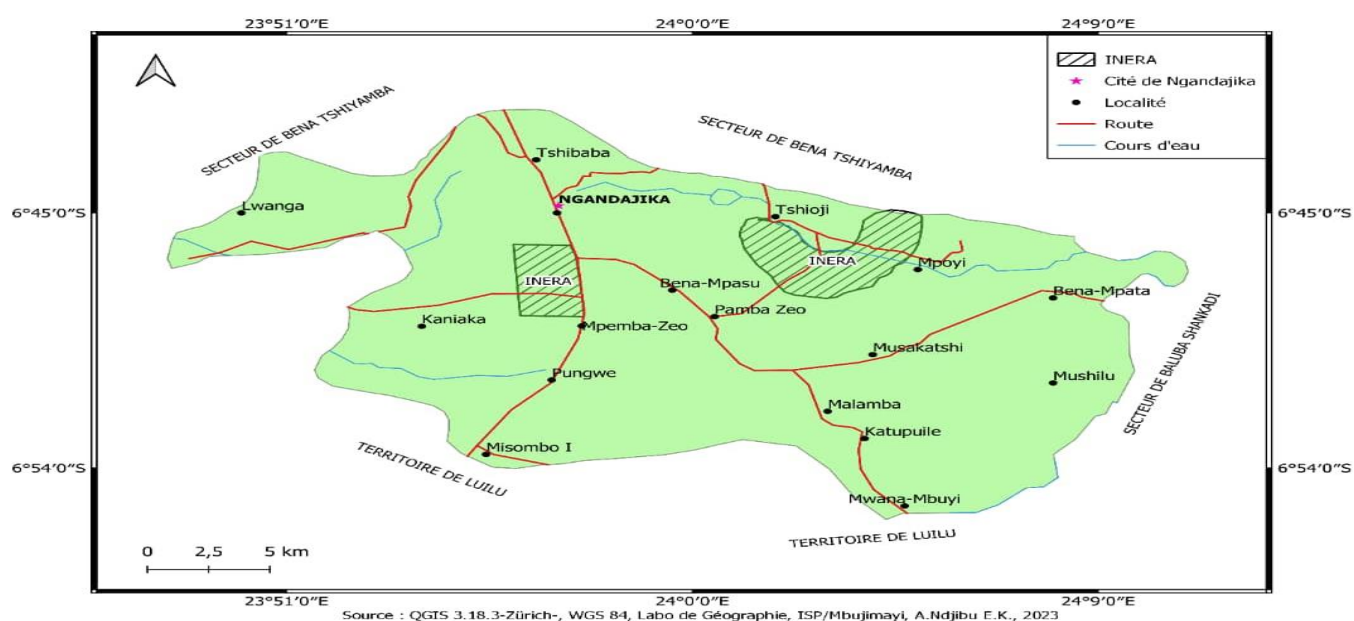


Fig. 1. Carte de l'INERA/Ngandajika/R.D Congo

2.1 SOLS DE NGANDAJIKA

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 [6]. 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.

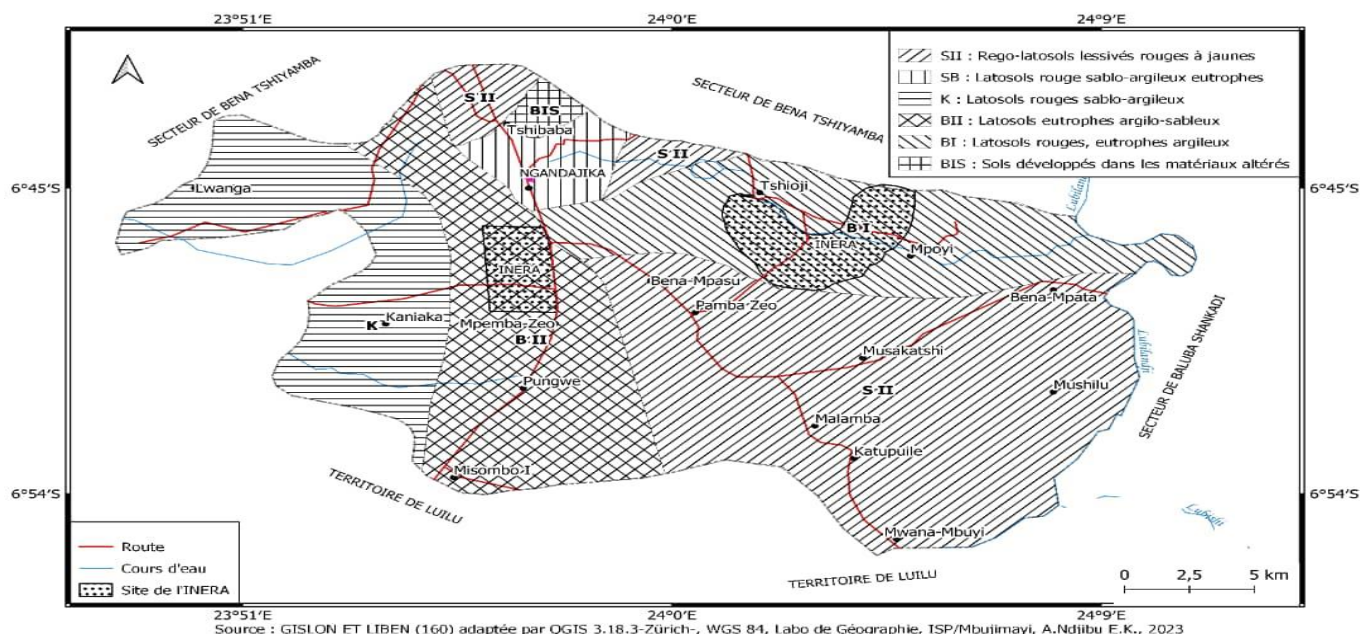


Fig. 2. Carte de sols dans le Territoire de Ngandajika

2.2 CLIMAT DE NGANDAJIKA

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 maximas de 28,4°C et le plus froid est juillet avec 20,1°C de moyenne des minimas [5]. La durée de l'insolation est de 2400 heures [10].

2.3 RELIEF ET VEGETATION DE NGANDAJIKA

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 [20]; [2]. 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 MATERIEL ET METHODES

3.1 MATERIEL

3.1.1 MATERIEL 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]; [22]; [4]. 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 et 100 %) [23]. Elle est en vulgarisation en RDC depuis 2012.

3.1.2 MATERIEL FERTILISANT

Il n'a été utilisé aucun fertilisant, l'essai ayant pour objectif d'évaluer les effets résiduels de *Tithonia diversifolia* et bouse de vache apportés comme fumures organiques sur la culture du maïs dans un essai précédant.

3.2 METHODES

3.2.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental est en blocs simples complètement randomisés. Il est constitué de 3 blocs séparés de 1,5m; l'un de l'autre. Chaque bloc comporte deux parties, la 1^{ère} avec la monoculture de maïs et la 2^{ème} sur laquelle le maïs est en association avec le niébé contenant 3 parcelles séparées de 0,5m; l'une de l'autre correspondant aux trois traitements. Leur superficie étant de 12m² soit 4m sur 3m. T₀: Le traitement sans dynamique des éléments nutritifs; T₁: Le traitement de la dynamique d'éléments nutritifs avec le *Tithonia diversifolia* et T₂: Le traitement de la dynamique d'éléments nutritifs avec la bouse de vache. Le terrain expérimental avait une superficie de 312m² soit (24m X 13m).

3.2.2 ITINERAIRE TECHNIQUE

Le labour a été effectué avec la charrue attelée au tracteur, le 28 janvier 2023. Le hersage et l'émottage ont été réalisés manuellement le 03 février 2023. Alors que la délimitation du terrain a été effectuée le 4 février 2023. Le semis et le regarnissage des vides ont eu lieu respectivement le 06 et le 13 février 2023.

Le semis a été effectué le 14 février 2023 à l'écartement de 75 X 50 (cm²) à raison 3- 4 graines par poquet. Le regarnissage des vides était exécuté le 21 février 2023 soit une semaine après le semis. En ce qui concerne les opérations d'entretien, les 1^{er} et 2^{èmes} sarclages, respectivement réalisées le 14/03/2023 pour le 1^{er} sarclage, le 28/03/2023 pour le 2^{ème} avec le buttage et le démariage.

Le prélèvement de mesures de paramètres de croissance (diamètre au collet, hauteur de plants, le nombre de feuilles) a et de rendement (nombre d'épis par plant) était effectué le 28/04/2023 et la récolte était faite le 04/06/2023. 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.

3.2.3 OBSERVATIONS

Dans le but d'évaluer les effets résiduels de fumures organiques du bat guano et de *Tithonia diversifolia*, les mensurations suivantes sur les paramètres de croissance, ont été prélevées. Il s'agit du taux de levée, le diamètre au collet, la hauteur de plants et la surface foliaire. En ce qui concerne les paramètres de production, les mesures ci-après, ont été effectuées: Le nombre d'épis par plant, le nombre de graines par épi, le poids de mille grains et le rendement en tonnes ou megagrammes par hectare.

3.2.4 ANALYSES STATISTIQUES

Dans le but d'évaluer les effets résiduels des fumures organiques de la bouse de vache et du *Tithonia diversifolia* sur la culture du maïs, les données recueillies ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel Statistix 8.0, le test de Least Significant Difference (LSD) a servi alors à la comparaison de moyennes au seuil de probabilité de 5%.

4 RESULTATS

4.1 EFFETS DE LA DYNAMIQUE D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS DES FERTILISANTS SUR LES PARAMÈTRES DE DÉVELOPPEMENT

Le tableau 1. Présente les résultats d'effets résiduels des fertilisants sur les paramètres de développement de la culture du maïs. Ces paramètres sont, le taux de levée (T.L), le diamètre au collet (D.C), la hauteur de plants (H.P) et la surface foliaire.

Tableau 1. Paramètres de croissance avec la dynamique d'éléments nutritifs de la Bouse de vache et de *Tithonia diversifolia* en monoculture de maïs et en association au niébé

Types E.R.	Monoculture de maïs				Association maïs au niébé			
	T.L.	D.C.	H.P.	S.F.	T.L.	D.C.	H.P.	S.F.
E.R. Titho	78,3a	1,47b	1,26a	280,6a	79,0a	1,75a	1,27a	254,2b
E.R. Bouse	81,0a	1,88a	1,35a	287,7a	85,47a	1,85a	1,20a	324,5a
Tém.	74,6a	1,35b	1,21a	237,3b	75,86a	1,47b	1,15a	245,8b
Moy.para.	77,96	1,56	1,27	268,5	80,11	1,7	1,21	274,8
Déc.	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S
C.V. (%)	10,08	12,62	5,92	17,45	10,08	12,62	5,92	17,45

Légende: (E.R) Titho = Effet résiduel sur le *Tithonia diversifolia*; (E.R) Bouse = Effet résiduel sur la Bouse; Moy para = Moyenne sur le paramètre; (T.L) = taux de levée (%), D.C.=Diamètre au collet (cm), H.P.=Hauteur de plants (m), S.F.= Surface foliaire (cm²), Déc.=Décision, C.V (%) = Coefficient de variation

4.1.1 DYNAMIQUE D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS DE FERTILISANTS SUR LE TAUX DE LEVÉE

Il n'y a pas de différence significative entre les effets résiduels de traitements pour le taux de levée en monoculture de maïs comme en association maïs-niébé. En monoculture: La bouse de vache à l'effet résiduel de (81%), le *Tithonia diversifolia* (T.d.) (78,3%) et le témoin (74,6%). En association maïs-niébé, la bouse de vache et le T.d. ont respectivement les effets résiduels de 85,47% et 79,0% alors que le témoin a 75,86%. Ces résultats s'expliqueraient par le fait que ce paramètre est plus lié à la variété (à ses potentialités) qu'à l'état du sol (la fertilité) qui ne s'est pas exprimé tout à fait dans ce cas.

4.1.2 DYNAMIQUE D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS DE FERTILISANTS SUR LE DIAMÈTRE AU COLLET

Il y a une différence significative entre les effets résiduels de fumures en monoculture de maïs comme en association maïs-niébé pour le diamètre au collet. L'effet résiduel sur la bouse est significativement plus grand que celui sur le *Tithonia diversifolia* et le témoin soit 1,88 cm pour la bouse et 1,47 cm pour le T.d., 1,35 cm pour le témoin.

En association maïs-niébé, l'effet résiduel sur la bouse (1,85cm) est significativement le même que sur le T.d. (1,75 cm) et celui-ci, significativement plus grand que le témoin (1,47 cm).

Ces résultats se justifieraient par le fait que la bouse riche en éléments nutritifs et d'autres caractéristiques fertilisantes, ameublir et enrichit bien le sol que le T.d. qui est aussi un bon fertilisant et leur effet résiduel est plus grand que celui du témoin. Ces moyennes traduisent aussi bien les potentialités de la variété que l'état de la fertilité du sol.

4.1.3 DYNAMIQUE D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS DE FERTILISANTS SUR LA HAUTEUR DE PLANTS

Il n'y a pas de différence significative entre les effets résiduels de différentes fumures en monoculture comme en association maïs-niébé. Ces effets ne s'expriment pas pour ce paramètre, ils évoluent en diminuant et ne se traduisant pas pour certains paramètres.

4.1.4 DYNAMIQUE D'ÉLEMENTS NUTRITIFS DE FERTILISANTS SUR LA SURFACE FOLIAIRE

En monoculture: Il y a une différence significative entre les effets résiduels de différents traitements. Les effets résiduels de deux fumures organiques ont significativement la même valeur moyenne sur la surface foliaire, soit (280,60 cm²) avec le T.d. et (287,70 cm²) avec la bouse. Ces moyennes sont significativement plus grandes que celle enregistrée avec le témoin (237,30 cm²). En association maïs niébé, la différence entre les effets résiduels de fumures est aussi significative. L'effet résiduel sur la bouse de vache (324,50 cm²) est significativement plus grand que ceux obtenus sur le T.d. (254,20 cm²) et le témoin (245,80 cm²) qui l'ont significativement le même. Le fait que la bouse enrichit et ameublisse mieux le sol que le T.d. et le témoin expliquerait ces résultats.

4.2 EFFETS DE LA DYNAMIQUE D'ÉLEMENTS NUTRITIFS DES FERTILISANTS SUR LES PARAMÈTRES DE PRODUCTION

Tableau 2. Paramètres de la production avec la dynamique d'éléments nutritifs de la Bouse de vache et de *Tithonia diversifolia* en monoculture de maïs et en association au niébé

Types E.R.	Monoculture de maïs				Association maïs au niébé			
	NEP	NGE	P1000	RDT	NEP	NGE	P1000	RDT
Déc.	NS	S	S	S	NS	S	S	S
E.R. Tith	1,10 a	334,63 b	170,10 b	2,27 b	1,20 a	355,68 b	204,96 a	2,55 b
E.R. bouse	1,10 a	354,57 a	193,26 a	2,87 a	1,14 a	396,56 a	205,71 a	3,16 a
Tém.	1,00 a	326,40 b	147,36 c	1,41 c	1,08 a	290,98 c	144,36 b	1,63 c
Moy.para	1,06	338,53	170,24	2,18	1,14	347,74	185,01	2,45
Déc.	NS	S	S	S	NS	S	S	S
C.V. (%)	9,46	14,03	10,68	28,46	9,46	14,03	10,68	28,46

Légende: (E. R) Tith = Effet résiduel sur le *Tithonia diversifolia*; (E.R. B) = Effet résiduel sur la bouse; (NEP) = Nombre d'épis par plant; (NGE) = Nombre de grains par épi; P1000 = Poids de mille grains; (RDT) = Rendement (en tonnes ou Megrammes/hectare); Moy.para = Moyenne par paramètre, Déc. = Décision, Tém. = Témoin; C.V. (%) = Coefficient de variation

4.2.1 DYNAMIQUE D'ÉLEMENTS NUTRITIFS DE FERTILISANTS SUR LE NOMBRE D'ÉPIS PAR PLANT

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements en monoculture de maïs comme en association maïs-niébé. L'effet résiduel de fumures ne s'exprimant pas par rapport à ce paramètre

4.2.2 DYNAMIQUE D'ÉLEMENTS NUTRITIFS DE FERTILISANTS SUR LE NOMBRE DE GRAINS PAR ÉPI

En monoculture, l'effet résiduel sur la bouse donne le nombre de grains par épi de (354,57) significativement plus grand que le *Tithonia diversifolia* (334,63) et le témoin (326,40), les deux traitements ayant significativement la même valeur de ce paramètre.

En association maïs-niébé, l'effet résiduel observé sur la fumure de la bouse (396,56) est significativement plus grand que celui observé sur le T.d. (355,68) et celui-ci est significativement plus élevé que sur le témoin.

La bouse étant plus riche en plusieurs caractéristiques fertilisantes que le T.d., enrichit et ameublisse le sol plus que celui-ci bien que cette dernière affiche aussi de performances dans l'aménagement ou l'amélioration de la fertilité du sol comparativement à beaucoup d'autres matières organiques. Leurs effets résiduels s'inscrivent dans cette logique.

4.2.3 DYNAMIQUE D'ÉLEMENTS NUTRITIFS DE LA BOUSE DE VACHE ET DE TITHONIA DIVERSIFOLIA SUR LE POIDS DE MILLE GRAINS

En monoculture, l'effet résiduel sur la bouse de vache de (193,26 g) est significativement plus grand que sur le T.d. (170,10 g). Et l'effet résiduel sur celui-ci est significativement plus grand que sur le témoin (147,36 g). Ces résultats se justifient par les mêmes explications que celles évoquées sur le paramètre précédent.

En association maïs-niébé, l'effet résiduel sur la bouse de vache est évalué à une valeur moyenne de 205,71 g significativement la même que sur le T.d. (204,96g). Leur effet résiduel étant alors significativement plus grand que celui enregistré sur le témoin (144,63 g). Le non apport de fumures organiques dans l'exploitation agricole se traduit par la baisse de la fertilité, qui s'exprime avec la diminution de valeurs moyennes de certains paramètres.

4.2.4 DYNAMIQUE D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS DE LA BOUSE DE VACHE ET DE TITHONIA DIVERSIFOLIA SUR LE RENDEMENT DE LA CULTURE DU MAÏS EN MONOCULTURE ET EN ASSOCIATION MAÏS-NIEBE

En monoculture comme en association maïs-niébé par rapport au rendement, l'effet résiduel sur la bouse affiche respectivement les valeurs moyennes de 2,87 T/ha et 3,16 T/ha significativement plus grandes que sur le T.d. avec 2,27 T/ha et 2,55 T/ha, qui sont aussi statistiquement plus grandes à celles enregistrées sur le témoin (1,41T/ha et 1,63 T/ha).

Ces résultats s'expliqueraient par le fait que non seulement la bouse est plus riche en éléments nutritifs, elle laisse aussi en se décomposant un résidu qui permet l'ameublissement du sol. Ce qui lui confère un avantage en comparaison au T.d. qui est aussi riche en éléments nutritifs, mais se décompose et ne laisse pas d'humus stable, étant donné sa richesse en glucides et en azote.

5 DISCUSSION

Cet essai a eu pour objectif d'évaluer la dynamique d'éléments nutritifs de deux matières organiques, la bouse de vache et le *Tithonia diversifolia* en vue de déterminer le pouvoir fertilisant de chacune.

Il ressort de cette étude que la dynamique d'éléments nutritifs avec la bouse de vache confère à la culture du maïs non seulement un grand développement mais aussi, un rendement supérieur comparativement au *Tithonia diversifolia*. Ce résultat s'expliquerait par la richesse de *Tithonia*, en sucre et en azote; donnant de produits transitoires qui disparaissent sans laisser d'humus susceptible d'accroître la capacité de rétention en eau et d'échange cationique [16]; [9].

6 CONCLUSION

Cette étude a eu pour objectif de déterminer les effets résiduels des fumures organiques de *Tithonia diversifolia* et de la Bouse de vache sur la culture du maïs ou en d'autres termes déterminer la dynamique d'éléments nutritifs de ces fumures organiques, en outre les comparer entre eux.

Les résultats enregistrés dans cette étude indiquent bien que la bouse de vache a des effets résiduels globalement plus grands que ceux de *Tithonia diversifolia* sur la culture du maïs. Qu'il s'agisse des valeurs moyennes de paramètres de croissance comme pour les paramètres de production. Ces deux matières organiques ont ainsi des effets résiduels plus grands que le témoin ou la non utilisation des fumures organiques qui ne fait qu'appauvrir le sol tant que l'on ne lui restitue pas ce qu'il perd au fil des saisons culturales.

Cette recherche met en évidence l'effet bénéfique d'utilisation des fumures organiques dans l'exploitation agricole des sols. Non seulement, elles augmentent ou accroissent le rendement (la production) des cultures, elles ont aussi un impact sur l'état de la fertilité des sols qu'elles maintiennent ou améliorent. Elles jouent un rôle important dans la restitution de la matière organique du sol, susceptible de contribuer à l'accroissement de ses capacités pour la production des denrées alimentaires et à la sauvegarde de la biodiversité faunique et floristique de l'environnement.

Les deux matières organiques, bouse de vache et *Tithonia diversifolia* constituent ainsi une solution au problème de la fertilité du sol dans la région de Ngandajika où le fumier de chèvre utilisé s'avère inefficace dans la restauration de la fertilité du sol.

L'utilisation de ces deux matières organiques dans cette région offre aussi l'avantage de pratiquer l'agriculture intensive avec la possibilité d'exploiter les mêmes champs et ainsi mettre fin à l'agriculture itinérante qui est impliquée dans la déforestation. A laquelle est imputé le phénomène du réchauffement climatique observé dans la plupart de parties du monde.

REFERENCES

- [1] Agrimonde. Complementary to other approaches on long term Food Balances, www.agrimonde.org. 2009.
- [2] 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.
- [3] Anonyme. Rapports annuels du Territoire de Ngandajika. Province du Kasai Oriental, République Démocratique du Congo. 2-5pp. 2003.
- [4] Bressani R. Nutritional value of high lysine maize in humans in: *Cereals food World* 36: 806-811. 1991.

- [5] Crabbe et Totiwe. Paramètre moyens et extrêmes principaux du climat des stations du réseau INERA, section de climatologie, Yangambi, 1979.
- [6] Culot J.P. et Laudelout H. Rétrogradation et utilisation des engrais phosphaté dans les sols du Congo. Belge. Pédologie 87: 162-168.
- [7] Dillon J. Harder J. 1993. Farm management research for small farmer development. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1959.
- [8] Fabrégat S. L'impact des conditions météorologiques sur les productions agricoles, Actu-Environnement.com, 2019.
- [9] Fairhurst T. Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols. (Ed) Consortium Africain pour la Santé des Sols, Nairobi 2015.
- [10] Janssens, J.J. 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 98/3,1998.
- [11] Hartemink A.E. Soil science, population growth food: some historical development, in Advances in integrated soil fertility, management in sub-saharian Africa: challenges and opportunities, ed. Bationo A., Waswa B., Kihara J., Kimetu J., Springer.
- [12] Kiema A., Niango A.J., Ouédraogo T., Sonda J. 2008. Valorisation des ressources alimentaires locales dans l'embouchure ovine paysanne Cahiers Agricultures, 17 (1): 23-24, 2007.
- [13] Krivanek A.F., De Grotte H., Gunaratna N.S., Diallo A.O. and Friesen D. Breeding and disseminating quality protein maize (Q PM) for Africa. Afr. J. Biotechnol; 6: 312324, 2007.
- [14] Lobell D.B., Bänziger M, Magorokosho C, Vivek B. Food Security and Biodiversity Conservation under Global Change, Kassel university press GmbH, Amazone, France, 2011.
- [15] Mafongoya P.L., Bationo A., Kihara J. Appropriate technologies to replenish soil fertility in southern 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.
- [16] Masiala M.G. et Ngoyi T. Influence de la fumure organique (*Leucena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*, *Panicum maximum*) et minérale (NPK) sur la nodulation de la souche rhizobienne USDA 3272 et le rendement du niébé dans les conditions agro-écologiques du mont Amba (Kinshasa), Ouest de la RDCongo, International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9394 Vol. 20 N°3 pp911-920, 2017.
- [17] Muna-Mucheru M., Pypers P., Mugendi D., Kung'U J., Mugue J., Merx R., Vanlauwe B. A staggered maize-legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya, Field Crop Research 115/2010/132-139, www.elsevier.com/locate/fcr, 2010.
- [18] Nkongolo M., Lumpungu K., Kalonji M., Kizungu V., Tshilenge D. Effets des fumures intégrées (organique-minérale) sur la croissance et le rendement de la culture dumaïs en association avec le niébé dans la région de Ngandajika/RDCongo, www.edilivre.com, 2018.
- [19] Okalebo J.R., Othieno C.O., Woomer P.L., Karanja N.K., Semoka J.R.M., Bekunda M.A., Mugendi D.N., Muasya R.M., Bationo A. and Mukhwana E.J. Available technologies to replenish soil fertility in east Africa, in southern 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.
- [20] Rishirumuhirwa, T.E., Birasa C., Bigura L., 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.
- [21] Uyo Ybesere E.O. and Elemo K.A. Effect of inorganic fertilizer and foliage of *Azadirachta* and *Parkia* species on the productivity of early maize. Nigeria Journal of soil research, 1, 17-22, 2000.
- [22] Vietmeyer N. D. A drama in tree long acts: The story of the development of quality protein maize. Diversity 16: 29-32, 2000.
- [23] Vivek B.S., Krivanek A.G., Palacios-Rojas N., Twumasi-Afriyies S. and Diallo A.O., Breeding Quality Protein Maize (QPM): Protocols for Developing QPM Cultivars. Mexico, D.F.: CIMMYT, 2008.