

Influence du *Tithonia diversifolia* associé aux buttages sur le contrôle des mouches (*Ophiomyia* spp) et le rendement du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) à l'Est de la RD Congo

Munganga-wa-Muhwandju Romain¹, Musungayi Mpongolo Eric¹, Ugentho Ukany Henri¹, Bibishe Musungayi Muyayabo¹, Koleramungu Cimanuka Oswald¹, Mirindi Cirhuza Telesphore¹, Nzama Djaimbu¹, and Ntamwira Bagula Jules¹⁻²

¹Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), BP 2037 Kinshasa 1, Centre de Recherche de Mulungu, RD Congo

²Faculté de Gestion de Ressources Renouvelables, Université de Kisangani, BP 2012 Kisangani, RD Congo

Copyright © 2020 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 objective of the study was to evaluate the influence of *Tithonia diversifolia* in association with three hilling moments in order to identify the best moment (s) associated with *Tithonia diversifolia* improve soil fertility and thus give bean plants the ability to withstand the attack of bean flies and thus hope to have good yield of common beans. The experimental design was the split plot with three repetitions, with beans' variety called Kirundo as the main plots. They were subdivided into two subplots, one of which corresponded to the application of *Tithonia diversifolia* and the other without *Tithonia diversifolia*. The main plots were nine in total and constituted six different treatments evaluated. A single fresh biomass dose of *Tithonia diversifolia* equivalent to 10 tons per hectare was applied in all plots with *Tithonia d.* two weeks before sowing beans. There were significant differences between treatments. Bean' yield increased by an average of 212.28%, the weight of 100 seeds was improved by an average of 7.2%, the number of pupae such as the cumulative number of dead bean plants was significantly reduced by application of *Tithonia diversifolia* in this highly endemic study environment for bean maggot, the vigor of bean plants has been improved, there has been no interaction between *Tithonia diversifolia* and ridging at any given time. In conclusion, the application of *Tithonia diversifolia* increased bean yield in soil with many soil fertility constraints and highly endemic for bean maggot (*Ophiomyia* spp).

KEYWORDS: Yield, sowing, soil fertility, ridging, bean maggot, application, bean, *Tithonia diversifolia*.

RESUME: L'objectif de l'étude était d'évaluer l'influence du *Tithonia diversifolia* en association avec trois moments de buttage en vue d'identifier le(s) meilleur(s) moment(s) qui, associé(s) au *Tithonia diversifolia* améliorerait la fertilité du sol et donner ainsi aux plants de haricot la capacité de résister à l'attaque des mouches de haricot et espérer ainsi avoir de bon rendement du haricot commun. Le dispositif expérimental était le split plot à trois répétitions avec comme parcelles principales la variété de haricot (KIRUNDO), elles étaient subdivisées en deux sous parcelles secondaires dont l'une correspond à l'application du *Tithonia diversifolia* et l'autre sans *Tithonia*. Les parcelles principales étaient au total neuf et constituaient six différents traitements évalués. Une dose unique de biomasse fraîche de *Tithonia diversifolia* équivalente à 10 tonnes par hectare a été appliquée dans toutes les parcelles avec *Tithonia d.* deux semaines avant le semis du haricot. Il a été observé des différences significatives entre les traitements. Le rendement du haricot a connu une augmentation de 212.28% en moyenne, le poids de 100graines a été amélioré de l'ordre de 7.2% en moyenne, le nombre de pupes comme celui cumulé des plants de haricot morts a été réduit significativement par l'application du *Tithonia diversifolia* dans ce milieu d'étude très endémique pour la mouche du haricot, la vigueur des plants de haricot a été améliorée, il n'y a pas eu d'interaction entre le *Tithonia diversifolia* et le buttage à quelque moment qu'il soit.

En conclusion, l'application du *Tithonia d.* a augmenté le rendement du haricot dans un sol avec beaucoup de contraintes de fertilité du sol et très endémique pour la mouche du haricot (*Ophiomyia* spp).

MOTS-CLEFS: Rendement, semis, fertilité du sol, buttage, mouche du haricot, application, haricot, *Tithonia diversifolia*.

1 INTRODUCTION

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) représente 95% de la production agricole mondiale [1], [2] il est un aliment important et constitue une source protéique importante pour le peuple à faible revenu d'Afrique en général et de la République Démocratique du Congo en particulier. Sa production en RD Congo représente en général plus de la moitié de la production des légumineuses à graines [3],[4].et [5], et sa consommation dans la région des grands lacs est la plus forte du monde, soit 50 kg par personne par an ou 137grammes par jour, il fournit jusqu'à plus de 50% des protéines dans les régimes alimentaires au Rwanda, au Burundi et les deux provinces du Nord et du Sud-kivu, à l'Est de la RD Congo [6], de même il amène 32% des calories, du Fer, Zinc et fibres [7],[8]et[3].

Malgré cette importance du haricot, les rendements en graines de haricot (400 à 800kg/ha) restent encore faibles [9], pourtant les résultats de recherche ont montré que plus de 2000 à 3000 kg/ha de haricots nains et 4000 à 6000kg/ha de haricots volubiles peuvent être produits [10]. Les causes de ces faibles rendements dans la province du Sud- Kivu sont nombreuses, notamment les pratiques culturales inappropriées, les maladies et le changement climatique, la faible teneur du sol en Azote et en Phosphore [11], [9], [12] et [10]. Aussi dans le Kivu montagneux à forte densité de la population [13], les agriculteurs font recours à l'association des cultures (sans aucun respect des écartements recommandés) telle que haricot-maïs-manioc, haricot-taro-bananier, etc. du fait de l'insuffisance des terres cultivables [14], [15] car la superficie moyenne de l'exploitation agro-pastorale par ménage est moins de 0.5ha [14].

Ensuite les agriculteurs brûlent les herbes lors de la préparation des terrains pour le semis, ceci peut avoir comme conséquence, la perte de 40 kg d'Azote et de 10 kg de Soufre par hectare à chaque saison culturale [16],[17], Cette situation est aggravée d'une part, par le fait que les terres cultivées, plus particulièrement celles en pentes, touchées par l'érosion due à un ruissellement massif, celle-ci étant la majeure source de dégradation et de perte de terres arables dans le Kivu montagneux [18]. Par ailleurs, la jachère naturelle, considérée dans le temps comme alternative pour reposer le sol en vue de lui restituer sa productivité requiert une longue durée, il serait donc utopique pour les agriculteurs du Kivu montagneux de pratiquer la jachère étant donné que la superficie moyenne qu'ils exploitent pour les activités agro-pastorales par ménage est inférieure à 0.5 ha [14]. A part ces différentes causes des faibles rendements citées ci-haut, il s'ajoute aussi la mouche du haricot (*Ophiomyia* spp) dont *Ophiomyia phaseoli* et *Ophiomyia spencerella* [19], [7], [20], que [11] et [5] affirment que cette mouche du haricot constitue une des grandes contraintes limitant le rendement du haricot commun dans toutes les contrées productrices en champs des agriculteurs.

A Nyamunyunye (à environ 5km du Centre de Recherche de l'INERA-Mulungu), en territoire de Kabare, province du Sud-kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo, la situation est particulièrement désastreuse, le soja y étant entrain de dépérir, alors que dans la plaine faisant face à cette sous-station de l'INERA-Mulungu, les haricots cultivés par les paysans sont dans un triste état suite à cette mouche de haricot [21], [22], ils affirment que cette mouche de haricot est classée parmi les grands ravageurs du haricot avec une incidence de plus de 39% en champs des paysans et une réduction du rendement de 60-70 % [1],[23]), elle était déjà considéré il ya une trentaine d'années comme un ravageur important de la culture du haricot dans la région des grands lacs [24]). Etant donné que la mouche de haricot pose beaucoup plus de dégâts en sols avec contraintes de fertilité qu'en sols fertiles[25],[26],[27] et [28], une solution qui améliorerait la fertilité du sol pourrait permettre une croissance vigoureuse et rapide des plants de haricot, et de résister aux attaques des mouches [24],[29] et [26], et d'améliorer son rendement en réduisant très significativement non pas le niveau d'infestation des plants de haricot mais bien les chutes de rendement engendrées par les attaques des mouches [26].Biologiquement ce n'est pas la mouche adulte qui cause des dégâts mais ce sont bien ses larves qui se nourrissent de la sève en creusant une galerie dans les tissus conducteurs de la plantule, tout en les dévorant puis descendent jusqu'au niveau du collet ou les dégâts y occasionnés empêchent la circulation de la sève et provoquant ainsi le flétrissement et enfin la nécrose ou la mort de la plantule [3],[30],[31]. Les mortalités les plus élevées sont enregistrées par temps sec dans les sols pauvres [29]

De toutes les solutions préconisées pour combattre les contraintes du haricot dues à la mouche du haricot, en régions endémiques comme celle de la contrée de Nyamunyunye, le paillage, l'application des engrais chimiques, le traitement des semences par les insecticides, le recours aux variétés résistantes, etc [25],[32], sont considérées comme les plus adaptées ; mais ces différentes approches montrent une efficacité limitée en milieux paysans parce que celles-ci ne sont pas disponibles ni accessibles à tous dans ces milieux ; ainsi il serait évident que les technologies disponibles et accessibles pouvant favoriser la diminution et ou la limitation de l'endémicité de cette mouche de haricot soient mises à la disponibilité des agriculteurs afin de réduire les effets négatifs de cette mouche de haricot en donnant aux plants de haricot la capacité de résister aux attaques des mouches par l'augmentation de la fertilité du sol ; raison pour laquelle notre étude avait pris en compte l'utilisation des biomasses de *Tithonia diversifolia* (à raison de 10 tonnes par hectare, enfouies 2 semaines avant le semis du haricot), un engrais vert disponible partout dans les milieux paysans du Sud-kivu et ayant des capacités amélioratrices de la fertilité du sol

[33],[34],[35] et [36]), le buttage étant recommandé dans la lutte contre la mouche du haricot, car grâce à celui-ci on évite l'attaque du collet par les larves [24],[37]. L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances du *Tithonia diversifolia* en association avec trois différents moments de buttage en vue d'identifier le (s) meilleur (s) moment (s) qui associé (s) aux biomasses de *Tithonia diversifolia*, (enfouies deux semaines avant le semis du haricot) améliorerait la fertilité du sol et donner ainsi aux plants de haricot la vigueur de résister aux attaques des mouches de haricot et améliorer ainsi le rendement du haricot dans ce milieu d'étude très endémique pour la mouche de haricot.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU EXPÉRIMENTAL

L'essai était conduit dans le site de Nyamunyuye (à 5km du Centre de Recherche de l'INERA-MULUNGU), en groupement de Bushumba, territoire de Kabare, province du Sud-Kivu, à l'Est de la République Démocratique du Congo ; pendant la saison culturale 2016 B.

Il est situé à une altitude de 1703m et reçoit des précipitations totales annuelles de 1513mm en moyenne avec trois mois secs, à savoir Juin, Juillet et Août recevant respectivement en moyenne 41,8mm, 20,7mm et 47,4mm de pluies (poste météorologique de Mulungu).

Le sol est généralement argileux-lourd [38], [39], Kuczarow et Pecrot (cités par [40]) à horizon A épais.

L'horizon de surface est moyennement épais à très épais. La teneur en matière organique est très élevée et le rapport C/N est très faible. Ce sol est très acide et présente une teneur élevée en Aluminium échangeable, cela pourrait entraîner des sérieuses limitations pour certaines cultures sensibles à la toxicité aluminique [40], le haricot n'étant pas épargné.

La saturation en base s échangeables est faible, tous les cations Ca, Mg et K sont à des teneurs faibles à très faibles. C'est un sol posant aussi un problème en phosphore (niveau très faible).

Les principales limitations de ce sol sont : la texture lourde, la faible réserve en bases et la toxicité aluminique [40], [38]

Tableau 1. Quelques propriétés chimiques et physiques du sol du site expérimental

Caractéristiques	Valeurs
pH(H ₂ O)	5.1
pH(KCl)	4.1
Matières organiques	
%C	3.3
%N	0.47
C/N	7.1
P (Bray I) (ppm)	< 1
Complexe adsorbant (méq/100g)	
Ca	2.55
Mg	1.05
K	0.06
Na	0.05
Somme	3.71
Acidité d'échange	
Al ³⁺	2.65
H ⁺	0.5
Granulométrie (microns) en %	
Argile (0-2)	82.1
Limon (2-20)	8.6
Sable (20-2000)	9.3

Source : Laboratoire de chimie agricole de l'ISABU (1989) [41]

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

2.2.1 LE HARICOT

Une variété de haricot a été utilisée dans l'essai, il s'agit de la variété Kirundo. Cette variété originaire du Burundi est en diffusion en milieu paysan par le Centre de Recherche de l'INERA-Mulungu. Voici quelques caractéristiques agronomiques

Tableau 2. Caractéristiques de la variété utilisée dans l'essai

Variété	Cycle végétatif	Couleur graine	Racines	Résistance Tolérance	Susceptibilité	Altitude	Rendement
KIRUNDO	90-100jours	Jaune	fasciculées	Anthracnose Rouille Mosaique	Mouche du haricot	1000-2000m	1000-1500 Kg/ha

Source : Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), 2012 [42]

2.2.2 LE TITHONIA DIVERSIFOLIA

Il est un engrais vert car il agit de certaines façons sur la fertilité du sol [33], [36]:

- Il produit une grande quantité de matière végétale qui, en pourrissant améliore la structure du sol. Cette matière est fabriquée aussi bien dans le sol (racines) que dans l'espace aérien (tiges, feuilles).
- Les racines abondantes travaillent le sol, elles brisent les mottes et favorisent le passage de l'eau, selon [34], ses biomasses se caractérisent par leur richesse relative en azote (3,5%), avec une teneur acceptable en phosphore (0,28%), aussi ses biomasses se minéralisent plus rapidement (Op. Cit).

En plus de son rôle d'engrais vert, il est utilisé comme clôture des champs et des parcelles, ce qui le rend disponible chez presque tous les paysans.

2.3 LA MOUCHE DU HARICOT (*Ophiomyia* spp)

La mouche du haricot est un petit insecte, de coloration généralement noire brillante, semblable aux mouches communes ; mais qui ne mesure que 2 à 3mm de long environ.

Elle ne s'attaque essentiellement qu'à la culture du haricot, mais peut aussi voir comme plante hôte secondaire d'autres légumineuses cultivés (soja, niébé, pois cajan...).

Elle est connue depuis des nombreuses années et a été signalée en Australie, aux Philippines, au Sri Lanka, en Malaisie, au Pakistan, en Chine, à Taiwan, et sur le continent Africain, en Tanzanie, au Kenya, en Zambie, en RDC, au Rwanda et au Burundi...

Le genre s'appelle *Ophiomyia* (anciennement *Melanogromyza*) et on connaît trois espèces de mouches appartenant à ce genre [25]

- 1) *Ophiomyia spencerella*, la plus commune surtout en région de haute altitude
- 2) *Ophiomyia phaseoli*, plus fréquente en région de basse altitude
- 3) *Ophiomyia centrosematis*, en général plus abondante sur les cultures du haricot de saison sèche.

On peut reconnaître les différentes espèces suivant la couleur de leurs pupes, celles-ci sont noires pour l'espèce *Ophiomyia spencerella*, brunes pour les espèces *Ophiomyia phaseoli* et *Ophiomyia centrosematis*.

La mouche *Ophiomyia* (*Melanogromyza*) *phaseoli* étant déjà considérée il y a une trentaine d'années comme un ravageur important de la culture du haricot dans la région des grands lacs [24], il a été découvert et décrit comme un ravageur important du haricot dans les régions chaudes en 1895 par Tyron [42]. Ce n'est qu'après 1960 que les deux autres espèces ont été identifiées dans les cultures du haricot en Afrique de l'Est, détecté respectivement par Spencer [42] et [19]

LES SIGNES D'UNE ATTAQUE DE MOUCHES SUR LE HARICOT

Les premiers signes de l'attaque se manifestent surtout de 3 à 6 semaines après le semis, ainsi on observe :

- 1) Un jaunissement prématuré de 2 premières feuilles appelées feuille cotylédonaire
- 2) Ce jaunissement est suivi d'un flétrissement et ainsi la plante meurt, et si on déterre cette plante morte, on constate que le collet est fissuré et des pupes seront visibles

2.4 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental utilisé était le split plot (à trois répétitions) avec comme parcelle principale la variété de haricot (Figure 1). Elles étaient subdivisées en deux sous parcelles secondaires chacune correspondant au moment de buttage en association ou non au *Tithonia diversifolia* c'est-à-dire que l'une correspondait au buttage avec application de *Tithonia diversifolia* (10 tonnes par hectare de biomasses fraîches enfouies dans le sol deux semaines avant le semis du haricot sur toute l'étendue de la parcelle) et l'autre sans *Tithonia diversifolia*.

Trois différents moments de buttage (au semis, à la deuxième et quatrième semaine après le semis du haricot) ont été aussi évalués en association ou non avec *Tithonia diversifolia*, ainsi le moment de faire le buttage a donc constitué le facteur principal et l'application du *Tithonia* (biomasses fraîches enfouies dans le sol deux semaines avant le semis) le second facteur.

Les parcelles étaient neuf au total et constituaient six différents traitements évalués (figure 1) :

- 1) B0AT : buttage fait au semis du haricot+application du *Tithonia diversifolia*, c'est-à-dire que le haricot était semé dans les buttes.
- 2) B0ST : buttage fait au semis du haricot sans application du *Tithonia diversifolia*.
- 3) B2AT : buttage fait à la deuxième semaine après le semis du haricot+ application du *Tithonia diversifolia*.
- 4) B2ST : buttage fait à la deuxième semaine après le semis du haricot sans application du *Tithonia diversifolia*.
- 5) B4AT : buttage fait à la quatrième semaine après le semis du haricot+ application du *Tithonia diversifolia*.
- 6) B4ST : buttage fait à la quatrième semaine après le semis du haricot sans application du *Tithonia diversifolia*

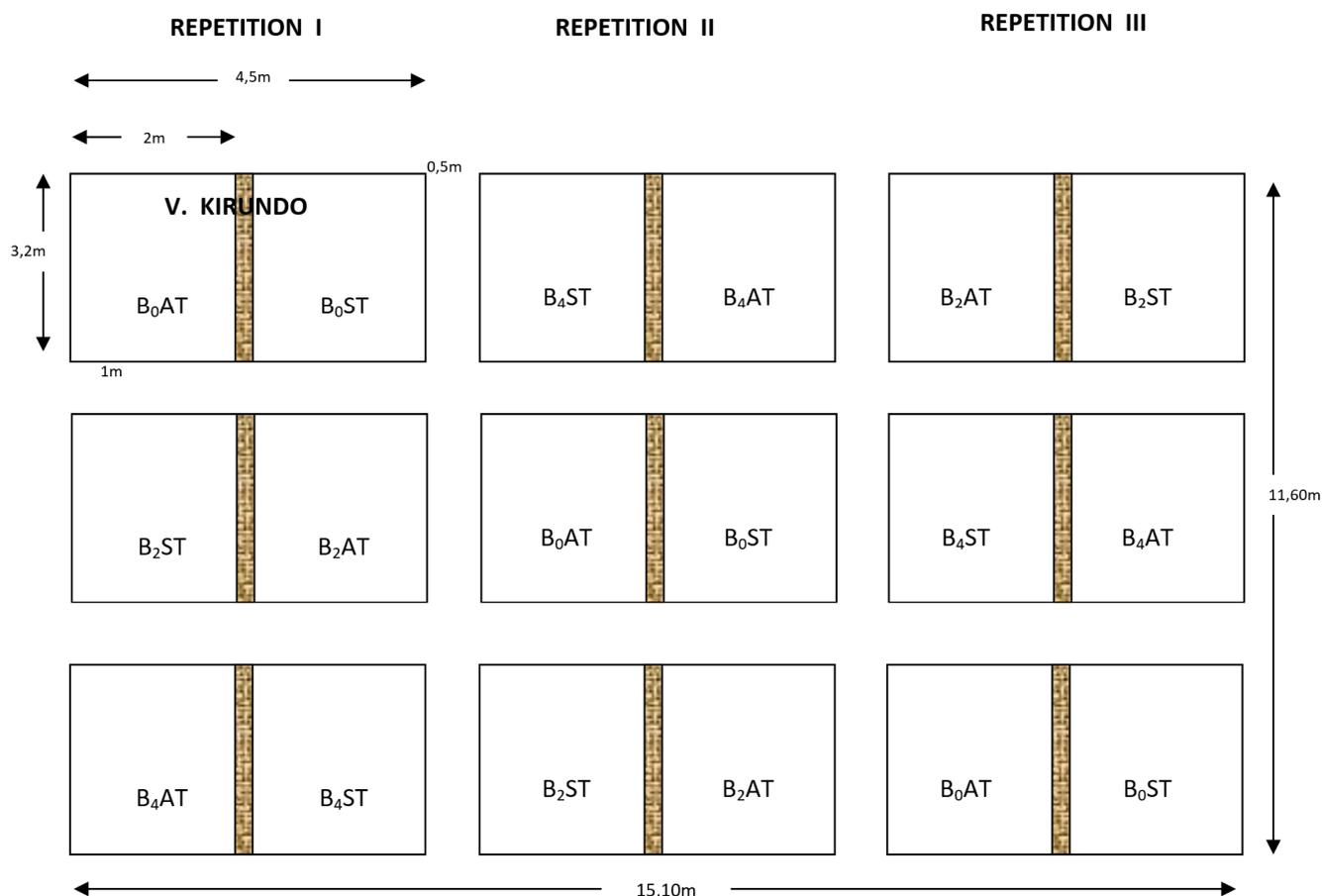


Fig. 1. Schémas du dispositif expérimental

L'essai avait les dimensions de : 15.10 m x 11.60 m, soit une superficie de 175.16 m². L'essai avait un total de neuf parcelles principales dont chacune d'elles avait les dimensions de 4.5 m x 3.2 m, soit 14.4 m² de superficie. Chaque parcelle principale était divisée en deux sous parcelles de 3.2 m x 2 m, soit une superficie de 6.4 m². Les sous parcelles étaient séparées l'une de l'autre par une allée de 0.5 m et entre les blocs (répétitions), les allées de 0.8 m étaient aménagées, tandis que les allées de 1 m séparaient les parcelles principales dans une répétition (bloc). Une parcelle utile de 1.6 m x 2.4 m était mesurée, soit une superficie de 3.84 m² pour récolter les données sur le rendement, soit 6 lignes de haricot contenant un total de 96 plants.

Installation et entretien de l'essai : le terrain choisi était un ancien champ de patate douce à beaucoup de contraintes de fertilité du sol selon les analyses du sol. Tous les travaux culturaux étaient effectués à la main. Après un labour d'un fer de houe (plus ou moins 15cm) effectué trois semaines et quatre jours avant le semis, un deuxième labour d'environ 30 cm de profondeur était exécuté 18 jours avant le semis de l'essai. Ce labour était suivi le même jour d'un travail d'ameublissement du sol qui consistait dans la brise des mottes de terre à l'aide des tridents. Après nivellement (égalisation) du terrain, celui-ci fut délimité et divisé en parcelles expérimentales. Ce travail avait eu lieu 18 jours avant le semis, et deux jours après, les biomasses de *Tithonia diversifolia* étaient enfouies dans les parcelles qui en avaient eu (à raison de 10 tonnes de biomasses fraîches de *Tithonia* par hectare), soit 6.4 kg par 6.4 m². L'enfouissement était fait avec homogénéité sur toute l'étendue de la parcelle, c'était 16 jours avant le semis.

La densité du semis était la même dans toutes les parcelles, soit 160 graines par parcelle à raison de 2graines par poquet aux écartements de 40 cm x 20 cm [37]. Le premier buttage (B0) avait eu lieu le jour du semis, c'est-à-dire que le semis était fait sur buttes pour les parcelles avec ce traitement, pour d'autres, le buttage était intervenu successivement à la deuxième (B2) et à la quatrième semaine (B4) après le semis. Le sarclage avait intervenu avec la présence des mauvaises herbes.

2.5 DONNÉES COLLECTÉES

Les observations avaient porté sur certains paramètres, tels que la vigueur des plants, le comptage des pupes c'est-à-dire leur nombre par plant de haricot mort, le nombre des plants de haricot morts, le rendement et le poids de 100 graines.

La vigueur était évaluée 50 jours après le semis en utilisant l'échelle de cotation de 1 à 5 de la manière suivante [43]:

1= Excellent

2=Bon

3= Intermédiaire

4= Faible

5=Très faible

La cotation des pupes avait eu lieu successivement 21 et 30 jours après le semis, elle consistait à déterrer les plants morts et compter les pupes et larves portés par chaque plant dans chaque parcelle. Le poids de 100 graines était pris à la récolte sur les trois lignes centrales de chaque parcelle. Le rendement était déterminé à partir du poids des plants de haricot récoltés sur les lignes centrales de chaque parcelle, et cela après le battage et vannage.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 VIGUEUR DES PLANTS

Les données sur la cotation de la vigueur sont fournies au tableau 3 (ci-dessous). La vigueur étant l'un des indices exprimant le comportement d'un individu dans un milieu donné, elle est fonction de l'environnement dans lequel est placé l'individu et des qualités intrinsèques de ce dernier.

Tableau 3. Cotation de la vigueur de 5 plants par répétition

Traitement	Répétition 1	Répétition 2	Répétition 3	Vigueur Moyenne	Cotation vigueur
BOAT	2	2	2	2	Bon
BOST	3	3	2	3	Intermédiaire
B2AT	2	2	2	2	Bon
B2ST	3	3	3	3	Intermédiaire
B4AT	2	3	2	2	Bon
B4ST	3	3	3	3	Intermédiaire

A la lumière des résultats du tableau n° 3 (ci-dessus), le haricot s'est donc comporté de la même façon dans les différentes parcelles où les biomasses de *Tithonia diversifolia* ont été enfouies indistinctement du moment de buttage. La vigueur a été donc améliorée d'intermédiaire (3) à bon (2) grâce aux biomasses de *Tithonia diversifolia* enfouies dans le sol comme amendement. Ces résultats confirment ceux trouvés dans les essais installés à Gisozi (Burundi) par [25], respectivement en Décembre, 1986 et Décembre, 1987. Ces essais ont démontré que l'application d'une bonne fumure sur un sol relativement peu fertile favorise un développement vigoureux des plantules de haricot qui les ont permis de résister aux attaques des mouches. Ces résultats sont aussi similaires à ceux obtenus par [2], ainsi que [44], [45], [46], qui a observé une relation significative entre les paramètres de croissance et le recyclage des résidus de récolte en vue d'accroître l'utilisation de la fumure organique, au Sénégal (cas du Siné saloum).

3.2 LA COTATION DES PUPES

Les résultats sur le nombre de pupes et le nombre des plants de haricot morts sont respectivement présentés aux tableaux 4 et 5.

Tableau 4. Nombre des pupes tel qu'influencé par l'application du *Tithonia diversifolia*

Moment de buttage	Répétition	Sous parcelles avec ou sans <i>Tithonia d.</i>		Total
		AT	ST	
B0	1	17	26	43
	2	00	05	05
	3	04	11	15
	Total	21	42	63
B2	1	07	17	24
	2	05	05	10
	3	13	26	39
	Total	25	48	73
B4	1	15	23	38
	2	13	29	42
	3	09	13	22
	Total	37	65	102
Total général		83	155	238
Moyenne générale		9,22	17,22	13,2

Le tableau 4 ci-dessus nous montre que le nombre des pupes se trouve réduit dans toutes les parcelles amendées par le *Tithonia diversifolia* par rapport aux parcelles sans *Tithonia*, soit une moyenne générale de 9,22pupes pour les parcelles avec application par le *Tithonia diversifolia* contre 17,22pupes pour les parcelles sans application de *Tithonia diversifolia* ces résultats confirment ceux de [24], et de [29], selon lesquels l'application de certaines méthodes culturales peut limiter le nombre de pupes et par contre les dégâts occasionnés par les mouches de haricot. et [47] confirme que les matières organiques sont des fertilisants et qu'à leur état des fertilisants, elles peuvent aussi être utilisées dans la lutte contre les ravageurs des

cultures par le fait du renforcement de la vigueur des plants ,un facteur permettant aux plants de résister aux ravageurs, ce qui confirme aussi les résultats de notre étude.

3.3 NOMBRE DE PLANTS DE HARICOT MORTS

Tableau 5. Nombre de plants de haricot morts tel qu'influencé par le *Tithonia diversifolia*

Moment de buttage	Répétition	Sous parcelles avec ou sans <i>Tithonia d.</i>		Total
		AT	ST	
B0	1	4	10	14
	2	0	2	2
	3	2	4	6
	Total	6	16	22
B2	1	2	6	8
	2	2	4	6
	3	4	7	11
	Total	8	17	25
B4	1	4	8	12
	2	4	9	13
	3	4	8	12
	Total	12	25	37
Total général		26	58	84
Moyenne générale		2,88	6,44	4.7

Les résultats sur le nombre des plants de haricot morts (tableau 5) nous montrent que ce nombre se trouve très réduit dans toutes les parcelles amendées par le *Tithonia diversifolia* (AT) par rapport aux parcelles sans *Tithonia* (ST), soit une moyenne générale de 2,88plants de haricot morts pour les parcelles avec application de *Tithonia* contre 6,44plants de haricot morts pour les parcelles sans application du *Tithonia* L'application de certaines méthodes culturales étant depuis longtemps recommandée en vue surtout de limiter les dégâts occasionnés par les mouches de haricot [29], cela est aussi confirmé par les résultats de notre étude car avec l'application du *Tithonia d.* le nombre de plants de haricot morts par les attaques de la mouche de haricot a été très significativement réduit. [46] avait aussi obtenu des résultats similaires aux nôtres en démontrant qu'une bonne gestion de la fertilité du sol est l'un des facteurs limitant les dégâts causés par la mouche de haricot commun et assure un bon rendement de cette culture.

Tableau 6. Analyse de la variance du nombre de pupes

Source de variation	Somme des carrés des écarts	dl	Variance carré moyen	Fréquence calculée	Fréquence théorique		Signification
					5%	1%	
Blocs	136.78	2	68.39	0.477	6.94	18.0	n.s
Moment de buttage	136.78	2	68.39	0.477	6.94	18.0	
Erreur Moment de buttage	573.55	4	143.38				n.s
<i>Tithonia d.</i>	288.0	1	288.00	19.713	5.99	13.74	**
Interaction moment de buttage x <i>Tithonia</i>	4.33	2	2.17	0.149	5.14	10.99	n.s
Erreur <i>Tithonia</i>	87.67	6	14.61				
Total général	1227.11	17	72.183				

n.s= non significatif ; **= Hautement significatif ; C.V.=28.96 ; P.P.D.S. 5%= 18.7

Selon l'analyse statistique faite ci-dessus (tableau 6), le traitement d'application du *Tithonia diversifolia* (AT) diffère de façon hautement significative ou protège mieux le haricot commun contre les attaques de mouche par rapport au traitement

sans application du *Tithonia diversifolia* (ST) car le nombre des pupes a été très significativement réduit par l'application du *Tithonia diversifolia*. L'interaction du moment de buttage et le *Tithonia* a un effet non significatif sur le nombre des pupes.

Tableau 7. Analyse de la variance des plants de haricot morts

Source de variation	Somme des carrés des écarts	dl	Variance carré moyen	Fréquence calculée	Fréquence théorique		Signification
					5%	1%	
Blocs	21	2	10.5	1.83	6.94	18.00	n.s
Moment de buttage	21	2	10.5	1.83	6.94	18.00	n.s
Erreur moment buttage	23	4	5.75				
<i>Tithonia</i> d.	56.89	1	56.89	51.252	5.99	13.74	**
Interaction moment de buttage x <i>Tithonia</i>	1.44	2	0.72	0.649	5.14	10.92	n.s
Erreur <i>Tithonia</i>	6.67	6	1.11				
Total général	130	17	85.47				

n.s.= non significatif ; **= Hautement significatif ; C.V. (%)= 22.4% ; P.P.D.S 5% = 5.15

Dans ce tableau de traitement statistique ci-dessus (tableau 7), nous constatons qu'il existe des différences hautement significatives parmi les deux traitements dont l'application du *Tithonia diversifolia* et le sans application du *Tithonia diversifolia*, le nombre des plants de haricot morts par les attaques de mouche de haricot est très significativement réduit par le traitement d'application du *Tithonia diversifolia*, quant à l'interaction moment de buttage x *Tithonia diversifolia*, l'effet est non significatif sur le nombre des plants de haricot morts par les attaques de mouche de haricot.

3.4 POIDS DE 100 GRAINES

Tableau 8. Poids de 100 graines, moyenne de 3 répétitions

Traitements	Moyenne de 3 répétitions
B0AT	43.054
B0ST	42.140
B2AT	42.792
B2ST	40.507
B4AT	46.092
B4ST	40.572

De manière générale, le *Tithonia diversifolia* a amélioré le poids de 100 graines de l'ordre de 29.06 grammes en moyenne, soit 7.2%, le tableau ci-dessus (tableau 8) montre que le poids de 100graines des parcelles avec application du *Tithonia diversifolia* est supérieur à celui sans application du *Tithonia diversifolia* Il s'avère que l'infertilité du sol est la cause primordiale de l'attaque menée par la mouche de haricot commun, ainsi avec l'amendement du sol par le *Tithonia diversifolia*, la fertilité a été améliorée, augmentant ainsi la vigueur des plants de haricot et permettant enfin aux plants de résister aux attaques de la mouche de haricot tout en améliorant le poids de 100 graines. Ces résultats sont aussi confirmés par [2],[48],[49] et [47].

3.5 LE RENDEMENT (KG/HA)

Les résultats de rendement en kg par hectare sont donnés au tableau 9 tandis que l'analyse de la variance de ces résultats est fournie par le tableau 10.

Tableau 9. Rendement en kg/ha du haricot tel qu'influencé par le *Tithonia diversifolia*

Moment de buttage	Répétitions	Sous-parcelles avec ou sans <i>Tithonia d.</i>		Total
		AT	ST	
B0	1	1218.3	455.9	1674.2
	2	1571.5	732.1	2303.6
	3	1700.0	1248.3	2948.3
	Total	4489.8	2436.3	6926.1
B2	1	1438.8	772.6	2206.4
	2	1576.7	836.8	2413.5
	3	1482.8	591.5	2074.3
	Total	4493.3	2200.9	6694.4
B4	1	1907.8	1000.1	2907.9
	2	1283.3	285.5	1568.8
	3	1899.4	706.4	2605.8
	Total	5090.5	1992.0	7082.5
Total général		14073	6629.2	20702.8
Moyenne générale		1563.66	736.57	1150.16

Le tableau ci-dessus (tableau 9) montre que l'application du *Tithonia diversifolia* (AT) a amélioré le rendement du haricot commun par rapport au traitement sans application du *Tithonia* (ST). Ce tableau montre que le rendement a subi une augmentation de 212.28% par le traitement avec l'application du *Tithonia diversifolia* par rapport au traitement sans application du *Tithonia*, soit une moyenne générale de 1563,66kg pour les parcelles avec l'application du *Tithonia diversifolia* contre 736,57kg pour les parcelles sans application de *Tithonia diversifolia*, ce qui donne une différence très significative entre les deux traitements, en d'autres termes le rendement a été augmenté par l'application du *Tithonia diversifolia*, soit 212.28%. Le buttage n'a eu aucun effet significatif sur le rendement à quelque moment qu'il soit. Ces résultats confirment ceux obtenus par [46], qui avait démontré qu'une bonne gestion de la fertilité du sol est l'un des facteurs qui assure un bon rendement du haricot commun, et [8] avait aussi démontré qu'avec l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* comme fumure organique sur un ferrasol à Lubumbashi, sur le soja, le rendement de cette culture a sensiblement augmenté. De même les essais installés à Gisozi (au Burundi) par [25], respectivement en 1986 et 1987, ont montré que l'application d'une bonne fumure sur un sol relativement peu fertile favorise le développement vigoureux des plantules, ce qui a permis de réduire très significativement non pas le niveau d'infestation des plantules par la mouche de haricot mais les chutes de rendement engendrées par les attaques des mouches de haricot, ce qui a augmenté très significativement le rendement du haricot commun. Nos résultats obtenus sont aussi similaires à ceux-là obtenus par [25]

Tableau 10. Analyse de la variance du rendement

Source de variation	Somme des carrés des écarts	dl	Variance ou carré moyen	Fréquence cumulée	Fréquence Théorique		Signification
					5%	1%	
Blocs	12723.08	2	6361.54	0.03	6.94	18.00	n.s
Moment de buttage	12723.08	2	6361.54	0.03	6.94	18.00	n.s
Erreur moment de buttage	915665.75	4	228916.4				
<i>Tithonia</i>	3078833.4	1	3078838.4	20.50	5.99	13.74	**
Interaction moment buttage x <i>Tithonia</i>	99938.64	2	49969.32	0.33	5.14	10.92	n.s
Erreur <i>Tithonia</i>	901175.60	6	150195.93				
Total général	4196964.5	17					

n.s: non significatif ; **: hautement significatif ; C.V (%): 33.7 ; P.P.D.S (5%) : 1626.5

Dans ce tableau du traitement statistique, nous constatons qu'il existe de différence hautement significative entre le traitement avec application du *Tithonia diversifolia* (AT) et le traitement sans application du *Tithonia* (ST) sur le rendement, quant à l'interaction du buttage x *Tithonia diversifolia*, il n'y a aucun effet significatif entre les deux traitements sur le rendement.

4 CONCLUSION

Les différents traitements utilisés dans notre essai, soit l'application du *Tithonia diversifolia* (AT) associé à différents moments de buttage (buttage au semis, buttage à la deuxième et quatrième semaine après le semis) et le traitement sans application du *Tithonia diversifolia* (ST) associé aussi à ces différents moments de buttage, ont agi différemment sur les différents paramètres observés. L'étude a montré que l'application du *Tithonia diversifolia* (10 tonnes par hectare de biomasses enfouies dans le sol) a amélioré la vigueur des plants par rapport au traitement sans *Tithonia diversifolia* de la cote Bonne à Intermédiaire. Le buttage s'est montré sans effet significatif quant au moment où on doit le faire, toutefois à quatre semaines après le semis, le buttage se révèle plus avantageux car il réduit le nombre des sarclages, les deux opérations se faisant au même moment. Il n'existe pas non plus d'interaction entre le *Tithonia diversifolia* et le moment de buttage à quelque moment qu'il soit. L'étude a aussi montré que le nombre des pupes comme celui cumulé des plants de haricot morts par les attaques de mouche de haricot ont été réduits significativement par l'application du *Tithonia diversifolia*, soit une moyenne générale de 9,22 pupes pour l'AT contre 17,22 pour le sans *Tithonia* (ST) et 2,88 plants de haricots morts pour l'application du *Tithonia* (AT) contre 6,43 plants de haricot morts pour le sans application du *Tithonia* (ST), cela revient à dire que l'application du *Tithonia diversifolia* a assuré aux plants de haricot une bonne vigueur qui leur ont permis de résister aux attaques des mouches de haricot, améliorant ainsi la fertilité du sol et augmentant enfin très significativement le rendement de haricot de l'ordre de 212,28% en moyenne, et le poids de 100 graines a été aussi amélioré de l'ordre de 7,02% en moyenne. L'étude a donc démontré l'importance du *Tithonia diversifolia* sur la restauration de la fertilité du sol et sa contribution à la lutte contre la mouche de haricot (*Ophiomyia* spp) en améliorant le rendement du haricot dans ce milieu d'étude à grande contrainte de la fertilité du sol et une grande endémicité de la mouche de haricot.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les techniciens qui ont contribué aux différents travaux au terrain afin de réaliser ce travail, particulièrement Lagere Makazo et Cidorho Rwizibuka. Nous remercions aussi les autorités du Centre de Recherche de l'INERA-MULNGU pour nous avoir octroyé le terrain d'expérimentation.

REFERENCES

- [1] S.Y. USENI, K.M. CHUKIYABO, K.J. TSHOMBA, M.E. MUYAMBO, K.P. KAPALANGA, N.F. NTUMBA, K.P. KASANGU, K. KYUNGU, L.L. BABOY, K.L. NYEMBO, M.M. MPUNGU, Utilisation des déchets humains régulés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsole du sud-Est de la RD Congo, *Journal of Applied Biosciences* 66(2013)5070-5081.
- [2] R. BARDGETT, L. MOMMER, et F.T. DEVRIES, Going underground root traits as drivers of ecosystem processes. *Trends. Ecol*, 29 (2014)692-699
- [3] M.M. MPUNDU., S.Y. USENI., K.L. NYEMBO., et G. COLINET., Effet d'amendements carbonatés et organiques sur la culture de deux légumes sur sol contaminé à Lubumbashi (RD Congo) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18 (3)(2014), 367-375
- [4] J.L. BASTON., Resource quality in a soil food web. *Biology and fertility of soils* 48 (2012)501-510
- [5] KOLERAMUNGU, C., et al., Etude comparative de différents déchets de bananiers pour la gestion de l'infertilité du sol contre la mouche de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) à l'Est de la RD Congo, *Afrique Science* 14 (4) (2018)158-169
- [6] MBIKAYI, N.T., Processus de mise au point des meilleures variétés de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) Par le P.N.L. au Zaïre. In : Actes de la conférence sur le lancement des variétés, la production et la distribution des semences de haricot dans la région des grands lacs, série n°18, Goma, Zaïre, 2-4 Novembre 1989, pp.19
- [7] M.M. MPUNDU, S.Y. USENI, M.T. MWAMBA, M.G. KATETA, M. MWANSA, K. ILUNGA, K.C. KA-MENGWA, K. KYUNGU, K.L. NYEMBO, Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols de différents jardins potagers de la ville minière de Lubumbashi et risque de contamination des cultures potagères, *Journal of Applied Biosciences*, 65 (2013)4957-4968
- [8] L.E. KASONGO, M.T. MWAMBA, M.P. TSHIPOYA, M.J. MUKALAY, S.Y. USENI, K.M. MAZINGA, K.L. NYEMBO, Réponse de la culture de soja (*Glucine max* L.) (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un ferralsole à Lubumbashi, RD Congo, *Journal of Applied Biosciences* 63 (2013)44727-4735

- [9] BOUWMEESTER H., VAN ASTEN P., OUMA E., Mapping key variables of banana based cropping systems in the Great Lake Region, partial outcomes of the base-line and diagnostic surveys, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigerian, 2009, P50 pp.
- [10] KANYENGA L., et al. KASONGO EL M., KIZUNGU RV, NACHIGERA GM et KALONJI KM, Effect of climate change on common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop production : determination of the optimum planting period in midlands and highlands zones of the Democratic Republic of Congo, *Global Journal of Agricultural Research and Reviews* 4 (1)2016 390-399
- [11] D.J.ALLEN., J.K.AMPOFO et C.S.WORTMANN, Ravageurs, maladies et carences nutritives de haricot commun en Afrique, guide pratique, Cali-Colombie : CIAT, pp.1-3, 1996
- [12] LUNZE L., MATHEW M., ABANG, BURUCHARA R., MICHAEL A., UGEN, NABAHUNGU NL, GIDEON O., NGONGO M., IDUPULAPATI R., integrated Soil Fertility Management in Bean-Based cropping systems of Eastern, Central and Southern Africa, *Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management-A Global Perspective*, Dr, Joann Whalen (Ed.), 35pp., 2012
- [13] BARHALENGEHWA N., La rareté des terres arables source de pauvreté et de malnutrition au Bushi, en hautes terres du Kivu, à l'Est de la République Démocratique du Congo, P.16, 2016
- [14] CIALCA, 2010. CIALCA Baseline Survey Report, Consortium for Improving Agriculture-based Livelihoods in Central Africa, P. 129, 2010
- [15] NTAMWIRA J., PYPERS P., VAN ASTEN P., VANLAUWE B., RUHIGWA B., LEPOINT P., DHED'A B., MONDE T., BLOMME G., Effect of banana leaf pruning on banana and legume yield under intercropping in farmers' fields in Eastern Democratic Republic of Congo, *Journal of Horticulture and Forestry* 6 (9) : 72-80, 2014
- [16] SANGINGA N. and WOONER PL., Integrated soil fertility management in Africa : principles, practices and developmental process, P.2009
- [17] CIVAVA MR, MALICE M., BAUDOUIN JP, Amélioration des agrosystèmes intégrant le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) au Sud-kivu montagneux Ed. Harmattan, pp.69-92, 2012
- [18] MASI, Classification des sols du Zaïre dans la province du Kivu, Rapport final de classification des sols, projet de soutien de l'INERA, 660.0064, 1982
- [19] GREATHEAD, D.J., A study in East Africa of the bean fly (Dipt. Agromyzidae) affectif *Phaseolus vulgaris*, 1968
- [20] D. DE LA CROIX, l'agriculture familiale des zones cotonnières d'Afrique de l'ouest : le cas du Mali, Paris, AFD P.13, 2004
- [21] MATHYS G., Problèmes entomologiques rencontrés dans les cultures de riz et des légumineuses du Zaïre et stratégies de lutte, Contrat AID/Afr-c-1541, MASI-USAID, Projet de soutien à l'INERA 660-0064, pp.21-39, 1985
- [22] BISIMWA B., et MUSAKAMBA M, Identification, caractérisation, évaluation des dégâts et moment d'apparition des ravageurs du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) à l'Est de la République Démocratique du Congo, In : Rapport des activités Mars-Juillet 1999, INERA-MULUNGU, 1999
- [23] V.KOTCHI, K.A.YAO, D. SITAPHA, Réponse des cinq variétés de riz à l'apport du phosphate naturel de Tilmes (Mali) sur les sols acides de la région forestière de Man (Côte d'Ivoire), *J.Appl.Biosc.*31 (2010)1895-1905
- [24] LEFEVRE P.C., Un important parasite du haricot, *Melanogromyza* (*Agromyza*) *Phaseoli* coq. In : *Bull.inf.INEAC* vol.4, n°1 : pp.43-46, 1955
- [25] LAYS, JF. et AUTRIQUE A., La mouche du haricot, Fiche technique n° 008, Service de pré-vulgarisation, Division de la Défense des végétaux, Bujumbura, ISABU, pp.19, 1987
- [26] AUTRIQUE, A., Synthèse des recherches menées au Burundi sur les mouches du haricot (*Ophiomyia* spp) : In acte du quatrième séminaire régional sur l'amélioration du haricot dans la région des grands lacs, série n° 9, Bukavu, Zaïre, 21-25 Novembre, CIAT, pp. 67-68, 1988
- [27] M. BLANCHARD, Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréales-élevage au Mali-sud : savoir techniques locaux et pratique d'intégration agriculture élevage. Océan, Atmosphère. Thèse de doctorat, université Paris-est, p.303, 2010
- [28] CMDT, Fiche technique «Fertilisation» Bamako, Mali, pp.1-11, 1995
- [29] Buyckx, E.J.E., Précis des maladies et des insectes nuisibles rencontrés sur les plantes cultivées au Congo, au Rwanda et au Burundi. Publication INEAC, hors-série : pp.605-608, 1968
- [30] O.E. OMATOYO et K.S. CHUKWAKA, Soil fertility restoration techniques in sub-saharan Africa using organic resources, *African Journal of Agricultural research*, 4 (3) 144-150, 2012
- [31] AREU, Insect pest of Bean : The legume pod-borer, *Maruca vitrata*, Division de l'entomologie, Agricultural Research et Extension Unit, Réduit, Maurice, 2010
- [32] INERA, Centre de Recherche de Mulungu, Programme National Légumineuse : CATALOGUE No. 1. DES VARIETES EN DIFFUSION, FICHE TECHNIQUE SUR LE HARICOT COMMUN (*Phaseolus vulgaris* L.) Novembre 2002
- [33] DUPRIEZ ET DE LEENER, Jardins et vergers d'Afrique, Terres et vie, APICA, CTA, 1987

- [34] MULANGWA, N., L'efficacité de *Tithonia diversifolia* en tant qu'amendement édaphique pour la culture du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) in PABRA Millenium workshop Novotel Mount Meru, Arusha, Tanzania 28-1Juin, pp.264-274, 2001
- [35] D., NZAMA, MAFUTALA, N., KALOME, K., SHABANI, S., LUMAMI, K., Effets des engrais verts sur le rendement de la pomme de terre, Sud-Kivu, en République Démocratique du Congo, Afrique SCIENCE 14 (2)(2018) 119-124
- [36] MUNGANGA, M. et al, Effet de la jachère améliorée sur le rendement du manioc à l'Est de la RD Congo, International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN2028Vol.23 No 3Jun. pp.264-274, 2018
- [37] VANDENPUT, R., Principales cultures en Afrique Centrale, Imprimerie LESAFFRE sprl, B 7500 Tournai ; Belgique, Bruxelles, pp.60-67, 1981
- [38] LUNZE, L., Possibilités de gestion de la fertilité des sols au Sud-kivu montagneux. Cahier du centre d'études et de recherche pour la promotion rurale et la paix (CERPRU) 14 : pp.28-34, 2000
- [39] NTAMWIRA, B J, et al, Evaluation agronomique des variétés de haricot volubile riches en micronutriments dans un système intégré d'Agroforesterie sur deux sols contrastés à l'Est de la RD Congo, Journal of Applied Biosciences 114 : 11368-11386, 2017
- [40] RISHIRUMUHIRWA, T., et al. Etude pédologique de 8 sites repérés pour les essais engrais au sein de la C.E.P.G.L., Gitega, Burundi, Bujumbura, 1989
- [41] LABORATOIRE DE CHIMIE AGRICOLE DE L'ISABU, BUJUMBURA, BURUNDI, 1989
- [42] SPENCER, A study in East Africa of the bean fly (Dipt-Agromyzidae) affectif *Phaseolus vulgaris* and description of a new species of *Melanagromyza*, university of Illinois, pp.68-88, 1961
- [43] CIAT, Standard System for the Evaluation of bean Germoplasm, Apartado Aero6713, CALI, Colombia, pp.14, 1987
- [44] P.DUGUE, Recyclage des résidus de récolte en vue d'accroître l'utilisation de la fumure organique : le cas du Siné Saloum (Sénégal).Montpellier : CIRAD/sar, No 96/96 p28, 1996
- [45] P.DUGUE, Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs : étude de cas au Nord –Cameroun et essai de généralisation aux zones de savane d'Afrique sub-saharienne.In : Dugué P., Fertilité et relation agriculture-élevage en zone de savane : actes de l'atelier sur le flux de biomasse et la gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs, 5-6 mai, Montpellier : CIRAD (2002 b) pp.27-59, 1998
- [46] P.DUGUE, Gestion de la fertilité des terres à l'échelle du terroir-principes généraux et application au cas des systèmes agropastoraux des zones sahéliennes et soudaniennes.In : Jouve P., Zarioh N., Dégradation des sols au sahel, techniques et méthodes de lutte. Actes du séminaire de formation du 05au 08 décembre2000, Niamey, Niger, CRESA CNEARC, CSFD (2002 a)
- [47] M. ASDRUBALE, La défense des cultures, Educagrér.Dijon Cedex, P.98, 2010
- [48] C.M.PATEL, N.L., S.S.GAIKWAD, S.J.PATIL, Effect of post-shooting treatments on yield and it's attributes of banana (*Musa paradisiaca* L.)cv.Grand Naine, J.plant Dis.Sci., 5 (2)2010 (210-212).
- [49] N.C.BRADY et R.R.WEIL, The nature and properties of soils13th edition.Pearson Education, Inc, New Jersey, USA (2002), P.960