

## Détermination du moment d'application de *Tithonia diversifolia* et son évaluation agro économique sous culture de haricot (*Phaseolus vulgaris L.*)

Mongana J.C.E.<sup>1\*</sup>, Bolakonga A.N.E.<sup>1</sup>, Musungayi J.M.T.<sup>1</sup>, Kashema C.B.<sup>1</sup>

### Abstract

Published online:  
27 March, 2014

Determination of application time of *Tithonia diversifolia* and agroeconomic evaluation in bean (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivation

Loss of soil fertility is a problem facing farmers in Sub-Saharan Africa in general and the Democratic Republic of Congo in particular. The objective of this study is to determine the best time to bury before sowing on *Tithonia diversifolia* in order to improve agronomic and economic yield of bean. Hence, a test following a randomized complete block device is set up with three replications and four treatments including witness and burial in 15 days, 8 days and 4 days before planting. Statistical analysis was performed by the *aov()* function *lm()* and *glm()* respectively, analysis of variance, linear model and generalized linear model of the software R. The multiple comparison of means was made to using the *TukeyHSD()* function of the same software. Compared to the unamended control, *Tithonia* double bean yield and the greatest improvement was obtained in landfill a week before planting (2.5 times control). This application gave a performance which helped cover the costs of production. It generated a profit of US\$ 179.94ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:**  
*Tithonia diversifolia*-  
*Phaseolus vulgaris L* -  
Organic fertilizer, Soil  
fertility-RDC- bean yield-  
green manure

<sup>1</sup> Institut National de Recherches Agronomiques (INERA) MULUNGU

\* To whom correspondence should be addressed: E-mail address: monganae@yahoo.fr

### INTRODUCTION

La perte de fertilité des sols, en République Démocratique du Congo (RDC) comme partout en Afrique Sub-Saharienne (ASS) est une conséquence de leur utilisation continue sans apport, en échange, des matières organiques du sol (MOS). Elle s'exprime à son tour par une diminution brusque ou graduelle de rendement selon le type de sol [Mokuba et al., 2013; Muyayabantu et al., 2012; Bekunda et al., 2010; Shisanya et al., 2009; Sanchez and Jama, 2002; Gichuru et al., 2003]. En effet, l'exportation de l'azote (N), du Phosphore (P) et du Potassium (K) par les cultures à chaque récolte, les autres types des pertes comme les transformations chimiques entraînent une balance négative de l'ordre de -27 kg ha<sup>-1</sup> année<sup>-1</sup> de N, -4 kg ha<sup>-1</sup> année<sup>-1</sup> de P, -18 kg ha<sup>-1</sup> année<sup>-1</sup> de K [Ikerra et al., 2007].

L'utilisation des amendements minéraux et organiques est une option possible pour renverser cette tendance de

perte de rendement et donc pour améliorer la sécurité alimentaire. Vu sous cet angle, la protection et l'amélioration des sols, constituent un challenge pour le bien-être humain et pour la croissance économique et devient de ce fait, un enjeu à la fois social et économique [Bekunda et al., 2010].

L'utilisation des amendements inorganiques rencontre des contraintes socio-économiques à savoir le prix élevé des engrains inorganiques, leur indisponibilité, le coût élevé de leur transport et l'absence d'une technicité suffisante lors de leur utilisation et la possibilité de crédit bancaire pour y accéder. Quoiqu'il soit montré que la plupart des amendements organiques sont pauvres en P, [Palm et al., 1997] ils améliorent tout de même les paramètres du sol comme le pH, l'Al échangeable, le Ca qui sont en relation avec la fixation de P [Warren, 1992]. L'amendement organique améliore aussi la disponibilité de P à travers la réduction de l'absorption de P par le sol [Ikerra et al.,

2007] et la disponibilisation de P durant leur décomposition [Ikerra et al., 2007]. L'utilisation de l'amendement organique peut être donc suggérée comme une stratégie pour améliorer la disponibilité de l'Al échangeable. Un regard prometteur se tourne donc vers l'amendement organique et inorganique combinés ou tout simplement l'amendement organique seul.

Parmi les plantes candidates à la fourniture de la matière première pour l'amendement organique, le *Tithonia diversifolia* a retenu l'attention de plusieurs auteurs. C'est une espèce rudérale qui produit de grandes quantités de feuilles facilement décomposables et riches en éléments nutritifs. Elle se multiplie facilement par graines et par boutures et pousse spontanément aux alentours des maisons et des routes [Kaho et al., 2011]. Il a été utilisé par [Ikerra et al., 2007] à hauteur de 2.5 tha<sup>-1</sup>, 5 tha<sup>-1</sup> et 7.5tha<sup>-1</sup> par enfouissement deux semaines avant semis et a donné un accroissement de plus de 42 % sur le maïs. En 1998, un rapport publié de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques en RDC [Ngongo, 1998] stipulait que l'application de *Tithonia diversifolia* à la dose de 10 tha<sup>-1</sup> à l'hectare permet de passer le rendement de haricot du simple au double. Le processus de décomposition du *Tithonia* enfoui dans le sol est rapide et la disponibilisation des matières organiques dont a besoin la plante varie selon que l'enfouissement est effectué une semaine ou deux semaines avant semis.

Par ailleurs, le haricot, après le manioc est la culture vivrière la plus pratiquée dans la Province du Sud-Kivu. C'est l'une des légumineuses les plus cultivées et aussi les plus consommées dans cette Province. Depuis un certain temps, on constate une baisse de son rendement. Cette baisse est due à plusieurs facteurs entre autre : les maladies, mauvaises pratiques culturales, les érosions entraînant le déplacement de la couche arable, la rareté des semences améliorées et surtout de l'infertilité du sol. Cela ressort de nombreuses enquêtes diagnostics menées dans la région [Lunze, 1988; Musungayi. et al. 1990]. L'aluminium échangeable du sol exprimé en pourcentage de saturation de complexe adsorbant est le facteur en relation la plus étroite avec le rendement de haricot dans les environs du site d'étude [Lunze, 1992].

Ainsi, étant donné que l'application de cet engrais vert se fait par enfouissement, il est nécessaire d'abord de vérifier le résultat de Ngongo, ensuite de déterminer le moment favorable de l'application de l'engrais vert et enfin d'effectuer son évaluation agro économique.

## MATERIEL ET METHODES

L'expérience est réalisée au Centre de Recherche de Mulungu-Tshibinda (28° 46' E , 2° 20' S , 1650 m) à 25 km de la ville de Bukavu, dans la Province du Sud-Kivu en RDC. Le terrain utilisé a connu des activités intenses les cinq dernières années mais présente les signes d'une homogénéité de fertilité. Le site jouit d'un climat du type AW3 dans la classification de Kôppen avec 3 mois de sécheresse (Juin, Juillet Août). Le régime pluviométrique

est bimodal avec la grande saison A, avec des pluies abondantes et bien reparties de Septembre à Février et la deuxième, la saison B avec des pluies rares et mal reparties de mars à mai. La moyenne annuelle est de 1500 mm. L'expérience est menée pendant la grande saison pluvieuse. Le sol de Mulungu est du type volcanique. Il a un pH (H<sub>2</sub>O) entre 5.8 et 6.2. Il est composé du Carbone organique (C, 2.4 %), du Phosphore (Bray I) (P, 9.6 mgkg<sup>-1</sup>), du Calcium échangeable (Ca, 5.5 cmol(+)kg<sup>-1</sup>), du Magnesium échangeable (Mg, 3.1 cmol(+)kg<sup>-1</sup>), du Potassium échangeable (K, 0.56 cmol(+)kg<sup>-1</sup>), de l'aluminium échangeable (Al, 0.8 cmol(+)kg<sup>-1</sup>) et de l'Aluminium saturation (Al, 3.3%). Ce sol est argileux, avec horizon humifères souvent épais lorsque l'érosion est faible ou absente. Il est bien pourvu en matière organique, et la teneur en azote total est élevée. Il a un très bon potentiel de production de façon continue, mais l'azote devient limitant avec l'exploitation prolongée. Le phosphore ainsi que le potassium peuvent être faible mais pas toujours. Des apports de l'azote sous forme organique ou minérale donne de très bonne réponse suivie du phosphore. La réponse au potassium n'est pas évidente, cette réponse n'apparaît qu'après quelques années d'exploitation au moment où le pool labile devient faible. La variété D6 Kenya a été utilisée comme plante-test. Elle est naine et donne en station entre 600 et 1000 kg ha<sup>-1</sup> [Reafor, 2009].

Le terrain expérimental de 84 m<sup>2</sup> (soit 10.5 m x 8 m). Il est directement labouré à la houe à la profondeur de 25 à 30 cm. Il est divisé en trois blocs de 10.5 m x 3 m qui sont divisés à leur tour en quatre parcelles de 2m x2 m chacune séparées des allées de 0.5 m et dans lesquels sont randomisés quatre traitements de 10 tha<sup>-1</sup> de feuilles fraîches de *Tithonia diversifolia* soit l'équivalent de 4% de N [Ikerra et al., 2007]. Soit au total 12 parcelles de 4 m<sup>2</sup>. Sur trois parcelles témoins (T0) aucun enfouissement n'a été effectué. Sur trois parcelles, le *Tithonia* a été enfoui le 16 octobre 2010 soit 4 jours avant semis (T1). Sur trois parcelles, le *Tithonia* a été enfoui le 12 octobre 2010 soit 8 jours avant semis. Sur trois parcelles le *Tithonia* a été enfoui le 5 octobre 2010 soit 15 jours avant semis. L'enfouissement s'est effectué dans les 15 premiers centimètres de la couche superficielle du sol. Le semis est intervenu en date du 20 octobre 2010 et a été effectué à plat aux écartements de 30cm x 30cm à raison de deux graines par poquet. Les travaux d'entretien se sont limités aux sarclages des parcelles semées, des allées et tout autour de l'essai. La récolte est intervenue exactement trois mois après semis c'est-à-dire le 20 janvier 2011.

Les observations ont porté sur le rendement en grains (paramètre biologique) et les paramètres économiques dont : la production, le travail et le capital. Par contre, l'analyse financière, le revenu, la marge nette et le taux de rentabilité ont été calculés.

L'analyse de la variance est conduite en utilisant la commande aov() et le modèle linéaire général et le modèle linéaire généralisé de la bibliothèque statistique du logiciel R. Les comparaisons multiples ont été effectuées à

l'aide de la méthode de Tukey HSD. Les significations statistiques sont déterminées au seuil 0.05.

Les coûts de production sont calculés sur base de la grille de rémunération sur base de homme-jour de la Direction de production de l'INERA. Pour l'évaluation des bénéfices, les charges suivantes ont été prises en considération, mises à part les charges traditionnelles: la collecte des feuilles de *Tithonia*, leur transport et leur enfouissement dans le sol.

## RESULTATS

Le rendement de haricot varie d'une parcelle à une autre suite aux divers phénomènes incontrôlables. Cependant, les traitements appliqués ont augmenté de façon significative ( $p<0.0001$ ) le rendement en comparaison au témoin (Tableau I).

Un accroissement de 57 % est observé sur les parcelles où l'on a enfoui le *Tithonia* 15 jours avant semis par rapport au témoin. En enfouissant 8 jours avant on espère un accroissement de 61 % par rapport au témoin. En enfouissant 4 jours avant, l'accroissement est de 60% par rapport au témoin. Enfouir 8 jours ou 4 jours présente des résultats similaires ( $p>0.05$ ) mais offre un avantage d'un accroissement de 10% par rapport à l'enfouissement à 15 jours. Une bonne synchronisation de la libération des éléments nutritifs par les feuilles pendant leur décomposition et leur assimilation par la plante était bonne quand l'enfouissement s'est opéré une semaine avant semis.

**Tableau I.** Effet de *Tithonia* quand il est enfoui 4, 8 et 15 jours avant semis

Amendement	Rendement Kgha <sup>-1</sup>	Coût de production (\$ USha <sup>-1</sup> )	Revenu (\$ USha <sup>-1</sup> )	Marge bénéficiaire (\$ USha <sup>-1</sup> )	Taux de rentabilité (%)
<b>Témoin</b>	386 a	685,8	389,114	-296,67	-43,26
<b>15jrs av semis</b>	891 b	819,37	900,592	+81,22	+9,91
<b>8jrs av semis</b>	988 c	828,43	1008,37	+179,94	+21,72
<b>4jrs av semis</b>	953 c	814,99	963,690	+148,70	+18,25

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différents selon le test de Tukey HSD

L'application du *Tithonia* occasionne un coût de production de l'ordre de 17 % quand l'amendement s'effectue 8 jours avant semis par rapport au témoin. Ce coût est dû aux dépenses de la coupe et de l'enfouissement du *Tithonia*. Le revenu s'accroît de 61 %. La marge bénéficiaire devient positive et est estimée à 180 \$USha<sup>-1</sup> dans le cas de l'enfouissement 8 jours avant semis. Le taux

de rentabilité est estimé à 22 % dans ce cas (Tableau I). Sur le plan pratique, le *Tithonia* offre quelques avantages par rapport aux agroforestières. C'est une espèce rudérale qui pousse spontanément aux alentours des cases et des routes et produit une biomasse abondante et pérenne. C'est une source moins coûteuse de biomasse riche en nutriments et se décompose rapidement.

**Tableau II.** Comparaison de la composition chimique de *Tithonia* à celle de quelques espèces agroforestières

Espèce	N%	P%	K%	Ca %	Mg %
<i>Tithonia diversifolia</i> <sup>1</sup>	3.53	0.42	4.7	3.52	0.45
<i>Desmodium intortum</i> <sup>2</sup>	1.79	0.30	0.58	1.70	0.28
<i>Pueraria phaseoloides</i> <sup>3</sup>	2.17	0.37	0.59	2.75	0.32
<i>Calliandra calothyrsus</i> <sup>3</sup>	3.14	0.15	1.1	nd	nd
<i>Crotalaria grahamiana</i> <sup>3</sup>	3.2	0.15	nd	nd	nd
<i>Lantana Camara</i> <sup>3</sup>	2.8	0.25	2.1	nd	nd
<i>Leucaena leucocephala</i> <sup>3</sup>	3.8	0.20	1.9	nd	nd
<i>Sesbania sesban</i> <sup>3</sup>	3.7	0.23	1.7	nd	nd
<i>Tephrosia vogelii</i> <sup>3</sup>	3.0	0.19	1.0	nd	nd

Légende : nd= non déterminé ; <sup>1</sup> Kaho, 2011 ; <sup>2</sup> Kaho et al., 2009 ; <sup>3</sup> Jama et al., 2000

Le Tableau II montre que les feuilles de *Tithonia* renferment des teneurs en azote comparables à la plupart des espèces utilisées en agroforesterie pour améliorer la fertilité du sol. Quant aux teneurs en P et K, elles sont nettement supérieures à celles contenues dans d'autres espèces. L'aptitude d'une espèce agroforestière à améliorer la productivité d'un sol dépend, en effet, de son rendement en biomasse, de la qualité de cette biomasse et de sa vitesse de décomposition [Palm et al., 1995 ; Cobo et al., 2002].

D'autre part, le tithonia est certes riche en N et P mais aussi pauvre en lignine et polyphénols. Il a un faible rapport C:N et donc se décompose très rapidement et disponibilise N et P par minéralisation en deux semaines de décomposition. [Ikerra et al., 2007]. La grande quantité de N ( $40 \text{ mgkg}^{-1}$ ) (Matière sèche) de P ( $4.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Matière sèche) et de K ( $40.6 \text{ mgkg}^{-1}$ ) (Matière sèche) fait du tithonia une bonne source de nutriment. Il a un pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de 6,9, contient  $20.3 \text{ mg kg}^{-1}$  de Ca (Matière sèche),  $6.4 \text{ mgkg}^{-1}$  de Mg (Matière sèche), 41,4 % de Carbone total, 2,5 % de Carbone soluble 7,2 % de Lignine, 3,17 % de polyphenol. Il augmente le pH du sol ainsi que le Ca échangeable. Il diminue l'Al échangeable [Ikerra et al., 2007]. Or dans la région d'étude, les sols subissent une altération de type ferrallitique au cours de laquelle se réalise un enrichissement relatif en aluminium et en fer. La dynamique de l'aluminium dans ces sols constitue un facteur prédominant de leur fertilité. Les phénomènes de toxicité induits par ce cation constituent une préoccupation constante de la recherche agronomique depuis plusieurs décennies. Le haricot présente une sensibilité variétale vis-à-vis de l'aluminium [Wouters et al., 1986].

D'autre part, le lessivage entraîne les bases ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ). Ils s'acidifient. L'apport du *Tithonia* permet de neutraliser partiellement et temporairement l'aluminium qui génère par biodégradation des composés humiques complexants ou « chélatant » ce cation [Wouters et al., 1989]. D'où le résultat sur le haricot dans le sens de l'amélioration de rendement.

## CONCLUSION

L'étude avait pour objectif la détermination du meilleur moment d'application de *Tithonia diversifolia* et son évaluation agro économique. Cet engrais organique a un avantage d'être disponible. Il peut se rendre encore plus disponible dans une vision d'agriculture multifonctionnelle et écologique, quand on l'associe au haricot qu'on le recèle régulièrement en enfouissant ses feuilles juste à côté.

L'application du *Tithonia* a amélioré les propriétés chimiques du sol à savoir l'augmentation du pH, du Ca et la diminution de l'Al. D'où la disponibilité de P. Cet engrais vert a été enfoui respectivement à 15 jours, 8 jours et 4 jours avant semis sous culture de haricot commun à la dose de  $10 \text{ tha}^{-1}$ .

Du point de vue agronomique, les résultats obtenus montrent que par rapport au témoin non amendé, le *Tithonia* a amélioré au double le rendement de haricot et la plus grande amélioration a été obtenue sous enfouissement à 8 jours ou 4 jours avant semis (2,5 fois le témoin), suivi de l'enfouissement à 15 jours avant semis (2,31 fois le témoin). Ce qui nous pousse à conclure que l'enfouissement de *Tithonia* à une semaine avant le semis de haricot reste le moment le plus indiqué et par là le plus rentable.

Au plan économique, le *Tithonia* a produit par rapport au témoin non amendé un effet escompté, car les gains de production qu'il a occasionné ont couvert les dépenses de production et le plus grand effet a été obtenu sous l'enfouissement à 8 jours avant semis dont 2,21 fois supérieur par rapport à l'enfouissement à 4 jours avant semis et 1,21 fois supérieur par rapport à celui effectué à 15 jours avant semis.

Au plan financier, l'enfouissement à 8 jours avant semis a produit une marge bénéficiaire de  $+179,94 \text{ USha}^{-1}$  pour un investissement de  $828 \text{ USha}^{-1}$  soit 21% du chiffre d'affaire. L'enfouissement à 4 jours a généré :  $+148,70 \text{ USha}^{-1}$  pour un investissement de  $814 \text{ USha}^{-1}$  soit 18% du chiffre investi. L'application à 15 jours avant semis a généré  $+81,22 \text{ USha}^{-1}$  sur  $819 \text{ USha}^{-1}$  soit 9% du chiffre investi.

## RESUME

La perte de la fertilité des sols est un problème auquel sont confrontés les agriculteurs de l'Afrique Sub-Saharienne en général et de la République Démocratique du Congo en particulier. L'objectif de cette étude est de déterminer le meilleur moment pour enfouir avant semis le *Tithonia diversifolia* en vue d'améliorer le rendement agronomique et économique du haricot. Pour y arriver, un essai suivant un dispositif en blocs complets randomisé est mis en place à trois répétitions et quatre traitements dont le témoin et l'enfouissement à 15 jours, 8 jours et 4 jours avant semis. L'analyse statistique a été effectuée par les fonctions *aov()*, *lm()* et *glm()* respectivement l'analyse de la variance, le modèle linéaire et le modèle linéaire généralisé du logiciel R. La comparaison multiple des moyennes est faite à l'aide de la fonction *TukeyHSD()* du même logiciel. Par rapport au témoin non amendé, le *Tithonia* a amélioré au double le rendement de haricot et la plus grande amélioration a été obtenue sous enfouissement une semaine avant semis (2,5 fois le témoin). Cette application a donné un rendement qui a permis de couvrir les dépenses de production. Il s'est dégagé une marge bénéficiaire de  $+179,94 \text{ USha}^{-1}$ .

**Mots clés :** *Tithonia diversifolia*- *Phaseolus vulgaris L* – Fertilisant organique- fertilité du sol- RDC -Rendement du haricot, engrais vert.

## REFERENCES ET NOTES

- Bekunda B**, Sanginga, N, Woomer, PL (2010). Restoring Soil Fertility in Sub-Saharan Africa. *Advances in Agronomy*. **108**, 184-236.
- Cobo JG**, Barrios E, Kaas DCL and Thomas RJ (2002). Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. *Biology and fertility of soils*. **36**: 87- 92.
- Gichuru MP**, Bationo A, Bekunda MA, Goma HC, Mafonganya PL, Mugendi DN, Murwira HM, Nandwa SM, Nyathi P, Swift MJ (2003). *Soil fertility management in Africa: A regional perspective*. Academy science publishers (ASP) in association with the tropical Soil Biology and Fertility of CIAT. Nairobi, p. 306.
- Ikerra ST**, Semu E, Mrema JP (2007). Combining *Tithonia diversifolia* and minjingu phosphate rock for improvement of P availability and maize grain yields on a Chromic acrisol in Morogoro, Tanzania. In: Bationo A, Waswa B, Kihara J, Kimetu J (Eds). *Advances in integrated soil fertility management in Sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities*, Springer, The Netherlands, pp. 333-344.
- Jama B**, Palm CA, Buresh RJ, Niang AI, Gachengo C, Nziguheba G (2000). *Tithonia as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review*. *Agroforestry Systems*. **49**: 201-221.
- Kaho F**, Yemefack M, Feujo-Teguefouet P, Tchantchaouang JC (2011). Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrains inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun TROPICULTURA. **29**(1) : 39-45
- Lunze, L** (1988). Effects of the traditional cropping systems on soil fertility in South Kivu. Soil Fertility Research for Bean Cropping Systems in Africa. Addis Ababa, Ethiopia, 5-9 Sept. CIAT, African Workshop Series
- Lunze, L** (1992). Comportement des variétés du haricot tolérantes à la toxicité aluminique en champs d'agriculteurs. Sém. Régional. CIAT. Goma, RDC.
- Mokuba W**, Kizungu RV, Lumpungu K (2013). Evaluation de l'effet fertilisant de *Mucuna utilis L*. face à deux doses de NPK (17-17-17) sur la croissance et la production de la variété samaru du maïs (*Zea mays L*) dans les conditions optimales. *CongoSciences*, **1**(1) :23-32.
- Musungayi T** (1990). Enquête diagnostic du territoire de Walungu, zone d'action des femmes solidaires pour le développement de Bushi. FESODEBU. PNL, Institut National de Recherches Agronomiques (INERA) Mulungu. Inedit
- Muyayabantu GM**, Kadiata BD, Nkongolo KK (2012). Response of maize to different organic and inorganic fertilization regimes in monocrop and intercrop systems in a Sub-Saharan Africa Region, *Journal of Soil Science and Environmental Management* **3**(2): 42-48.
- Ngongo M** (1998). Exploitation des quelques amendements disponibles en milieu rural dans un système de cultures basé sur le haricot. Cas de *Tithonia diversifolia*, Inera Mulungu, inédit.
- Palm CA** (1995). Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems*, **30**:105-124.
- Palm CA**, Myers RJK, Nandwa SM (1997). Combined use of organic and inorganic nutrient sources for soil fertility maintenance and replenishment. In: Buresh, R.J.,
- REAFOR** (2009). Inventaire des Technologies Agricoles et Forestières Éprouvées et Prometteuses Disponibles en République Démocratique du Congo, Projet : GCP/DR/036/EC, Programme de Relance de la Recherche Agricole et Forestière en République Démocratique du Congo.
- Sanchez PA**, Jama BA (2002). Soil fertility replenishment takes off East and Southern Africa. In: Vanlaeue B (Eds), *Integrated plant nutrition management in Sub-Saharan Africa from concept to practice*. CABI International, pp. 23-45.
- Shisanya CA**, Mucheru MW, Mugendi DN, Kung'u JB (2009). Effect of organic and inorganic nutrient sources on soil mineral nitrogen and maize yields in central highlands of Kenya. *Soil & Tillage Research*, **103**: 239-246.
- Warren GP** (1992). Fertilizer Phosphorus Sorption and Residue Value in tropical African soil. NRI, Bulletin 37, natural Ressource Institute, Chatham, England.
- Wouters JFR**, Wakana M, Opdecamp, (1986). Sensibilité du haricot *Phaseolus vulgaris* à la concentration en aluminium des sols de la région des grands lacs. *Tropicatura*, **4**(1) ,20-26.

## Remerciements

Nous remercions la Direction de l'Expérimentation de l'INERA pour les conseils et l'appui technique. Notre gratitude à l'INERA qui a mis à notre disposition des facilités pour l'accès à la documentation par internet. Nos sincères remerciements aux projets AGORA et HORTIVAR de la FAO qui nous permettent l'accès à 3000 revues scientifiques et plusieurs livres ainsi que les informations sur les cultivars en horticulture.