

Usage approprié des engrais dans la production du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) dans les régions tropicales humides de l'Est de la République Démocratique du Congo

Audry MUKE^{1*}, Mbeyame Christopher ASANZI² et Ruhebuza KIJANA³

¹ Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique (INERA), Station de Mulungu, Département de Gestion des Ressources Naturelles, Laboratoire des Sols et Plantes, DS Bukavu, RD Congo

² Université Pédagogique Nationale (U.P.N.), Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Phytotechnie, BP 8815 Kinshasa / Binza, RD Congo

³ Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique (INERA), Station de Mulungu, Programme National des Légumineuses (PNL), Laboratoire d'Entomologie, DS Bukavu, RD Congo

* Correspondance, courriel : audrymuke@gmail.com

Résumé

L'occupation permanente des terres par les cultures intensives (maïs, haricot, manioc) a conduit au déclin de la fertilité des sols à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC). Dans le monde rural, les ménages agricoles sont confrontés aux problèmes de l'insécurité alimentaire et de la pauvreté. L'objectif de ce travail est de mettre en évidence les types des engrais appropriés aux conditions locales de l'Est de la RDC et pouvant améliorer les rendements de haricot. Ainsi, dans les champs d'agriculteurs en deux sites contrastés, NPK, DAP, KCl, TSP et fumier local ont été comparé au contrôle. Ces engrais ont été appliqué en dose unique avant la plantation au taux de 0 kg / Ha représentant le contrôle, 120 kg / Ha NPK; 100 kg / Ha DAP, 80 kg / Ha KCl, 120 kg / Ha TSP et 10 tonne de fumier à l'hectare. Les résultats montrent que NPK, DAP et TSP sont des engrais qui enregistrent des rendements parmi les plus élevés et que le fumier ne peut pas simplement les remplacer. Ces engrais ont induits des rendements significativement différents ($p = 5\%$) par rapport au contrôle et des variations significatives ($p = 5\%$) ont été observées entre les sites et dans les champs au sein d'un site. Il ressort aussi de nos résultats que, les champs au sein d'un site requièrent chacun un type d'engrais spécifique possible pour renverser la tendance de perte des rendements et que les recommandations d'engrais ne doivent pas être générales mais inhérentes aux conditions biophysiques et socioéconomiques des producteurs.

Mots-clés : engrais, haricot commun, petits producteurs, fertilité du sol.

Abstract

Appropriate use of fertilizers in the production of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in the humid tropics of Eastern Democratic Republic of Congo

Permanent land use by intensive crops (maize, beans, cassava) has led to the decline of soil fertility in eastern Democratic Republic of Congo (DRC). In rural areas, agricultural households face the problems of food insecurity and poverty. The objective of this study is to highlight the types of fertilizers that can improve bean yields and, which are appropriate to eastern DRC local conditions. Therefore, in farmers' fields in two different

locations, NPK, DAP, KCl, TSP and local manure were compared to control. These fertilizers were applied as a single dose before planting at a rate of 0 kgHa⁻¹ (control), 120kgHa⁻¹ NPK, 100 kgHa⁻¹ DAP, 80 kgHa⁻¹ KCl, 120 kgHa⁻¹ TSP and 10 tons of manure per hectare. The results show that NPK, DAP and TSP are fertilizers with some of the highest yields and that manure cannot simply replace them. These fertilizers induced significantly different yields ($p = 5 \%$) compared to control, and significant variations ($p = 5 \%$) were observed between the locations and in the fields within a location. Our results also show that each field within a location requires a specific type of fertilizer to reverse the yield loss trend, and fertilizer recommendations should not be general, but inherent to biophysical and socioeconomic conditions of producers.

Keywords : *fertilizer, common beans, small producers, soil fertility.*

1. Introduction

La République Démocratique du Congo (RDC) fait partie des producteurs et consommateurs du haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) dans la région des grands lacs d'Afrique. Sa production est estimée à 248.957 tonnes par an [1] avec plus de la moitié produite à l'Est [2]. Depuis un certain temps, les rendements de haricot ont chuté à cause des conflits armés et d'insécurité prolongés qui sévissent dans cette région [3], mais aussi à cause des mauvaises pratiques culturales [4], de changement climatique [5, 6], de choix inadéquats des terres [7, 8] et surtout de l'épuisement continu de la fertilité des sols [9, 10] avec comme conséquence, la prolifération des maladies [11]. A l'échelle des champs, les rendements varient entre 0.3 T Ha⁻¹ à 0.542 T Ha⁻¹ [12] et continuent à chuter selon le type du sol [13, 14]. Si on trouve une méthode permettant de maintenir les éléments nutritifs dans le sol [15], plus de 2.000 à 3.000 kg Ha⁻¹ de haricots nains et plus de 4.000 à 6.000 kgHa⁻¹ de haricots volubiles peuvent être produits [10]. Ce potentiel est cependant floué par la pratique de l'incinération des herbes lors de la préparation de terrain pour le semis [16] et particulièrement le labour parallèle à la pente pour les champs se trouvant sur les versants agricoles, favorisant l'infertilité des sols et la diminution de la production [17]. Cette dernière est corrélée à l'inexistence, en agriculture paysanne africaine, de paquets technologiques d'éco-agriculture efficaces [18, 19]. Il s'ensuit la précarité de la subsistance dans les ménages et l'insécurité alimentaire dans le monde rural. Dans ces conditions, l'application des engrais inorganiques est un facteur important qui permettrait d'améliorer les rendements actuel de haricot et ainsi maintenir les éléments nutritifs dans le sol [20 - 23].

Les engrais inorganiques permettent souvent de doubler et même de tripler les rendements [24] et sont considérés comme un facteur clé pour une intensification agricole durable. [25] avaient montré que le rendement en grains du soja pouvait être amélioré jusqu'à 38,7 % avec l'application de 90 kg Ha⁻¹ d'azote par rapport au contrôle. Aussi dans deux sites différents en province du Sud-Kivu en RDC, l'engrais en combinaison avec la modification des écartements des cultures avait permis à [26] d'augmenter les rendements de haricot de 23 % et 21 % par rapport aux pratiques traditionnelles. Par ailleurs, le recours aux engrais minéraux dans l'amélioration des rendements, se heurte à leur faible disponibilité du fait qu'ils coûtent chers par suite du manque des moyens d'importation [19]. Comme l'indiquent [27], leur utilisation exclusive pose le problème environnemental de pollution du sol, de l'eau et de l'air. Ceci a été signalé dans les zones cotonnières du Burkina Faso où l'utilisation quasi exclusive des engrais minéraux a été suivie d'une dégradation rapide de la fertilité du sol qui s'est traduit par une acidification accentuée [28]. Les travaux récents ont montré que la productivité des sols sous les tropiques baisse avec l'utilisation continue des engrais chimiques [29]. Toutefois, ce problème peut être résolu si les résidus des récoltes sont laissés dans le champ ou avec l'utilisation des engrais organiques. Dans les petites exploitations agricoles, on signale l'application, du *Titonia diversifolia* [4, 29], du guano (excréments de chauves-souris) [30], du fumier de ferme et du compost [31]. Mais comme la plupart de ces engrais organiques sont pauvres en nutriments notamment

en P [32], dans la production de haricot, des grandes quantités doivent être appliquées [33, 34]. Vu sous cet angle, les engrais organiques ne peuvent pas remplacer simplement les engrais chimiques [19, 26, 35], pourvu que leur utilisation soit efficace [19, 36], et suivie des bonnes pratiques culturales telles que la rotation légumineuse-céréale [37], l'intégration de l'agroforesterie [38, 39] ou les stratégies d'application de petites doses d'engrais [18]. Beaucoup de chercheurs mettent de plus en plus l'accent sur les variétés améliorées et la combinaison des engrais chimiques et organiques qui selon [40] est pertinente dans le système d'exploitation des petits producteurs et forme un aspect intégral de la Gestion Intégrée de la Fertilité du Sol (GIFS). Néanmoins, des engrais chimiques doivent être appropriés pour une culture donnée et devront être en adéquation avec les conditions biophysiques et socioéconomiques des producteurs. Peu d'étude dans la région focalise sur la détermination des engrais appropriés pendant que, nombre d'agriculteurs utilisent des engrais binaires ou ternaires là où suffirait un engrais simple. Dans la production de haricot, cette situation défavorise l'efficacité des engrais chimiques. L'objectif de cette étude est d'identifier les types des engrais requis dans les conditions locales inhérentes aux évidences biophysiques et socioéconomiques des producteurs de haricot dans la région tropicale humide de l'Est de la R.D.C.

2. Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée dans les champs d'agriculteurs dans deux sites, Kashusha et Mulengeza, où le régime pluviométrique est bimodal avec un cumul annuel de 1500-1800 mm. La grande saison A, la première, a des pluies abondantes et bien réparties de septembre à février et la deuxième, saison B, a des pluies rares et mal réparties de mars à mai. Les champs expérimentaux étaient situés sur des versants de pente estimée entre 0-2 % dans une région où 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 [41]. Dans chacun des deux sites, on a choisi 3 petits producteurs de haricot ayant des champs qui n'ont pas été traités aux engrais (organique ou inorganique) deux saisons auparavant. Après le fauchage des herbes du champ expérimental à la machette, on a débarrassés des débris avant le labour. Le champ expérimental de 116 m² (14,5 m x 8 m) a été directement labouré à la houe à une profondeur de 25 à 30 cm. Il a été divisée en trois blocs (répétitions) de 14,5m x 2m chacun, séparés l'un de l'autre par une allée de 1m. Dans chaque répétition, des parcelles de 4 m² (2 m x 2 m) séparées de 0,5 m l'une de l'autre ont été délimitées, dans lesquelles les traitements ont été assignés de façon aléatoire. Dans ce champ expérimental du paysan, on a eu au total 3 répétitions, 6 parcelles de 2mx2m par répétition dans lesquelles 6 traitements ont été affectés aléatoirement.

Outre le contrôle, les traitements sont composés de NPK, DAP, KCl, TSP et fumier local. Ce dernier a été collecté dans chaque ménage propriétaire du champ expérimental et chez ses voisins directs. Ces engrais ont été appliqué en dose unique avant la plantation au taux de 0 kg/Ha représentant le contrôle, 120 kg/Ha NPK; 100 kg / Ha DAP, 80 kg / Ha KCl, 120 kg / Ha TSP et 10 tonne de fumier à l'hectare. Le semis a été effectué dans le poquet. Pour éviter que les engrais ne soient en contact direct avec la semence, on a ouvert un sillon de 5 - 10 cm de profondeur à environ 5 cm, de la ligne de semis, dans lequel on a apposé l'engrais et couvrir avec la terre excavée. Le fumier a été incorporé au sol jusqu'à 20-25 premiers centimètres sur toute la surface de la parcelle expérimentale. Le matériel expérimental était le haricot, variété HM-21-7. Cette variété a un port érigé, un cycle de végétation court et peut produire entre 2000 et 3000 kgHa⁻¹ [10]. Le semis a été réalisé aux écartements de 40 cm x 20cm en raison de deux graines par poquet. Les entretiens culturaux se sont limités à la réalisation de deux sarclages, effectués dans les parcelles expérimentales, les allées et tout autour de l'essai. La récolte est intervenue exactement trois mois après plantation (soit 90jours). A la maturité des plants, le haricot a été récolté en fauchant la plante au niveau de la surface du sol sur une superficie de 2.8 m² de parcelle utile pour chaque traitement. Deux lignes de bordure ont été écartées dans chaque parcelle

par traitement. Après séchage et battage, les grains ont été pesés. Le rendement en grain a été calculé. L'efficacité agronomique relative (EAR) a aussi été calculée selon la méthode proposée par [42] adaptée par [43], comme suit :

$$EAR = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_1} \times 100 \quad (1)$$

Y1 étant les rendements (kg) produits dans la parcelle traitée, Y0 les rendements (kg) produits dans la parcelle témoin et Y1-Y0 les rendements supplémentaires dû à l'efficacité agronomique relative (EAR) de l'engrais.

Nous avons ensuite calculé le coût (\$) d'une unité fertilisante pour différents types d'engrais testés suivant la **Formule** :

$$C = \frac{P \times 2}{N} \quad (2)$$

P, étant le prix d'un sac d'engrais (\$); *C*, le coût (\$) d'une unité fertilisante du nombre total d'unités fertilisante (*N*) renfermée dans un sac de 50kg. On appelle Unités Fertilisantes (UF), la quantité totale d'éléments fertilisants apportés par l'engrais, tous les éléments confondus. Le taux d'équilibre de l'engrais se réfère aux proportions des teneurs des trois éléments (N-P-K). Notons que les prix de référence des engrais ont été recueillis chez un commerçant d'intrants dans la ville de Bukavu. Les effets des engrais ont été comparés en calculant la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de 5 % de la probabilité. Le modèle croisé mixte à deux critères de classification a été utilisé pour l'analyse de la variance (ANOVA) des données recueillies sur les rendements à l'aide du logiciel GenStat (11^{ème} édition). Les unités expérimentales étaient constituées par des parcelles élémentaires de 4m² (2mx2m). Les variables considérées pour l'analyse étaient les fertilisants (5), les sites (2) et les champs (6) (3champs / site).

3. Résultats

3-1. Engrais requis à l'échelle des champs spécifiques

La productivité de haricot dans les sites de Kashusha et de Mulengeza révèle que le niveau de fertilité naturelle des sols, influence l'efficacité de l'engrais. Celle-ci évoque que la réserve nutritive du sol est différente d'un site à un autre et d'un champ à un autre au sein d'un même site selon multiple paramètres. Donc, du fait que les champs au sein d'un site ont chacun un précédent cultural (une histoire) spécifique, les types d'engrais requis sont aussi spécifiques.

3-1-1. Site de Kashusha

Les rendements obtenus dans les champs spécifiques du site de Kashusha où les différents types d'engrais ont été appliqués sont présentés dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Effets des fertilisants sur les rendements (kg / Ha) de haricot durant la campagne agricole 2018B dans le site de kashusha

Traitements	Rendements (kg / Ha)		
	Champ 1	Champ 2	Champ 3
Contrôle	243a	926a	434a
DAP	583b	972ab	966e
Fumier	652b	937ab	816cde
KCl	610b	961ab	544b
NPK	519b	1215bc	920de
TSP	559b	1071bc	686bc
PPDS _{0,05}			
Fertilisants (A)		180,8*	
Champs (B)		127,8*	
A x B		313,1ns	
CV (%)		24,7	

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au niveau de $p = 5\%$. PPDS : plus petite différence significative. Ns: non significative. PPDS : significatif à 5 % de probabilité.*

A Kashusha, les effets des engrais sont hautement significatifs ($p < 0.001$) selon les champs et selon les types d'engrais. Dans le champ1, aucun des traitements n'était statistiquement différent ($p = < 0.001$) l'un de l'autre, excepté avec le contrôle. Toutefois, le fumier et le KCl ont montré une tendance à être supérieurs aux autres traitements. On note que KCL bien qu'inférieur au fumier local (6.8 %), il est 2,5 fois supérieur au contrôle et a devancé DAP (4,6 %), NPK (17,5 %) et TSP (9 %). En conséquence, KCL et fumier pourraient être requis pour produire le haricot dans le champ1. Par ailleurs ces engrais (KCl et fumier) ont montré une tendance à être inférieurs au NPK et au TSP dans le champ2 malgré qu'ils n'aient pas induits des rendements très significativement différents aux rendements du contrôle ($p = 5\%$). Dans le champ2, NPK et TSP ont respectivement devancé KCl de 26,4 % et de 11 %. Ils ont ensuite devancé le fumier local de 30% et de 14% respectivement. Aussi, NPK et TSP ont respectivement devancé DAP de 25 % et de 10 %. En conséquence, le paysan2 pourrait utiliser NPK ou TSP pour améliorer la production de haricot. Dans le champ3, la productivité de nos traitements était significativement distinguée du contrôle ($p = 5\%$). En effet, les rendements obtenus avec DAP et NPK ont légèrement été supérieurs au double du contrôle et statistiquement similaires au rendement du fumier. De plus, DAP a devancé KCL de 77,6 % et TSP de 41 % tandis que NPK a devancé KCL et TSP de 69% et de 34% respectivement. De ces résultats on déduit que le paysan3 doit utiliser DAP et NPK ou si nécessaire le fumier produit localement pour améliorer les rendements de haricot dans son champ.

3-1-2. Site de Mulengeza

Les rendements obtenus dans les champs spécifiques dans le site de Mulengeza où les différents types des engrais ont été appliqués sont repris dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Effets des fertilisants sur les rendements (kg/ha) de haricot durant la campagne agricole 2018B dans le site de Mulengeza

Traitements	Rendements (kg / Ha)		
	Champ 1	Champ 2	Champ 3
Contrôle	263a	373a	272a
DAP	713b	694b	723bc
Fumier	309a	602b	671bc
KCl	297a	660b	544b
NPK	851bc	550ab	775c
TSP	904c	677b	631bc
PPDS _{0,05}			
Fertilisants(A)		181,9*	
Champ(B)		128,6ns	
A x B		315,0ns	
CV(%)		12,6	

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas sensiblement différentes au niveau de $p = 5\%$. PPDS : Écart-type le plus faible. Ns : non significatif. *PPDS significative à $P \leq 0,05$

A Mulengeza dans le champ1, les rendements obtenus avec KCL ou avec fumier local n'étaient pas statistiquement différents à ceux du contrôle. Par ailleurs, DAP s'est distingué en produisant 2,7 fois plus que le contrôle, TSP et NPK chacun a triplé les rendements produits dans le contrôle. On peut dire que NPK et TSP sont requis dans le champ1. Dans le champ2, aucun de nos traitements n'était statistiquement supérieur, excepté par rapport au contrôle. Qu'à cela ne tienne, DAP a dépassé NPK de 26 %, le fumier de 15 %, le KCL de 5 % et le TSP de 2,5 %. On peut déduire qu'il serait requis pour produire le haricot dans le champ2. Dans le champ3, NPK, DAP, TSP et fumier sont statistiquement identiques ($p = < 0,001$). Mais en comparant les rendements observés, NPK a tendance à être supérieur par rapport aux autres traitements et a produit des rendements qui dépassent ceux du contrôle de 184,9%. Il pourrait être considéré comme requis pour produire le haricot dans le champ3.

3-2. Engrais requis à l'échelle de site

Rappelons que les engrais minéraux sont des matériaux, naturels ou manufacturés, qui contiennent des éléments fertilisants essentiels pour la croissance et le développement normaux des plantes. Rappelons aussi que la composition d'un engrais fait référence aux teneurs minimum garanties en azote total (exprimée en N), en phosphore assimilable (exprimée en P_2O_5) et en potassium soluble (généralement exprimé en K_2O). La **Figure 1** montre les courbes de moyennes obtenues en testant différents engrais dans deux sites de production de haricot (Kashusha et Mulengeza).

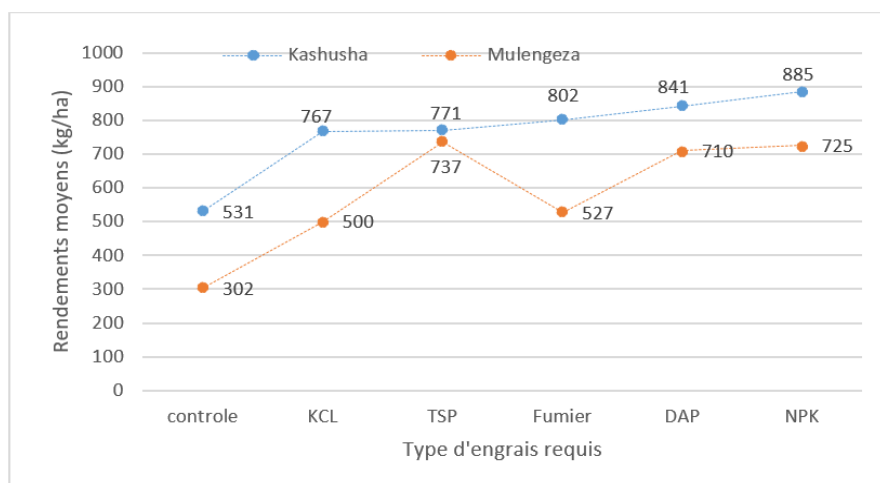


Figure 1 : Courbes évolutives des rendements cumulés de trois champs de haricot (kg / Ha) obtenus avec les différents engrais durant la saison culturale 2018B dans les sites de Kashusha et de Mulengeza

Dans le site de Kashusha, les rendements élevés, en étant successivement décroissants, ont été observés avec l'application de NPK, DAP ou fumier local et ont respectivement amélioré les rendements du contrôle à 67 %, 58 % et 51 %. Dans le site peu productif de Mulengeza les rendements maximums ont été observés par l'application de DAP, TSP et NPK et ont améliorés les rendements du contrôle à 135 %, 144 % et 140 % respectivement. En fonction des rendements observés sur la **Figure 1**, on remarque que KCl est inférieur dans les deux sites, TSP n'est pas attrayant à Kashusha bien qu'il soit parmi les engrais ayant induit des rendements élevés à Mulengeza. L'application du fumier local n'est pas aussi mieux à Mulengaza en dépit de rendements élevés qu'il a induits à Kashusha.

3-3. Valeur des engrais en fonction d'unité fertilisante (UF) et du taux d'équilibre

Les résultats des engrais requis en fonction du prix d'une unité fertilisante et de leur taux d'équilibre sont reportés dans le **Tableau 3**. Rappelons qu'une Unités Fertilisantes (UF) est la quantité totale d'éléments fertilisants apportés par l'engrais et le taux d'équilibre de l'engrais se réfère aux proportions des teneurs des trois éléments (N-P-K).

Tableau 3 : Estimation des engrais requis en fonction de sa composition, du prix au marché local, d'unité fertilisante (UF) et de leur taux d'équilibre

Types d'engrais	Composition	UF	1 sac de 50kg (\$)	UF(\$)	TE
Fumier	2,4-0,2-2,3	4,9	20	8,16	-
NPK	17-17-17	51	65	2,55	1-1-1
DAP	18-46-0	64	65	2,03	1-2-1
KCl	0-0-60	60	72,5	2,42	0-0-1
TSP	0-55-0	55	72,5	2,64	0-1-0

UF = unité fertilisante, TE = taux d'équilibre. Le prix des engrais a été fourni par un vendeur d'intrants œuvrant dans la ville de Bukavu.

En fonction des prix des engrais, il est à signaler que l'engrais NPK (17 - 17 - 17) qu'on a utilisé, apporte 51 UF (= 17 + 17 + 17), alors que DAP (18 - 48 - 0) apporte 64 UF (= 18 + 46 + 0), KCl (0-0-60) apporte 60 UF, TSP (0-55-0) apporte 55UF. D'après [26], le fumier local (2,4 - 0,2 - 2,3) apporte aussi 4,9 UF. Ainsi,

si 1 sac de 50 kg de NPK coûte 65\$, l'UF revient à $(65*2) / 51 = 2,55\$$. Si un sac de 50kg de DAP coûte 65\$, l'UF revient à $(65*2) / 64 = 2,03\$$. Si un sac de 50 kg KCl coûte 72,5\$, l'UF revient à $(72,5*2) / 60 = 2,42\$$. Si un sac de TSP coûte 72,5\$, l'UF revient à $(72,5*2) / 55 = 2,64$ et si un sac de 50 kg de fumier coûte 20\$, l'UF revient à $(20*2) / 4,9 = 8,16 \$$.

3-4. Calcul de l'efficacité agronomique relative (EAR)

Les valeurs de l'efficacité agronomique relative (EAR) à l'échelle des sites sont données au **Tableau 4**. On note des différences significatives entre les valeurs moyennes d'EAR. Il en découle du **Tableau 4** que dans le site de Kashusha, la valeur maximum moyenne d'EAR est observée avec l'application de NPK (41,6 %) tandis que dans le site de Mulengeza les valeurs élevées d'EAR sont visibles avec l'application de TSP (58 %) et de DAP (56,8 %).

Tableau 4 : Valeurs maximums de l'efficacité agronomique relative dans le site de Kashusha et dans le site de mulengeza

Traitements / sites	Sites			
	Kashusha		Mulengeza	
	Rendements (kg)	EAR (%)	Rendements (kg)	EAR (%)
DAP	841	39,8	710	56,8
Fumier	802	37,7	527	36,1
KCl	767	35,9	500	25,0
NPK	887	41,6	725	33,5
TSP	771	37,2	737	58,0
PPDS _{0,05}	267,5ns	24,57*	194,9*	39,00*

PPDS : Écart-type le plus faible. Ns : non important. *PPDS important à $P \leq 0,05$. EAR = efficacité agronomique relative de l'engrais.

Les valeurs de l'efficacité agronomique relative dans les champs spécifiques de Kashusha et de Mulengeza sont compilées dans le **Tableau 5**.

Tableau 5 : Valeurs maximums de l'efficacité agronomique relative dans les champs respectifs de Kashusha et de Mulengeza

Traitements / Sites	Efficacité agronomique relative (EAR) (%)					
	Kashusha			Mulengeza		
	Champ1	Champ 2	Champ3	Champ 1	Champ2	Champ3
DAP	60,0a	4,7b	54,8a	61,7a	45,9a	62,8a
Fumier	63,0a	1,2b	47,3a	11,9b	36,7a	59,7a
KCl	61,0a	3,6b	41,2a	-17,2c	42,2a	50,0a
NPK	49,5a	24,0a	51,2a	69,1a	26,2a	65,1a
TSP	59,5a	13,5ab	36,6a	71,4a	45,2a	57,3a
PPDS _{0,05}	25,62	19,57	13,72	11,7	25,37	7,41
CV (%)	18,12	12,2	19,6	26,8	42,6	8,3

PPDS_{0,05}: la plus petite différence significative à 5 % de probabilité. EAR = efficacité agronomique relative de l'engrais. CV = coefficient de variation.

A Kashusha, dans le champ1, les valeurs élevées d'EAR ont été observées avec l'application de DAP (60 %), fumier (63 %) et KCl (61 %). Dans le champ 2, les valeurs d'EAR observées sont anormalement les plus faibles

vis-à-vis des rendements observés. Néanmoins, la valeur d'EAR la plus élevée a été observée avec l'application de NPK (24 %). Dans le champ3, les valeurs d'EAR les plus élevées ont été observées avec l'application de DAP (54,8 %) et NPK (51,2 %). A Mulengeza, le champ1 a enregistré des valeurs élevées d'EAR avec l'application de TSP (71,4 %) et DAP (61,7 %) et le champ2 avec l'application de DAP (45 %) et TSP (45,2). Quant au champ3, les valeurs élevées d'EAR sont observées avec l'application de DAP (62,8 %) et NPK (65,1 %).

4. Discussion

Les résultats de cette étude montrent que les engrais DAP, NPK, TSP et fumier sont relativement efficaces dans la production de haricot à travers les deux sites d'étude. L'implication est que les agriculteurs ont besoin des recommandations stratégiques pour un usage adéquat des engrais, particulièrement en culture de haricot. Il s'observe en effet que NPK et TSP ont induit des rendements les plus élevés respectivement à Kashusha et à Mulengeza. Ils seraient donc exceptionnellement les mieux indiqués dans la production de haricot dans ces sites. Ce constat est soutenu, en fonction de leur forte augmentation de rendement, par [44] qui stipulent que leur usage est approprié, chacun, dans la localité où sa performance a été avérée. Mais, [45] rétorquent que cela ne suffit pas et disent qu'une recommandation doit être fondée sur une étude systématique des conditions locales incluant le besoin nutritionnel de la plante. Cette remarque est justifiée dans cette étude, car en effet, les rendements obtenus montrent que dans les champs spécifiques la réponse du haricot à ces engrais est très variable à cause de multiple paramètres. Aussi, du fait que chaque site a des conditions appropriées et qu'au sein d'un même site, chaque champ a un précédent cultural (une histoire) particulier, la recommandation des engrais ne doit pas être générale dans la production de haricot. Nous constatons que NPK, DAP et TSP sont tous nécessaires pour la culture de haricot tel que révèle notre étude. Aussi, l'application de NPK et DAP, apporte de l'azote, nécessaire à l'élaboration des composés organiques (acides aminés, acides nucléiques, protéines, Chlorophylle) et est directement assimilable sous forme de NH_4^+ ou NO_3^- , ce dernier n'étant pas pratiquement retenu sur le complexe anionique du sol. Dans les cas des champs peu productifs et qui jonchent des sols acides et dépourvus de matières organiques, on soupçonne que l'application de NPK conduise à des pertes dans le processus de transformation chimique [46] ou à cause du lessivage de NO_3^- qui ne sera pas retenu sur le complexe anionique.

Aussi, l'ion K^+ étant fortement hydraté dans le sol, il est faiblement fixé sur le complexe adsorbant et par conséquent accroît son effet dispersant des particules du sol et ainsi perturber son fonctionnement. On soupçonne également qu'avec l'application de TSP ; le phosphore dans le sol pose un problème, car il est fortement fixé par le fer et l'alumine, d'autant plus que la majorité des sols sont acides [41] et dépourvus de matières organiques. Dans tel contexte, il va de soi que DAP soit proposé dans la culture de haricot. En effet, l'engrais DAP est une excellente source de P et de N pour la nutrition des plantes. Il est très soluble et se dissout rapidement dans le sol pour libérer le phosphore et l'ammonium sous formes disponibles pour les plantes (NH_4^+). Une propriété remarquable du DAP est le pH alcalin qui se développe autour des granules dissous. En plus, il s'avère que le sac de DAP est moins cher par unité fertilisante et il a l'avantage d'apporter plus de Phosphore (un ingrédient nécessaire au développement de la plante de haricot), moins d'azote qu'il vaut mieux ne pas en apporter plus pour le haricot [47] et pas de potasse qui est rarement déficitaire [4]. Cet engrais (50 kg Ha^{-1}) a été proposé au Burundi par [19], pour avoir augmenté les rendements céréaliers moyens jusqu'à 1000 kg Ha^{-1} en association avec les haricots nains et 1800 kg Ha^{-1} en association avec les haricots volubiles. Au Bas-Congo en RDC, il a amélioré les rendements de soja jusqu'à 75 % par rapport au témoin [34] en appliquant une dose de 100 kg Ha^{-1} . Au Sud-Kivu à l'est de la RDC, la dose de 150 kg Ha^{-1} du DAP a induit un rendement en graines de soja de $1640,9 \text{ kg ha}^{-1}$ contre $694,1 \text{ kg Ha}^{-1}$ dans le témoin [48]. Le DAP est supérieur en termes de concentration (64 UF) que l'engrais NPK (17-17-17) (51UF). En fonction du taux d'équilibre, DAP est supérieur que NPK (17-17-17) et TSP. Lorsque l'application du DAP a été couplée avec des

pratiques de gestion améliorées au Burundi, les rendements des haricots volubiles jusqu'à 4000 kg Ha⁻¹, tandis que les haricots nains entre 1 000 et 2 000 kg Ha⁻¹ ont été observés par [49] cité par [50]. Cette étude montrent que le fumier local n'a pas significativement impacté les rendements par rapport aux autres traitements. D'après [26], le fumier local (2,4-0,2-2,3) apporte seulement 4,9 UF. On peut déduire que DAP combiné au fumier local déficient en P [26], peut améliorer l'efficacité agronomique de ce dernier en renforçant sa teneur en P et en le rendant suffisant pour compenser le faible niveau des éléments nutritifs dans les sols [29]. Ceci est valable à Mulengeza où les engrais minéraux est une option possible pour augmenter les rendements de haricot et où le fumier local est la principale source d'intrants de matière organique dans les champs [44] jonchant des sols acides [51] pouvant rendre indisponibles le N et P. Cette combinaison permet aux plants de haricot de mieux exprimer son potentiel de production [39], [15] tel que [50] cité par [15] ont observée en augmentant le rendement du sorgho de 200 à 1.700 kg par hectare lorsqu'ils ont combiné l'engrais minéral et du fumier au Burkina Faso. Les études de [48] ont mis en évidence l'efficacité du DAP par rapport à l'Urée sur la culture de soja. En effet, la faible réponse des légumineuses à graines à l'apport des fertilisants, contenant de faibles quantités de phosphore explique en partie notre engouement au DAP. Le P, facteur limitant dans la production des légumineuses à graines, joue un rôle essentiel dans la formation des gousses et sa déficience dans le sol réduit le nombre des gousses par plant et par conséquent baisse significativement le rendement en grains [53]. En outre, la déficience du phosphore affecte également le processus de fixation biologique de l'azote pour une meilleure nodulation pourtant, la fixation biologique de l'azote influence positivement la croissance et le rendement en grains des légumineuses. Ceci explique aussi en partie, le choix du DAP dans la production de haricot comme source d'Azote directement utile aux rhizobiums pour amorcer le processus symbiotique et du phosphore qui est un élément essentiel pour la croissance et le développement des légumineuses à graines. De ce qui précède, le sac de DAP est aussi moins cher par unité fertilisante et il a l'avantage d'apporter plus de Phosphore (un ingrédient nécessaire au développement de la plante de haricot). Par ailleurs, le fumier local est l'engrais le plus cher et sa qualité laisse à désirer. En fonction du prix d'UF et son apport en phosphore et en azote directement assimilable par les plantes, DAP peut être considéré comme requis pour produire le haricot dans les conditions locales de l'Est de la RDC.

5. Conclusion et recommandation

L'étude révèle un potentiel dans l'amélioration de la production de haricot dans les hautes terre tropicales humides à l'Est de la RD Congo par l'application des engrais. Dans le site de Kashusha, les rendements élevés, en étant successivement décroissants, ont été observés avec l'application de NPK, DAP ou fumier local et ont respectivement amélioré les rendements du contrôle à 67 %, 58 % et 51 %. Dans le site peu productif de Mulengeza les rendements maximums ont été observés par l'application de DAP, TSP et NPK et ont améliorés les rendements du contrôle à 135 %, 144 % et 140 % respectivement. Ces résultats montrent que la recommandation des engrais ne doit pas être générale, du fait que chaque site a des conditions propres et qu'au sein d'un même site, chaque champ a une histoire spécifique. Mais dans le contexte des sols acides, il va de soi que DAP soit proposé car étant une excellente source de P et de N, très soluble et se dissout rapidement dans le sol pour libérer le phosphore et l'ammonium et surtout à cause du pH alcalin qui se développe autour des granules dissous. De ce fait, la connaissance des conditions locales est un atout pour qu'un engrais puisse être correctement utilisé en vue de se situer à l'optimum économique.

Références

- [1] - FAO, Agricultural production, (2010), www.faostat.fao.org/site/567/default.aspx, Retrieved 09/11/2018
- [2] - S. O. NYAMWARO, R. KALIBWANI, B. WIMBA, A. MUKE, M. M. TENYWA, J. MOGABO, R. BURUCHARA and A. O. FATUNB, Innovation Opportunities in Bean Production in the DR Congo. *FARA Research Reports*, Vol. 2, (20) (2018) 16 p.
- [3] - USAID, Assessment of the DRC's Agricultural Market Systems: Value chains in the North and South Kivu, and Katanga Provinces, Leveraging Economic Opportunities (LEO). Report N° 16 (2015)
- [4] - J. C. E. MONGANA, A. N. E. BOLAKONGA, J. M. T. MUSUNGAYI, C. B. KASHEMA, Détermination du moment d'application de *Tithonia diversifolia* et son évaluation agro économique sous culture de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal en Ligne de l'ACASTI et du CEDESURK*, Vol. 2, N° 1 (2014)
- [5] - G. KANANJI, E. YOHANE, D. SIYENI, L. KACHULU, L. MTAMBO, B. CHISAMA, O. MULEKANO, A Guide to Soybean Production in Malawi. Department of Agricultural Research Services (DARS), Lilongwe, Malawi. (2013). Retrieved November 29, 2016, from <https://www.researchgate.net/publication/265736526> , Aguide_to_soybean_production_in_Malawi, (Jan 2018)
- [6] - J. KIHARA, G. NZIGUHEBA, S. ZINGORE, A. COULIBALY, A. ESILABA, S. KABAMBE, S. NJOROGI, C. PALM, J. HUISING. Understanding variability in crop response to fertilizer and amendements in Sub-saharian Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 229 (2016) 1 - 12
- [7] - P. MUNENE, L. CHABALA, M. MWEETWA, Land Suitability Assessment for Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), Production in Kabwe District, Central Zambia. *Journal of Agricultural Science*, 9 (3) (2017) 1 - 16
- [8] - D. VAN VUGT, A. FRANKE, K. GILLER, Participatory research to close the soybean yield gap on smallholder farms in Malawi. *Experimental Agriculture*, 53 (3) (2017) 396 - 415
- [9] - B. VANLAUWE, K. DESCHEEMAER, K. GILLER, J. HUISING, R. MERCKX, G. NZIGUHEBA, J. WENDT, S. ZINGORE, Integrated soil fertility management in Sub-Saharan Africa : unravelling local adaptation, *Soil 1*: (2015) 491 - 508
- [10] - A. L. KANYENGA, E. L. KASONGO, R. V. KIZUNGU, G. M. NACHIGERA et K. M. KALONJI, 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] - R. M. KIJANA, R. ABANG, R. EDEMA, C. MUKANKUSI and R. BURUCHARA, Prevalence of Angular Leaf Spot Disease and Sources of Resistance in Common bean in Eastern Democratic republic of Congo : *African Crop Science Journal*, Vol. 25, N° 1 (2017) 109 - 122 p.
- [12] - CIALCA, Technical progress report n°6, CIALCA II, January-December 2009. Report to the Directorate General for Development Cooperation (DGDC), Belgium, Nairobi, Kenya and Kampala, Uganda, (2009)
- [13] - B. BEKUNDA, N. SANGINGA, P. L. WOONER, Restoring Soil Fertility in Sub-Sahara Africa. *Advances in Agronomy*, 108 (2010) 184 - 236
- [14] - C. A. SHISANYA, M. W. MUCHERU, D. N. MUGENDI, J. B. KUNG'U, Effect of organic and inorganic nutrient sources on soil mineral nitrogen and maize yields in central highlands of Kenya. *Soil & Tillage Research*, 103 (2009) 239 - 246
- [15] - B. J. NTAMWIRA, C. T. MIRINDI, M. L. D. PYAME, D. B. DHED'A, M. E. BUMBA, M. A. MOANGO, M. J. KAZADI et L. A. KANYENGA, Évaluation 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 (2018a) 11368 - 11386, ISSN 1997-5902
- [16] - M. R. CIVAVA, M. MALICE, J. P. BAUDOIN, Amélioration des agrosystèmes intégrant le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) au Sud-Kivu montagneux. *Ed. Harmattan*, (2012) 69 - 92 p.

- [17] - N. C. RAZAFINDRAMANAN, J. M. DOUZET, B. BARTHÈS, L. RABEHARISOA, A. ALBRECHT, Evaluation des effets de systèmes de semis direct à couverture végétale pérenne (SCV) sur l'érosion hydrique et la production agricole sur les Hautes-Terres de Antsirabe (Madagascar), (2012) 12 p.
- [18] - D. PYAME, Propriétés agronomiques et potentiel d'atténuation des changements climatiques d'une agro-forêt de type «culture en assiettes sous tapis vert», en restauration de sols dégradés, à Kisangani (RD Congo), Thèse de Docteur en Sciences Agronomiques, Université de Kisangani, RD Congo, (2015)
- [19] - M-C. NIYUHIRE, P. PYPERS, B. VANLAUVE, G. NZIGUHEBA, D. ROOBROECK and R. MERCKX, Profitability of diammonium phosphate use in bush and climbing bean-maize rotations in smallholders farms of central Burundi. *Fields crops Research*, 212 (2017) 52 - 60
- [20] - IFDC (International Fertilizer Development Centre), IFDC report, 57. Vol. 37, N° 2 (2012)
- [21] - E. BAGULA, P. PYPERS, G. MUSHAGALUSA, J-B. MUHIGWA, Assessment of fertilizer use efficiency of maize in the Weathered soils of Walungu District, DR Congo, B. Vanlauwe et al., (eds.), Challenges and Opportunities for Agricultural Intensification of the Humid Highland Systems of Sub-Saharan Africa, *Springer International Publishing Switzerland*, (2014) 187 - 199
- [22] - N. BOSSISSI, J. BASHAGALUKE, V. CIDORO, N. NSHOBOLU, J. WALANGULULU, P. PYPERS, The best choice of fertilizer for maize (*Zea mays*) and climbing beans (*Phaseolus vulgaris*) rotation for rich, mean and poor farmers in South-Kivu, DR Congo. *Academia Journal of Agricultural Research*, (3) (2015) 29 - 36
- [23] - G. MUSHAGALUSA, A. KASHEMWA, C. SINZA, L. BIGIRIMWAMI, K. KARUME, A. LUBOBO, Responses of biofortified common bean varieties to diammonium phosphate fertilizer under climate variability conditions in South-Kivu, DR Congo. *African Journal of Agricultural Research*, 11 (38) (2016) 3569 - 3577
- [24] - N. SANGINGA and P. L. WOOMER, Integrated soil fertility management in Africa : principles, practices and developmental process, (2009) 270 p.
- [25] - J. FALODUN, J. EHIGIATOR, S. OGEDEGBE, Growth and yield response of soybean (*Glycine max* Merr.) to organic and inorganic fertilizer in Edo Rainforest of Nigeria. *American Journal of Plant Sciences*, 6 (2015) 3293 - 3297
- [26] - P. PYPERS, J.-M. SANGINGA, B. KASEREKA, J. WALANGULULU, B. VANLAUWE, increased productivity through integrated soil fertility management in cassava-legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo. *Field Crops Research*, 120 (2011) 76 - 85
- [27] - J. F. M RIPPY, M. M. PEET, F. J. LOUWS, P. V. NELSON, D. B. ORR & K. A. SORENSEN, Plant Development and harvest yields of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience*, 39, 2 (2004) 223 - 229
- [28] - R. ZOUGMORÉ, K. OUATTARA, A. MANDO & B. OUATTARA, Rôle des 19 nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 15, 1, (2004) 41 - 48
- [29] - F. KAHO, M. YEMEFACK, P. FEUJIO-TEGUEFOUET, J. C. TCHANTCHAOUANG, Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun, *TROPICULTURA*, 29 (1) (2011) 39 - 45
- [30] - B. F. NZUKI, E. K. KINKWONO & B. G. SEKLE, Utilisation du guano comme substitut du Di-ammonium Phosphate (DAP) dans la fertilisation du soja et de la tomate en République Démocratique du Congo. *TROPICULTURA*, 29, 2, (2011) 114 - 120
- [31] - T. MUSUNGAYI, 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, (1990) Inédit
- [32] - C. A. PALM, R. J. K. MYERS, S. M. NANDWA, Combined use of organic and inorganic nutrient sources for soil fertility maintenance and replenishment. In : Buresh, R.J., REAFOR, (2009). Inventaire
- [33] - L. LUNZE, Possibilités de gestion de la fertilité de sol au Sud - Kivu, Montagneux. Cahiers du CERPRU, 14 (2000) 23 - 26

- [34] - M. NGONGO et L. LUNZE, Espèces d'herbe dominante comme indice de la productivité du sol et de la réponse du haricot commun à l'application du compost. *African Crop Science Journal*, 8 (3) (2000) 251 - 261
- [35] - A. MUKE, L. LUNZE, T. MIRINDI, B. WIMBA, K. KARUME, S. KAZI, S. NYAMWARO, M. TENYWA, J. MUGABO, R. BURUCHARA, O. FATUNBI et A. ADEKUNLE. Efficience agro-économique de la fertilisation minérale et biologique des haricots sur les ultisols des hautes-terres dans l'est de la République démocratique du Congo. La gestion durable des sols : clé pour la sécurité alimentaire et la nutrition en Afrique. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. *Nature et faune*, Vol. 30, N° 1 (2016) 50 p.
- [36] - P. PYPERS, W. BIMPONDA, J-P LODI-LAMA, B. LELE, R. MULUMBA, C. KACHAKA, P. BOECKX, R. MERCKX and B. VANLAUWE, Combining Cassava Production Fertilizer and Green Manure for Increased, Profitable Cassava Production. *AGRONOMY JOURNAL*, (2012) DOI : 10.2134/agronj2011.0219
- [37] - C. P. NDAYISABA, Effects of Inorganic and Organic Fertilizers on Nutrient Uptake, Soil Chemical Properties and Crop Performance in Maize Based Cropping Systems in Eastern Province of Rwanda. Kenyatta University, (Doctoral dissertation), (2013)
- [38] - A. K. SAIDOU, M. HASSANE, Y. T. ABDOULLATIF, A. KARIMOU. Effets d'Acacia senegal (L.) Willd sur le Rendement du Niébé (*Vigna unguiculata*) au Niger, Afrique de l'ouest. *European Scientific Journal edition*, Vol. 14, N°27 (2018) ISSN: 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857 - 7431
- [39] - B. J. NTAMWIRA, M. L. D. PYAME, L. A. KANYENGA and D. B. DHED'A, The effects of different combinations of herbaceous and shrubs and microdose of fertilizer on bean and maize yields, soil properties and carbon sequestration on two degraded soils in the highland of South Kivu, Eastern of DR Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324, Vol. 23, N°3 (2018b) 275 - 284 p.
- [40] - B. VANLAUWE, A. BATIONO, J. CHIANU, K. E. GILLER, R. MERCKX, U. MOKWUNYE, O. OHIOKPE-HAI, P. PYPERS, R. TABO, K. SHEPHERD, E. SMALING, P. L. WOOMER, N. SANGINGA, Integrated soil fertility management - operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook Agric.*, 39 (2010) 17 - 24
- [41] - L. LUNZE, Comportement des variétés du haricot tolérantes à la toxicité aluminique en champs d'agriculteurs. Sémin. Régional. CIAT, Goma, RDC., (1992)
- [42] - C. MOREL and J. C. FARDEAU, Phosphorus Bioavailability of Fertilizer : A Predictive Laboratory Method for Its Evaluation. *Fert. Res.*, 28 (1991) 1 - 9
- [43] - B. KONE, J. B. ETTIEN, G. L. AMADJI, S. DIATTA et M. CAMARA, Effets d'engrais phosphates de différentes origines sur la production rizicole pluviale des sols acides en zone de forêt semi-montagneuse sous climats tropicaux : Cas des hyperdystric ferralsols sous jachères en Côte d'Ivoire. *Etude et gestion des sols*, 17 (1) (2010) 7 - 17
- [44] - S. ZINGORE, P. TITTONELL, M. CORBEELS, M. T. VAN WIJK and K. E. GILLER, Managing soil fertility diversity to enhance resource use efficiencies in smallholder farming systems: a case from Murewa District, Zimbabwe. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 90 (2011) 87 - 103, DOI 10.1007/s10705-010-9414-0
- [45] - N. P. RUSHEMUKA, R. A. BIZOZA, J. G. MOWO, L. BOCK, Farmers' soil Knowledge for Effective Participatory Integrated Watershed Management in Rwanda: towards soil-specific fertility management and farmers' judgmental fertilizer use. *Agric. Ecosyst. and Environ*, 183 (2014c) 145 - 159
- [46] - S. T. IKERRA, E. SEMU, J-P. MREMA, 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, (2007) 333 - 344 p.
- [47] - S. BEEBE, I. M. RAO, C. MUKANKUSI, R. BURUCHARA, Improving Resource Use Efficiency and Reducing Risk of Common Bean Production in Africa Latin America and the Caribbean. *Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT)*, (2012)

- [48] - P. ZAMUKULU, J. MONDO, P. KALUMIRE , R. AYAGIRWE, E. BAGULA, K. KARUME, D. KATUNGA, L. BABOY, E. NJUKWE, L. NABAHUNGU, A. LUBOBO, S. NDJADI ,G. MUSHAGALUSA, Réponse du soja (*Glycine max L.*) à des doses croissantes du DAP et Urée au Sud-Kivu, RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 122 (2018) 12309 - 12318, ISSN 1997-5902
- [49] - CIAT, Eco-Efficiency Agriculture for Poor. *Medium-term Plan 2010-2012*, (2012) 50 p.
- [50] - N. NTUKAMAZINA, C. RURADUMA and S. NTIBASHIRWA. Relative Performance of Staking techniques on Yields of Climbimb bean in Highlands of Burundi. *Afr. Crop Sci. j.*, 22 (2014) 997 - 1001
- [51] - L. LUNZE, Possibilités de Gestion de la fertilité de sol Au Sud-Kivu Montagneux. *Cahiers du CERPRU*, N° 14 (2000) 23 - 26 p.
- [52] - C. REIJ and T. THIOMBIANO, Développement rural et environnement au Burkina Faso : la réhabilitation de la capacité productive des terroirs sur la partie nord du Plateau Central entre 1980 et 2001, Free University of Amsterdam, The Netherlands, (2003) 80 p.
- [53] - J. MAHAMOOD, Y. ABAYOMI, M. ADULOJU, Comparative growth and grain yield responses soybean genotypes to phosphorous fertilizer application. *African Journal of Biotechnology*, 8 (6) (2009) 10301036