



Effets combinés de la fertilisation et de l'écimage sur l'acidité alumique et le rendement du niébé à Tshilenge

YALOMBE NGOY Gabriel¹, NGOYI KALEWU Junior¹, TSHINYANGU KANDANDA Anaclet¹, MUYAYABANTU MUPALA Georges¹

¹Université Officielle de Mbujimayi

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.17681559>

Combined effects of fertilization and topping on aluminum acidity and cowpea yield in Tshilenge

Abstract : Integrated soil fertility management primarily aims at optimizing crop productivity by maximizing the interactions between different inputs, particularly mineral fertilizers, organic amendments, improved seeds, liming, and other agricultural techniques or crop associations when they are integrated by the farmer, while taking into account environmental parameters. This study aimed to evaluate the influence of fertility management based on manure, NPK, and lime combined with topping on aluminum acidity and its consequences on cowpea productivity in the rural area of Tshilenge. A split-plot design with topping as the main factor and fertilizers as the secondary factor was conducted during season A₍₂₀₂₂₋₂₀₂₃₎. This study showed that aluminum acidity was neutralized, and an improvement in the yield of topped cowpea was recorded with the application of manure combined with lime (pH=8.03), which was significantly better with 3.08 t/ha.

Keywords: fertility, manure, NPK, lime, topping, aluminum acidity, cowpea, Tshilenge.

Résumé : La gestion intégrée de la fertilité du sol vise principalement l'optimisation de la productivité des cultures par une maximisation des interactions qui s'opèrent entre les différents intrants notamment les fertilisants minéraux, les amendements organiques, les semences

améliorées, le chaulage et autre technique agricole ou l'association des cultures lorsqu'ils sont intégrés par l'agriculteur tout en tenant compte des paramètres du milieu. Cette étude avait comme objectif d'évaluer l'influence de la gestion de fertilité à base de bouse, NPK et chaux combinée à l'écimage sur l'acidité alumique et ses conséquences sur la productivité du niébé dans la zone rurale de Tshilenge. Un dispositif en split plot ayant la pratique d'écimage comme facteur principal et les fertilisants comme facteur secondaire a été conduit saison A₍₂₀₂₂₋₂₀₂₃₎. Il ressort de cette étude que l'acidité alumique était neutralisée et l'amélioration du rendement de niébé écimé a été enregistrée sous apport au sol de la bouse combinée à la chaux (pH=8,03) qui était largement meilleur avec 3,08 t/ha.

Mots clés : fertilité, bouse, NPK, chaux, écimage, acidité alumique, Niébé, Tshilenge.

1 INTRODUCTION

La gestion de la fertilité des sols est une notion qui concerne la restauration de la fertilité de différents types de sols par quatre modes de gestion, notamment la gestion traditionnelle (GT), la gestion conventionnelle (GC), la gestion biologique (GB) et la gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) afin de relever le niveau de leur fertilité. Sans oublier l'accroissement de la productivité par des apports réguliers aussi bien des engrais minéraux que de matières organiques en vue de compenser les exportations par les récoltes, les pertes par lessivage, par la lixiviation et par ruissellement (Janssens, 1999 ; Ikerra *et al.*, 2007 ; Roose, 2011 ; Muyayabantu, 2017). Ainsi, tous les intrants doivent être gérés suivant des principes agronomiques et économiques rationnels. Le principal objectif de la GIFS est d'optimiser la productivité des cultures par une maximisation des interactions qui s'opèrent entre les différents intrants notamment les fertilisants minéraux, les amendements organiques, les semences améliorées, le chaulage et autre technique agricole ou l'association des cultures lorsqu'ils sont intégrés par l'agriculteur tout en tenant compte des paramètres du milieu (Noordwijk, 2004 ; Vanlauwe *et al.*, 2010; Fairhurst *et al.*, 2015).

Le niébé commun (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), une légumineuse, bien qu'il ait la capacité de fixer l'azote atmosphérique, grâce au Rhizobium, a besoin d'azote pour sa croissance et son développement, et aussi des autres éléments minéraux tels que le calcium, le potassium et le phosphore (Madamba *et al.*, 2006). Mais, il est buté au problème de fertilité des sols tropicaux, dans les conditions de la R.D.C. où les oxisols constituent le groupe de sols dominants sous climat chaud et humide mais qui accusent des contraintes majeures à la production agricole (Sanginga *et al.*, 2000).

En effet les principales limitations agricoles des sols ferralitiques sont à la fois de nature chimique, minéralogique et biologique, et que l'aluminium échangeable et le fer sont les cations qui occupent une proportion significative de tous les cations échangeables dans ces sols, entraînant ainsi la fixation du P disponible. Ainsi pour lever ces limitations, il faut : maîtriser le ruissellement et mieux contrôler l'érosion ; restaurer la macroporosité ; restituer la matière organique ; favoriser la présence et l'activité de la microflore et de la mésofaune du sol ; corriger le pH, la toxicité alumique et manganique par l'apport des amendements calcaires et organiques ; et corriger les carences minérales par l'apport des engrais (Pieri, 1989 ; Nabahungu

et al., 2007 ; Muyayabantu, 2017). Aux besoins, appliquer une technique culturale comme l'écimage, encore moins utilisé pour la production des graines dans notre milieu, hormis l'expérimentation de Yalombe *et al.*, (2017 et 2023) et à petite échelle aux fins de légumes feuilles. Est-ce la gestion de la fertilité du sol à base de bouse, NPK et chaux combinée à l'écimage aurait une influence sur l'acidité alumique et stimulerait un effet sur la production du niébé ?

C'est ici que se dégage la notion de la gestion de la fertilité du sol et que s'inscrit l'objet de cette recherche mettant en exergue l'accroissement de la production de niébé par l'apport de l'engrais minéral NPK, de la fumure organique notamment la bouse, le chaulage et l'écimage.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 Milieu d'étude

2.1.1 Situation géographique

L'expérimentation a été menée à Bakwa Muala, dans le territoire de Tshilenge, au Kasai Oriental, situé entre les latitudes -6°, 2180822 S et -6°, 2181472 S; et entre les longitudes 23°, 7245226 E et 23°, 7250547 E, à une distance de 25 km de la Ville de Mbuji-Mayi et de 3 km de la Cité de Tshilenge.

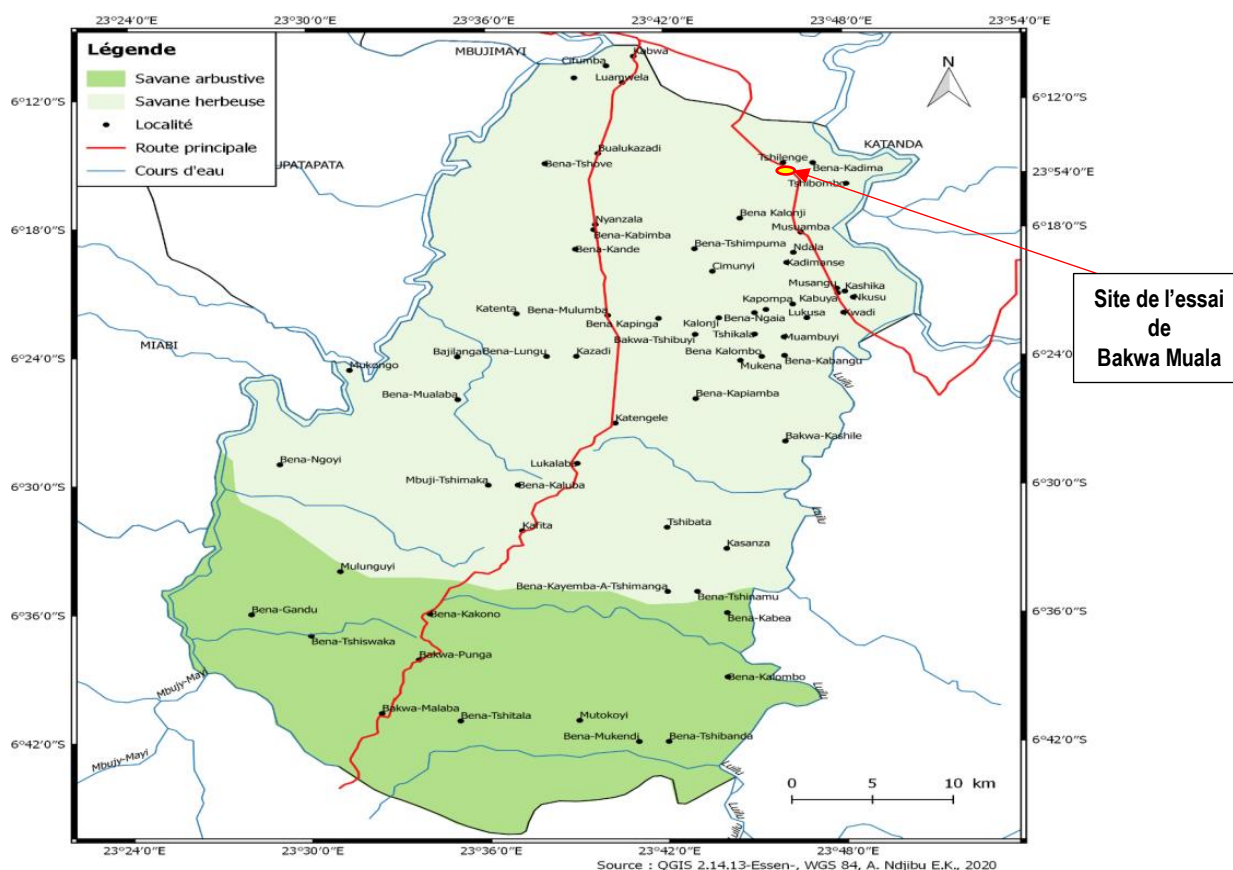


Figure 1. Carte du Territoire de Tshilenge

2.1.2 Aspect climatique

Selon la classification de Koppen, le climat du site expérimental est de type AW3. Ce climat tropical humide est marqué par alternance de deux saisons : une saison pluvieuse de 9 mois (d'août à avril) et une saison sèche de 3 mois (de mai à juillet). La pluviométrie annuelle moyenne est de 1500 mm et la température annuelle moyenne est d'environ 25 °C (Kambi,

2010). En général, l'humidité relative annuelle varie entre 63 et 96% dans la zone d'étude. Elle est toujours supérieure à 60%, mais toujours inférieure à 100%. Soulignons que le niébé craint une humidité relative excessive, supérieure à 80%, car source de maladies cryptogamiques et d'allogamie alors qu'il est autogame. L'optimum du niébé varie entre 70 et 80%, les chiffres de l'humidité relative dans la zone d'étude révèlent qu'elle peut être préjudiciable pendant certains mois de l'année à sa culture (Madamba *et al.*, 2006).

2.1.3 Aspect du sol et de la végétation

Les sols de notre site sont du type ferrallitique, à texture sablo-limoneuse avec la proportion de 64,14 % de sable, de 21,8 % de limon et de 14,06 % d'argile, à structure polyédrique subanguleuse moyenne bien développée avec les éléments grumeleux. Mais de faible teneur en matières organiques de l'ordre de 0,28 % n'atteignant même pas 1% alors qu'un bon sol doit avoir une moyenne se situant entre 2,5 et 3,0 % (CReSSol, 2023). La végétation du site expérimentale était dominée par les *Imperata cylindrica*, *Afromamum sp*, *Hyparrhenia spp.*, *Digitaria brazzae*, *Triumfetta spp.* et le palmier à huile, avec le manioc comme précédent cultural alors que le reste de la zone d'étude est, en outre, constitué des arbres et des arbustes (Kambi, 2010).

2.2 MATERIEL

2.2.1 Matériel biologique

La variété Diamant a été utilisée comme matériel de multiplication dont les semences provenaient de l'INERA/GANDAJIKA.

2.2.2 Matériel fertilisant

Dans le cadre de cette étude, trois fertilisants ont été utilisés, à savoir N₁₇P₁₇K₁₇, comme fumure minérale ; la bouse de vache, comme fumure organique et de la chaux comme amendement calcaire.

2.3 Méthodes

2.3.1 Dispositif expérimental

Pour vérifier les hypothèses, un essai suivant un dispositif expérimental en split-spot a été utilisé dont l'écimage constitue le premier facteur avec deux niveaux et la fumure, le facteur secondaire avec 8 niveaux : Control (sans fertilisants); NPK (à la dose de 235 kg/ha) ; Bouse (à la dose de 10 t/ha), Chaux (à la dose de 2,5 t/ha) ; Bouse + NPK (aux doses respectives de 10 t/ha et 235 kg/ha) ; Bouse + Chaux (aux doses respectives de 10 t/ha et 2,5 t/ha) ; Chaux+ NPK (aux doses respectives de 2,5 t/ha et 235 kg/ha) ; Chaux + NPK + Bouse (aux doses respectives

de 2,5 t/ha, 235kg/ha et 10t/ha). Ce dispositif comportait trois répétitions dont les dimensions sont de 18 m x 6 m chacune et distantes l'une de l'autre d'un mètre. Chaque répétition comprendrait 2 parcelles de 18 m x 3 m chacune, séparées par un sentier d'un mètre et ayant 8 sous-parcelles de 2 m x 1,5 m chacune, distantes de 0,5 m, correspondant aux 16 traitements. La superficie totale du champ expérimental était de 432 m².

2.3.2 Conduites expérimentales

Le semis était réalisé aux écartements de 25 cm x 25 cm, en raison d'une graine par poquet. Ce qui a donné 8 lignes de niébé par parcelle et 6 poquets par ligne d'une parcelle. L'enfouissement de la chaux a été réalisé suivi d'un arrosage pour éteindre la chaux et ensuite de la bouse avaient été effectués dans celles-ci, à une profondeur de 20 cm et du remblai à la pelle. L'engrais minéral a été appliqué deux semaines après semis pour N₁₇P₁₇K₁₇ dans un sillon de 5cm de profondeur et refermé par la suite. L'écimage a été réalisé au couteau bien désinfecté en pinçant l'apex de tiges deux semaines après la levée. La récolte était effectuée du 28 décembre 2022 au 10 Janvier 2023, en 3 passages tous les 4 jours. Les échantillons du sol ont été prélevés et envoyés aux laboratoires du département des Sciences du sol à l'UNIKIN pour analyse. Les observations ont porté sur les paramètres de production de cultures (mesurés lors de la récolte) et le paramètre chimique du sol : la longueur de gousses ; Nombre de gousses par plant ; le nombre de graines par gousse ; le poids de 1000 graines ; la production parcellaire et le rendement à l'hectare après séchage et pesée, et le pH.

2.3.3 Analyse statistique

L'analyse statistique des données récoltées s'était effectuée à l'aide du logiciel Statix 8.0. L'analyse de la variance (ANOVA) associée au DMRT au seuil de 5%, nous a permis d'évaluer la différence des moyennes des traitements, d'identifier les traitements qui diffèrent significativement des autres tant en colonnes qu'en lignes.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Effets de la pratique d'écimage de niébé sur les paramètres de production du niébé à 75 jours de végétation.

Les informations contenues dans le tableau 1 nous renseigne que l'analyse de la variance au seuil de signification de 5% dégage une différence significative entre les pratiques. La pratique d'écimage s'est révélée supérieure par rapport à sans écimage sur tous les paramètres de productions sous études.

Tableau 1. Effets de la pratique d'écimage à 75 jours de végétation du niébé sur les paramètres de production.

Pratique	NGP	LG	NGG	P1000	PP	RDT
Sans Ecimage	10,88b	13,79b	14,79b	137,96b	317,40b	2,116b
Ecimage	13,28a	15,25a	15,50a	152,83a	349,10a	2,327a

Dans les colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD

Légende : NGP= nombre de gousses par plant ; LG= longueur de gousse (cm) ; NGG= nombre de graines par gousse ; PP= production parcellaire utile (g) ; P1000= poids de mille graines (g); RDT : Rendement en graine (t/ha).

3.2 Effets des fertilisants sur les paramètres de production du niébé

La lecture du tableau 2 montre qu'il y a différence significative entre les traitements au seuil de signification de 5%, l'apport combiné au sol de bouse et chaux a augmenté de manière significative ($p < 5\%$) le nombre de gousses par plant (14,5) suivi de bouse (13,5), de la combinaison bouse + NPK (12,83) et chaux + NPK (12,5) puis de chaux (11,17), le NPK (11,5), et de la combinaison Chaux + NPK + Bouse (11) contre le témoin (9,33). Quant à la longueur de gousse, l'analyse de la variance au seuil de signification montre une différence significative entre les traitements ($p < 0,05$). La combinaison bouse + chaux (17,5 cm) s'est révélée supérieure suivi de bouse (15,17 cm), de la combinaison bouse + NPK (15,5 cm) et chaux + NPK (14,83 cm) qui ont donné une longueur supérieure au NPK et la Chaux (14 cm) contre la combinaison Chaux + NPK + Bouse (12,5 cm) et le témoin (12,67 cm). Pour ce qui du nombre de graines par gousses, la combinaison bouse+ chaux (18) occupe toujours la tête, suivi de bouse (16,33), de la combinaison bouse + NPK (15,83) puis de chaux + NPK (15,33) qui a son tour est suivi par les combinaisons chaux + NPK + bouse (14,83), de chaux (14,5) et de NPK (14,17) contre le témoin qui a enregistré 12,17 graines par gousse. L'analyse de la variance au seuil de signification dégage une différence significative entre les traitements, $p < 0,005$. En ce qui concerne le poids de 1000 graines, l'analyse de la variance montre une différence significative entre les traitements où la combinaison bouse + chaux a enregistré 160,5 g supérieur à la combinaison chaux + NPK + bouse (158,15 g), suivi de bouse (152 g) qui a donné un poids supérieur aux combinaisons chaux + NPK (147,67 g) et bouse + NPK (146,33 g) qui ont donné un poids supérieur au NPK (139 g) et la chaux (138 g) puis le témoin avec 121,33 g. pour ce qui est de la production parcellaire, la combinaison bouse + chaux a enregistré une production supérieure (437 g) à la combinaison chaux + NPK + bouse (405,2 g), suivi de bouse + NPK (357 g) puis de chaux + NPK (326,6 g) suivi de bouse (325 g) puis la chaux (300 g) qui a donné

un poids supérieur au NPK (277,4 g) supérieur au témoin avec 234,8 g. En effet pour le rendement, la tendance est restée la même qu'avec celle de la production parcellaire pour tous les traitements.

Tableau 2. Effets des fertilisants sur les paramètres de production du niébé sous étude.

Fertilisants	NGP	LG	NGG	P1000	PP	RDT
CONTROL	9,33e	12,67d	12,17f	121,33f	234,80h	1,565h
CHAUX	11,17d	14,00c	14,50de	138,00e	300,00f	2,000f
BOUSE	13,50b	15,17b	16,33b	152,17c	325,00 ^e	2,167 ^e
NPK	11,50d	14,00c	14,17 e	139,00e	277,40g	1,849g
BOUSE+CHAU	14,50a	17,50a	18,00a	160,50a	437,00a	2,913a
CHAUX+NPK	12,50c	14,83b	15,33cd	147,67d	329,60d	2,197d
BOUSE +NPK	12,83bc	15,50b	15,83bc	146,33d	357,00c	2,380c
CHAUX+NPK+BOUSE	11,00d	12,50d	14,83de	158,17b	405,20b	2,701b
CV (%)	1,20	0,99	1,91	0,69	0,54	0,54
P-value	0,002	0,01	0,00	0,003	0,004	0,004

Dans les colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD,

Légende : NGP= nombre de gousses par plant ; LG= longueur de gousse (cm) ; NGG= nombre de graines par gousse ; PP= production parcellaire utile (g) ; P1000= poids de mille graines (g); RDT : Rendement en graine (t/ha).

3.3 Effets d'interaction entre la pratique d'écimage et les fertilisants sur les paramètres de production de niébé.

L'allure est la même quant à l'interaction entre les variables de production dans leur tendance à la hausse, en général et du traitement bouse + chaux, en particulier pour les plants écimés, et par rapport à la combinaison fumure et écimage ayant amélioré les variables de production presque partout, sauf la pourriture de gousses, et pour la chaux avec la longueur de gousse et le nombre de graines par gousse et avec la longueur de gousse et le nombre de graines avec ou sans écimage ; aussi la bouse+ NPK + chaux pour le nombre de gousses par plant avec l'écimage ayant donné un port touffu au détriment des gousses avec LG, NGG avec ou sans écimage.

Tableau 3. Effets d'interaction entre les fertilisants la pratique d'écimage sur les paramètres de production de niébé.

Fertilisants	Pratique d'écimage											
	NGP		LG		NGG		P1000		PP		RDT	
	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec
CONTROL	8,0egx	10,7defw	11,7ex	13,7ew	11,7ew	12,7dw	116,33gx	126,33ew	223,6hx	246,0gw	1,491hx	1,640hw
CHAUX	10,0dx	12,3cw	13,7cw	14,3dw	14,3cw	14,7cw	132,33fx	143,67dw	292,4fx	307,6ew	1,949fx	2,051fw
BOUSE	12,3ax	14,7bw	14,3bx	16,0bw	14,7ex	18,0aw	146,00cx	158,33bw	306,8ex	343,2dw	2,047ex	2,288dw
NPK	10,7cx	12,3cw	12,7dx	15,3cw	13,3dx	15,0bw	132,00fx	146,00dw	262,8gx	292,0fw	1,752gx	1,947gw
BOUSE+CHAU	12,3ax	16,7aw	16,3ax	18,7aw	18,3aw	17,7aw	151,00ax	170,00aw	411,6ax	462,4aw	2,744ax	3,083aw
CHAUX+NPK	10,7cx	14,3bw	14,3bx	15,3cw	15,3bcw	15,3bcw	142,00dx	153,33cw	319,6dx	339,6ew	2,131dx	2,264ew
BOUSE +NPK	11,3bx	14,3bw	14,7bx	16,3bw	16,3bw	15,3bcw	136,33ex	156,33bw	343,6cx	370,4cw	2,291cx	2,469cw
CHAUX+NPK+BOUSE	11,7bw	10,3dx	12,7dw	12,3fw	14,3cw	15,3bcw	147,67bx	168,67aw	378,8bx	431,6bw	2,525bx	2,877bw
CV (%)	5,66		3,99		4,83		1,19		0,51		0,51	

Les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD. La première série de lettres a, b, c, d.. est utilisée pour la comparaison dans les colonnes ; alors que la deuxième série w et x, est utilisé pour la comparaison en ligne entre mono et association pour un même paramètre.

Légende : NGP= nombre de gousses par plant ; LG= longueur de gousse (cm) ; NGG= nombre de graines par gousse ; PP= production parcellaire utile (g) ; P1000= poids de mille graines (g); RDT : Rendement en graine (t/ha) .

3.4 Figure

La lecture de la figure 2 en ce qui concerne le pH-eau du sol après culture et le rendement de niébé, montre que le pH de la solution du sol a été significativement augmenté sous l'apport de la chaux seule, suivi de la combinaison chaux + NPK, de la combinaison bouse + chaux et de la bouse seule sauf NPK et le témoin où l'observation montre une baisse du pH. Ce faisant, l'acidité réelle ou actuelle a été neutralisée pour les 6 amendements. Cette élévation du pH a pu remettre en solution l'hydrogène qui a été antérieurement fixé pour permettre son assimilation significativement ($p=5\%$) élevée par les plants de niébé sous l'apport de la combinaison de bouse+chaux se traduisant par le rendement significativement élevé enregistré chez le niébé de 2,9 t/ha.

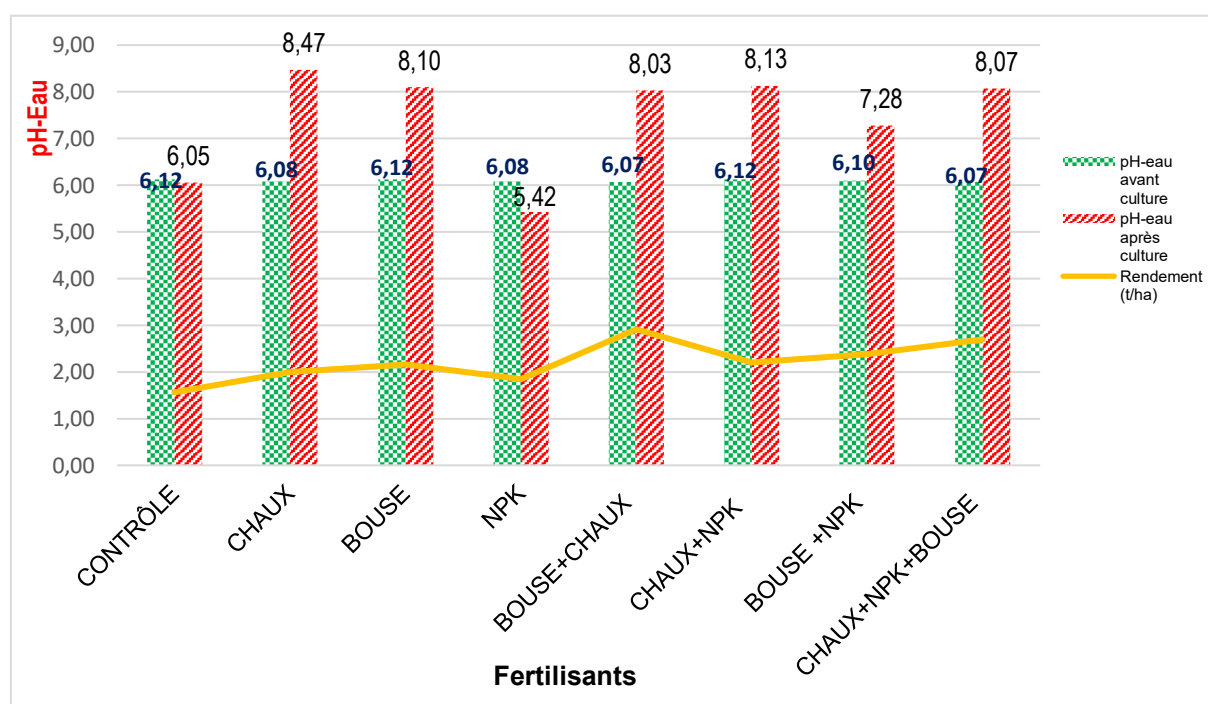


Figure 2. Effets des fertilisants sur le pH-eau et sur le rendement de la culture de niébé.

4. Discussion

Au regard des résultats enregistrés dans cette recherche aussi bien pour la pratique d'écimage que pour les fertilisants, il s'observe que l'apport des amendements au sol a induit des effets bénéfiques à la production des gousses par plant, du nombre de graines par gousse et stimulé l'élargissement des gousses, le poids de 1000 graines et partant la production parcellaire utile. Ce qui serait le résultat de l'interaction de l'apport des amendements et de l'écimage, s'étant traduit par l'élévation du pH du sol en stimulant la production et le rendement du niébé tant pour les plants écimés que ceux non écimés. Cela serait la conséquence de l'assimilation des métabolites nécessaires à l'induction florale et à la production des gousses.

Cette performance serait due à l'efficacité dévolue à la bouse par son alcalinité (pH 9,3) et comme fumure organique, et à la chaux par son pouvoir de correction (pH 13) dans la nutrition minérale, la mobilisation et la solubilisation des éléments minéraux dans le sol que dans l'amélioration des propriétés physico-chimique du sol, ayant comme conséquence l'amélioration des activités des micro-organismes dont les fixateurs symbiotiques de l'azote atmosphérique, et donc la réduction de l'acidité alumique (Yalombe *et al.*, 2017 ; Yalombe *et al.*, 2017 bis ;). Leurs travaux axés sur l'écimage et/ou l'apport des amendements à base de la bouse, de *T. diversifolia* et de la chaux avaient révélé les rendements en graines sèches de l'ordre de 3,04 t/ha et de 2,93 t/ha. Ce qui aurait facilité l'assimilation aisée des éléments minéraux dissouts assurant une bonne croissance et un bon développement de la culture, traduit en un bon rendement enregistré.

Notons aussi la part des vers de terre par l'apport de calcite via les glandes de Moren dans les tortillons avec l'augmentation de 40% pour le Ca, de 203% pour le Mg, de 450% pour l'N, de 644% pour le P et de 818% pour le K par rapport au sol sans tortillons, créant ainsi le système de lombriculture. Par ailleurs, les sols de Bakwa Muala ayant le pH déjà de 6, le sol légèrement acide, il faudrait diminuer la dose de la chaux de moitié et partant d'augmenter d'une Unité de pH au lieu d'en avoir 2 parfois 2,5 Unités, la capacité de neutralisation étant de 179 % pour le CaO.

En outre, NPK a pu jouer le rôle de la croissance végétative en tant que vecteur des éléments minéraux à faible dose et son effet n'a pas été manifeste vu la quantité des pluies excessive, 1842,3 mm contre 400 mm son optimum par saison culturale ; soient 68 jours de pluies pendant 4 mois de culture, ayant entraîné sa lixiviation et son ruissèlement ; sans oublier sa volatilisation et son immobilisation par les microorganismes telluriques (organisation). Par ailleurs, l'humidité a été élevée à 84% contre 70% son optimum.

5. Conclusion

L'objectif de cette recherche était d'évaluer l'influence de la gestion de fertilité à base de bouse, NPK et chaux combinée à l'écimage sur l'acidité alumique, et ses conséquences sur la productivité du niébé. Pour atteindre cet objectif, un essai a été mené sous un dispositif en split-plot avec trois répétitions. L'écimage est le facteur principal (deux variantes dont + et -) et amendements comme facteur secondaire ayant 8 niveaux.

Après les analyses statistiques des données obtenues, il découle que le rendement de niébé écimé sous apport au sol de la bouse combinée à la chaux était largement meilleur avec 3,08 t/ha et a surclassé les autres traitements au gré de la nature et sans protection du niébé, à savoir

1,640 t/ha pour le témoin, 2,051 t/ha pour la chaux, 2,288 t/ha pour la bouse, 1,947 t/ha pour NPK, 2,264 t/ha pour la chaux + NPK, 2,469 t/ha pour la bouse + NPK et 2,877 t/ha pour la bouse + NPK + chaux en interaction des amendements. L'hypothèse de la neutralisation de l'acidité aluminique et de l'amélioration du rendement étant confirmées, nous recommandons aux producteurs du niébé de pratiquer l'écimage combiné à l'apport de la bouse associée à la chaux. D'autres études similaires peuvent être menées pour déterminer l'efficacité de ces fertilisants sur d'autres cultures comme le maïs.

REFERENCES

- [1] CReSOL (2023), Rapport du Centre de Recherche en Sciences du Sol, laboratoire/UNIKIN.
- [2] Fairhurst T., (ed) (2015). Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols. Consortium. Africain pour la Santé des Sols, Nairobi. 169p.
- [3] Ikerra, S.T., Semu, E., Mrema, J.P. (2007), Combining *Thitonia 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.
- [4] Janssen, M.M.J., (1999), Synthèse agronomique des essais de fertilisation dans la province du Kasai Orl (République Démocratique du Congo). FAO (Food and Agriculture Organization). Division de la mise des terres et des eaux. Rapport technique et CD-ROM. Rome 98/1 et 98/3.
- [5] Madamba, R., Grubben, G.J.H., Asante, I.K. & Akromah, R., (2006), *Vigna unguiculata* (L) Walp, in Protas 1 : céréales et légumes secs, Brink, M. & Belay, G. (Editeurs). PROTA, Wageningen, Pays Bas, 328 p.
- [6] Muyayabantu Mupala Georges (2017), La culture du maïs sur les oxisols en République Démocratique du Congo. Collection Notes des Cours. L'Harmattan, Paris, ISBN: 978-2-343-11074-5, 248 p.
- [7] Roose, E., (2011), Technique traditionnelle de rehabilitation des terres et d'amélioration de la production, agricole, CES-AGF, Ouagadougou (Bourkina Faso).
- [8] Van Noordwijk, M., Cadisch, G., and Ong, O.K. (2004), Below-ground. Interactions in Tropical Agroecosystems : Concepts and Models with Multiple Plant Components. Massachusetts. CABI Publishing ISBN : 0851996736. Pp 127-142.
- [9] Vanlauwe B., Bationo A., Chianu J., Giller K. K., Merckx R., Mkwunye V., Ohiokpehai O., Pypers P., Tabo R., Shepherd K. D., Smaling E. M. A., Woomer et Sanginga P. L. N., (2010). Integrated soil fertility Management Operational definition and consequences for implementation and dissemination; *Agriculture*; Vol 39, No 1, pp 17-24.

- [10] Sanginga N, Lyasse O., Singh B.B. (2000), phosphorus use efficiency and nitrogen balance of Cowpea brisling lines in a low P soil of the derived savanna zones in West Africa, *plant soil* 220 : 119-128.
- [11] Nabahungu, N.L., Semoka, J.M.R. and Zaongo, C. (2007), Limestone, Minjingu Phosphate Rock and Green Manure Application on Improvement of Acid Soils in Rwanda. In: Bationo, A., Waswa, B., Kihara, J., and Kimetu, J. (Eds). *Advance in Integrated soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities*, Springer, the Netherlands, pp 703-711.
- [12] Yalombe N.G., Yalombe Y.Y., Tshibamba M. J., Odia N. J. et Kalambaïe B.M., (2017 a), Évaluation de l'effet combiné du chaulage et du *Tithonia diversifolia* dans la mobilisation du phosphore sur la culture du niébé dans les conditions édapho-climatiques de Mbuji-Mayi en RDC, *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol.33, Issue 3: 5345-5353.
- [13] Yalombe N.G, Muyayabantu M.G., Tshinyangu A.K., Tshilumba J.P. K., Ngoyi K.J., 2023, EFFECTS OF PRUNING COMBINED WITH *Tithonia diversifolia* AND LIME ON COWPEA PRODUCTION IN MBUJIMAYI REGION, DRC. *Journal of Global Biosciences Peer Reviewed, Refereed, Open-Access Journal* ISSN 2320-1355 Volume 12, Number 3, 2023, pp. 9650-9664.
- [14] Yalombe N.G., Tshibanda F.A., Tshinyangu K.A, Mbuyi T.C. et Mulangu K.A., (2017 b), Effets de l'écimage et de la récolte des feuilles combinés ou non au *Tithonia diversifolia* ou au *Chromolaena odorata* en mulch sur le rendement du niébé à Mbuji-Mayi en RDC, *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol.34, Issue 3: 5509-5517
- [15] Kambi, D., (2010), Analyse des données climatiques et des occurrences saisonnières d'une station synoptique de basse latitude dans le contexte du réchauffement global de la planète. Cas de la station de l'INERA/Gandajika dans le bassin du Congo en R.D. Congo, Lubumbashi, 2010, p264.