

Fertilisation minérale (NPK 17-17-17) et densité de semis sur les performances agronomiques du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) dans les conditions agroécologiques de Goma

RUREMESHA KINYATA Sylvestre*
KABALA MUBOLO Joseph**
BUSHASHIRE MAPENDO Thierry***
SEBURIRI SENDIHI Trésor****

Résumé

Cette étude évalue l'effet de la fertilisation minérale et de la densité de semis sur le comportement agronomique du haricot à Buhimba, dans les conditions agroécologiques de Goma. L'essai a été conduit selon un dispositif en blocs complètement randomisés, comportant trois répétitions et six traitements. Les résultats montrent que, pour l'ensemble des paramètres étudiés, les moyennes les plus élevées ont été enregistrées avec les traitements T5, T4 et T3. Cette supériorité est attribuée à l'apport des éléments minéraux par la fertilisation, contrairement aux traitements T1 et T2, non fertilisés(T3). L'analyse de variance a révélé des différences non significatives au seuil de 5 % pour le diamètre au collet, mais significatives pour la hauteur des plants et le nombre de feuilles par plant. En moyenne, on a observé 7,94 gousses par plant, avec un maximum de 7,8 gousses obtenu au T0, suivi de T3 (7,8 gousses). Le nombre moyen de graines par gousse a varié de 3 (T2) à 5 (T5). Le rendement le plus élevé a été enregistré avec T5 (1,36 t/ha), suivi de T3 (1,31 t/ha) et de T4 (1,25 t/ha), tandis que le rendement le plus faible a été obtenu au T2 (0,9 t/ha). L'analyse statistique a montré que les différences de rendement entre traitements étaient significatives au seuil de 5 %.

Mots clés : *NPK, Densité de semis, Haricot.*

* *Professeur Associé de l'Enseignement Supérieur et Universitaire, Enseignant – Chercheur à l'Université de Goma – UNIGOM – en République Démocratique du Congo.*

** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243 (0) 9 91 63 71 16, E-mail : joekabala2015@gmail.com.*

*** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243 (0) 971 00 66 33, E-mail : bushashiremapendo@unigom.ac.cd.*

**** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement Téléphone : +243 (0) 9 94 25 51 85, E-mail : TSendihi@wr.org.*

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of mineral fertilization and sowing density on the agronomic performance of beans in Buhimba, under the agroecological conditions of Goma. The trial was carried out in a completely randomized block design with three replications and six treatments. Results indicated that, for all parameters studied, the highest averages were recorded for T5, T4, and T3, this superiority being due to the supply of mineral elements through fertilization, in contrast to T1 and T2, which were not fertilized (T3). Analysis of variance revealed non-significant differences at the 5% probability level for collar diameter, but significant differences for plant height and number of leaves per plant. On average, there were 7.94 pods per plant, with the highest number being 7.8 pods obtained in T0, followed by T3 (7.8 pods). The average number of seeds per pod ranged from 3 (T2) to 5 (T5). The highest yield was recorded in T5 (1.36 t/ha), followed by T3 (1.31 t/ha) and T4 (1.25 t/ha), while the lowest yield was in T2 (0.9 t/ha). Statistical analysis showed that differences in yield were significant at the 5% probability level.

Keywords: *NPK, Seeding density, Bean, Goma.*

I. Introduction

La sécurité alimentaire demeure un défi majeur et constitue l'un des grands objectifs du millénaire pour le développement (Bouarfa et al., 2020) dans un contexte où la croissance démographique mondiale, estimée à environ 9 milliards de personnes en 2050 (Pison, 2022), entraîne une demande croissante en denrées alimentaires. Pour répondre à ce défi, il est nécessaire d'augmenter considérablement la production mondiale de nourriture, avec un objectif d'environ 1 milliard de tonnes de céréales et 200 millions de tonnes de produits animaux supplémentaires par an d'ici 2050 (Rahman, 2016). Si les céréales occupent une place centrale dans cette augmentation, les légumineuses constituent la deuxième source de protéines végétales pour l'alimentation humaine et jouent un rôle essentiel, notamment dans les pays en développement (Du et al., 2014). L'amélioration de la productivité peut passer par l'intensification agricole sur les terres déjà cultivées, notamment via de meilleures pratiques culturales et l'apport raisonné de fertilisants (Sallah et al., 2009), plutôt que par une

extension des surfaces, souvent limitées et de qualité médiocre dans les régions tropicales (Diaz-Ambrona et Maletta, 2014).

En Afrique subsaharienne, la faible fertilité des sols, caractérisés par de faibles teneurs en éléments nutritifs et par une fixation réduite de l'azote atmosphérique (Chianu et al., 2011; Saidou et al., 2012), contribue à la faiblesse des rendements de légumineuses.

Parmi les leviers d'amélioration figurent la gestion optimale de la densité de semis et l'utilisation d'engrais minéraux adaptés. Une densité inappropriée peut induire des phénomènes de compétition entre plantes, favoriser les maladies et réduire l'occupation optimale de l'espace (Useni et al., 2012). Par ailleurs, la densité optimale varie selon la variété, le mode de culture et les objectifs de production (Valcy et al., 2023).

Cette étude a été menée afin de déterminer la combinaison optimale entre densité de semis et fertilisation minérale NPK (17-17-17) pour maximiser la croissance et le rendement du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) dans les conditions agroécologiques de Goma.

II. Matériel et Méthodes

➤ Site d'étude

L'expérimentation a été réalisée à Buhimba, dans la partie Ouest de la ville de Goma, Province du Nord-Kivu, République Démocratique du Congo, située à 1°37'49" S et 29°8'47" E, à 1479 m d'altitude (coordonnées GPS garmin extress). La figure 1 présente le milieu d'étude en bleu qui est le site expérimental Bimec à Buhimba.

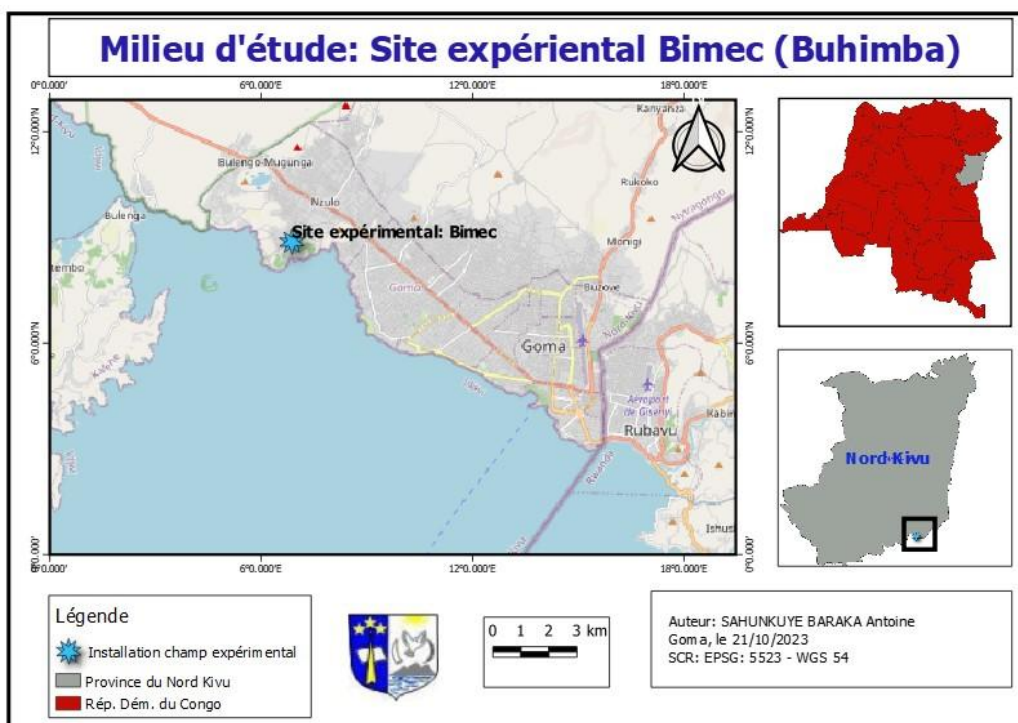


Figure 1. Localisation du site d'étude

Les sols sont des andosols issus d'éruptions volcaniques, riches en humus et présentant une forte capacité de rétention en eau. Le climat, de type CF selon Köppen, présente une température moyenne annuelle comprise entre 20 et 25 °C et une pluviométrie annuelle moyenne de 1250 mm, avec une alternance de saisons sèches et pluvieuses (Mairie de Goma, 2018). Le tableau 1 présente les données climatiques de Goma pendant la période d'étude prélevées par Observatoire Volcanique de Goma(OVG) en 2023.

Tableau 1. Données climatiques de Goma pendant la période d'étude

Mois	Temp. min (°C)	Temp. max (°C)	Moyenne (°C)	Précipitations (mm)
Septembre	27,7	28,8	28,25	124,4
Octobre	14,6	29,7	22,15	116,0
Novembre	13,9	28,6	21,25	125,4
Décembre	15,2	27,8	21,50	115,8
Moyenne	—	—	23,28	120,4

L'expérimentation a été réalisée durant la saison A qui commence le 15 septembre et prend fin autour du 15 février.

➤ **Méthodes**

La variété de haricot utilisée est *Muke mwema*, de type nain, à cycle végétatif de 70 jours et rendement moyen de 1400 kg/ha. Ses principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 2 suivant.

Tableau 2. Caractéristiques de la variété Muke mwema

Paramètre	Valeur
Type de croissance	Nain
Hauteur de tige	42,5 cm
Vigueur	Bonne
Longueur foliole terminale	6 cm
Floraison	40 jours
Bourgeons par inflorescence	4
Couleur des gousses à maturité	Jaune
Longueur des gousses	140 mm
Gousses par plant	12
Graines par gousse	8
Maturité physiologique	60 jours
Poids de 100 graines	34 g
Rendement moyen	1400 kg/ha
Résistance aux maladies	Faible

(Mbika, 2006)

Le dispositif expérimental en blocs complètement aléatoires comprenait **3 répétitions** et **6 traitements**. La parcelle unitaire mesurait 2,6 m × 2 m (5,2 m²), avec un écart de 0,5 m entre parcelles. L'ensemble de l'expérimentation couvrait 162,8 m².

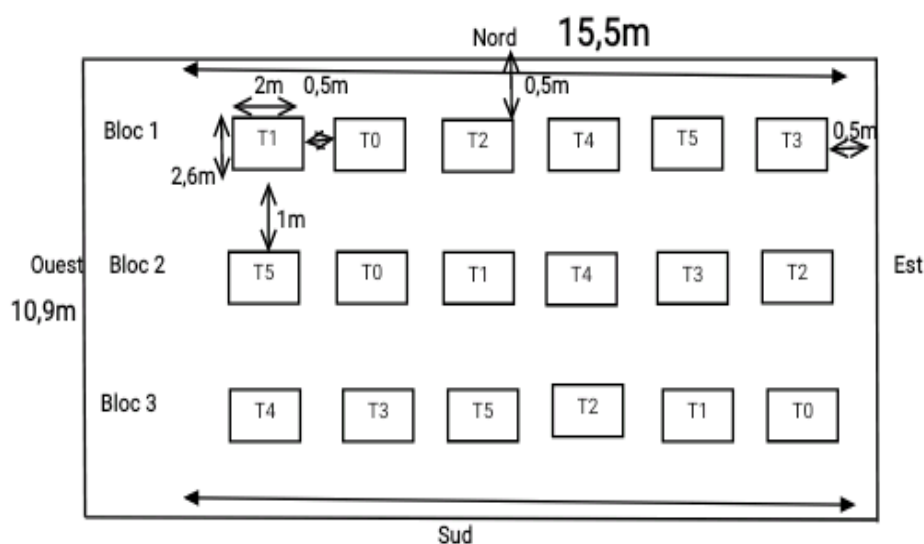


Figure 2. Dispositif expérimental

Les traitements étaient :

- **T0** : Sans NPK, densité 250 000 plants/ha (40 cm × 10 cm)
- **T1** : Sans NPK, densité 125 000 plants/ha (40 cm × 20 cm)
- **T2** : Sans NPK, densité 83 333 plants/ha (40 cm × 30 cm)
- **T3** : NPK 7,5 g/poquet, densité 250 000 plants/ha
- **T4** : NPK 5,8 g/poquet, densité 125 000 plants/ha
- **T5** : NPK 4 g/poquet, densité 83 333 plants/ha

Concernant la conduite de l'essai, le sol a été labouré manuellement le 9 Septembre 2023, suivi du piquetage deux jours avant le semis. Le semis a été réalisé en lignes selon trois densités élevée (0,40 m × 0,10 m avec 250 000 plants/ha), moyenne (0,40 m × 0,20 m avec 125 000 plants/ha) et faible (0,40 m × 0,30 m avec 83 333 plants/ha).

L'engrais NPK 17-17-17 a été appliqué selon les doses calculées par poquet, 0,83 g (densité élevée), 1,6 g (densité moyenne) et 2,3 g (densité faible). Deux sarclages ont été effectués à 21 jours après semis et deux semaines plus tard. La récolte a eu lieu en Décembre 2023, à maturité complète.

➤ *Analyses statistiques*

Les données collectées ont été préparées sous Excel puis analysées avec le logiciel GenStat. L'analyse de la variance à deux critères de classification a permis d'identifier les différences entre les traitements étudiés au seuil de 5 % après le test d'homoscédasticité. La

comparaison des moyennes a été faite par le test de la plus petite différence significative de en y affectant les lettres.

III. Résultats

➤ Effet de la fertilisation et de densité de semis

Tableau 3. Effet de la fertilisation et de la densité de semis sur la croissance de haricot à 30 jours après semis :

Traitements	Taux de levée (%)	Diamètre au collet (mm)	Hauteur des plants (cm)	Nombre de feuilles par plant
T0	91,91 ± 1,06	5,27 ± 2,05	45,5 ± 17,57	32,8 ± 2,94
T1	93,97 ± 3,17	6,79 ± 4,03	36,8 ± 2,08	31,0 ± 7,36
T2	92,33 ± 2,48	5,48 ± 1,41	24,8 ± 7,56	19,7 ± 3,04
T3	96,30 ± 3,29	5,53 ± 0,40	43,3 ± 6,56	34,8 ± 5,50
T4	92,83 ± 2,80	6,83 ± 1,24	40,7 ± 8,29	35,3 ± 8,22
T5	88,43 ± 3,75	5,70 ± 0,69	31,4 ± 2,68	23,9 ± 7,07
<i>p-value</i>	0,142 ^{NS}	0,995 ^{NS}	0,540 ^{NS}	0,931 ^{NS}

Légende : NS = Non Significatif

L'analyse de la variance n'a montré aucune différence significative au seuil de probabilité de 5% entre l'effet de la fertilisation et de la densité de semis sur la croissance de haricot. À 30 jours après semis, le taux de levée variait entre 88,43 % ± 3,75 (T5) et 96,30 % ± 3,29 (T3). Le diamètre au collet oscillait de 5,27 mm ± 2,05 (T0) à 6,83 mm ± 1,24 (T4) tandis que la hauteur des plants oscillait de 24,8 cm ± 7,56(T2) à 45,5 cm ± 17,57(T0) et le nombre de feuilles par plant oscillait de 19,7 ± 3,04 (T2) à 35,3 ± 8,22 (T4).

Tableau 4. Effet de la fertilisation et de densité de semis sur la croissance de haricot à 60 jours après semis

Traitements	Diamètre au collet (mm)	Hauteur des plants (cm)	Nombre de feuilles par plant
T0	6,32 ± 2,75	59,2 ^a ± 11,00	56,53 ^{bc} ± 5,27
T1	8,13 ± 3,28	54,2 ^{ab} ± 7,76	59,80 ^b ± 2,33
T2	6,84 ± 1,38	41,8 ^b ± 4,94	49,47 ^c ± 4,22
T3	8,83 ± 0,80	58,6 ^a ± 0,35	68,30 ^a ± 2,42
T4	9,80 ± 0,7	57,7 ^a ± 1,75	65,37 ^a ± 5,05
T5	10,17 ± 1,45	62,0 ^a ± 5,44	70,70 ^a ± 3,14
<i>p-value</i>	0,769 ^{NS}	0,057 ^S	0,024 ^S

Légende : NS = Non Significatif, S = Significatif

L'analyse de variance a montré que ces différences étaient significatives pour la hauteur des plants et le nombre de feuilles, mais non pour le diamètre au collet. À 60 jours, le diamètre au collet avait la même grosseur (vigueur) pour tous les traitements comparativement au contrôle ou témoin. Les plants de T0, T1, T3, T4 et T5 étaient élancés comparativement aux plants de T2 et certains de T1. Les plants de T3, T4 et T5 ont un nombre de feuilles par plant élevé comparativement aux plants de T1, T2 et au témoin (T0).

Tableau 5. Effet de la fertilisation et de la densité de semis sur le rendement du haricot

Traitements	Nombre de gousses par plant	Nombre de graines par gousse	Poids de 100 graines (g)	Rendement (t/ha)
T0	7,94 ± 3,45	3,8 ^b ± 0,40	25,33 ± 0,57	1,087 ^b ± 0,10
T1	8,55 ± 3,62	4,0 ^b ± 0,33	25,67 ± 3,21	1,150 ^b ± 0,04
T2	6,11 ± 0,09	3,0 ^c ± 0,65	26,00 ± 3,60	0,951 ^c ± 0,08
T3	7,83 ± 2,68	4,7 ^a ± 0,21	27,33 ± 3,05	1,313 ^a ± 0,04
T4	6,05 ± 2,47	4,6 ^a ± 0,40	28,67 ± 5,50	1,257 ^a ± 0,09
T5	6,94 ± 1,24	5,1 ^a ± 0,38	29,67 ± 5,68	1,360 ^a ± 0,06
<i>p-value</i>	0,582 ^{NS}	0,028 ^S	0,942 ^{NS}	0,024 ^S

Légende : NS = Non Significatif, S = Significatif

L'analyse de variance a montré que les différences de nombre de gousses par plant et poids de 100 graines étaient non significatives tandis que significatives pour le nombre de graines par gousse et le rendement. Le nombre de gousses par plant était le même pour tous les traitements. Le nombre de graines par gousse est 5 pour T3, T4 et T5 comparativement à T0 et T1 (4 graines par gousse) et T2 (3 graines par gousse). Le poids de 100 graines ne présentait pas de différence significative entre traitements. Le rendement le plus élevé a été observé aux traitements T5 (1,36 t/ha), suivi de T3 (1,31 t/ha) et T4 (1,26 t/ha), alors que le rendement faible (1,1 t/ha) était aux traitements T0 et T1 et le plus faible T2 (0,95 t/ha).

IV. Discussion

Le taux de levée, oscillant entre 88,4 % et 96,3 %, n'a pas montré de différences significatives entre les traitements. Ce résultat est attendu puisque la germination dépend essentiellement des réserves internes de la graine et d'une humidité adéquate, plus que de la fertilisation Boukhedenna et Roula (2009). À 60 jours, les paramètres végétatifs, notamment la hauteur des plants et le nombre de feuilles, ont été significativement améliorés par la

fertilisation, avec les traitements T5, T4 et T3 affichant les meilleures performances. Ces résultats corroborent les travaux de Ilunga Maloba et Kanyenga Lubobo (2016) et Mukendi et al., (2016), qui montrent que l'apport d'engrais NPK favorise la croissance des plantes, notamment en augmentant la hauteur et la vigueur foliaire.

Pour les paramètres de rendement, le nombre de gousses par plant n'a pas varié significativement, ce qui est en contradiction avec les données de Mbika (2006) qui rapportent en moyenne 12 gousses pour la variété Muke Mwema. Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions locales ou la gestion agronomique.

Pour ce qui est du poids de 100 graines, aucune différence significative n'a été observée. Ces résultats sont conformes à ceux de Deslauriers (2014) disant que le poids de 100 graines est moins sensibles à la fertilisation que d'autres paramètres comme le rendement total ou le nombre de gousses. Mukendi et al., (2016) appuient ces résultats en disant que malgré l'apport des engrais, les écarts entre les traitements ne sont pas toujours significatifs.

Le nombre de graines par gousse et le rendement ont quant à eux été significativement affectés par la fertilisation, avec des valeurs maximales au traitement T5. Ces résultats s'alignent avec ceux de Alhabbar (2023) et Awodun et al., (2017) , qui attestent que l'engrais minéral améliore la production de graines et le rendement global. Les densités intermédiaires (40 cm x 20 cm) ont montré de bonnes performances en absence de fertilisation, indiquant que la densité peut partiellement compenser la faible fertilisation, comme suggéré par Berrichi et Negaza, (2019). Les rendements obtenus restent cependant inférieurs à ceux des traitements fertilisés. Il a été constaté qu'à faible densité la fertilisation compense le faible nombre de plants (T5 supérieur à T2). À densité élevée, une fertilisation trop forte peut induire à une compétition ou un stress (T3 inférieur à T5) et à une densité modérée avec fertilisation modérée le traitement T4 offre un bon équilibre.

Conclusion

L'étude a montré que la fertilisation minérale (NPK 17-17-17) et la densité de semis n'ont pas eu d'effet significatif sur le taux de levée, le diamètre au collet et le nombre de gousses par plant du haricot dans les conditions agroécologiques de Goma. En revanche, des effets significatifs ont été observés sur la hauteur des plants, le nombre de feuilles, le nombre de graines par gousse et le rendement. Les traitements combinant NPK avec des densités de semis élevées ou intermédiaires (T3 : 7,5 g/poquet à 250 000 plants/ha ; T5 : 4 g/poquet à 83 333 plants/ha ; T4 : 5,8 g/poquet à 125 000 plants/ha) ont produit les meilleurs rendements (1,26–1,36 t/ha) et un nombre de graines par gousse supérieur (5 graines) comparativement aux traitements sans fertilisation ou avec faible densité. Le traitement T2 (sans NPK, faible densité) a donné le rendement le plus faible (0,95 t/ha). Ainsi, dans ces conditions, l'association d'une fertilisation NPK et d'une densité de semis adéquate améliore-t-elle la productivité du haricot, bien que certains paramètres de croissance ne soient pas influencés par ces facteurs.

References bibliographiques

- **Alhabbar, Z. (2023)**. Effect of Phosphorus and Nitrogen fertilizer applications on growth and yield traits of Mung Bean (*Vigna Radiata L.*) under northern Iraq conditions. *Euphrates journal of agricultural science*, 15(3), 31-38.
- **Awodun, M., Oladele, S., et Adeyemo, A. (2017)**. Efficient nutrient use and plant probiotic microbe interaction; Probiotics in Agroecosystem. *Springer Nature Singapore Pte Ltd*. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4059-7_12.
- **Berrichi, D., et Negaza, R. (2019)**. *Etude du comportement de six variétés d'haricot vert (Phaseolus vulgaris L) sous serre et avec deux systèmes de conduit*.
- **Bouarfa, S., Brelle, F., et Coulon, C. (2020)**. *Quelles agricultures irriguées demain? : Répondre aux enjeux de la sécurité alimentaire et du développement durable*. éditions Quae.
- **Boukhedenna, L., et Roula, S. E. (2009)**. *La germination et les problèmes de dormance des graines*.

- **Chianu, J. N., Nkonya, E. M., Mairura, F., Chianu, J. N., et Akinnifesi, F. (2011).** Biological nitrogen fixation and socioeconomic factors for legume production in sub-Saharan Africa : A review. *Agronomy for sustainable development*, 31(1), 139-154.
- **Deslauriers, G. (2014).** *Méta-analyse d'essais de fertilisation N, P et K sur le haricot et le pois.*
- **Diaz-Ambrona, C. G., et Maletta, E. (2014).** Achieving global food security through sustainable development of agriculture and food systems with regard to nutrients, soil, land, and waste management. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 1(2), 57-65.
- **Du, S., Jiang, H., Ai, Y., et Jane, J. (2014).** Physicochemical properties and digestibility of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starches. *Carbohydrate polymers*, 108, 200-205.
- **Ilunga Maloba, M., et Kanyenga Lubobo, A. (2016).** *Production des variétés de haricot (Phaseolus vulgaris) biofortifié sous engrais verts et fumures minérales dans le Haut-Katanga.*
- **Mbika Nkofo, R. (2006).** *Caractérisation agronomique de quelques variétés locales et améliorées de haricot commun (Phaseolus vulgaris) dans la région de Kisangani.* Rapport de recherche, INERA/Yangambi, RDC.
- **Mukendi, R., Kamukenji, A., Kaseba, S., Tshiamala, T., Mukenga, S., et Muyayabatu, G. (2016).** Réponse de fertilisant organique liquide (DI GROW) et inorganique (NPK 17-17-17) sur le Rendement graine de haricot–commun (*Phaseolus vulgaris* L.) À forte teneur en fer et zinc à Ngandajika. *Journal of Applied Biosciences*, 102, 9680-9686.
- **Pison, G. (2022).** Huit milliards d'humains aujourd'hui, combien demain? *Population & Sociétés*, 604(9), 1-4.
- **Rahman, M. H. (2016).** Exploring sustainability to feed the world in 2050. *Journal of Food Microbiology*, 1(1), 7-16.
- **Saidou, A., Balogoun, I., Kone, B., Gnangle, C., et Aho, N. (2012).** Effet d'un système agroforestier à karité (*Vitellaria paradoxa* cf gaertn) sur le sol et le potentiel

de production du maïs (*Zea mays*) en zone Soudanienne du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(5), 2066-2082.

- **Sallah, P., Mukakalisa, S., Nyombayire, A., et Mutanyagwa, P. (2009).**
Response of two maize varieties to density and nitrogen fertilizer in the highland zone of Rwanda. *Journal of Applied Biosciences*, 20, 1194-1202.
- **Useni, S., Baboy, L., Nyembo, K., et Mpundu, M. (2012).** Effects of Combined Inputs of Biowaste and Inorganic Fertilizers on the Yield of Three Varieties of *Zea mays* L. Grown in The Lubumbashi Region. *Journal of Applied Bioscience*, 54, 3935-3943.
- **Valcy, C., Guillaume, Y., Charles, J. R., Pressoir, G., et Joseph, E. (2023).**
Optimisation de la densité de semis et du zéro labour chez le haricot en plaine chaude : Éléments de réponse face aux changements climatiques. Deuxièmes Journées Scientifiques du PITAG-Contribution de la recherche-développement-formation à la souveraineté alimentaire en Haïti.