

Influence des fertilisants organiques (digestat liquide et fumier de poules) sur la production du haricot nain (*Phaseolus vulgaris* L var. *NABE4*) à Goma

RUREMESH KINYATA Sylvestre*
BUSHASHIRE MAPENDO Thierry**
KABALA MUBOLO Joseph***
ZAWADI KIVUWAKIHWANA Diane****

Résumé

La production agricole, notamment celle du haricot, est aujourd'hui freinée par l'appauvrissement et la dégradation des sols, accentués par un apport insuffisant et non maîtrisé de fertilisants. Cette étude a évalué l'effet de deux fertilisants organiques, le digestat liquide et le fumier de poules, ainsi que leur combinaison, sur la croissance et le rendement du haricot nain (*Phaseolus vulgaris* L. variété *NABE4*) cultivé dans le quartier Lac Vert à Goma. Un dispositif expérimental en blocs aléatoires complètement randomisés comportant quatre traitements et quatre répétitions a été mis en place. Les résultats montrent que la combinaison du digestat liquide et du fumier de poules améliore significativement la production, avec un rendement moyen de $1,79 \pm 0,16$ t/ha, supérieur aux traitements individuels et au témoin. Ces résultats suggèrent que l'association de ces fertilisants organiques constitue une pratique efficace pour accroître durablement la production de haricot dans la région.

* **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) 971 006 633, E-mail : bushashiremapendo@unigom.ac.cd.**

*** **Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243 (0) 991637116, E-mail : joekabala2015@gmail.com.**

**** **Assistante à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243 (0) 972492561, E-mail : dianezawadi@gmail.com.**

Mots clés : Fertilisant organique, Digestat liquide, Fumier de poules, Haricot nain, Production agricole.

Abstract

Agricultural production particularly that of beans is currently limited by soil degradation and nutrient depletion, exacerbated by inadequate and unregulated fertilizer use. This study assessed the effects of two organic fertilizers, liquid digestate and hen manure, as well as their combination, on the growth and yield of dwarf beans (*Phaseolus vulgaris* L. variety *NABE4*) cultivated in the Lac Vert district of Goma. A completely randomized block design with four treatments and four replications was implemented. Results showed that the combination of liquid digestate and hen manure significantly increased yield, with an average of 1.79 ± 0.16 t/ha, outperforming individual treatments and the control. These findings suggest that combining these organic fertilizers is an effective strategy to sustainably boost bean production in the region.

Keywords: Organic fertilizer, Liquid digestate, Hen manure, Dwarf bean, Agricultural production.

I. Introduction

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est une légumineuse alimentaire originaire d'Amérique Centrale et du Sud (FAO, 2016). Avec une production mondiale moyenne estimée à plus de 28 millions de tonnes par an en 2023 (FAOSTAT, 2023), il est ainsi consommé par plus de 500 millions d'êtres humains dans le monde (Mufind et al., 2017). Il constitue une des cultures essentielles dans l'alimentation des populations de l'Afrique centrale et orientale, régions où la pauvreté extrême est fréquente (Nyabyenda, 2014). En Afrique centrale, les populations situées à l'ouest des Grands Lacs produisent davantage de haricot, tandis que les ménages des régions forestières en cultivent moins (Van den Abeele et Vandenput, 1956). Le haricot présente une grande importance nutritionnelle et agronomique (Abraham, 2015). Sur le plan nutritionnel, il est nourrissant comme tous les légumes secs, mais pauvre en graisses et sa richesse en protéines en fait un succédané de la

viande. Agronomiquement, il a la capacité de fixer l'azote de l'air en symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*, ce qui en fait une culture d'intérêt majeur dans les rotations et associations culturales (Mufind et al., 2017). Malgré cette importance, les agriculteurs congolais ne parviennent pas à satisfaire la demande locale. Le rendement moyen du haricot commun reste faible et instable, oscillant entre 400 et 800 kg/ha. Pourtant, la recherche a montré que des rendements supérieurs à 2000-3000 kg/ha pour le haricot nain, et entre 4000 et 6000 kg/ha pour le haricot volubile, sont possibles (Kanyenga et al., 2016). Les principales zones de production en RDC comprennent le Nord-Kivu, le Sud-Kivu, l'Ituri, le Nord-Est du Katanga, le Sud-Katanga, le Kongo central et les Kasai (Worthman, 1998). Aujourd'hui, la production agricole et celle du haricot en particulier, est limitée par l'appauvrissement et la dégradation des sols, aggravés par un apport inadéquat et non raisonné des matières fertilisantes (Valimunzigha et al., 2019). De nombreuses études à long terme ont montré qu'une gestion rationnelle des engrais minéraux et des amendements organiques permet d'augmenter les rendements et de maintenir durablement la fertilité des sols. Cependant, l'utilisation de ces engrais est restreinte en raison de leur coût élevé comparé aux faibles revenus des producteurs (John, 1986). L'adoption de bonnes pratiques agricoles impliquant l'apport de substances organiques, telles que les engrais ou amendements organiques, les résidus de récolte ou divers composts, pourrait améliorer la fertilité et la qualité des sols marginalisés (Weber et al., 2007). En effet, les matières organiques améliorent la structure des sols, augmentent la capacité de rétention en eau et en nutriments, réduisent les risques de pollution, stimulent l'activité microbienne et accroissent le rendement des cultures (Kowaljow et Mazzarino, 2007).

Au regard de ces avantages, cette étude a été initiée afin d'évaluer l'influence du digestat liquide, du fumier de poules et de leur combinaison sur la croissance et la production du haricot nain variété NABE4, dans les conditions édaphoclimatiques de Goma. Cette recherche vise ainsi à identifier la meilleure option pour améliorer durablement la productivité de cette culture dans la région. Sur le plan socio-économique, les résultats attendus pourront fournir des recommandations concrètes aux agriculteurs sur l'utilisation des fertilisants organiques locaux, permettant de booster la production de haricot pour une agriculture durable. Environnementalement, l'utilisation accrue de ces fertilisants pourrait

réduire la dépendance aux engrais chimiques, limitant leurs impacts négatifs sur la santé et l'environnement. Enfin, cette étude constitue une référence scientifique pour les chercheurs souhaitant explorer ce domaine.

II. Matériel et Méthodes

➤ Milieu d'étude

Notre étude a été réalisée dans la ville de Goma, province du Nord-Kivu, République Démocratique du Congo, dans le quartier Lac Vert (Latitude S 1°37'35'' ; Longitude E 29°9'5''). Goma est située en bordure nord du lac Kivu comme illustre la figure 1.

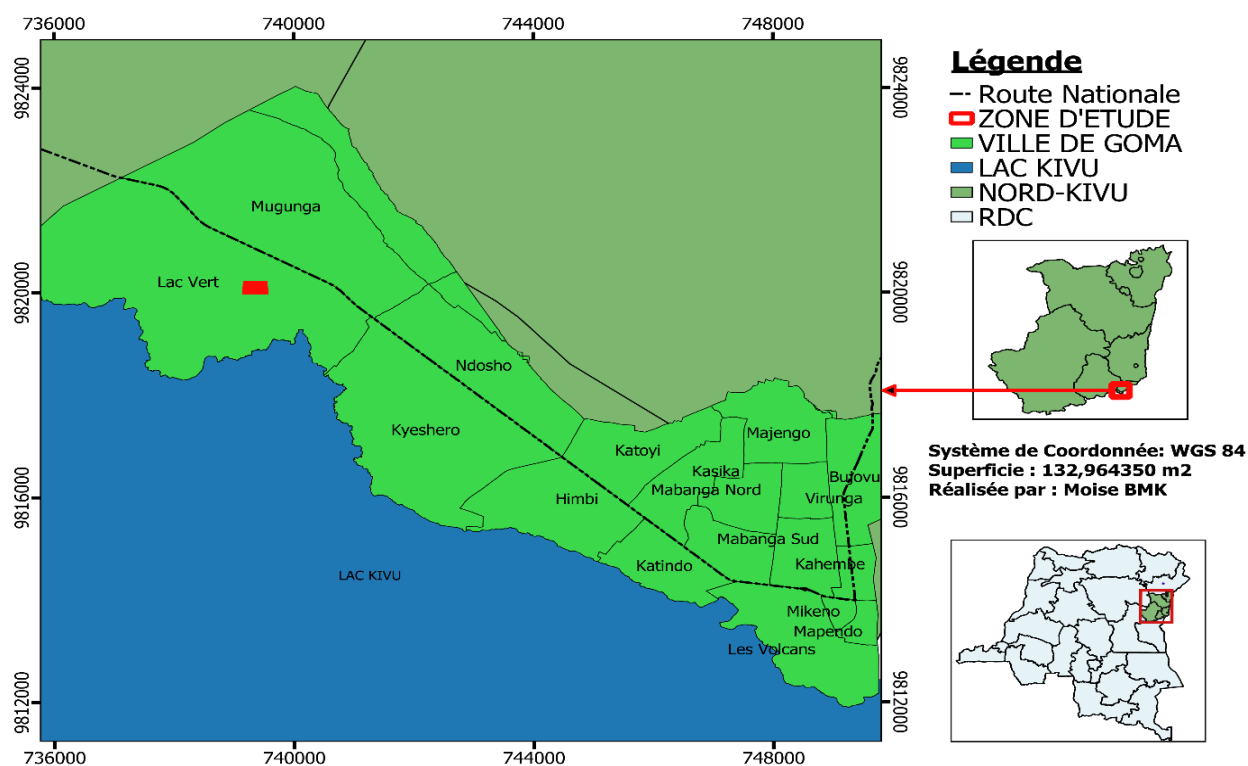


Figure 1. Localisation du milieu d'étude

Le sol du site expérimental est un sol volcanique d'origine récente, typique des régions de lave du Kivu. Il est de texture argilo-limoneuse, avec un pH légèrement acide à neutre (entre 5,8 et 6,5 selon les analyses préalables). La fertilité de base est modérée à faible, caractérisée par un faible taux de matière organique (environ 1,5%), un taux moyen d'azote total et un stock limité en phosphore disponible. Ces caractéristiques expliquent la nécessité d'un apport externe en fertilisants organiques pour améliorer la croissance des cultures.

➤ *Matériels*

La variété *NABE4* de haricot nain a été utilisée comme matériel végétal en raison de son adaptation aux conditions écologiques du Kivu montagneux. Cette variété possède un cycle végétatif court (Mbikayi, 2006 ; INERA, 2006). Les caractéristiques agronomiques de la variété *NABE4* sont présentées dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 1. Caractéristiques de la variété *NABE4*

Paramètres	Caractéristiques de la variété
Type de croissance	Nain
Hauteur de la tige	42,5 cm
Vigueur de la plante	Bonne
Longueur de la foliole terminale	6 cm
Durée de floraison	40 jours
Nombre de bourgeons par inflorescence	4
Couleur des gousses à maturité	Jaune
Longueur des gousses	140 mm
Nombre de gousses par plant	12
Nombre de graines par gousse	8
Poids de 100 graines	34 grammes
Maturité physiologique des graines	60 jours
Durée du cycle végétatif	70 jours
Résistance aux maladies	Faible
Rendement moyen	1400 kg/ha

Le digestat est un résidu du procédé de digestion anaérobie, partiellement stabilisé, riche en micro- et macronutriments organiques bénéfiques pour les plantes (Ruiz et al., 2018). Il est une source importante d'azote (N), phosphore (P), potassium (K), soufre (S), ainsi que de divers micronutriments et de matière organique qui stimulent la biomasse microbienne et l'activité métabolique du sol. Le biodigestat produit par méthanisation peut se présenter sous forme solide ou liquide. La fraction solide contient une grande quantité de matière organique et une faible teneur en azote minéral (environ 18 fois moins que le biodigestat brut), tandis que la fraction liquide contient une teneur élevée en azote minéral et des fractions organiques labiles (jusqu'à 90 % de minéralisation du carbone organique). Le digestat provient de la digestion de divers matériaux, notamment les biodéchets, effluents d'élevage, sous-produits agroalimentaires, et résidus de culture. Le digestat est reconnu comme une bonne source

d'azote ammoniacal, facilement assimilable par les plantes, avec une disponibilité importante dès l'année d'application (Yuexi et al., 2019). À dose équivalente, plusieurs études ont montré que les rendements obtenus avec le digestat sont similaires à ceux obtenus avec des engrais minéraux ou des lisiers de porcs (Tampio et al., 2016). Le fumier de poule est un mélange de litière et de déjections animales fermentées, riche en éléments minéraux essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium, qui favorisent le développement des plantes (Onana, 2006). Les fientes de volaille comptent parmi les fumiers les plus fertilisants et équilibrés en éléments nutritifs (Ayssiwede et al., 2011).

➤ Méthodes

L'étude a été menée en expérimentation au champ, suivant un dispositif à blocs aléatoires complètement randomisés comprenant quatre traitements et quatre répétitions. Chaque parcelle unitaire mesurait 2 m de longueur sur 1,2 m de largeur, soit une superficie de 2,4 m². La distance entre les parcelles et entre les blocs était de 0,5 m pour éviter les interférences. L'affectation des traitements aux parcelles a été réalisée de manière aléatoire. La superficie totale de l'expérimentation était de 76,65 m². Le dispositif expérimental se présentait comme suit :

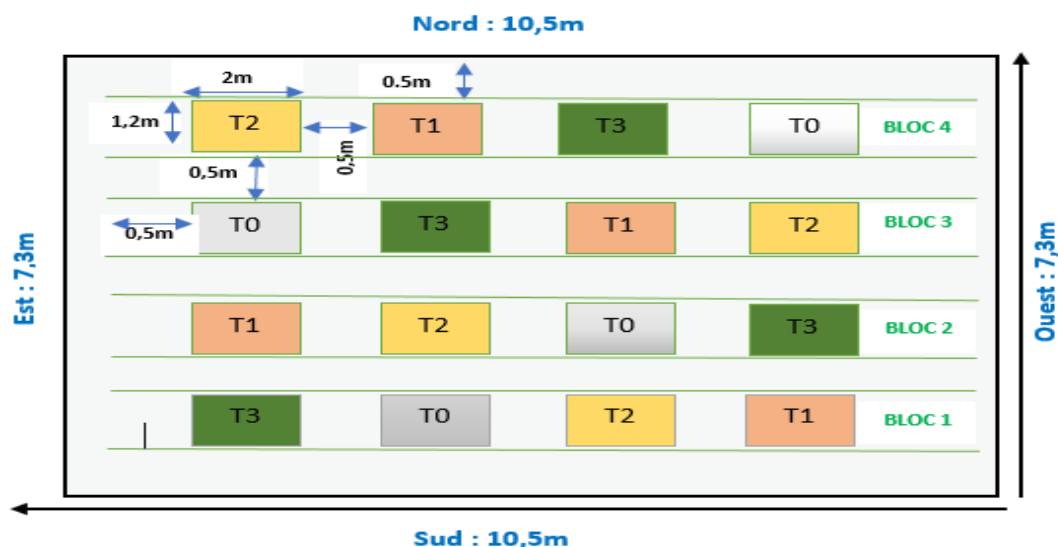


Figure 2. Dispositif expérimental

Les traitements sont

- T0 : Traitement sans application de fertilisants (témoin),

- T1 : Traitement fertilisé avec digestat liquide à la dose de 20 m³/ha, (soit 4,8dm³/parcelle)
- T2 : Traitement fertilisé avec fumier de poules à la dose de 40 t/ha, (soit 4kgs/parcelle)
- T3 : Traitement fertilisé avec la combinaison de digestat liquide (10 m³/ha) et fumier de poules (20 t/ha), (soit 2,4dm³ de digestat liquide combiné à 2kgs de fumier de poule par parcelle) (Guilayn et al., 2019 ; Quollin, 2024)

La préparation du terrain a consisté en un labour moyen à la houe effectué deux semaines avant le semis. Le même jour que le labour, les unités expérimentales ont été délimitées à l'aide de piquets, ficelle et décimètre. Le semis a été réalisé le 17 Octobre 2024, avec un espacement de 40 cm x 20 cm, soit 12,5 poquets/m². Le fumier de poules a été appliqué une seule fois, quinze jours avant le semis, soit le 2 Octobre 2024. Les applications de digestat liquide ont débuté quinze jours après le semis, le 1^{er} Novembre 2024, et ont été répétées tous les quinze jours jusqu'à la floraison, soit trois applications au total. Les opérations d'entretien (sarclage, binage et traitement phytosanitaire) ont été réalisées à deux reprises : le premier sarclage 20 jours après le semis et le second 21 jours après le premier. La récolte a eu lieu le 4 Janvier 2025, à la maturité morphologique complète des gousses.

Les mesures ont été faites sur un échantillon de 9 plantes par parcelle utile pour avoir le taux de germination calculé quinze jours après semis, le diamètre au collet mesuré avec un pied à coulisse, la hauteur de la plante mesurée à l'aide d'un mètre ruban, le nombre de ramifications par plant compté manuellement, le nombre de fleurs par plant, le nombre de gousses par plant et le nombre de graines par gousse comptés manuellement, le poids de 100 graines mesuré à l'aide d'une balance de précision après récolte et séchage, la production parcellaire étant poids total des graines récoltées par unité expérimentale et le rendement a été extrapolé à partir de la production parcellaire

➤ *Analyse statistique*

Les données collectées ont été enregistrées et traitées dans Microsoft Excel 2016 pour le calcul des moyennes et des écarts-types. Elles ont ensuite été importées dans le logiciel GenStat Discovery Edition 4.0 pour effectuer une analyse de la variance (ANOVA à un

facteur) après le test d'homoscadité. La comparaison des moyennes entre traitements a été réalisée à l'aide du test de la différence significative protégée (PPDS) avec un seuil de signification fixé à 5 % ($p < 0,05$).

III. Résultats

➤ Paramètres de croissance

Les résultats de l'analyse de variance sur le taux de levée, le diamètre au collet à 30 jours et 45 jours après le semis sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 2. Taux de levée et les diamètres au collet

Traitements	Taux de levée ($\bar{y} \pm \delta$)	Diamètre au collet en mm 30JAS ($\bar{y} \pm \delta$)	Diamètre au collet en mm 45JAS ($\bar{y} \pm \delta$)
T0	97,5±1,91	2,96±0,11	3,98 ^b ±0,09
T1	98±2,3	3,11±0,08	4,11 ^a ±0,01
T2	99±1,15	3,05 ±0,14	4,1 ^b ±0,09
T3	98,5 ±1,91	3,16±0,06	4,23 ^a ±0,02
GM	98,25	3,07	4,1
<i>P-value</i>	0,76 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,012 ^S
PPDS	-	-	0,12

Légende : GM= moyenne générale, JAS= jour après semis, S= significatif, NS= Non significatif. Au sein d'une même colonne les moyennes suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de probabilité de 5%.

Le tableau montre que le taux de levée et le diamètre au collet à 30 JAS ne présentent pas de différences significatives entre traitements. Par contre, à 45 JAS, la différence est significative ($p = 0,012$) pour le diamètre au collet. Le traitement T3 donne le diamètre moyen le plus élevé (4,23 mm), ce qui indique un effet favorable sur la croissance. Le tableau suivant fait suite des résultats des paramètres de croissance et présente les résultats sur la hauteur de la plante à 30 et 45 jours après le semis.

Tableau 3. Hauteur de la plante en cm

Traitements	Hauteur en cm 30JAS ($\bar{y} \pm \delta$)	Hauteur en cm 45JAS ($\bar{y} \pm \delta$)
T0	24,82 ^b ±0,6	41,33 ^c ±3,17
T1	25,89 ^a ±0,33	49,78 ^b ±1,79
T2	25,58 ^a ±0,43	46,83 ^b ±0,92
T3	25,99 ^a ±0,34	54,41 ^a ±2,3
GM	25,57	48,09
<i>p-value</i>	0,01 ^S	<0,001 ^{HS}
PPDS	0,64	3,29

Légende : GM= moyenne générale, JAS= jour après semis, HS= Hautement significatif, S= significatif. Au sein d'une même colonne les moyennes suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de probabilité de 5%.

À 30 JAS, T1, T2 et T3 ont significativement amélioré la hauteur par rapport au témoin (T0) ($p = 0,01$). À 45 JAS, la différence est hautement significative ($p < 0,001$). Le traitement T3 a donné la plus grande hauteur (54,41 cm). Par ailleurs, les résultats relatifs au nombre de ramifications par pied sont contenus dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4. Effet des traitements sur le nombre de ramifications

Traitements	Nombre de ramifications 30JAS ($\bar{y} \pm \delta$)	Nombre de ramifications 45JAS ($\bar{y} \pm \delta$)
T0	1,22±0,08	2,6 ^b ±0,21
T1	1,24±0,1	2,85 ^a ±0,14
T2	1,27±0,06	2,74 ^b ±0,17
T3	1,33±0,08	3,05 ^a ±0,11
GM	1,26	2,81
<i>p-value</i>	0,25 ^{NS}	0,02 ^S
PPDS	-	0,26

Légende : GM= moyenne générale, JAS= jour après semis, S= significatif, NS= Non significatif. Au sein d'une même colonne les moyennes suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de probabilité de 5%.

Pas de différence significative à 30 JAS. À 45 JAS, les traitements T3 et T1 améliorent significativement le nombre de ramifications ($p = 0,02$).

➤ **Paramètres de production**

Les résultats sur le nombre de fleurs par pied, le nombre de gousses par pied ainsi que le nombre de graines par gousse sont repris dans le tableau comme suit :

Tableau 5. Nombre de fleurs/pied, nombre de gousses/pied et nombre de graines/gousse

Traitements	Nombre de fleurs/pied ($\bar{y} \pm \delta$)	Nombre de gousses/Pied ($\bar{y} \pm \delta$)	Nombre de graines/gousse ($\bar{y} \pm \delta$)
T0	7,73 ^c ±0,34	5,72 ^c ±0,43	4,63±0,1
T1	9,94 ^b ±0,62	8,16 ^b ±0,7	4,66±0,2
T2	9,59 ^b ±0,87	7,59 ^b ±0,36	4,6±0,14
T3	12,24 ^a ±0,29	9,59 ^a ±0,71	4,71±0,14
GM	9,88	7,76	4,65
<i>P-value</i>	<0,001 ^{HS}	<0,001 ^{HS}	0,33 ^{NS}
PPDS	0,88	0,92	-

Légende :

GM= moyenne générale, JAS= jour après semis, HS= Hautement significatif, NS= Non significatif. Au sein d'une même colonne les moyennes suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de probabilité de 5%.

Le nombre de fleurs et de gousses par plant est fortement influencé par les traitements. T3 présente les valeurs les plus élevées. Le nombre de graines par gousse ne varie pas significativement. Faisant suit aux résultats des paramètres de production, les résultats sur le poids de 100 graines, la production parcellaire ainsi que le rendement se présentent comme suit :

Tableau 6. Résultats du poids de 100 graines, de la production parcellaire et du rendement en tonne/hectare

Traitements	Poids de 100 graines en g ($\bar{y} \pm \delta$)	Production parcellaire en kg ($\bar{y} \pm \delta$)	Rendement en t/ha ($\bar{y} \pm \delta$)
T0	20±0	0,23 ^d ±0,01	0,95 ^d ±0,04
T1	20±0	0,38 ^b ±0,02	1,59 ^b ±0,08
T2	20±0	0,32 ^c ±0,01	1,35 ^c ±0,06
T3	20±0	0,43 ^a ±0,03	1,79 ^a ±0,16
GM	20	0,34	1,42
<i>p-value</i>	-	<0,001 ^{HS}	<0,001 ^{HS}
PPDS	-	0,04	0,16

Légende :

GM= moyenne générale, JAS= jour après semis, HS= Hautement significatif. Au sein d'une même colonne les moyennes suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de probabilité de 5%.

Le poids de 100 graines n'est pas affecté par les traitements. La production parcellaire et le rendement présentent des différences hautement significatives avec le meilleur rendement au T3.

IV. Discussion

Les résultats montrent que les fertilisants organiques n'ont pas influencé le taux de levée ni le diamètre au collet à 30 jours, ce qui est conforme aux travaux de Mufind et al. (2017). Toutefois, à 45 jours, une différence significative du diamètre au collet est observée, probablement liée à la nature du sol, des conditions climatiques ou des variétés utilisées. Ces résultats corroborent avec ceux de Kouassi et al. (2019). La hauteur de plante et le nombre de ramifications ont été significativement améliorés par les traitements T1, T2 et surtout T3, ce qui rejoint les conclusions d'Afiya et al. (2021) sur l'effet bénéfique des fertilisants organiques sur la croissance végétative. Ces fertilisants augmentent la disponibilité en azote et améliorent la qualité nutritionnelle du sol (Laurin-Lanctôt, 2015). Le nombre de fleurs et de gousses par plant a également été significativement amélioré, avec le T3 en tête, corroborant les travaux de Kambere et al. (2023) qui soulignent l'importance des ressources hydriques et minérales pour la reproduction florale. Concernant les rendements, le traitement T3 a produit le meilleur rendement (1,79 t/ha), suivi de T1 et T2, ce qui s'accorde avec les études de Razafindramanana et al. (2020) et Larrieux et Alouidor (2022). Ces résultats confirment l'efficacité des digestats liquides, riches en azote minéral, pour une croissance et une production optimale (Beggio et al., 2019 ; Guilayn et al., 2019a).

Conclusion

Cette étude a évalué l'influence du digestat liquide, du fumier de poules et de leur combinaison sur la croissance et la production du haricot nain variété *NABE 4* dans les conditions édaphoclimatiques de Goma. Les résultats indiquent que le traitement combiné (T3) améliore significativement la croissance (hauteur, ramifications) et la production (nombre de fleurs, de gousses, rendement) du haricot par rapport aux autres traitements et au témoin. Ces résultats confirment les hypothèses selon lesquelles l'application de ces fertilisants organiques a un effet bénéfique et que leur combinaison est la plus efficace.

References bibliographiques

- Abaidoo, R.C., Ewusi-Mensah, E., Opoku, A., (2013). *Legume inoculation technology manual*. KNUST/IITA. Academic Press, Burlington, Massachusetts, USA, 20 p.
- Adak, T., Kumar, K., Singha, A., Shukla, S.K., Singh, V.K., (2014). Assessing soil characteristics and Guava orchard productivity as influenced by organic and inorganic substrates. *Journal of Animal & Plants Sciences* 24, 1157-1165.
- Alfa, M.I., Adie, D.B., Igboro, S.B., Oranusi, U.S., Dahunsi, S.O., Akali, D.M., (2014). Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings. *Renew. Energy* 63, 681–686. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.09.049>
- Alfa, M.I., Adie, D.B., Igboro, S.B., Oranusi, U.S., Dahunsi, S.O., Akali, D.M., (2014). Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings. *Renew. Energy* 63, 681–686. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.09.049>.
- Beggio, G., Schievano, A., Bonato, T., Hennebert, P., Pivato, A., (2019). Statistical analysis for the quality assessment of digestates from separately collected organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) and agro-industrial feedstock. Should input feedstock to anaerobic digestion determine the legal status of digestate? *Waste Management* 87, 546-558.

- Crichton, L., Shrama, A., Hewett, SS., Ortega, LB. (2000). *Report of Resource Recovery Forum. Recycling Achievements in Europe*. Ellesemere Press: Skipton North, Yorkshire; 44.
- Douglas, Jr., Aitken, Mn., Smith, Ca. (2003). Effects of five non-agricultural organic wastes on soil composition and on the yield and nitrogen recovery on Italian ryegrass. *Soil Use Man.*, 19: 135-138.
- FAO (2016). Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture.
- FAO (2023). with major processing by Our World in Data. "Beans production – FAO" [dataset]. "Production: Crops and livestock products" [original data]. <https://ourworldindata.org/grapher/beans-production> consulté le 14 Novembre 2024 ;
- Guilayn, F., Jimenez, J., Martel, J.-L., Rouez, M., Crest, M., Patureau, D., (2019a). First fertilizing-value typology of digestates: A decision-making tool for regulation. *Waste Management* 86, 67-79.
- Harvey, C.A., Rakotobe, Z.L., Rao, N.S., Dave, R., Razafimahatratra, H., Rabarijohn, R.H., Rajaofara, H., MacKinnon, J.L., (2014). Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in *Madagascar*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 369, 20130089-20130089.
- John Mc. (198□). Constraints to fertilizer use in sub-saharan Africa. In *Management of Nitrogen and phosphorus Fertilizers in Sub-saharan Africa*, Uzo Mokwunye A, Vlek PLG (eds). Martinus Nijhoff Publishers: Dordrecht.
- Kambere Siviri Lwanga, Paluku Mutiviti, G., Kakule Vyakuno, E., & Kambale Valimunzigha, C. (2023). Étude de l'influence du compost issu des déchets ménagers sur le rendement en graines de haricot (*Phaseolus vulgaris* L) en Ville de Butembo. *Parcours et Initiatives*, (22), 143-168. <https://doi.org/10.57988/crig-2333>.
- Kanyenga L, Kasongo L., Kizungu V., Nachigera .G. & Kalonji M., (2016). 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) : 190-199.

- Kowaljaw, E., Mazzarino, Mj. (2007). Soil restoration in semarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil biological. Biochemistry*, 39: 1580-1588.
- Kouassi Y. F., Gbogouri G. A., N'guessan K. A., Bilgo A., Angui P., Ama T. J., (2019). Effets de fertilisants organique et organo-minéral sur la productivité du soja en zone de savane (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine* 31 (1) : 1 - 12 .
- Laos, F., Satti, P., Walter, I., Mazzarino, Mj., Moyano, S. (2000). Nutrient availability of composted and non-composted residues in a *Patagonia Xeric Mollisol*. *Biol. Fert. Soil.*, 31: 462-469.
- Larrieux, Bernadin, et Riculado Alouidor. (2022). « Etude de la performance agronomique du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) var. DPC-40 sous l'effet de trois fertilisants :engrais chimique, fumier de bovin et leur combinaison ». *RELACult-Revista latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade* 08 (02) : article 2228 <https://claec.org/relacult>.
- Mufind M., Tshala J., Kitabala A., Nyembo K. (2017) Réponse de huit variétés de haricot commun (*Phaseolis vulgaris* L) à la fertilisation minérale dans la région de Kolwezi, Lualaba (RD Congo) ISSN 1997-5902, *Journal of Applied Biosciences*, pp 10894-10904.
- Nyabyenda P., (2014). *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Généralités, Légumineuses alimentaires, Plantes à tubercules et racines, Céréales*. Presses agronomiques de Gembloux, Bruxelles, 225p.
- Razafindramanana, N. C., Autfray, P., Rabenson, R., Randriamboavonjy, J. C., Rajaominoson, M. A., & Razafindrajaona, J. M. (2020). Effets de la poudre d'os et de fumier de zébu sur la production de haricot (*Phaseolus vulgaris* L) sur les Hautes Terres malgaches. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(6), 2181-2192. <https://doi.org/10.4314/jjbc.v14i6.20>.
- Reibel, A., Leclerc, B., (2018). *Valorisation agricole des digestats: quel impact sur les cultures, le sol et l'environnement ?*, *La méthanisation en Provence-Aples-Côte d'Azur*.

- Ruiz, D., San Miguel, G., Corona, B., Gaitero, A., Domínguez, A., (2018b). Environmental and economic analysis of power generation in a thermophilic biogas plant. *Sci. Total Environ.* 633, 1418–1428. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.169>.
- SENASEM.(2019). Catalogue National Variétal des Cultures Vivrières Répertoire des variétés homologuées des cultures des céréales, éd.2029, 73p.
- Silva, JVH ; Silva, EL ; Jordao, J; Ribeiro, MLG, (2005). Effets de l'augmentation des niveaux de sous-produits de graines de racou (*Bixa orellana*) dans l'alimentation sur le rendement et les performances des caecasses de poulets de chair. *Rev. Bras. Zoot.*, 34 (5) :1606-1613.
- Tampio E., Salo T., Rintala J. (2016). Agronomic characteristics of five different urban waste digestates. *Journal of Environmental Management*; 169, 293-302.
- Teglia C., Tremier A., Martel J.-L. (2010). Characterization of Solid Digestates: Part 1, *Review of Existing Indicators to Assess Solid Digestates Agricultural Use*. *Waste and Biomass Valorization*; 2 (1), 43–58.
- Tshibangu et al, *J Appl. Biosc* (2017). Evaluation de la productivité du maïs (*Zea mais* L) sous amendements organique et minéral dans la province de Lomami, République Démocratique du Congo, ISSN1997-5902, pp 10571-10579 ;Valimunzigha, C., Afoka, N., Mbusa, H. (2019). Détermination de la dose optimale de K20 sur le rendement en tubercules de la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) à Butembo, Est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 144 : 14764-14772.
- Van Den Abeele M. & Vandenput R., (1956). Les principales cultures du Congo Belge. Publication de la direction de l'Agriculture, des forêts et de l'élevage, Bruxelles 3^{ie} édition, pp. 859-862.
- Weber, J., Karczewska, A., Drozd, J., Lieznar, M., Lieznar, S., Jamroz, E., Kocowicz, A. (2007). Agricultural and ecological aspects of sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 1294-1302.

- Wortman C. Kirkby R, Eledu C.. & Allen D.J. (2006). Atlas f common bean (Phaseolus vulgaris L.) production in Africa. CIAT Pan-Africa Bean Research Alliance, International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia, 133 p.
- WWF DRC, (2023). Avec la vulgarisation des digesteurs à biogaz, le WWF offre une source d'énergie alternative aux ménages de la région avoisinant le Parc des Virunga | WWF DRC.