Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2026 ; 9(2), 378-386
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Effet résiduel de la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) versus fertilisation minérale (NPK, Urée) et organique (*Tithonia diversifolia*) sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) au Mont-Amba (Kinshasa)

Gloria Mundondo[1,2*], Michel Ndengoli Momangi[1], Joseph Ntumba Tshibangu[1,2], Rebecca Ikuma Bokwango[1], Gillon Kabuya Bukasa[1], Jean de Dieu Minengu[2], Denis Bungu Mulombo[2]

[(1)]Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques. BP 2037 Kinshasa I (RDC). E-mail: gloriamundondo09@gmail.com
[(2)]Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. Mention Production végétale. BP 117 Kinshasa XI (RDC)

Reçu le 14 mai 2026, **accepté le** 16 juin 2026, **publié en ligne le** 27 juin 2026
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.35

RESUME

Description du sujet. La faible fertilité des sols en milieu urbain tropical limite fortement la productivité du maïs en République démocratique du Congo, d'où l'intérêt des systèmes intégrant légumineuses, fertilisants minéraux et organiques.
Objectif. L'étude vise à comparer l'effet résiduel du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) et l'apport de fertilisants minéraux (NPK, urée) et organiques (*Tithonia diversifolia*) sur la croissance, le rendement et la pression de *Spodoptera frugiperda* du maïs à Kinshasa.
Méthodes. Un dispositif en blocs complets randomisés a été installé avec quatre traitements et cinq répétitions sur le site de Koppia (Mont-Amba). Les paramètres végétatifs, de rendement et phytosanitaires ont été mesurés et analysés par ANOVA sous Statistix 10.
Résultats. Les engrais minéraux (NPK, urée) ont significativement amélioré la croissance et le rendement (jusqu'à 6459,6 kg/ha), suivis de *Tithonia diversifolia*. Les résidus de haricot ont montré les performances les plus faibles mais un effet sur la réduction partielle des attaques phytosanitaires selon les traitements.
Conclusion. L'intégration des fertilisants minéraux et organiques apparaît plus efficace que l'effet résiduel seul du haricot, mais les systèmes combinés restent prometteurs pour une agriculture durable.

Mots-clés : *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, NPK, *Tithonia diversifolia*, fertilité des sols, Kinshasa.

ABSTRACT

Residual effect of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivation versus mineral (NPK, Urea) and organic (*Tithonia diversifolia*) fertilization on maize (*Zea mays* L.) yield in Mont-Amba (Kinshasa)
Description of the subject. Low soil fertility in tropical urban environments significantly limits maize productivity in the Democratic Republic of Congo, highlighting the importance of systems integrating legumes with mineral and organic fertilizers.
Objective. The study aims to compare the residual effect of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the application of mineral (NPK, urea) and organic (*Tithonia diversifolia*) fertilizers on the growth, yield, and Spodoptera frugiperda pressure in maize in Kinshasa.
Methods. A randomized complete block design was established with four treatments and five replicates at the Koppia site (Mont-Amba). Vegetative, yield, and phytosanitary parameters were measured and analyzed by ANOVA using Statistix 10.
Results. Mineral fertilizers (NPK, urea) significantly improved growth and yield (up to 6459.6 kg/ha), followed by Tithonia diversifolia. Bean residues showed the lowest performance but contributed to a partial reduction in phytosanitary attacks depending on the treatment.
Conclusion. The integration of mineral and organic fertilizers appears more effective than the residual effect of beans alone; however, combined systems remain promising for sustainable agriculture.

Keywords: *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, NPK, *Tithonia diversifolia*, soil fertility, Kinshasa.

1. INTRODUCTION

En Afrique subsaharienne, la faible productivité agricole est attribuée en grande partie à la dégradation des sols et leur faible fertilité naturelle. Compte tenu du rôle essentiel des céréales dans l'alimentation et l'économie des producteurs, les approches récentes privilégient l'association avec des légumineuses. Ce système améliore la fertilité des sols grâce à la fixation biologique de l'azote et contribue à améliorer les rendements, même dans des conditions de faibles apports en intrants (Landschoot *et al*., 2023 ; Chimonyo *et al*., 2023 ; Sithole & Olorunfemi, 2024). Des études montrent également que ces associations peuvent accroître les rendements céréaliers, avec des gains pouvant atteindre 20 à 30 % selon les contextes agroécologiques (Attallah *et al.*, 2024).

En effet, le manque de techniques culturales appropriées et le faible usage d'engrais minéraux pour des cultures exigeantes comme le maïs (*Zea mays* L.) accentuent la dégradation progressive des sols (Zingore *et al*., 2011 ; Kihara *et al.*, 2016 ; Rurinda *et al.*, 2020). Cette situation entraîne une baisse de la productivité et fragilise la sécurité alimentaire et fourragère (Giller *et al*., 2021 ; Bekele *et al*., 2022 ; Falconnier *et al.*, 2023).

Par ailleurs, la forte croissance démographique et l'augmentation du cheptel ces trois dernières décennies ont accru la pression sur les ressources naturelles (sol, eau, forêt, etc.). Ainsi, la pratique de la jachère, moyen traditionnel efficace de gestion de la fertilité des sols en Afrique, connaît un raccourcissement (Sithole & Olorunfemi, 2024 ; Tindwa *et al*., 2024).

Sur le plan nutritionnel, le maïs est particulièrement exigeant en azote et répond favorablement aux fumures organiques et minérales. Un déficit en cet élément entraîne un retard de développement et de floraison (Szulc *et al*., 2021). En effet, l'azote est utilisé à hauteur de 50 à 60 % pour la croissance végétative, contre 40 à 50 % pour la phase de floraison (Szulc *et al*., 2021 ; Liu *et al*., 2025). À l'inverse, la culture des légumineuses améliore la productivité des céréales et le revenu des producteurs en réduisant le coût des engrais, grâce à l'enrichissement du sol par la fixation symbiotique et la restitution des résidus de récolte (Zheng *et al*., 2021 ; Mudare *et al*., 2022). Malgré ce rôle reconnu, l'intégration des résidus de légumineuses reste encore marginale dans les systèmes culturaux africains (Vanlauwe *et al.*, 2015 ; Rurinda *et al*., 2020).

En République démocratique du Congo, le maïs constitue une culture vivrière stratégique pour l'alimentation des ménages et l'économie des petits exploitants, en dépit d'une production nationale insuffisante (800 kg/ha) (Ndeko *et al*., 2024 ; Ndeko *et al*., 2025). L'usage combiné d'engrais minéraux (NPK, urée), de fertilisants organiques comme *Tithonia diversifolia* et de résidus de légumineuses permet d'améliorer la fertilité du sol et le rendement grâce à une meilleure disponibilité des nutriments (Jama *et al*., 2000 ; Vanlauwe *et al*., 2019 ; Rurinda *et al*., 2020).

En effet, l'influence résiduelle de *Phaseolus vulgaris* est susceptible de favoriser une croissance du maïs comparable, voire supérieure, à celle obtenue avec des fertilisants minéraux (NPK, urée) ou organiques (*Tithonia diversifolia*).

Plusieurs travaux ont montré l'importance des systèmes intégrés combinant légumineuses, fertilisation minérale et amendements organiques pour améliorer la productivité du maïs en Afrique subsaharienne. En effet, la réponse du maïs aux engrais dépend fortement de la fertilité initiale des sols (Zingore *et al*., 2011 ; Kihara *et al*., 2016), tandis que la gestion intégrée de la fertilité constitue une approche clé d'intensification durable (Vanlauwe *et al.*, 2015 ; Rurinda *et al.*, 2020).

L'association céréales–légumineuses et l'utilisation des résidus de culture améliorent la nutrition azotée et les rendements (Chikowo *et al*., 2004 ; Zheng *et al.*, 2021 ; Mudare *et al.*, 2022), de même que les amendements organiques tels que *Tithonia diversifolia* contribuent à la restauration de la fertilité des sols (Jama *et al*., 2000 ; Lele *et al.*, 2016). Par ailleurs, les engrais minéraux (NPK, urée) restent les plus efficaces pour augmenter rapidement les rendements du maïs (Bekele *et al*., 2022 ; Falconnier *et al*., 2023 ; Zamukulu *et al*., 2024). Toutefois, peu d'études ont comparé simultanément l'effet résiduel des légumineuses, des fertilisants minéraux et des amendements organiques dans un même dispositif en milieu tropical urbain, ce qui constitue l'apport principal de la présente étude.

L'objectif de cette étude est de comparer l'effet résiduel du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) et l'apport de fertilisants minéraux (NPK, urée) et organiques (*Tithonia diversifolia*) sur la croissance, le rendement et la pression de *Spodoptera frugiperda* du maïs à Kinshasa

L'intérêt de cette étude réside dans la nécessité de proposer aux petits producteurs du Mont-Amba, des approches alternatives durables et économiquement accessibles face au coût élevé des engrais minéraux. En valorisant l'effet résiduel des légumineuses et l'usage de la biomasse locale comme *Tithonia diversifolia*, cette étude contribue à la restauration de la fertilité des sols dégradés de Kinshasa/Mont-Amba, tout en favorisant une intensification durable de la culture du maïs.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Localisation du site

L'essai a été réalisé sur le campus universitaire de Kinshasa, au site expérimental de Koppia. Ce site se situe à 15°18' de latitude Sud et 14°18' de longitude Est, à une altitude moyenne de 464 m. Le site est bordé au nord par la piscine de l'Université de Kinshasa, au sud par le plateau de résidence des professeurs, à l'est par la route reliant le Petit Château au rond-point du home Vatican, et à l'ouest par la route reliant le plateau des professeurs à l'état-major de la police universitaire. Le sol du site expérimental est majoritairement sableux et caractérisé par une faible teneur en matière organique et une faible fertilité naturelle, typique des sols ferralsoliques et arenosols de la région (Ndembo, 2009).

Le climat de la colline du Mont-Amba en particulier, comme celui de la ville de Kinshasa en général, est de type Aw4 selon la classification de Köppen, caractérisé par un climat tropical à saison sèche marquée, avec une forte concentration des pluies entre octobre et mai et une saison sèche de mi-mai à septembre (Ndengoli *et al.*, 2023 ; Ndengoli *et al*., 2026). C'est un climat tropical humide comprenant deux saisons : une saison sèche de quatre mois allant de mi-mai à mi-septembre, et une saison pluvieuse de huit mois allant de mi-septembre à mi-mai. La saison des pluies est interrompue par une petite saison sèche entre mi-janvier et mi-février (Lele *et al.,* 2016 ; Bolaluelembe *et al*., 2021).

2.2. Semences

Les semences utilisées étaient constituées de grains de *Zea mays* (maïs) de couleur jaune. Ces semences ont été achetées auprès des vendeuses du marché de la Liberté à Kinshasa, lesquelles s'approvisionnaient à Kikwit. Localement, ce type de maïs est communément appelé « CODAÏC ».

2.3. Fertilisants

Les fertilisants minéraux utilisés comprenaient le NPK et l'urée. Le NPK ainsi que l'urée ont été acquis auprès du SENAFIC, situé dans la commune de Kalamu à Kinshasa. Le fertilisant organique était constitué des feuilles de *Tithonia diversifolia*, récoltées au Jardin expérimental de l'Unité d'amélioration et des ressources phytogénétiques de la Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement de l'Université de Kinshasa.

2.4. Résidus de culture

Les résidus de culture provenaient d'une parcelle précédemment cultivée en haricot. Les résidus post-récolte de cette légumineuse ont été laissés sur place et incorporés au sol afin d'évaluer leur effet sur la croissance du maïs.

2.5. Méthodes

a. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit dans un dispositif en blocs complets randomisés comportant quatre traitements et cinq répétitions. Les traitements comprenaient : (i) sol précédé par la culture du haricot (témoin), (ii) NPK 17-17-17 (200 kg/ha), (iii) urée (160 kg/ha) et (iv) feuilles de *Tithonia diversifolia* (20 000 kg/ha). Les doses de fertilisation utilisées dans cette étude sont conformes aux recommandations en Afrique subsaharienne, où les applications de NPK 17-17-17 varient généralement entre 100 et 200 kg/ha, tandis que les apports en azote sous forme d'urée se situent entre 80 et 200 kg N/ha selon les conditions édaphiques (Vanlauwe *et al*., 2015; Kihara *et al*., 2016 ; Rurinda *et al.*, 2020 ; Bekele *et al*., 2022 ; Szulc *et al*., 2021).

Par ailleurs, les amendements organiques à base de *Tithonia diversifolia* sont largement utilisés en Afrique tropicale à des doses comprises entre 10 et 20 t/ha de biomasse fraîche, en raison de leur forte capacité à améliorer la disponibilité en nutriments et les rendements du maïs (George *et al*., 2001 ; Palm *et al.*, 2001 **;** Opala, 2020).

La superficie totale du dispositif était de 412,5 m² (33 m × 12,5 m), subdivisée en 20 parcelles élémentaires de 10 m² (2 m × 5 m). Les blocs étaient espacés de 2 m, tandis que les parcelles au sein des blocs étaient séparées de 1,5 m. Chaque parcelle comportait 30 plants disposés en cinq lignes de six plants.

b. Conduite de l'essai

Préparation du terrain

Le terrain a été débroussaillé manuellement à l'aide de machettes et houes, puis délimité à l'aide de piquets en bois matérialisant les différentes parcelles et traitements.

Semis

Le semis a été effectué le 18 janvier 2021, à raison d'un grain par poquet, aux écartements de 0,5 m × 1 m et à une profondeur moyenne de 3 cm, soit 30 plants par parcelle.

Application des fertilisants

Des poquets de 25 cm de profondeur ont été réalisés pour l'application des fertilisants, incorporés et mélangés au sol selon les traitements. Les doses ont été fractionnées en deux apports : la moitié 10 jours après la levée et le reste au début de l'anthèse.

Les doses appliquées étaient les suivantes : (i) NPK 17-17-17 : 10 g/poquet, soit 200 kg/ha ; (ii) Urée : 8 g/poquet, soit 160 kg/ha ; (iii) *Tithonia diversifolia* : 1 000 g/poquet, soit 20 000 kg/ha.

c. Entretien de la culture

L'irrigation a été réalisée à raison de 15 litres d'eau par parcelle, trois fois par semaine en moyenne. Le désherbage a été effectué 10 jours après le semis, puis répété toutes les deux semaines selon l'importance des adventices.

d. Paramètres mesurés

Paramètres de croissance

Le diamètre au collet a été mesuré à la floraison sur un échantillon de 50 plants par traitement (10 plants par répétition) à l'aide d'un pied à coulisse. La hauteur des plants a été mesurée à la floraison du collet jusqu'à la dernière feuille développée à l'aide d'un mètre ruban. La longueur et la largeur des feuilles ont été mesurées sur deux feuilles médianes issues de 10 plants par traitement à l'aide d'un mètre ruban. La surface foliaire a été estimée selon la formule de Bonhomme *et al.* (1982) :
SF = L × l × 0,75

Paramètres de reproduction

Le nombre d'épis par plant a été évalué par comptage à la récolte sur 50 plants par traitement. Le diamètre et la longueur des épis ont été mesurés respectivement à l'aide d'un pied à coulisse et d'une règle graduée. Les poids des épis avec et sans spathe ont été déterminés sur 50 épis par traitement à l'aide d'une balance électronique. Le nombre de rangées par épi, le nombre de grains par rangée ainsi que le nombre total de grains par épi et par plant ont été obtenus par comptage sur le même échantillon. Enfin, les poids des grains par épi et par plant ont été mesurés après séchage, égrainage et vannage, et le rendement a été estimé à partir du poids moyen des grains par plant, extrapolé à l'hectare selon la densité de plantation.

Maladies et ravageurs

La présence de la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*) a été observée au cours de l'essai, avec une intensité plus marquée durant les phases de croissance végétative et de floraison du maïs. L'identification des ravageurs a été réalisée moyen des clés d'identification de Lecoq (1988), Delvare et Aberlenc (1989) et Mike *et al*. (2004).

Les dégâts observés se manifestaient principalement par la défoliation des plants ainsi que l'attaque des épis. L'évolution de ces attaques a été suivie afin d'évaluer d'éventuelles différences de sensibilité entre les traitements appliqués.

Les paramètres phytosanitaires suivants ont été considérés : (a) Nombre moyen d'épis attaqués par plant. Ce paramètre a été déterminé par comptage des épis endommagés sur l'ensemble des plants de chaque traitement à la récolte, puis exprimé en moyenne par plant **;** (b) Pourcentage d'épis attaqués par plant (%). Il a été calculé pour chaque traitement en rapportant le nombre d'épis endommagés au nombre total d'épis produits, selon l'expression suivante :

$$\%\ \text{épis attaqués} = \frac{\text{Nombre d'épis attaqués par plante}}{\text{Nombre total d'épis par plante}} \times 100$$

e. Analyse statistique des données

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Statistix 10. Ce logiciel a permis l'organisation et le traitement des données expérimentales issues des différentes mesures. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée afin d'évaluer l'effet des traitements. Lorsque des différences significatives ont été observées, la comparaison des moyennes a été effectuée grâce au test post hoc de la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de 5 %.

3. RESULTATS

3.1. Paramètres végétatifs

Les résultats mettent en évidence des différences significatives entre les traitements pour le diamètre au collet, la hauteur des plants, la largeur des feuilles et la surface foliaire, alors que la longueur des feuilles ne présente pas de variation significative (Tableau 1).

Le diamètre au collet atteint sa valeur la plus élevée sous urée (18,50 mm), suivi du NPK (17,00 mm) et de *Tithonia diversifolia* (16,30 mm), tandis que les valeurs les plus faibles sont observées sous résidus de haricot (14,40 mm). La hauteur des plants montre une tendance similaire, avec des performances comparables et statistiquement supérieures au témoin pour le NPK (161,16 cm), l'urée (155,16 cm) et *Tithonia diversifolia* (161,54 cm), contre 118,92 cm pour les résidus de haricot.

La largeur des feuilles est significativement plus élevée sous urée (8,86 cm), alors que les autres traitements ne présentent pas de différence marquée entre eux. La surface foliaire suit la même dynamique, avec une valeur maximale sous urée (593,66 cm²), suivie de *Tithonia diversifolia* (525,84 cm²), du NPK (487,36 cm²) et des résidus de haricot (422,38 cm²). L'urée se distingue ainsi par une amélioration plus prononcée des paramètres de croissance, tandis que les autres fertilisants présentent des effets intermédiaires mais globalement supérieurs au témoin, traduisant une meilleure croissance végétative du maïs.

Tableau 1. Effet des fertilisants sur les paramètres végétatifs de *Zea mays* à Koppia

Traitements	Diamètre au collet (mm)	Hauteur des plantes (cm)	Longueur de la feuille (cm)	Largeur de la feuille (cm)	Surface foliaire (cm²)
NPK	17,00b	161,16a	86,0a	7,52b	487,36bc
Urée	18,50a	155,16a	89,4a	8,86a	593,66a
Tithonia	16,30b	161,54a	89,9a	7,78b	525,84ab
Résidus haricot	14,40c	118,92b	76,8a	7,30b	422,38c
PPDS (5 %)	1,36	15,96	NS	0,96	96,65

Les moyennes affectées de la même lettre (a, b, c) au sein d'une même colonne ne présentent pas de différence significative au seuil de 5 % selon le test de la plus petite différence significative (PPDS). En revanche, les moyennes portant des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les traitements.

3.2. Paramètres de production

Les résultats montrent des différences significatives entre traitements pour le poids des épis avec et sans spathe, ainsi que pour le diamètre et la longueur des épis, alors que le nombre d'épis par plant reste globalement similaire (Tableau 2). Les traitements NPK et urée se distinguent par des performances nettement supérieures, avec 494,60 et 476,60 g pour le poids des épis avec spathe, et 312,40 et 305,60 g pour le poids sans spathe. Ces valeurs sont environ trois fois plus élevées que celles observées sous résidus de haricot (127,50 et 82,60 g), traduisant un effet marqué des fertilisants minéraux sur le remplissage des épis.

Le diamètre et la longueur des épis suivent la même tendance, avec des valeurs plus élevées sous NPK (4,40 cm ; 15,32 cm) et urée (4,40 cm ; 15,78 cm), comparativement aux résidus de haricot (3,70 cm ; 11,50 cm). *Tithonia diversifolia* présente des valeurs intermédiaires (4,30 cm ; 14,64 cm), proches des fertilisants minéraux pour certains paramètres. En revanche, le nombre d'épis par plant reste statistiquement similaire entre les traitements (2,00 pour NPK, urée et *Tithonia diversifolia* contre les résidus de haricot), indiquant que les traitements ont surtout influencé le développement et la qualité des épis plutôt que leur formation.

Tableau 2. Effet des fertilisants sur les paramètres des grains de l'épi de *Zea mays*

Traitements	Nombre de rangées/épi	Nombre de grains/rangée	Nombre de grains/épi	Poids des grains/épi (g)
NPK	14,00a	35,00a	49,000a	161,70a
Urée	14,00a	32,00a	448,00a	143,70a
Tithonia diversifolia	12,00a	27,00b	324,00b	87,60b
Résidus de haricot	13,00a	23,00b	299,00b	59,40c
PPDS (5%)	**NS**	**4,09**	**109,36**	**33,15**

Les résultats révèlent des différences significatives entre les traitements pour l'ensemble des paramètres de production évalués (Tableau 3). Le nombre de grains par plant est nettement plus élevé sous NPK et urée, avec des valeurs (980,00 et 896,00) environ deux à trois fois supérieures à celles observées sous résidus de haricot (299,00).

Cette tendance traduit une meilleure efficacité des fertilisants minéraux dans l'amélioration de la fertilité du sol et du remplissage des grains. Une évolution similaire est observée pour le poids des grains par plant, où les traitements NPK et urée présentent des performances supérieures (322,80 g et 286,40 g) comparativement à *Tithonia diversifolia* et aux résidus de haricot.

Enfin, le rendement estimatif suit la même dynamique, avec des rendements plus élevés sous NPK (6459,60 kg/ha) et urée (5733,60 kg/ha), tandis que les traitements organiques et résiduels enregistrent des valeurs plus faibles. Cela confirme l'effet positif des apports minéraux sur la productivité globale du maïs.

Tableau 3. Effet des fertilisants sur le nombre de grains, le poids des grains par plant et le rendement estimatif de *Zea mays*

Traitements	Nombre de grains/plant	Poids grains/plant (g)	Rendement estimatif (kg/ha)
NPK	980,00a	322,80a	6459,60a
Urée	896,00a	286,40a	5733,60a
Tithonia diversifolia	648,00b	173,20b	3468,00b
Résidus de haricot	299,00c	59,40c	1197,60c
PPDS (5%)	**109,36**	**66,36**	**1331,90**

3.3. Maladies et ravageurs

La chenille légionnaire a été observée sur l'ensemble du dispositif expérimental, avec une intensité d'attaque variable selon les traitements appliqués (Tableau 4). Les parcelles installées sur résidus de haricot ont enregistré la pression la plus élevée, avec en moyenne de 1 épi attaqué par plant, soit 100 % des épis touchés, traduisant une forte vulnérabilité du système témoin. À l'inverse, les plants fertilisés à l'urée ont présenté la situation la plus favorable, avec environ 0,64 épi attaqué par plant, correspondant à 32,00 % d'épis attaqués. Les traitements NPK et *Tithonia diversifolia* occupent une position intermédiaire, avec respectivement 0,84 épi attaqué par plant (42,00 %) et 1,28 épi attaqué par plant (64,00 %).

Ces résultats indiquent que le ravageur a été présent dans toutes les modalités, mais que son impact a été modulé par les conditions de croissance des plants. Les parcelles bénéficiant d'une meilleure fertilisation semblent avoir mieux résisté aux attaques, probablement grâce à une vigueur accrue des plants et à une meilleure capacité de tolérance face au stress biotique.

Tableau 4. Attaques de la chenille légionnaire sur les épis de maïs selon les traitements

Traitements	Total d'épis par plante	Nombre d'épis attaqués par plante	Épis attaqués (%)
NPK	2,00a	0,84ab	42,00ab
Urée	2,00a	0,64b	32,00b
Tithonia diversifolia	2,00a	1,28a	64,00ab
Résidus de haricot	1,00a	1,00a	100,00a
PPDS (5%)	**NS**	**1,00**	**23,90**

4. DISCUSSION

Les résultats obtenus mettent en évidence une amélioration globale et significative de la croissance végétative, ainsi que des composantes du rendement du maïs, sous fertilisation minérale (NPK et urée) en comparaison avec les apports organiques et les résidus de haricot. Cette réponse traduit essentiellement la disponibilité rapide des éléments nutritifs, notamment l'azote, reconnu comme un facteur limitant majeur de la production dans de nombreux sols tropicaux fortement dégradés (Zingore *et al*., 2011 ; Kihara *et al*., 2016).

L'augmentation du diamètre au collet, de la hauteur des plants et de la surface foliaire sous NPK et urée confirme le rôle central de l'azote dans l'expression du potentiel de croissance du maïs. Ce constat s'accorde avec plusieurs travaux conduits en Afrique subsaharienne montrant que les apports minéraux contribuent de manière déterminante à l'augmentation de la biomasse et des rendements (Giller *et al*., 2021 ; Falconnier *et al*., 2023). Dans le même ordre d'idées, Vanlauwe *et al.* (2015, 2021) soulignent que la majorité des sols des petits exploitants africains sont structurellement déficients en nutriments, ce qui limite fortement la productivité, même en conditions climatiques favorables.

L'effet intermédiaire observé avec *Tithonia diversifolia* peut être attribué à sa richesse en éléments minéraux et à sa décomposition relativement rapide, favorisant une libération progressive des nutriments. Plusieurs études ont démontré son efficacité dans l'amélioration de la fertilité des sols tropicaux, bien que ses performances demeurent généralement inférieures à celles des engrais minéraux (Jama *et al*., 2000 ; Gachengo *et al*., 2001 ; Rurinda *et al.,* 2020). Cette tendance est confirmée par Chikowo *et al.* (2022), qui rappellent que les amendements organiques utilisés seuls ne permettent pas toujours de satisfaire les besoins immédiats des cultures fortement exigeantes.

Les performances plus faibles enregistrées avec les résidus de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) s'expliquent par une minéralisation lente et une synchronisation insuffisante entre la libération des nutriments et les besoins physiologiques du maïs. Ces observations sont cohérentes avec celles de Vanlauwe et Dobermann (2020), indiquant que les résidus de culture jouent davantage un rôle d'amélioration durable de la fertilité des sols que de réponse immédiate sur les rendements. Bien que ces résidus constituent une source potentielle d'azote organique issue de la fixation biologique (Vanlauwe *et al*., 2015 ; Rurinda *et al*., 2020), leur effet reste limité à court terme en raison d'une libération progressive (Chikowo *et al.,* 2004).

Concernant les paramètres de rendement, l'augmentation marquée du nombre de grains par épi et du poids des grains sous fertilisation minérale confirme l'importance de l'azote dans la formation des organes reproducteurs. Szulc *et al*. (2021) montrent que cet élément influence directement l'activité photosynthétique et la translocation des assimilats vers les grains. Ces résultats rejoignent ceux de Lele *et al*. (2016) et de Zamukulu *et al*. (2024), qui ont mis en évidence une réponse positive marquée du maïs à la fertilisation azotée, particulièrement sur les sols ferrallitiques sableux à faibles intrants.

Par ailleurs, l'incidence de la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*) a varié selon les traitements. Les attaques les plus sévères ont été observées sur les parcelles avec résidus de haricot, tandis que l'urée présentait la pression parasitaire la plus faible. Cette variation peut s'expliquer par l'effet de la nutrition minérale sur la vigueur des plants : des systèmes bien fertilisés augmentent la capacité de compensation et de tolérance du maïs face aux ravageurs (Baudron *et al*., 2019 ; Kumela *et al*., 2019).

5. CONCLUSION

Cette étude a évalué les effets comparatifs des engrais minéraux (NPK et urée), de *Tithonia diversifolia* et des résidus de haricot sur la croissance, le rendement et l'incidence de la chenille légionnaire du maïs dans les conditions agroécologiques du Mont-Amba/ Kinshasa. Les résultats montrent une performance supérieure des fertilisants minéraux, en particulier l'urée, qui améliorent significativement la croissance et les rendements grâce à une disponibilité rapide des nutriments, notamment l'azote.

Tithonia diversifolia présente des performances intermédiaires, confirmant son intérêt comme amendement organique local, tandis que les résidus de haricot sont moins efficaces en raison d'une minéralisation plus lente et d'une libération insuffisamment synchronisée des éléments nutritifs. Sur le plan phytosanitaire, les parcelles bien fertilisées enregistrent globalement une moindre incidence de la chenille légionnaire, suggérant que la vigueur nutritionnelle des plants améliore leur tolérance aux attaques.

Ainsi, ces résultats mettent en évidence l'intérêt d'une fertilisation intégrée associant engrais minéraux et ressources organiques locales, comme une approche plus équilibrée et durable pour améliorer la productivité du maïs et renforcer sa résilience face aux contraintes agroécologiques et parasitaires.

Les recherches ultérieures peuvent être orientées vers : (i) l'évaluation de l'effet de la période d'incorporation des résidus de haricot pour mieux faire coïncider la libération des nutriments avec les besoins de croissance du maïs, (ii) l'approfondissement de l'analyse des mécanismes de défense induits par la fertilisation, (iii) la réalisation de l'analyse coût-bénéfice comparative entre l'achat d'engrais chimiques et le coût de main-d'œuvre pour la collecte et l'enfouissement de la biomasse de *Tithonia diversifolia* ou la gestion des résidus, (iv) l'analyse de l'évolution de la biomasse microbienne et de l'activité enzymatique du sol sous l'influence des résidus de légumineuses par rapport aux engrais minéraux.

Références

Attallah A., Hamdi W., Souid A., Farissi M., L'taief B., Messiga A. J., Bargaz A. & Zagrarni M. F., 2024**.** Impact of cereal–legume intercropping on soil nutrient content variations under semi-arid conditions. *Sustainability*, 16(7), 2725. DOI: https://doi.org/10.3390/su16072725

Baudron F., Zaman-Allah M. A., Chaipa I., Chari N. & Chinwada P., 2019. Understanding the factors influencing fall armyworm (Spodoptera frugiperda JE Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop protection*, 120, 141-150. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.028

Bekele I., Lulie B., Habte M., Boke S., Hailu G., Mariam E. H., Muche M., Shiferaw H. & Sileshi G. W., 2022. Response of maize yield to nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur rates on Andosols and Nitisols in Ethiopia. *Experimental Agriculture*, 58, e11. DOI: https://doi.org/10.1017/S0014479722000035.

Bolaluembe P.-C.B., Lele B. N., Ngwey W., Semeki J. N., Ifuta S.N., Tasi J.-P., Ndengoli M. M., Kafuti C. M., Yusufu E.K., Kalawu S.M. & Mbumba M.B, 2021. Perceptions of market gardeners at the Tshuenge site in the city of Kinshasa on climate change. *African Journal of Environment and Agriculture*, 4(4), 10-22.

Chikowo R., Mapfumo P., Nyamugafata P. & Giller K. E., 2004. Maize productivity and soil fertility management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(2), 119–131.

Chikowo R., Mapfumo P., Nyamugafata P. & Giller K. E., 2004. Maize productivity and soil fertility management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(2), 119–131.

Chimonyo V. G. P., Govender L., Nyathi M., Scheelbeek P. F. D., Choruma D. J., Mustafa M., Massawe F., Slotow R., Modi A. T. & Mabhaudhi T., 2023. Can cereal-legume intercropping systems contribute to household nutrition in semi-arid environments: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1060246. DOI: 10.3389/fnut.2023.1060246

Delvare G. & Aberlenc H.P., 1989. *Les insectes d'Afrique d'Amérique tropicale : clé de reconnaissance des familles d'insectes*. Montpellier, CIRAD-GERDAT, 302 p.

Falconnier G. N., Leroux L., Beillouin D., Corbeels M., Hijmans R. J., Bonilla-Cedrez C., van Wijk M., Descheemaeker K., Zingore S., Affholder F., Lopez-Ridaura S., Malézieux E., Makowski, D., Rurinda, J., van Ittersum, M. K., Vanlauwe, B., Giller, K. E., Lammoglia, S. K. & Waha K., 2023. Increased mineral fertilizer use on maize can improve both household food security and regional food production in East Africa. *Agricultural Systems*, 205, 103588. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103588

George T. S., Gregory P. J., Robinson J. S., Buresh R. J. & Jama B. A., 2001. *Tithonia diversifolia*: variations in leaf nutrient concentration and implications for biomass transfer. *Agroforestry Systems*, 52(3), 199-205.

Giller K. E., Delaune T., Silva J. V., van Wijk M., Hammond J., Descheemaeker K., van de Ven G., Schut A. G. T., Taulya G., Chikowo R. & Andersson J. A.,

2021. Small farms and development in sub-Saharan Africa: Farming for food, for income or for lack of better options? *Food Security*, 13(6), 1431–1454. DOI: https://doi.org/10.1007/s12571-021-01209-0

Hien V., Sedogo P. M. & Lompo F., 1993. Étude des effets de la jachère de courte durée sur la production et l'évolution des sols dans différents systèmes de culture du Burkina Faso. *La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, France : Orstom, Colloques et séminaires*, pp. 221-232.

Jama B., Palm C. A., Buresh R. J., Niang A. L., Gachengo C., Nziguheba G. & Amadalo B., 2000. Tithonia diversifolia as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. *Agroforestry systems*, 49(2), 201-221.

Kihara J., Nziguheba G., Zingore S., Coulibaly A., Esilaba, A., Kabambe V., Njoroge S., Palm C. & Huising J., 2016. Understanding variability in crop response to fertilizer and amendments in sub-Saharan Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 229, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.05.012

Kumela T., Simiyu J., Sisay B., Likhayo P., Mendesil E., Gohole L. & Tefera T., 2019. Farmers' knowledge, perceptions, and management practices of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Ethiopia and Kenya. *International journal of pest management*, 65(1), 1-9. DOI: https://doi.org/10.1080/09670874.2017.1423129

Landschoot S., Zustovi R., Dewitte K., Randall N. P., Maenhout S. & Haesaert G., 2024. Cereal–legume intercropping: A smart review using topic modelling. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1228850. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1228850

Lecoq M., 1988. *Les Criquets du sahel*. Collection Acridologie Opérationnelle (I) CIRAD/PRIFAS, 125 p.

Lele B. N., Kachaka C. S. & Lejoly J., 2016. Biochar and Tithonia effects on maize. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 20, 57–67.

Liu L., Liao L., Yan X., Tian A., Xia C., Zhang H., He R., Li R., Liu J., Sun G., Huang Q., Yin X., Li Q. & Ren Y., 2025. Contribution characteristics of nitrogen accumulation and distribution to grain yield of maize. *BMC Plant Biology*, 25(1), 1377. DOI: https://doi.org/10.1186/s12870-025-07299-8

Mike P., Charles G. & Alan W., 2004. *Field guide to insects of South Africa*. Edition Struik, 443 p.

Mudare S., Kanomanyanga J., Jiao X., Mabasa S., Lamichhane J. R., Jing J. & Cong W. F., 2022. Yield and fertilizer benefits of maize/grain legume intercropping in China and Africa: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(5), 81. DOI: https://doi.org/10.1007/s13593-022-00816-1

Ndeko A. B., Chuma G. B., Cokola M. C., Mondo J. M., Mugumaarhahama Y., Basengere E. B., Civava R. M. & Mushagalusa G. N., 2024. Typology of smallholder maize farmers in South-Kivu, Eastern D.R. Congo: implications in improving farming practices and markets. *Discover Agriculture*, 2(1), 47. DOI: https://doi.org/10.1007/s44279-024-00053-y

Ndeko A. B., Chuma G. B., Mondo J. M., Kazamwali L. M., Civava R., Bisimwa E. B. & Mushagalusa G. N., 2025. Farmers' preferred traits, production constraints, and adoption factors of improved maize varieties under South-Kivu rainfed agro-ecologies, eastern DR Congo: implications for maize breeding. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 23(1), 2464524. DOI: https://doi.org/10.1080/14735903.2025.2464524

Ndembo J. L., 2009. Apport des outils hydrogéochimiques et isotopiques à la gestion de l'aquifère du Mont Amba (Kinshasa, République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, Université d'Avignon, 222 p.

Ndengoli M. M., Kazadi A. B., Kalonji N. K., Mitshiabu R. M., Ilolo T. K., Ibunga N. N., Masio H. E., Lusambu G. A., Lokanyanga C. E. & Mayoke L. M., 2023. Perception and adaptation strategies to climate change by market gardeners in the Funa river valley in the city of Kinshasa. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 39(3), 1083-1094. http://www.ijias.issr-journals.org/

Ndengoli M. M., Ntumba J. T., Bokwankon J. M. E., Enanga E. B., Mavinga M. F. & Lusambo. G. A, 2026. Biodiversité et dynamique spatio-temporelle des espaces verts urbains dans la commune de Limete. *Afrique Science*, 28(2), 27–40. ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net

Opala P. A., 2020. Recent Advances in the Use of Tithonia diversifolia Green Manure for Soil Fertility Management in Africa: A Review. *Agricultural Reviews*, 41(3).

Palm C. A., Gachengo C. N., Delve R. J., Cadisch G. & Giller K. E., 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, ecosystems & environment*, 83(1-2), 27-42.DOI: https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00267-X

Rurinda J., Zingore S., Jibrin J. M., Balemi T., Masuki K., Andersson J. A., Pampolino M. F., Mohammed I., Mutegi J., Kamara A. Y., Vanlauwe B. & Craufurd P. Q., 2020. Science-based decision support for formulating crop fertilizer recommendations in sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, 180, 102790. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102790.

Sithole A. & Olorunfemi O. D., 2024. Sustainable agricultural practices in Sub-Saharan Africa. *Sustainability*, 16(22), 9766. DOI: https://doi.org/10.3390/su16229766

Szulc P., Ambroży-Deręgowska K., Mejza I., Grześ S., Zielewicz W., Stachowiak B. & Kardasz P., 2021. Evaluation of nitrogen yield-forming efficiency in the cultivation of maize (Zea mays L.) under different nutrient management systems. *Sustainability*, 13(19), 10917. DOI: https://doi.org/10.3390/su16229766

Tindwa H. J., Semu E. W. & Singh B. R., 2024. Circular regenerative agricultural practices in Africa: Techniques and their potential for soil restoration and sustainable food production. *Agronomy*, 14(10), 2423. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy14102423.

Vanlauwe B. & Dobermann A., 2020. Sustainable intensification of agriculture in sub-Saharan Africa: first things first. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 7(4), 376-382. DOI: https://doi.org/10.15302/J-FASE-2020351

Vanlauwe B., Descheemaeker K., Giller K. E., Huising J., Merckx R., Nziguheba G., Wendt J. & Zingore S., 2015. Integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: unravelling local adaptation. *SOIL*, 1(1), 491-508. DOI: https://doi.org/10.5194/soil-1-491-2015

Zamukulu P. M., Bagula E. M., Mondo J. M., Chuma G. B., Bulonza G. M., Mwaluke S., Karume K. & Mushagalusa G. N., 2024. Evaluation of split application of nitrogen fertilizer on maize grain yield and profitability on Nitisols of South Kivu, eastern DRC. *CABI Agriculture and Bioscience*, 5(1), 22. DOI :10.1186/s43170-024-00224-3

Zheng B., Zhang X., Chen P., Du Q., Zhou Y., Yang H., Wang X., Yang F., Yong T. & Yang W., 2021. Améliorer l'absorption d'azote et l'efficacité de l'utilisation de l'azote par le maïs en renforçant la capacité d'absorption des racines lorsqu'elles sont entrecoupées avec des légumineuses. *PeerJ* 9: e11658. DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.11658

Zingore S., Tittonell P., Corbeels M., Van Wijk M. T. & Giller K. E., 2011. Managing soil fertility diversity to enhance resource use efficiency in smallholder farming systems: a case from Murewa District, Zimbabwe. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 90(1), 87-103.