

Caractérisation de la composition nutritionnelle de l'amarante (*Amaranthus spp.*) en réponse à différents types de fertilisation à Kinshasa

Mununu Yoyo Evariste

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo
Faculté des Sciences Agronomiques, Université Pédagogique National
(UPN), République Démocratique du Congo

Ibobodji Kapuku Lucien

Ikaa Lefeta François

Ntumba Tshibangu Joseph

Enanga Etun Benjamin

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo

Mangana Ikoko Joël

Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa (UNIKIN),
République Démocratique du Congo

Binzunga Makumbu Mamy

Lokinda Litalema Faustin

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo

Mumba-Djamba Antoine

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo
Faculté des Sciences Agronomiques, Université Pédagogique National
(UPN), République Démocratique du Congo

Approved: 08 July 2026

Posted: 10 July 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Mununu Yoyo, E., Ibobodji Kapuku, L., Ikaa Lefeta, F., Ntumba Tshibangu, J., Enanga Etun, B., Mangana Ikoko, J., Binzunga Makumbu, M., Lokinda Litalema, F., & Mumba-Djamba, A. (2026). *Caractérisation de la composition nutritionnelle de l'amarante (Amaranthus spp.) en réponse à différents types de fertilisation à Kinshasa*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2026.p252>

Résumé

L'amarante (*Amaranthus spp.*) est un légume-feuille essentiel pour la sécurité nutritionnelle en République Démocratique du Congo, fournissant des protéines et des minéraux essentiels. Cependant, sa qualité biochimique dépend fortement de la gestion de la fertilité du sol. Cette étude visait à évaluer l'effet comparatif de l'engrais organique frass (issu de larves de mouche soldat noire, *Hermetia illucens L.*), de fiente de poule et de l'Urée sur la composition bromatologique de l'amarante à Kinshasa.

L'expérimentation a été conduite suivant un dispositif en blocs complets randomisés avec sept traitements. Les résultats d'analyses effectuées au laboratoire LANAL (UNIKIN) révèlent que l'application du frass à 100 % (T6) optimise significativement la teneur en protéines, atteignant 5,11 %, contre 4,60 % pour l'urée et 4,54 % pour le témoin. Contrairement aux estimations antérieures, les teneurs en fibres ont été stabilisées entre 1,76 % (T6) et 1,81 % (T0), confirmant que la fertilisation au Frass préserve la tendreté des feuilles. Le Frass de MSN s'avère être une alternative bio-circulaire performante pour améliorer la densité nutritionnelle de l'amarante en zone tropicale.

Mots-clés : *Amaranthus spp.*, frass, *Hermetia illucens lennaeus*, qualité nutritionnelle, biofertilisant

Characterization of the Nutritional Composition of Amaranth (*Amaranthus spp.*) in Response to Different Fertilization Types in Kinshasa

Mununu Yoyo Evariste

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo
Faculté des Sciences Agronomiques, Université Pédagogique National
(UPN), République Démocratique du Congo

Ibobodji Kapuku Lucien

Ikaa Lefeta François

Ntumba Tshibangu Joseph

Enanga Etun Benjamin

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo

Mangana Ikoko Joël

Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa (UNIKIN),
République Démocratique du Congo

Binzunga Makumbu Mamy

Lokinda Litalema Faustin

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo

Mumba-Djamba Antoine

Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques (INERA),
République Démocratique du Congo
Faculté des Sciences Agronomiques, Université Pédagogique National
(UPN), République Démocratique du Congo

Abstract

Amaranth (*Amaranthus spp.*) is a vital leafy vegetable for nutritional security in the Democratic Republic of Congo, providing essential proteins and minerals. However, its biochemical quality is highly dependent on soil fertility management. This study aimed to evaluate the comparative effect of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) frass, poultry manure, and urea on the nutritional composition of amaranth in Kinshasa. The experiment followed a randomized complete block design with seven treatments. Laboratory analyses conducted at LANAL (UNIKIN) show that the 100% frass treatment (T6) presents the highest protein content (5.11%), compared with urea (4.60%) and the control (4.54%). Fiber contents remain low and relatively homogeneous among treatments, ranging from 1.76% to 1.82%,

with the lowest value observed under T6. These results indicate that frass constitutes a promising organic alternative for improving the nutritional density of amaranth in tropical conditions.

Keywords: *Amaranthus spp.*, frass, *Hermetia illucens* Lenné, nutritional quality, biofertiliser

Introduction

L'amarante (*Amaranthus spp.*) occupe une place prépondérante dans les systèmes alimentaires des zones urbaines et périurbaines d'Afrique subsaharienne, particulièrement en République Démocratique du Congo où elle figure parmi les légumes-feuilles les plus consommés (Akin-Idowu *et al.*, 2016 ; Achigan-Dako *et al.*, 2014). En tant que culture à croissance rapide, elle constitue une source vitale de protéines végétales, de fibres alimentaires, de vitamines (A et C) et de sels minéraux essentiels tels que le calcium, le fer et le magnésium (Mlakar *et al.*, 2010 ; Sarker *et al.*, 2019). À Kinshasa, sa production intensive représente un pilier majeur de la sécurité nutritionnelle et une source de revenus pour les petits producteurs maraîchers (FAO, 2021).

Toutefois, le maraîchage se heurte à la dégradation continue de la fertilité des sols ferralitiques de la région, caractérisés par une forte acidité et une faible teneur en matières organiques (Kahindo *et al.*, 2019). Pour pallier ces carences, l'usage d'engrais minéraux, notamment l'Urée, est fréquente pour stimuler la biomasse. Cependant, bien que ces intrants augmentent le rendement, leur coût élevé et leurs impacts environnementaux tels que le lessivage des nitrates et l'acidification des sols limitent leur durabilité (Chivenge *et al.*, 2011). De plus, une fertilisation exclusivement minérale peut entraîner une « dilution » des nutriments essentiels, réduisant ainsi la densité nutritionnelle des feuilles récoltées (Sarker *et al.*, 2018).

Face à ces enjeux, les amendements organiques favorisant la santé du sol et la qualité des plantes apparaissent comme une alternative nécessaire (Palm *et al.*, 2001 ; Vanlauwe *et al.*, 2010). Si la fiente de poule est traditionnellement valorisée pour sa richesse en azote et phosphore (Ojeniyi, 2000), de nouvelles solutions issues de l'économie circulaire émergent. Le « Frass », résidu issu de la bioconversion des déchets organiques par les larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens* L.) s'est révélé être un bio fertilisant innovant, riche en nutriments, en chitine et en micro-organismes bénéfiques (Liu *et al.*, 2020 ; Beesigamukama *et al.*, 2020).

Des travaux menés principalement en Afrique de l'Est et en Europe ont démontré l'efficacité agronomique du Frass sur diverses cultures (Tanga *et al.*, 2022 ; Meneguz *et al.*, 2018 ; Lomonaco *et al.*, 2022). Néanmoins, son impact spécifique sur la composition bromatologique de l'amarante cultivée

dans le contexte pédoclimatique particulier de Kinshasa reste encore peu exploré. En milieu urbain kinois, où les régimes alimentaires sont souvent déficients en micronutriments (UNICEF, 2020), il est crucial de valider des méthodes de fertilisation garantissant une haute qualité nutritionnelle.

Cette étude vise donc à évaluer l'effet comparatif du Frass de mouche soldat noire, de la fiente de poule et de l'Urée sur les propriétés nutritionnelles de l'amarante. L'objectif est de déterminer la stratégie de fertilisation optimale pour maximiser la teneur en protéines et en minéraux essentiels, afin de proposer aux producteurs une alternative durable et efficace pour lutter contre les carences nutritionnelles.

Matériel et Méthodes

Description du site expérimental

L'étude a été menée sur le site expérimental de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa (UNIKIN), en République Démocratique du Congo. Le site est caractérisé par un climat tropical humide de type Aw4 selon la classification de Köppen, avec une saison de pluies (septembre à mai) et une saison sèche (juin à août). Le sol, de nature ferralitique à texture sableuse, présente une faible capacité de rétention d'eau et une acidité prononcée.

Matériel biologique et intrants

Le matériel végétal utilisé était constitué de semences d'amarante (*Amaranthus spp.*), variété locale largement consommée à Kinshasa. Trois types de fertilisants ont été testés :

- L'engrais minéral : Urée (46% N) était utilisée comme référence chimique.
- L'engrais organique traditionnel : La fiente de poule séchée.
- L'innovation organique : Le frass de larves de mouche soldat noire (*Hermetia illucens* L.) produit à partir du recyclage de biodéchets organiques ménagers.

Dispositif expérimental et traitements

Le dispositif adopté est un plan des blocs complets randomisés (BCR) comportant 7 traitements répétés 4 fois, soit un total de 28 parcelles élémentaires. Chaque parcelle mesurait 3m².

Les traitements ont été définis suivant une dose standard de 125 kg d'Azote par hectare (125 kg N/ha), correspondant aux besoins optimaux de l'amarante en zone tropicale. Ils sont présentés dans ce tableau (1).

Tableau 1: Traitements et dosages selon les types de fertilisation

Saison Pluvieuse / Saison Sèche					
Code	Traitement	Teneur en N (%)	Dose fertilisant/plante (g/pied)	Dose fertilisant (t/ha)	Apport en N (kg/ha)
T0	Témoin	0	0	0	0
T1	Fiente de poule	20	4.5	0,6	125
T2	Urée	46	1.3	0,26	125
T3	25 % frass	3	7.75	0,849	25.5
T4	50 % frass	3	15.5	1,698	51
T5	75 % frass	3	23.25	2,547	76.4
T6	100 % frass	3	31	3,396	125.1

Conduite de la culture

Les travaux ont débuté par un labour manuel suivi de la confection des planches. Le semis a été effectué en pépinière, suivi d'un repiquage après 21 jours avec un écartement de 30 cm x 30 cm. L'entretien a consisté en des arrosages réguliers, des sarclages et un suivi phytosanitaire manuel. La récolte des feuilles pour analyse a eu lieu à la 5^{ème} semaine après repiquage.

Analyses de laboratoire

Les échantillons de feuilles fraîches ont été acheminés au laboratoire d'analyse des aliments (LANAL) de l'UNIKIN. Les paramètres suivants ont été déterminés selon les méthodes conventionnelles de l'AOAC :

- Humidité : Par dessiccation à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant.
- Protéines brutes : Par la méthode de Kjeldahl (facteur de conversion N x 6,25).
- Fibres alimentaires : Par digestion acide et alcaline (Méthode de Weende).
- Cendres totales : Par incinération au four à moufle à 550°C.

Analyse des données

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel R (version 4.x). En cas de différences significatives entre les traitements, la séparation des moyennes a été effectuée par le test de la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de probabilité de 5%. Cependant, les données issues du laboratoire sont traitées ont été traitées sur Excel pour la production des graphiques et tableaux.

Résultats

Composition nutritionnelle (bromatologique) de l'amarante

Les résultats des analyses effectuées au Laboratoire d'Analyse des Aliments (LANAL) sur les feuilles d'amarante récoltées à la 5^{ème} semaine après repiquage sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2: Paramètres bromatologiques de l'amarante selon les types de fertilisation

Paramètres / TMT	T0 (Témoin)	T1 (Fiente)	T2 (Urée)	T3 (25% frass)	T4 (50% frass)	T5 (75% frass)	T6 (100% frass)
Humidité (%)	82	86	83	84	84	87	86
Cendre (%)	0,8	0,8	0,8	0,81	0,79	0,8	0,81
Protéines (%)	4,54	4,81	4,6	4,71	4,72	4,93	5,11
Fibres (%)	1,81	1,79	1,79	1,8	1,82	1,78	1,76
Vitamine (β-carotène) A (mg)	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,003	0,004	0,0058
Vitamine C (mg)	0,061	0,061	0,061	0,02	0,03	0,05	0,06
Lipide (%)	0,22	0,21	0,2	0,22	0,22	0,22	0,22
Glucide (%)	8,41	8,39	8,38	8,42	8,4	8,41	8,41
Calcium (mg/MF)	167	233	195	175	216	235	255
Fer (mg)	1,79	1,8	1,8	0,47	0,93	1,40	1,86
Zinc (mg)	0,49	0,5	0,49	0,14	0,27	0,41	0,54

Teneur en protéines brutes

L'analyse de la figure 1 montre que le type de fertilisant influence la teneur en protéines de l'amarante.

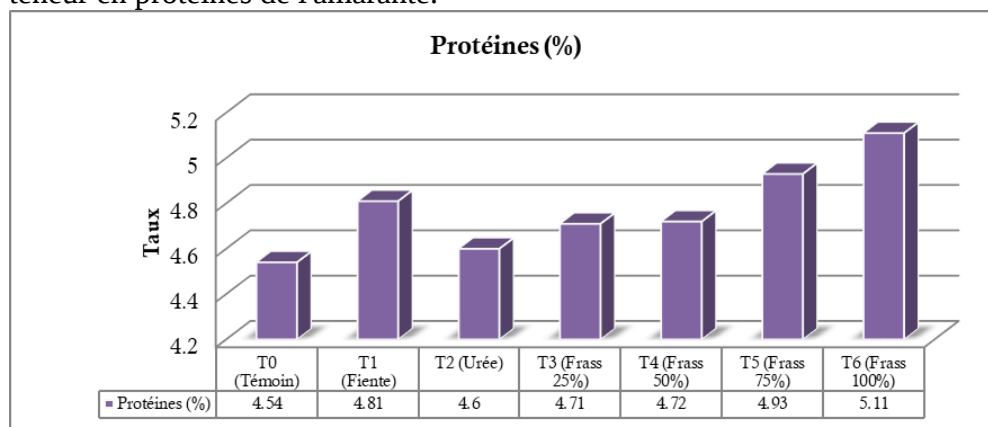


Figure 1: Teneur en protéines (%) de l'amarante sous différents traitements fertilisants

Le traitement T6 (frass 100%) présente la valeur la plus élevée (5,11%), suivi du traitement T5 (4,93%). Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues avec les fientes de poule (4,81%) et l'Urée (4,60%). Le témoin (T0) présente la teneur la plus faible avec 4,54.

L'apport de Frass des larves de MSN semble donc favoriser une meilleure synthèse protéique dans les tissus foliaires par rapport aux autres sources d'azote.

Teneur en fibres alimentaires

La figure 2 présente l'effet des différents traitements fertilisants sur la teneur en fibres alimentaires des feuilles d'amarante.

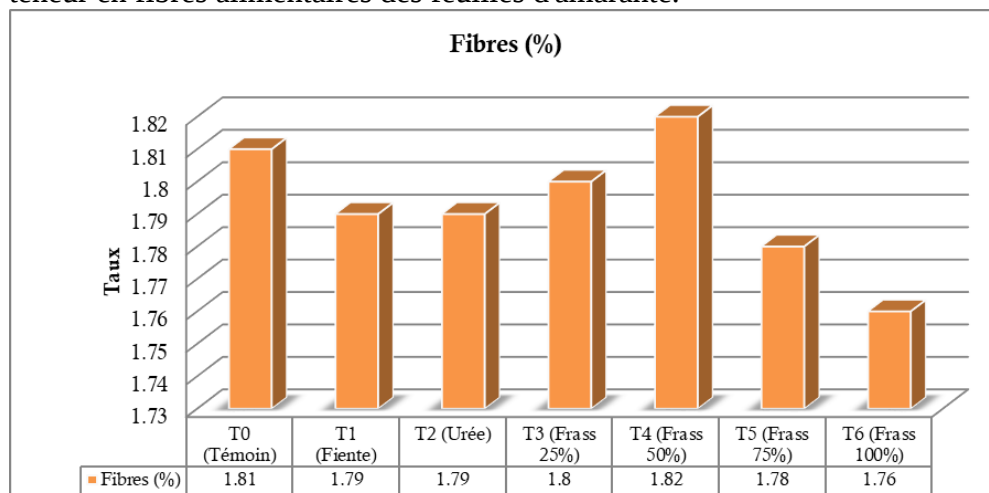


Figure 2: Effet des traitements fertilisants sur la teneur en fibres alimentaires (%) des feuilles d'amarante

Contrairement aux observations visuelles de terrain, les analyses de laboratoire révèlent des teneurs en fibres relativement faibles et homogènes entre les traitements, variant de 1,76% (T6) à 1,82% (T4). Il est intéressant de noter que le traitement T6 présente le taux de fibres le plus bas. Cela suggère que la fertilisation au frass permet d'obtenir des plantes vigoureuses sans pour autant accélérer la lignification des feuilles, garantissant ainsi une meilleure qualité organoleptique (tendreté).

Cendres et Humidité

La figure 3 illustre la variation de la teneur en cendres des feuilles d'amarante selon les traitements fertilisants appliqués.

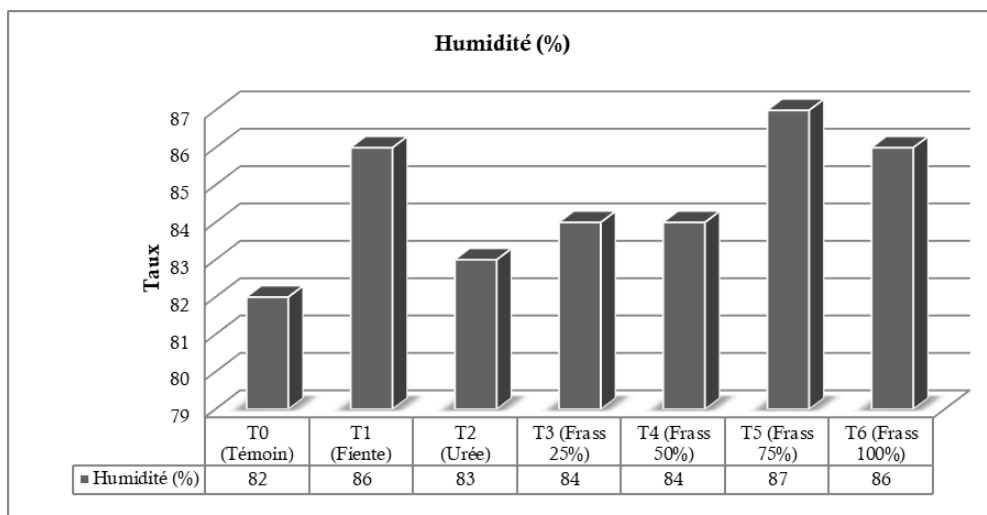


Figure 3: Effet des traitements fertilisants sur la teneur en cendres (%) des feuilles d'amarante

La teneur en cendres, représentative de la richesse minérale totale, reste stable autour de 0,80% pour l'ensemble des traitements, indiquant que la structure minérale de base de la plante n'est pas altérée par le type de fertilisant. Le taux d'humidité varie entre 82% et 87%, les valeurs les plus élevées étant observées pour les traitements organiques (T5 et T6), ce qui pourrait être lié à une meilleure capacité de rétention d'eau des tissus sous fertilisation organique.

Discussion

La présente étude démontre que la fertilisation à base de frass issu des larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens* L.) influence significativement la valeur nutritionnelle de l'amarante (*Amaranthus spp.*), avec des performances souvent supérieures à celles de l'urée chimique et de la fiente de poule traditionnellement utilisée. Ces résultats s'inscrivent dans le contexte des recherches récentes sur les biofertilisants issus de l'économie circulaire et présentent des similitudes et des complémentarités avec les travaux d'autres auteurs, comme détaillé ci-après.

Protéines et efficacité nutritionnelle

Notre étude montre que le traitement au frass à 100 % (T6) permet d'atteindre une teneur maximale en protéines de 5,11 %, contre 4,81 % pour la fiente de poule, 4,60 % pour l'urée et 4,54 % pour le témoin. Cette supériorité confirme que la nature de la source d'azote conditionne directement la synthèse protéique dans les tissus foliaires. Contrairement à l'azote minéral de l'urée, rapidement lessivé dans les sols ferralitiques

sableux et acides de Kinshasa comme l'ont souligné Kahindo *et al.* (2019) dans leur analyse des contraintes de fertilité des sols du bassin du Congo, la fraction organique du frass agit comme un réservoir à libération lente. Beesigamukama *et al.* (2020) et Romano *et al.* (2023) ont également observé ce mécanisme : la minéralisation progressive de l'azote contenu dans le frass assure une synchronisation parfaite entre la disponibilité des nutriments et les besoins physiologiques de la plante, améliorant ainsi l'efficacité d'utilisation de l'azote.

En outre, Liu *et al.* (2020) et Barragán-Fonseca *et al.* (2024) ont démontré que le frass contient des acides aminés libres et des peptides directement assimilables ou capables de stimuler le métabolisme azoté. Cela explique pourquoi nos valeurs dépassent celles obtenues avec la fiente de poule, pourtant reconnue comme une source organique riche en azote (Ojeniyi, 2000). Nos résultats rejoignent ceux de Tanga *et al.* (2022), qui, dans des essais menés en Afrique de l'Est, ont constaté que le frass augmente la teneur en protéines de plusieurs légumes feuilles comparativement aux fumiers classiques et aux engrais minéraux. Ces observations confirment que le frass ne se contente pas de fournir de l'azote, mais optimise également sa valorisation pour la synthèse de composés azotés essentiels.

Fibres alimentaires

Un résultat majeur de cette expérimentation est le maintien de teneurs en fibres faibles et stables, comprises entre 1,76 % (T6) et 1,82 % (T4), malgré une croissance végétative vigoureuse. Ce point est essentiel car, en agronomie, une forte fertilisation azotée minérale induit souvent une croissance rapide qui s'accompagne d'une lignification précoce des tissus, dans le but de soutenir le poids de la biomasse produite. Ce phénomène a été clairement décrit par Sarker *et al.* (2018), qui soulignent que la qualité organoleptique et notamment la tendreté est un critère déterminant pour l'acceptation des légumes par les consommateurs.

Les résultats montrent que le frass permet d'obtenir des rendements élevés sans altérer la tendreté des feuilles. Cette observation diffère quelque peu de celle de Chepkorir *et al.* (2024) sur les épinards, où une légère augmentation des fibres avait été notée avec le frass ; cette divergence suggère que l'effet sur la fibrosité dépend étroitement de l'espèce végétale et du stade de récolte. Pour l'amarante, nos données corroborent les conclusions de Mlakar *et al.* (2010), selon lesquelles une alimentation équilibrée en nutriments, telle que celle fournie par le frass, préserve la structure cellulaire et retarde la sénescence des tissus. Dans le contexte de Kinshasa, où la tendreté est un critère de choix primordial, ce résultat place le frass comme un intrant de premier plan pour améliorer à la fois le rendement et la qualité marchande.

Cendres et humidité

La teneur en cendres, indicateur de la richesse minérale totale, est restée stable autour de 0,80 % dans tous les traitements. Cela indique que la structure minérale de base de la plante n'est pas modifiée par le type de fertilisant. Ce constat est cohérent avec les travaux de Akin-Idowu *et al.* (2016), qui ont montré que la composition minérale globale de l'amarante est en grande partie régie par des caractéristiques génétiques, même si les apports exogènes peuvent en modifier la concentration.

Concernant le taux d'humidité, il varie de 82 % à 87 %, avec les valeurs les plus élevées chez les traitements organiques (T5 et T6). Cette tendance a déjà été rapportée par Meneguz *et al.* (2018) et Lomonaco *et al.* (2022), qui expliquent que les amendements organiques comme le frass améliorent la structure du sol et sa capacité de rétention d'eau, ce qui se répercute sur la turgescence et la teneur en eau des tissus végétaux. Vanlauwe *et al.* (2010) ajoutent que dans des sols à faible capacité de rétention, comme ceux de notre site expérimental, l'apport de matières organiques est le principal levier pour maintenir une hydratation optimale des cultures. Nos résultats confirment donc que le frass agit à la fois sur la nutrition de la plante et sur le fonctionnement hydrique du sol, deux paramètres liés à la fraîcheur et à la conservation des légumes.

Micronutriments

L'application du frass à 100 % a permis d'obtenir les teneurs les plus élevées en calcium (255 mg/100 g), en fer (1,86 mg/100 g) et en zinc (0,54 mg/100 g), dépassant systématiquement les valeurs obtenues avec l'urée et la fiente de poule. Cette biofortification naturelle s'explique par la composition même du frass : comme l'ont démontré Beesigamukama *et al.* (2020) et Barragán-Fonseca *et al.* (2022), ce produit restitue non seulement du carbone et de l'azote, mais aussi l'ensemble des macro et micro-éléments (calcium, magnésium, phosphore, fer) contenus dans le substrat initial transformé par les larves.

Dans le contexte des sols ferrallitiques de Kinshasa, souvent carencés en bases échangeables du fait de l'acidification, Kahindo *et al.* (2019) rappellent que tout apport riche en éléments minéraux joue un rôle de tamponnement et de recharge. Le frass répond parfaitement à cette attente, comme l'avaient déjà observé Palm *et al.* (2001) en classant les matières organiques selon leur capacité à restaurer la fertilité chimique des sols tropicaux.

En revanche, la teneur en vitamine A (β -carotène) est restée stable ou n'a que très légèrement augmenté, même avec T6. Cela corrobore les conclusions de Sarker et Oba (2019), selon lesquelles la biosynthèse des caroténoïdes dépend avant tout de facteurs génétiques et lumineux, plus que

de la fertilisation directe. La légère hausse constatée chez T6 rejoint cependant l'hypothèse d'une synergie indirecte : une nutrition azotée optimale favorise le développement du tissu photosynthétique, et donc la synthèse des pigments associés. Sur la vitamine C, nos résultats sont conformes à ceux de Sarker *et al.* (2018), qui rapportent une grande stabilité de ce composé chez l'amarante, indépendamment de la source d'azote, tant que les besoins de base sont satisfaits.

Implications nutritionnelles

L'utilisation du frass de mouche soldat noire s'inscrit dans une double logique : agriculture régénérative et économie circulaire. Dans une ville comme Kinshasa, où la malnutrition protéino-énergétique et les carences en fer et en calcium sont très répandues (UNICEF, 2020), transformer des biodéchets urbains en un fertilisant capable de produire des légumes plus denses en nutriments constitue une innovation majeure.

Ces résultats valident pleinement le frass comme un outil au service de la santé publique, comme le soulignaient déjà la FAO (2021) et Barragán-Fonseca *et al.* (2024) dans leurs analyses sur le rôle des intrants organiques durables pour la sécurité alimentaire. Comparativement à l'urée, dont l'usage excessif peut conduire à une « dilution » des nutriments dans la biomasse (Sarker *et al.*, 2018), ou à la fiente de poule, dont la disponibilité et la qualité sont variables, le frass présente une régularité et une efficacité qui en font une alternative crédible.

Enfin, nos observations confirment celles de Tanga *et al.* (2022) : l'adoption de ce type de fertilisant réduit la dépendance aux engrais importés, limite les risques environnementaux liés au lessivage des nitrates (Chivenge *et al.*, 2011) et améliore directement la qualité sanitaire des aliments produits localement. C'est pourquoi le frass apparaît non seulement comme un intrant de productivité, mais comme un levier stratégique pour répondre aux défis nutritionnels spécifiques des milieux urbains d'Afrique subsaharienne.

Conclusion et Recommandations

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer l'impact de différentes stratégies de fertilisation sur la qualité bromatologique de l'amarante (*Amaranthus spp.*) dans les conditions pédoclimatiques de Kinshasa. Les résultats obtenus démontrent que le choix du fertilisant est un levier majeur non seulement pour la productivité, mais surtout pour l'importance nutritionnelle du légume.

L'étude démontre que l'application de 100% de frass de mouche soldat noire (31 gr/pied, soit 3,4 t/ha) est la stratégie d'amendement la plus

efficace pour la culture d'amarante à Kinshasa. Elle semble surpassée systématiquement l'engrais chimique (urée) et la fiente de poule sur presque tous les paramètres nutritionnels.

Il apparaît que le traitement T6 a semblé optimiser la qualité biochimique de la plante de plusieurs manières notamment :

- Protéines : Il permet d'atteindre un taux de taux maximal de 5,11%, contre seulement 4,60% pour l'urée et 4,54% pour le témoin sans engrais.
- Biofortification minérale : Le frass enrichit naturellement les cultures maraîchères notamment celle de l'amarante en fer (1,86 mg/100gr) et en zinc (0,54 mg/100gr) approximativement, des valeurs supérieures à celles obtenues avec les autres fertilisants.
- Calcium : La discussion souligne une amélioration significative de la teneur en calcium, atteignant 255 mg/100gr.

Contrairement à certaines idées reçues, une forte fertilisation organique n'augmente pas fibrosité. Au contraire, le traitement au frass (T6) présente le taux de fibres le plus bas (1,76%), garantissant la tendreté des feuilles, un critère essentiel pour les consommateurs kinois.

La Conclusion souligne en effet que le frass n'est pas seulement intrant de productivité, mais se présente aussi comme l'un de levier de santé publique. En transformant les biodéchets urbains en un engrais performant, cette méthode offre une solution durable pour lutter contre les carences en fer (anémie) et la malnutrition protéino-énergétique en République Démocratique du Congo.

Recommandations

Sur la base de ces résultats, les recommandations suivantes sont formulées :

1. Aux maraîchers de Kinshasa : Adopter l'utilisation du frass de mouche soldat noire à une dose de 3,4 t/ha (correspondant au traitement T6) pour optimiser la valeur marchande et nutritionnelle de l'amarante.
2. Aux décideurs et services de vulgarisation (SNV) : Promouvoir la production locale de frass à partir de biodéchets pour réduire la dépendance aux engrais chimiques importés et lutter contre les carences en fer (anémie) au sein des populations urbaines.
3. À la communauté scientifique : Poursuivre les recherches sur l'effet résiduel du frass lors des cycles de culture successifs et évaluer son impact sur d'autres métabolites secondaires tels que les vitamines ou les antioxydants.

Remerciements

Les auteurs expriment leur sincère gratitude envers l’Institut National d’Étude et de la Recherche Agronomiques (INERA) pour son accompagnement dans la mise en œuvre de cette étude. Ils remercient également l’ensemble des personnels et partenaires ayant contribué au suivi des essais et aux analyses.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Achigan-Dako, E. G., Sogbohossou, O. E. D., & Maundu, P. (2014). Current knowledge on *Amaranthus* spp.: Research priorities for Sub-Saharan Africa. *South African Journal of Botany*, 92, 2–13.
2. Akin-Idowu, P. E., Odunola, O. A., Gbadegesin, M. A., Oke, A., & Orkpeh, U. (2016). Assessment of the nutritional quality of some *Amaranthus* species. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1), 160–172.
3. Barragán-Fonseca, K. B., Nurfikari, A., van de Zande, E. M., Wantulla, M., van Loon, J. J. A., Dicke, M., & Cascone, P. (2022). Insect frass: A new frontier for sustainable agriculture. *Current Opinion in Insect Science*, 54, Article 100971.
4. Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N. K., Musyoka, M. W., Fiaboe, K. K. M., Nakimbugwe, D., Khamis, F. M., Subramanian, S., Mugendi, D. N., Ekesi, S., & Tanga, C. M. (2020). Low-cost technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, Article 574592.
5. Chepkorir, A., Tanga, C. M., Beesigamukama, D., Imathiu, S., & Niassy, S. (2024). Insect frass as a regenerative biofertilizer for improved crop growth and soil health. *Frontiers in Plant Science*, 15, Article 1365482.
6. Chivenge, P., Vanlauwe, B., & Six, J. (2011). Does the combined application of organic and mineral nutrient sources influence maize productivity? A meta-analysis. *Plant and Soil*, 342(1–2), 1–30.
7. FAO. (2021). *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : Vers une transformation des systèmes*

- agroalimentaires pour une sécurité nutritionnelle durable*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
8. Kahindo, J. M., Mugendi, D. N., & Mutuo, P. (2019). Soil fertility constraints in the Congo Basin and implications for sustainable agriculture. *African Journal of Agricultural Research*, 14(10), 582–593.
 9. Liu, C., Wang, C., & Yao, H. (2020). Comprehensive extraction of chitin from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) pupal exuviae. *International Journal of Biological Macromolecules*, 155, 1354–1361.
 10. Lomonaco, C., Lazzari, L., Maienza, A., Terzano, R., & Vagnoli, C. (2022). Frass from Black Soldier Fly larvae: A promising soil amendment for sustainable agriculture. *Applied Sciences*, 12(11), Article 5432.
 11. Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance and composition of *Hermetia illucens* larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(1), 23–31.
 12. Mlakar, S. G., Turinek, M., Jakop, M., Bavec, M., & Bavec, F. (2010). Nutrition value and use of grain amaranth: Potential for future. *Agricultura*, 7, 43–53.
 13. Ojeniyi, S. O. (2000). Effect of goat manure on leaf nutrients content and yield of *Amaranthus*. *Applied Tropical Agriculture*, 5, 20–23.
 14. 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 quality index. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1–2), 27–42.
 15. Romano, N., Fischer, H., Kumar, V., Francis, S., & Sinha, A. K. (2023). Partially replacing synthetic fertilizers with Black Soldier Fly frass enhances soil fertility and reduces nutrient losses. *Tropical Agriculture*, 100(2), 215–226.
 16. Sarker, U., & Oba, S. (2019). Antioxidant constituents of three selected red and green *Amaranthus* leafy vegetable. *Scientific Reports*, 9(1), Article 18203.
 17. Sarker, U., Oba, S., & Daramy, M. A. (2018). Augmentation of nutrients and colorants in *Amaranthus tricolor* by leaf consumption stages. *Scientific Reports*, 8(1), Article 17949.
 18. Tanga, C. M., Beesigamukama, D., Lundy, M. G., Niassy, S., Kassie, M., Omuse, E. R., & Ekesi, S. (2022). Performance of Black Soldier Fly frass fertiliser: Impacts on crop yield and soil health. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(2), 185–196.

19. UNICEF. (2020). *Situation nutritionnelle des enfants en République Démocratique du Congo : Rapport d'analyse sur les carences en micronutriments*. Fonds des Nations Unies pour l'enfance.
20. Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K. E., Merckx, R., Mkwunye, U., & Sanginga, N. (2010). Integrated soil fertility management: Operationalizing the concept in African agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 148(3), 225–238. <https://doi.org/10.1017/S0021859609990933>