

**OPEN ACCESS**
Revue Congolaise des Sciences & Technologies

ISSN: 2959-202X (Online); 2960-2629 (Print)

<https://www.csnrdc.net/>REVUE
CONGOLAISE
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES**Valorisation de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) en aquaculture : analyse nutritionnelle et substitution de la farine de poisson chez *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), étude bibliographique****[Valorization of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in aquaculture: nutritional analysis and fish meal substitution in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) review]****Pascal Kokota Kongbo^{1*}, Gaëtan Bolokango Kalala¹, Martin Matsanga Solo¹, Albert Ntumba Tshinyama¹, Patrick Kinkela Mafwila¹ & Freddy Onawoma Okitayela¹**¹ Production animale, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Kinshasa, Kinshasa, République Démocratique du Congo.**Résumé**

La présente synthèse bibliographique analyse l'opportunité d'intégrer les larves d' *Hermetia illucens* dans la ration du silure africain (*Clarias gariepinus*) en vue de substituer la farine de poisson. A l'issue de la recherche, nos analyses approuvent la richesse nutritionnelle de cet insecte, qui affiche des taux de protéines et de matières grasses s'élevant respectivement à 37,75 % et 32,61 %. Le profil comparé en acides aminés essentiels montre que la larve contient l'ensemble des nutriments nécessaires, si bien que les teneurs en lysine (2,18 %) et en méthionine (0,66 %) restent inférieures à celles de la farine de poisson (4,89 % et 1,77 %) ou du tourteau de soja (3,02 % et 1,84 %). Il est constaté que la composition nutritionnelle varie avec la nature du substrat, et ce, de manière proportionnelle aux larves élevées. En terme du taux de remplacement à la farine de poisson, les données convergent vers un taux d'incorporation optimal de 50 % chez les juvéniles de *C. gariepinus*. Au-delà de l'aspect nutritif, la larve est importante pour ses valeurs écologiques, notamment sa capacité à transformer les biodéchets en protéine et en digestat. Au regard des défis environnementaux que fait face la République Démocratique du Congo, il est opportun que l'exploitation de cette ressource puisse apporter des solutions à l'insalubrité et au développement de l'agriculture durable. Voilà pourquoi, il serait recommandé d'approfondir les recherches locales sur cette espèce afin d'orienter les décideurs politiques à opter pour cette solution à double enjeux socio-économiques.

Mots-clés : *Clarias gariepinus*, mouche soldat noire, substitution, nutrition, aquaculture, République Démocratique du Congo.**Abstract**

This bibliographic review analyzes the advisability of incorporating *Hermetia illucens* larvae into the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*) as a substitute for fish meal. Our research confirms the nutritional value of this insect, which has protein and fat content levels of 37.75% and 32.61% respectively. A comparison of essential amino acid profiles shows that the larvae contain all the necessary nutrients, although the lysine (2.18%) and methionine (0.66%) content is lower than that of fishmeal (4.89% and 1.77%) or soybean meal (3.02% and 1.84%). It has been observed that nutritional composition varies depending on the nature of the substrate, in proportion to the larvae raised. In terms of fish meal replacement rate, the data converge toward an optimal incorporation rate of 50% in juvenile *C. gariepinus*. Beyond its nutritional value, the larva is important for its ecological benefits, particularly its ability to convert biowaste into protein and frass. Given the environmental challenges facing the Democratic Republic of Congo, it is appropriate that the exploitation of this resource could provide solutions to unsanitary conditions and the development of sustainable agriculture. That is why it would be advisable to conduct further local research on this species in order to guide policy makers towards this solution, which addresses two socio-economic issues.

Keywords: *Clarias gariepinus*, black soldier fly, substitution, nutrition, aquaculture, Democratic Republic of Congo.

*Auteur correspondant: Pascal Kokota Kongbo, (pkokota27@gmail.com). Tél. : (+243) 0816109709

 <https://orcid.org/0009-0006-3126-3366>; Reçu le 20/01/2026; Révisé le 13/02/2026 ; Accepté le 07/03/2026

DOI: <https://doi.org/10.59228/rcst.026.v5.i1.242>

Copyright: ©2026 Kongbo et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-NC-SA 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

Dans l'aquaculture industrielle, la farine de poisson demeure l'ingrédient protéique prédominant pour la formulation des aliments (Hua, 2020 ; Teye-Gaga et al., 2024). Cette dépendance s'explique par l'adéquation entre la composition en acides aminés de cette farine et les besoins biologiques des poissons d'élevage (Makkar et al., 2014). Contrairement aux sources végétales, elle se distingue par une excellente digestibilité (91%) et un apport en acides gras polyinsaturés, notamment l'EPA et le DHA, important pour le développement immunitaire et cérébral des poissons (Kaneko et al., 2021 ; Teye-Gaga et al., 2024).

En 2020, la production en farine de poisson a atteint 16 millions de tonnes. Sur l'ensemble de la farine de poisson produite en 2020, l'aquaculture en a absorbé la part prépondérante avec un taux d'utilisation de 86 %, contre les secteurs de l'élevage tels que de porcs et de volailles qui n'ont utilisé plus que 9 % et 1 % respectivement. En Afrique, elle est estimée à 2,322 Mt (soit 2,6 % de la production mondiale. La RDC quant à elle produit 5200 t, soit 0,2 % de la production aquacole Africaine dont l'Égypte prime avec une production estimée à 1. 576.190 (2021) (FAO, 2022). Dans le Pool Malebo par exemple, il s'observe une pression anthropique sans précédent se traduisant par une régression des zones humides (Muyaya et al., 2017) et une surexploitation des stocks halieutiques caractérisée par l'usage massif d'engins prohibés et la capture d'espèces de taille n'ayant pas atteint leur maturité sexuelle (Lusasi et al., 2022 ; Tembeni et al., 2014). Cependant, pour des besoins de consommation humaine, la surexploitation des poissons sauvages ont entraîné une diminution des stocks naturels. En conséquence, la rareté a quant à elle, entraîné une montée de prix pour l'industrie de l'alimentation animale (Trintignac & Metivier, 2019 ; Kaneko et al., 2021 ; Teye-Gaga et al., 2024).

De fois, l'utilisation de poissons pour nourrir d'autres poissons est perçue comme une concurrence alimentaire entre l'homme et l'animal. Parallèlement, nos sociétés font face à une accumulation massive de biodéchets non valorisés (Adeleke et al., 2021 ; Ogello et al., 2021). L'espèce *H. illucens* présente des aptitudes remarquables pour convertir la biomasse résiduelle en protéines animales de qualité supérieure (Makkar et al., 2014).

Cependant, l'incorporation de la larve de mouche soldat noire (LMSN) dans l'alimentation aquacole n'est

pas une simple question de substitution de masse. La qualité nutritionnelle de l'insecte fluctue considérablement selon le substrat sur lequel il est élevé (Nogales et al., 2018). Bien que riche en protéines, la LMSN présente des limites intrinsèques, notamment des carences en acides aminés soufrés et en certains acides gras essentiels (Nogales op cit). Le stade de récolte est également crucial : au-delà de deux semaines, l'accumulation de chitine peut entraver l'action des enzymes digestives et réduire l'assimilation des nutriments (Li et al., 2017 ; Nogales op cit). Du point de vue étiologique, des problématiques d'appétence peuvent surgir. L'odeur par exemple des larves peut parfois provoquer une sensation étrange, voire un rejet total de l'aliment par les poissons.

Pour certains auteurs, la substitution ne devrait pas simplement être question de remplacement hasardeux, mais devra garantir la couverture des besoins métaboliques des poissons. Voilà pourquoi, certains taux d'incorporation pouvaient même altérer la structure histologique de l'intestin (Li et al., 2017), modifier les paramètres hématologiques (globules rouges, hémoglobine) et induire un stress oxydatif (Ogunji et Awoke, 2017 ; Fawole et al., 2020 ; Tychiev et Khujamov, 2025). Pour une bonne valorisation, elle doit également prouver sa rentabilité économique et son acceptabilité par le consommateur final (Kyule et al., 2021 ; Mube et al., 2025).

En effet, nombre d'études qui abordent cette thématique montrent qu'une substitution partielle à l'ordre de 50 % de la farine de poisson (FM) par la farine de larve de la mouche soldat noire (FLMSN) semble optimale pour les juvéniles de *C. gariepinus* (Makkar et al., 2014). Tychiev et Khujamov (2025) rapportent qu'à ce taux, le poids final est significativement supérieur au témoin (114g contre 95g). De même, Mube et al. (2025) confirment qu'une substitution de 75 à 100 % avec des larves ébouillonnées offre des performances zootechniques égales avec les régimes conventionnels. En étang de terre, Kyule et al. (2021) indiquent que des niveaux de 33 % maintiennent une bonne croissance. Pour Hua et al. (2020), si les poissons tolèrent bien des niveaux modérés, les performances chutent souvent au-delà d'un certain seuil à cause des exigences particulières des espèces de poissons.

2. Matériel et méthodes

2.1. Méthodologie

Les moteurs de recherche tels que Science Direct, Web of Science, Scopus et Google Scholar ont servi en

février 2025 de cadre de recherche pour constituer une revue non exhaustive de la littérature pertinente disponible en ligne. Des noms scientifiques et concepts clés comme *Hermetia illucens*, *Clarias gariepinus*, *substitution*, *BSF* et *fishmeal* ont été utilisés pour identifier les travaux existants. Les critères de sélection ont été portés seulement sur les travaux qui abordent la question de substitution de la farine de poisson par la farine de larve de mouche soldat noire dans l'alimentation de *Clarias gariepinus* parus entre 2020 et 2025. Par conséquent, toute littérature traitant de l'aviculture ou d'autres espèces aquacoles ont été exclues. Les informations extraites des publications sélectionnées ont été compilées et présentées sous forme de figures et de tableaux à l'aide du logiciel Excel 2013.

2.2. Etat des lieux des élevages domestiques

Les exploitations agricoles font face à un défi majeur en ce qui concerne l'alimentation animale. En effet, les sources de protéines traditionnelles telles que le poisson, le soja et la viande, qui peuvent représenter jusqu'à 60 à 70 % du coût des rations, sont souvent onéreuses (Trintignac & Metivier, 2019 ; Makkar et al., 2014). Dans le passé, on a observé une rareté de la farine de poisson, ce qui a par ailleurs, induit implicitement le prix de l'huile de poisson à presque 600 % de son prix habituel (Rutaisire, 2007 ; Kaneko et al., 2021 ; Teye-Gaga et al., 2024). Cette tendance confirme la rareté des ressources halieutiques face aux besoins croissants de l'aquaculture mondiale. Par ailleurs, le marché Kinois reflète cette contrainte économique susmentionnée. En effet, malgré un indice de conversion alimentaire de 1,3 à 1,6, le poisson-chat local se vend à 6 dollars par kilogramme, tandis que le même poisson importé coûte 3,5 dollars le kilogramme (Smil, 2002). Cette réalité pousse le secteur à explorer des solutions innovantes, à l'instar de la mouche soldat noire, pour ne pas dépendre de ces sources conventionnelles. Dans le même ordre d'idée, Dzepe et al. (2020) prônent l'inclusion de la LMSN pour la bioconversion des déchets. Cependant, le succès de cette transition repose sur la capacité à produire ces insectes à une échelle industrielle pour stabiliser l'offre.

2.2.1. Utilisation des insectes

L'utilisation des insectes en élevage n'est pas une innovation artificielle, mais un retour aux sources biologiques. Evidemment, l'on peut bien constater que, naturellement, les insectes font partis des sources préférées de nombreux poissons et volailles (Makkar et

al., 2014 ; Oonicx et al., 2019 ; Kaneko et al., 2021 ; Teye-Gaga et al., 2024). Ce constat, est fait par exemple, pour les espèces élevées en liberté, ou, lorsqu'elle marche, glane le sol pour rechercher les vers de terre, les asticots et tout autre insecte dans les premiers centimètres du sol (Teye-Gaga et al., 2024). Ce comportement naturaliste démontre combien de fois le système digestif de certaines espèces entre autre *C. gariepinus* serait adapté aux protéines d'insectes (Ken et al., 2014).

Puisse que la farine de poisson coûte cher de suite à la surpêche, le soja l'est également à cause de la déforestation pour sa culture ainsi que la farine de viande, il est envisageable de transiter vers les espèces telles que la mouche soldat noire, les asticots de mouche domestique, les vers à soie, le cafard, les vers de farine et tant d'autres sources alternatives. Sans exception des sauterelles et les termites qui sont souvent très riches en protéines, mais saisonniers (Bracher, 2019).

2.2.2. Questions liées à l'utilisation des insectes dans l'alimentation animale

L'importance des insectes dans l'alimentation animale soulève des questions d'innocuité pour les consommateurs. Les plus préoccupants sont : la réglementation, la normalisation, la sécurité du produit, les types de substrats autorisés, et les contaminants (Klunder et al., 2012 ; EFSA, 2015). C'est sur ces questions que porte cette partie, afin de permettre une meilleure compréhension des mesures coercitives et autres dispositions mises en œuvre dans les pays adoptant cette technologie.

2.2.3. Cadre réglementaire et leçons du passé (UE, USA et Afrique)

Le règlement 2017/893 de 2017 encadre la production et l'utilisation des insectes dans l'espace européen. En effet, ayant tiré des leçons du passé sur le phénomène de la crise de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB, vache folle), l'Union Européenne en a profité pour adopter une approche du chat échauder qui craint l'eau froide.

Avant l'année 2017, la réglementation en vigueur autorisait l'utilisation des LMSN et du ténébrion meunier comme aliment transformé pour les poissons. Par la suite, en 2021, une réévaluation de la réglementation a conduit à élargir l'utilisation de ces mêmes produits chez les volailles et les porcs. Pour éviter la transmission des certaines viroses porcines, il

a été proscrit d'utiliser le lisier de porc comme substrat pour éviter la transmission de la peste porcine africaine.

Pour les substrats, l'UE autorise seulement les coproduits de l'agro-industrie (drêches, sons de céréales, invendus agricoles, produits laitiers, œufs). Ces restrictions limitent l'utilisation des larves pour boucler les cycles de nutriments, mais éliminent les probables contaminations par des prions (Régulation (EU) 2015/2283 (FAO, 2014 ; Laurenza & Carreño 2015)).

Aux États-Unis, l'association des officiers américains de contrôle des aliments pour bétails (AAFCO) a également autorisé l'utilisation des larves séchées d'*H. illucens* pour les salmonidés, mais exige que les larves soient élevées sur un substrat composé exclusivement de résidus alimentaires dont la composition chimique est connue d'avance. En marge de cela, il se pose des questions sur l'avantage environnemental lié au recyclage des déchets (Klonick, 2017).

En Afrique du Sud, pour s'assurer de l'innocuité et l'acceptabilité, il a été créé tout récemment en 2024 une politique pour l'utilisation sûre et réglementée des insectes dans l'alimentation du bétail. Cette note d'orientation explore les nombreux avantages et recommandations politiques liés à l'utilisation d'insectes utilisés pour alimenter les bétails (Kayleigh & Manda, 2024). De toutes ces réglementations, il est évident de se poser plus la question de réglementation stricte sur les substrats (UE/USA), moins avantageuse du point de vue environnemental, qui d'ailleurs, fait l'objet d'exploitation de la mouche soldat noire.

À Kinshasa par exemple, l'insalubrité n'est plus seulement un problème de propreté publique, c'est un gisement de protéines inexploité. L'élevage de la mouche soldat noire, soutenu par une législation adaptée, permettrait de transformer plus de 6000 tonnes de déchets organiques quotidiens en une ressource stratégique pour nourrir *Clarias gariepinus* à un coût défiant toute concurrence, tout en assainissant durablement l'environnement urbain.

2.2.4. Sécurité sanitaire : Risques microbiennes et contaminants

Au-delà du substrat, le risque sanitaire est lié à la nature même des insectes détritovores. Il est admis que les insectes vivants en général peuvent être un réservoir d'entérobactéries, notamment *Clostridium botulinum*. Cependant, la réduction en poudre des insectes, associée à des traitements thermiques (séchage, chauffage, pasteurisation) ou aux UV/micro-ondes, permet de réduire considérablement le risque de

contamination microbienne par rapport aux insectes entiers non transformés (Liu et al., 2008 ; Makkar et al., 2014). Cette observation est fondamentale pour la filière en RDC. La farine d'insecte est donc intrinsèquement plus sûre que l'insecte frais, ce qui impose une standardisation des procédés de transformation pour garantir la sécurité sanitaire.

En ce qui concerne la MSN, espèce dans cette étude, la littérature montre que c'est une espèce d'insecte inoffensive et alors très bénéfique pour l'élevage. Contrairement à d'autres mouches, elle ne pique pas, ne transmet pas de maladie, et n'est pas envahissante ni nuisible pour l'homme ou les cultures. De plus, ses larves possèdent un profil biologique avantageux : elles sont riches en acide laurique, connu pour son effet antimicrobien contre les pathogènes intestinaux. Elles ont également la capacité de réduire les agents pathogènes (*Escherichia coli* et *Salmonella spp*) dans les substrats, limitant ainsi la prolifération des mouches domestiques. Bien que les LMSN soient inoffensives, le risque de contamination mécanique par les substrats est évident. Il est donc crucial de les échauder et de les sécher avant de nourrir les animaux afin de garantir la sécurité sanitaire (Erickson et al., 2004 ; Sheppard et al., 2008 ; Liu et al., 2008 ; Nyangena et al., 2020).

La sécurité sanitaire des insectes dépend étroitement de l'espèce et du contaminant concerné. Chez la larve de mouche soldat noire par exemple, l'innocuité aux contaminants est approuvée, car elle n'accumule pas la majorité des pesticides, produits pharmaceutiques et les mycotoxines, contrairement au *Tenebrio molitor* qu'il faut une vigilance, car il peut concentrer le cadmium présent dans son substrat (Lalander et al., 2016 ; Van et Ode, 2017 ; Purschke et al., 2017 ; Diener et al., 2019). Les résultats des auteurs suggèrent que la LMSN est résistante aux polluants organiques, mais les recherches scientifiques locales peuvent aider les politiques publiques à s'appuyer sur des travaux vérifiables pour légiférer, orienter et mieux encadrer les producteurs à choisir des substrats approuvés pour éviter toute contamination chimique de la chaîne trophique pour une ville comme Kinshasa.

2.2.5. Normalisation et obstacles à l'acceptation

La réglementation alimentaire est un facteur clé de la sécurité, mais aussi de la perception et de la commercialisation. L'Europe a créé un précédent fort via les autorisations de Novel Food, faisant passer les insectes du statut d'objet non identifié à celui de produit alimentaire légalement autorisé. Pour un pays comme la RDC, l'attente d'un consensus mondial ralentit la

structuration d'une filière qui pourrait pourtant résoudre la crise de l'insalubrité, l'insécurité alimentaire à Kinshasa et le coût élevé du poisson.

Malgré ces avancées, la perception juridique des insectes comme de simples contaminants et non comme des aliments à part entière reste un obstacle. Tant que le Codex Alimentarius n'aura pas officiellement ajouté les insectes à sa liste d'aliments, la normalisation mondiale sera ralentie. Les discussions et autorisations (notamment pour les graisses d'insectes et les protéines hydrolysées) progressent, mais la pleine acceptation juridique prend du temps (Van et al., 2013).

L'acceptabilité sociale en RDC bénéficie d'un contexte culturel favorable à l'entomophagie. Contrairement aux marchés occidentaux, le congolais se familiariserait déjà mieux aux protéines d'insectes. Le défi ne réside pas dans l'insecte lui-même, mais dans la garantie de l'innocuité sanitaire et dans la compétitivité du prix final sur les marchés de Kinshasa (Monzenga, 2015).

2.2.6. *Activité enzymatique et digestion de la chitine chez les poissons carnivores*

L'utilisation des LMSN en aquaculture se heurte à la présence de chitine dans leur exosquelette (Trintignac & Metivier, 2019). Bien que riche en azote, ce polymère complexe agit comme une barrière structurelle difficile à dégrader par de nombreuses espèces de poissons. Chez le saumon, malgré une activité enzymatique mesurable, la chitine reste très peu digérée, pour ainsi limiter de manière directe les performances de croissance.

La chitine ne se contente pas d'être indigeste, elle perturbe l'ensemble du processus de digestion. Elle agit comme une barrière physique qui réduit l'accès des enzymes protéolytiques (comme la pepsine ou la trypsine) aux protéines de la ration. L'étude de Kousoulaki et al. (2022) démontre qu'un régime à base d'insectes fait chuter le coefficient de digestibilité apparente (CDA) des protéines de 91,7 % à 86,6 %.

Pour optimiser l'élevage du poisson-chat africain, il est important d'utiliser des taux d'inclusion trop élevés (approchant les 60 %) qui ont contribué à une baisse marquée de la digestibilité des acides aminés essentiels. Privilégier des larves plus jeunes pour éviter de dépasser les capacités d'hydrolyse enzymatique du poisson (Makkar et al., 2014). Il est cependant intéressant de mener des études sur l'interaction entre

le mode du dégraissage de la farine et la concentration de la chitine.

2.2.7. *Substrats locaux utilisés pour la production de la mouche soldat noire*

La valorisation des ressources non conventionnelles en milieu tropical repose sur l'intégration stratégique des drêches de brasserie, riches en protéines et fibres (Eliopoulos et al., 2022), de sous-produits agricoles tels que les pulpes de fruits et les pelures de bananes (Voisin et al., 2013), de micro-algues à haute valeur biologique comme la spiruline (Saadaoui et al., 2021), ainsi que des fanes de légumineuses (Adu-Gyamfi et al., 2007), dont l'usage conjoint permet de réduire les coûts alimentaires, de limiter le gaspillage et de renforcer la durabilité des systèmes d'élevage au sein d'une économie circulaire performante (Makkar et al., 2014 ; Trintignac & Metivier, 2019).

Kinshasa, avec ses grandes unités brassicoles (Bralima et Bracongo), produisent environ 200 à 250 tonnes de drêches quotidiennement. Contrairement aux déchets de marchés, les drêches sont disponibles toute l'année et coûtent 0,06\$/kg chez les détaillants mais de fois gratuit à l'usine. Leur richesse en protéines en fait un substrat de choix pour les larves de MSN ou un complément direct pour le *Clarias*. Leur forte teneur en eau (environ 80 %) dépasse la plage de 60 à 70% d'humidité acceptable pour l'élevage de LMSN. Pour réussir une économie circulaire performante à Kinshasa, la stratégie la plus viable consiste à mélanger dans des meilleures proportions les drêches de brasserie avec les déchets de fruits des marchés. Ce mélange permet de compenser les carences de chaque déchet et de résorber l'eau de la drêche.

3. Résultats

3.1. Valeur nutritionnelle

3.1.1. Valeur nutritionnelle des substrats et larves de mouche soldat noire

Les substrats locaux très souvent utilisés pour la production ont été largement documentés dans la littérature. Les résultats des analyses nutritionnelles telles que démontrés par les auteurs montrent que la teneur en protéines brutes (PB) et en matières grasses (MG) des larves de MSN varie significativement en fonction de ces différents substrats (Barragan et al., 2017, Nairuti et al., 2022).

Au regard de l'analyse de cette figure, les auteurs révèlent qu'il existe une grande variabilité

nutritionnelle des larves de MSN selon les substrats utilisés pour la production.

Concernant les protéines brutes, les teneurs oscillent considérablement : elles sont minimales avec les déchets de restaurant (17,5 %) et atteignent un pic de 62,7 % avec le foie. Les déchets ménagers se situent dans une fourchette intermédiaire basse (32,5 à 33,8 %). En moyenne, malgré cette hétérogénéité, la teneur protéique globale avoisine les 42 %.

Pour la matière grasse, on observe une tendance inverse sur certains substrats. L'aliment pour poulet, bien que riche en protéines, induit la concentration en matière grasse la plus faible (14,6 %). À l'inverse, les déchets ménagers favorisent une forte accumulation de matière grasse, avec des valeurs comprises entre 38,1 % et 43,8 %. La moyenne en matière grasse globale sur l'ensemble des substrats étudiés tourne autour de 30 %.

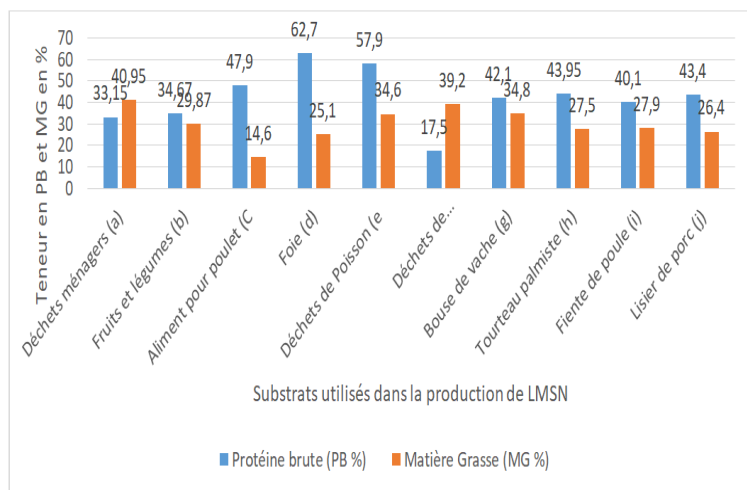


Figure 1. Valeur des substrats de production de larve de mouche soldat noire

Source : (a) Lingomo et al., 2025 ; (b) Nguyen et al., 2015, Cardinaletti et al., 2019 ; (c) Bosch et al., 2014; Oonincx et al., 2015 ; Trintignac & Metivier, 2019 ; (d) Nguyen et al., 2015 ; (e) Zheng et al., 2012 ; (f) Li et al., 2011 ; Trintignac & Metivier, 2019 ; (g) Rachmawati et al., 2010 ; Trintignac & Metivier, 2019 ; (h) Arango et al., 2005 ; (i) St-Hilaire et al., 2007; Li et al., 2011 ; (j) Trintignac & Metivier, 2019.

3.1.2. Composition proximale de larve de mouche soldat noire

La figure 2 ci-dessous montre la composition en macronutriments des larves de mouche soldat noire, qui se caractérise par leur forte teneur en protéines (37,75 %) et en matière grasse (32,61 %). En outre, les auteurs constatèrent que la composition de la matière sèche de l'échantillon étudié présente les éléments suivants : 8,65 % de cellulose brute, dont 15,99 % de fibre

détergent neutre (FDN) et 8,42 % fibre détergente acide (FDA) ; 10,73 % de cendres, 3,029 % de calcium ; 0,658 % de phosphore ; 0,699 % de potassium et 0,139 % de chlore.

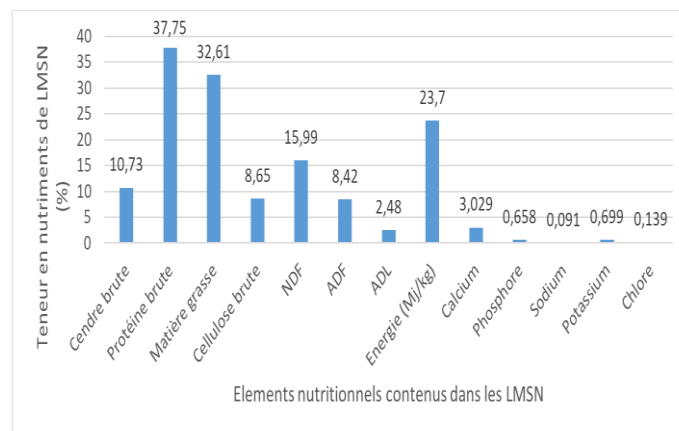
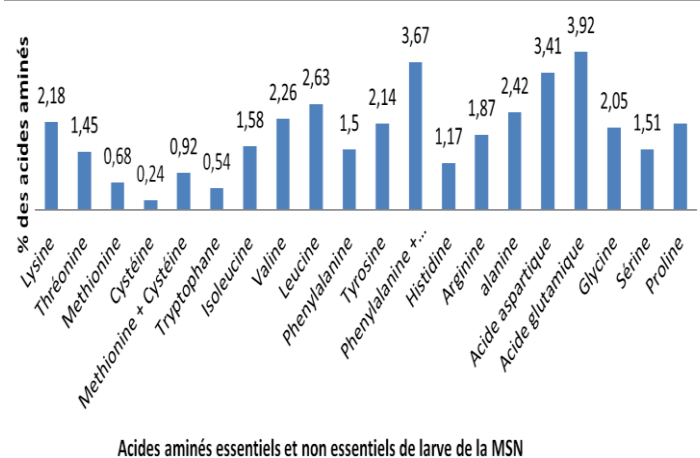


Figure 2. Composition en macronutriments de larve de la mouche soldat noire selon (INRAE, 2020 ; Banks et al., 2014 ; Teye-Gaga et al., 2024).

3.1.3. Présentation du profil en acide aminé de larve de mouche soldat noire

Le profil en acides aminés de larve de la MSN est très intéressant du point de vu de la représentation de tous les acides aminés essentiels, et limitant en bonne concentration.



Acides aminés essentiels et non essentiels de larve de la MSN

Figure 3. Profil en acide aminé de larve de MSN (INRAE, 2020 ; Banks et al., 2014 ; Teye-Gaga et al., 2024)

Profil comparé en acides aminés de larve de la mouche soldat noire, de la farine de poisson et du tourteau de soja.

La comparaison de trois sources de protéines montre que le profil d'acides aminés, tel qu'observé dans la figure 4 ci-dessous, révèle des différences et similitudes existantes entre la concentration entre la farine de larve de mouche soldat noire (FMSN), la farine de poissons type 65 et le tourteau de soja. La Farine de poissons type 65 se positionne comme la

source de protéines de référence, avec des fortes concentrations dans la majorité des acides aminés essentiels (4,89 % de Lysine, 1,77 % de la Méthionine et 4,67 % de la Leucine). Le tourteau de soja quant à lui, en dehors de sa plus forte concentration en Acide glutamique (8,68 %), montre cependant des teneurs très élevées en Acide aspartique (5,49 %), en Valine (2,63 %), et en Tyrosine + Phénylalanine (4,48 %), qui sont très proches des valeurs de la farine de poisson.

La Farine de MSN présente un profil bien représenté avec tous les acides aminés, quoique présentant moins de valeurs en Lysine (2,18 %) et en Thréonine (1,45 %) Méthionine (0,66 %) et Cystéine (0,24 %) Acide glutamique (3,41 %) par rapport aux deux précédentes sources. Cette infériorité observée en certains acides aminés soufrés peut s'avérer avoir un risque de recourir aux compléments pour formuler des régimes alimentaires isoprotéiques et isoénergétiques.

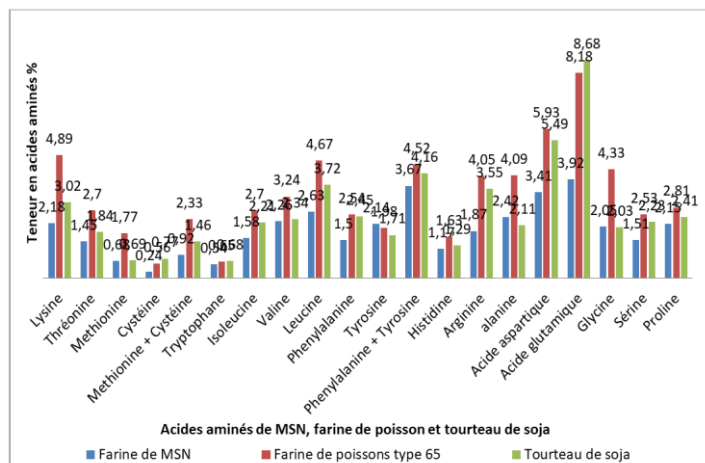


Figure 4. Profil en acide aminé de MSN, tourteau de soja et farine de poisson (INRAE, 2020 ; Banks et al., 2014 ; Teye-Gaga et al., 2024).

3.1.4. Substitution de la farine de poisson par la farine de larves de MSN en alimentation de *Clarias gariepinus* : État des lieux des études de 2020 à 2025

Tableau I. Synthèse des études sur la substitution de la farine de poisson par la farine de larves de mouche soldat noire chez *Clarias gariepinus* (2020-2025)

Année	Espèce testée	Paramètre testé	Durée de l'élevage	Taux de protéine brute (PB) des rations	Taux de substitution utilisés (%)	Meilleurs taux de substitution obtenus (%) Poids initial (PI) et poids final (PF) obtenus en (g)	Auteur(s)
2020	<i>C. gariepinus</i>	Performance de croissance et paramètres hématologiques	42 jours	42%	0 ; 25 ; 50 ; 75 et 100	0 ; 25 et 50 % (PI : 2,67g ; PF : 13,82 ; 10,54 et 11,37g)	Adeoye et al. (2020)
2020	<i>C. gariepinus</i>	Croissance, paramètres hématologiques	60 jours	42,06 %	0 ; 25 ; 50 et 75%	50 % PI (4,01g) ; PF (15,83g)	Fawole et al. (2020)
2021	<i>C. gariepinus</i>	Croissance (Poids Final)	109 jours	44,6%	0 ; 33 et 100%	0% et 33 % (PI de 5g et PF de 92,3 et 91.30g)	Kyule et al. (2021)
2023	<i>C. gariepinus</i>	Croissance, Indice Hépat-Somatique		-	0, 50, 75, 100	75 %	Okpoko et al., 2023
2024	<i>Heteroclarias</i>	Croissance, Efficacité	42 jours	40%	0 ; 25 ; 50 ; 75	0 ; 25 et 50% PI : 2g ; PF : 429g (0% ; 407g (25%) et 456g (50%))	Teye-Gaga et al. (2024)
2025	<i>C. gariepinus</i>	Composition Acides Gras	70 jours	40%	Sept régimes non détaillés	Meilleur résultat obtenu avec la farine de poisson PI : 8,46g ; PF : non fourni.	Adeparusi et Opeoluwa (2025)
2025	<i>C. gariepinus</i>	performances de croissance, propriétés chimiques et microbiennes	120 jours	40,76%	0 ; 50 ; 75% et 100%	0 ; 75 et 100% PF : 92,38 (0%) ; 79,29 (75%) et 74,67 (100%)	Mube et., 2025
2025	<i>C. gariepinus</i>	Performance de croissance et paramètres hématologiques	30 jours	24,85% et 25,665%	100% farine de poisson et 50% de LMSN	50% PI : 43g ; PF 114,30g	Kamoliddin & Shahboz (2025)

Légende : 0 % représente la farine de poisson. Les autres groupes 25, 50, 75 et 100 %, représentent des substitutions de FLMSN

L'analyse du tableau indique que les taux de substitution utilisés par les auteurs variaient de 25 % à 100 %. Les études ont convergé vers un taux de substitution optimal moyen de 50 %. Grâce à l'application de méthodes telles que la cuisson à l'eau bouillante (5 min), la torréfaction (100°C pendant 5 min) ou le grillage au sable (15 min), [Mube et al. \(2025\)](#) ont démontré qu'il est possible d'utiliser des taux d'incorporation élevés de farine de larves de mouche soldat noire (FLMSN). Ils ont atteint une biomasse finale de 74,46 g après 120 jours d'élevage avec des taux de 75 % et 100 %. Ces performances à haut taux d'incorporation se sont révélées nettement supérieures à celles obtenues avec des taux partiels plus faibles (25 % et 50 %), validant ainsi l'efficacité des prétraitements. De leur côté, [Kamoliddin & Shahboz \(2025\)](#) ont obtenu des résultats de croissance particulièrement rapides en utilisant un protocole de traitement combinant un lavage à l'eau chaude (100°C pendant 30 min) et un passage en tambour rotatif à haute température (100 à 130°C) pendant 1,5 heure. En seulement 30 jours, les sujets sont passés d'un poids initial de 43 g à un poids final de 114,30 g. Ces résultats confirment que le traitement thermique améliore la digestibilité de chitine souvent indigeste.

4. DISCUSSION

4.1. Profil nutritionnel des substrats et des larves

L'hétérogénéité de la composition proximale (cendres, matières grasses, protéines brutes) des déchets ménagers et des larves reflète l'instabilité du profil nutritionnel des déchets. Cette variabilité, où la composition des larves dépend de celle des déchets, peut influencer négativement la formulation de rations isoprotéiques, comme souligné par ([Gougbedji et al., 2022](#)). Pour ([Diener et al., 2019](#) et [Tendonkeng et al., 2017](#)), les larves de mouches soldats noires (LMSN) reflètent en partie la composition des substrats, avec une forte corrélation entre les protéines brutes du substrat et des larves. La composition en protéines et en graisses des LMSN est influencée par leur alimentation.

Cette même observation a été rapportée par ([Kroeckel et al., 2012](#)) stipulant que les effets ne sont pas toujours linéaires. Ces auteurs concluent que l'utilisation d'une plus grande quantité de protéines entraînait une augmentation de la teneur en protéines des LMSN, mais que le pourcentage de graisses dans le substrat ne pas corrélé au pourcentage de graisses dans les larves ([Kroeckel et al., 2012](#)).

4.2. Niveau d'inclusion de larve de la mouche soldat noire dans les régimes de poissons

L'analyse de la littérature scientifique concernant l'usage des larves de mouche soldat noire en remplacement de la farine de poisson chez le poisson-chat africain a été au centre des recherches ces dernières années. Les résultats obtenus par les auteurs varient en fonction du protocole, dont les uns choisissent des dosages tests, tandis que les autres se distinguent par le mode d'élevage.

La littérature actuelle, notamment les travaux de [Fawole et al. \(2020\)](#), démontrent qu'un remplacement progressif, pouvant atteindre 50 %, est assez bien tolérable sur une période de 60 jours. Au-delà de la simple survie, les données indiquent que ce changement de régime n'altère pas la croissance et améliore même la résistance au stress oxydatif tout en stabilisant les constantes hématologiques. Ces éléments valident la MSN comme une ressource protéique durable et biologiquement adaptée au métabolisme de *C. gariepinus*.

Un point de vue divergent apparaît toutefois lorsque l'on compare les milieux d'élevage. Si les expériences en environnement contrôlé montrent des taux de réussite élevés, l'étude de [Kyule et al. \(2021\)](#) menée en étangs de terre montre une réalité tout autre. Le poids optimal des poissons y a été atteint avec un taux d'inclusion de seulement 33 %. Cette observation suggère que les conditions de vie plus naturelles ou moins contrôlées de l'étang pourraient abaisser le seuil d'efficacité des protéines de LMSN, un paramètre que toute stratégie de formulation doit intégrer.

L'un des défis identifiés dans cette synthèse concerne l'acceptabilité de l'aliment. [Teye-Gaga et al. \(2024\)](#) soulignent que l'ingestion alimentaire a tendance à diminuer lorsque le taux de LMSN atteint 50%. Cela rappelle que la farine de poisson est une source privilégiée pour *Heteroclinus*. Il est alors important de veiller à des fortes doses, de peur que cela provoque l'inappétibilité, qui peut ainsi limiter le développement, même si la ration soit bien équilibrée sur papier.

Selon [Nogales-Mérida \(2018\)](#), la LMSN dispose d'un profil en acides aminés, particulièrement en méthionine très intéressant. De plus, les larves de douzième jour ont une faible teneur en chitine (environ 2 g/kg), ce qui agirait positivement sur la santé intestinale en stimulant les villosités.

Les méthodes consistant à tuer et sécher influencent directement la valeur nutritionnelle larvaire et permet de rapprocher la valeur protéique de farine de

poisson. Ainsi, le grillage avait permis à Mube et al. (2025) d'augmenter la teneur en protéines brutes, tandis que le l'ébouillantage a réduit les niveaux de graisse tout en augmentant la matière organique. En utilisant des taux élevés (75% à 100% de substitution), ils ont obtenu une croissance, un taux de conversion alimentaire et une survie statistiquement non significative au groupe témoin nourri à 100% de farine de poisson. De même, avec un échaudage à 100°C pendant 30 min et un chauffage à environ 100 à 130°C pendant 1,5 heure, Kamoliddin & Shahboz (2025) ont atteint un poids final significativement plus élevé (114,30) par rapport au groupe témoin (95,72) en seulement 30 jours d'expérience. Cette méthode a permis d'améliorer le gain de poids quotidien sans altérer les paramètres hématologiques ou la composition musculaire.

Bien que les études de Fawole et al. (2020) et Teye-Gaga et al. (2024) aillent démontrer des bons résultats, elles ont été limitées dans le temps. De plus, elles utilisent la farine de larves partiellement dégraissée, ce qui ne reflète pas nécessairement les capacités des petits producteurs qui utilisent des larves entières. Le système d'élevage en étang comme celui de Kyule et al. (2021) ou il y a forte probabilité d'une productivité primaire fluctuante, pourrait rendre les conclusions moins confiantes que les études en bacs contrôlés.

La FLMSN est souvent déficiente en acides gras polyinsaturés à longue chaîne par rapport à la FM. Aucune des études n'établit de proposition comme Goughedi et al (2022) l'avait proposé chez le tilapia en incorporant les restes de poisson, source d'Oméga-3 pour enrichir les substrats de larve en cette source en matière grasse polyinsaturé pour rapprocher le profil lipidique de la FM. Certaines études n'évaluent pas l'impact exact de la chitine sur la digestibilité de protéine. Mube et al. (2025) suggèrent qu'elle peut être un frein, tandis que Kamoliddin & Shahboz (2025) n'ont observé aucun impact négatif à 50%.

Toutes ces questions méritent de réponses par des recherches futures pour optimiser et standardiser l'utilisation de LMSN dans l'alimentation de *C. gariepinus*.

5. Conclusion

Cette analyse bibliographique démontre que la farine de mouche soldat noire représente une alternative nutritionnelle de premier plan pour nourrir

le poisson-chat (*Clarias gariepinus*). Au-delà de ses qualités biologiques, notamment sa richesse en acides aminés essentiels, cet insecte permet de transformer un problème environnemental en ressource protéinique. En effet, l'utilisation de biodéchets locaux tels que les résidus de brasseries, des marchés ou des ménages, pour nourrir les larves offre à la ville de Kinshasa une double opportunité, celle de réduire la pollution urbaine tout en produisant des protéines animales à faible coût.

Cette revue met en lumière l'influence des procédés de transformation sur la qualité de la farine de larves de mouche soldat noire (FLMSN). Il en ressort que des traitements thermiques spécifiques tels que l'ébouillantage (100°C pendant 30 min), le grillage (130°C pendant 1,5 h), la torréfaction (100°C pendant 5 min) ou le grillage au sable (15 min) permettent d'optimiser la composition proximale en réduisant les taux de lipides tout en concentrant la matière organique. Il est établi que le dégraissage des larves sous forme de tourteau, permet d'accroître le taux des nutriments et la digestibilité de larve. En l'absence de ce procédé, le taux de substitution de la FP par la FLMSN ne peut excéder 50 % dans le régime alimentaire de *C. gariepinus* à cause de la quantité énorme de matière grasse que contient la larve. Toutefois, les limites de la technologie MSN réside dans l'hétérogénéité des substrats de croissance, laquelle rend les caractéristiques nutritionnelles inconstantes. Pour pallier cette variabilité, une combinaison stratégique des substrats s'avère nécessaire afin de standardiser le profil nutritionnel final des larves. Enfin, la question de l'appétence reste un point important, car les propriétés organoleptiques des larves, notamment l'odeur, peuvent parfois induire un rejet de l'aliment par les poissons.

Les perspectives des recherches futures devront s'orienter sur la cartographie, l'identification des déchets disponibles à Kinshasa afin de proposer les meilleurs déchets ainsi que leurs proportions de mélange pour une production larvaire optimale. Etudier l'intégration de l'élevage de mouche soldat noire dans la politique publique visant la réduction, la réutilisation et le recyclage (3R) des déchets organiques produits quotidiennement dans les villes. Rechercher les meilleurs modes de dégraissage de la farine, le stade de récolte des larves et la concentration de chitine pour améliorer la digestibilité. Développer des travaux sur les risques de contamination (microbienne et chimique) pour aider les politiques publiques à légiférer et

encadrer la filière en République Démocratique du Congo. En fin, évaluer la capacité d'industrialisation de production pour stabiliser l'offre et garantir un prix compétitif.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Centre d'Étude Technique et d'Appui aux Initiatives Locales de Développement (CEATILD) et la Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement de l'Université de Kinshasa (Unikin).

Financement

Les auteurs ont eux-mêmes financé cet article scientifique.

Conflit d'Intérêt

Les auteurs affirment qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt.

Considérations Ethiques

Cette étude a été réalisée en suivant une conduite responsable qui respecte les principes et normes morales.

Contribution des Auteurs

P.K.K. a conçu et supervisé l'étude, rédigé le manuscrit principal et validé la version finale.

G.K.B. a orienté la thématique et supervisé l'étude.

M.S.M. a contribué à la rédaction du manuscrit et a participé à la mise en forme du document.

A.T.N. a contribué à la rédaction du manuscrit et a participé à la mise en forme du document.

P.M.K. a contribué à la rédaction et approbation de la version finale à soumettre.

F.O.O. a validé le document et approuvé la version finale à soumettre.

Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

Orcid des auteurs

Kongbo P.K. : <https://orcid.org/0009-0006-3126-3366>

Kalala G.B. : <https://orcid.org/0000-0001-9259-7170>

Solo M.M. : <https://orcid.org/0009-0000-1771-0998>

A.T. Ntumba: <https://orcid.org/0000-0002-8610-3331>

Mafwila P.K.: <https://Orcid.Org/0009-0005-8498-6632>

Okitayela F.O.: <https://orcid.org/0000-0002-2198-6740>

Références bibliographiques

- Adeleke, O. A., Akinlabi, S. A., Jen, T. C., & Dunmade, I. (2020). Prediction of municipal solid waste generation: An investigation of the effect of clustering techniques and parameters on ANFIS model performance. *Environmental Technology*.
- Adeoye, A. A., Akegbejo-Samsons, Y., Fawole, F. J., & Davies, S. J. (2020). Preliminary assessment of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*): Impact on growth, body index, and hematological parameters. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1–10. <https://doi.org/10.1111/jwas.12691>
- Adeparusi, O. E., & Opeoluwa, G. A. (2025). Effect of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal with citrus peels on growth performance and nutrient utilization of catfish. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 27(4), 27-37.
- Adu-Gyamfi, J. J., Myaka, F. A., Sakala, W. D., Odgaard, R., Vesterager, J. M., & Høgh-Jensen, H. (2007). Biological nitrogen fixation and nitrogen fertilizer self-sufficiency in legume-cereal cropping systems. *African Journal of Biotechnology*, 6(11).
- Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2005). Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57, 2491-2500.
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G. A. B., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*, 3(e29), 1-4. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.23>
- Bracher, A. (2019). Les insectes comme alternative aux protéines importées. *Recherche Agronomique Suisse*, 10(10), 360–371.
- Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Alloo, S. O., Magara, H. J., Ekesi, S., & Dicke, M. (2019). Effects of different waste streams on survival, development, and waste reduction efficiency of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *PeerJ*, 7, e7373.

- de Poissons Schilbeidae (Siluriformes) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D Congo.
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2019). Conversion of organic solid waste into feed for *Hermetia illucens* larvae: Influence of substrate composition on larval biomass and composition. *Journal of Insect Science*, 9(1), 10.
- Dzepe, R., Nana, P., Fotso, T., & Djouaka, D. (2020). Influence of larval density, substrate moisture content and feedstock ratio on life history traits of black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(2), 133-140.
- EFSA. (2015). Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods. Official Journal of the European Union, L 327.
- Eliopoulos, C., Arapoglou, D., Chorianopoulos, N., Markaki, P., & Haroutounian, S. A. (2022). Brewers' spent grains: Educational and nutritional value for sustainable animal feed. *Sustainability*, 14(3), 1339.
- Euchilichthys guentheri* (Schilthuis, 1891) (Mochokidae, Siluriformes) au Pool Malebo, Fleuve Congo (République Démocratique du Congo). *TROPICULTURA*, 2014, 32, 3, 129-137 *European Scientific Journal, ESJ*, 18 (30), 178. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p178>
- FAO (2022). La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Organisation des nations unies pour l'agriculture, FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/>
- FAO. (2014). *Insectes comestibles, perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale* (Cahiers foresterie n° 171). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Fawole, F. J., Adeoye, A. A., Tiamiyu, L. O., Ajala, K. I., Obadara, S. O., & Ganiyu, I. O. (2020). Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. *Aquaculture*, 518, 734849. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734849>
- Gasco, L., Gai, A., Piccolo, G., Rotolo, L., Lussiana, C., Molla, P., & Chatzifotis, S. (2014). Substitution of fishmeal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of *Dicentrarchus labrax* juveniles. In P. Vantomme, C. Munke, & A. Van Huis (Eds.), 1st International Conference "Insects to Feed the World" (p. 69). Wageningen University.
- GOUGBEDJI M.U. Armel (2022). Valorisation de coproduits agricoles pour l'élevage de la mouche-soldat noire, *Hermetia illucens* (L. 1758) visant l'alimentation du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L. 1758) au Bénin. (Thèse de doctorat). Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique.
- Hua, K. (2020). A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish. *Aquaculture*, 522, 735732. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735732>
- INRAE. (2020). EvaPig, feed evaluation made easy. Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.
- Kamoliddin, T. & Shahboz, K., 2025. Effect of Black Soldier Fly Larvae Meal on African Catfish Growth. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 29(5): 935 – 944
- Kaneko, G. (2021). Impact of pre-mortem factors on meat quality: An update. *Foods*, 10(11), 2749.
- Klonick, A. (2017). Bug ideas: Assessing the market potential and regulation of insects [Master's thesis, Duke University].
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., & Nout, M. J. R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26(2), 628–631.
- Kroeckel, S., Harjes, A. G. E., Roth, I., & Katz, H. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a prepupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 362, 345–352.
- Kyule, D., Abwao, J., Nairuti, R., Iteba, J. O., Opiyo, M., & Munguti, J. (2021). Effect of replacing black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal with fish meal in diets for African catfish (*Clarias gariepinus*) reared in earthen ponds. *Kenya Aquatic Journal*, 9(01).
- Lalander, C., Senecal, J., Calvo, M. G., Ahrens, L., Josefsson, S., Wiberg, K., & Vinnerås, B. (2016). Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting. *Science of The Total Environment*, 565, 279-286.

- Laurenza, E. C., & Carreño, I. (2015). Edible insects and insect-based products in the EU: Safety assessments, legal loopholes and business opportunities. *European Journal of Risk Regulation*, 6(2), 288–292.
- Li, Q., Zheng, L., Hou, Y., Yang, S., & Yu, Z. (2011). Insect fat, a promising resource for biodiesel. *Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology*, S2, 001.
- Li, S., Ji, H., Zhang, B., Zhou, J., & Yu, H. (2017). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture*, 477, 62–70.
- Lingomo, M., Kongbo, P. K., & Mununu, E. Y. (2025). Effet de la densité de mise en charge sur la production de larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) à Kinshasa, RDC. *Akofena*, 15(2).
- Lusasi S.W., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Manikisa I., Mbomba B.N. & Pwema K.V.
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. FAO, Rome, *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-12.
- Mube, K. H., Mekeu, D. C., Dzepe, D. R., Rousseau, F., Djouaka, S., Chia, T. E., ... & Fotso, T. (2025). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae improve growth performance and flesh quality of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Discover Animals*, 2(9). <https://doi.org/10.1007/s44338-024-00045-8>
- Muin, H., Taufek, N. M., Kamarudin, M. S., & Razak, S. A. (2016). Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(2), 567–577.
- Muyaya, K., B. ; Konunga M., G. ; Muamba M., P. ; Mutambwe, S. ; Lumbuenamo S., R. and I Rudant, J., P. (2017). Evaluation par teledetection, de l'impact spatial des activites agricoles et de peche dans les zones humides situees autour du pool malebo dans la ville de kinshasa en republique democratique du congo. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2429-5396, www.american-jiras.com. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.
- Nairuti, R. N., Musyoka, S. N., Yegon, M. J., & Opiyo, M. A. (2022). Utilization of black soldier fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) larvae as a protein source for fish feed – A review. *Aquaculture Studies*, 22(2), AQUAST697.
- Newton, G., Sheppard, D., Watson, D., Burtle, G., Dove, C., Tomberlin, J., & Thelen, E. (2005). The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. Symposium on the State of the Science of Animal Manure and Waste Management, San Antonio, TX, USA.
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology*, 44(2), 406–410.
- Nyangena, S., Mutungi, C., Mutotho, D., & Nyamu, D. (2020). Pathogen reduction options and preservation of black soldier fly larvae for animal feed. In *Black Soldier Fly Larvae Production Guide* (pp. 15–20). ECHOcommunity.
- Ogunji, J. O., & Awoke, J. (2017). Effect of environmental regulated water temperature variations on survival, growth performance and haematology of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Our Nature*, 15(1-2), 26-33.
- Okpoko, V. O., Ebenebe, C. I., Okeke, J. J., Utor, B. G., Amobi, M. I., Asolo, C. H., Okoji, C. N., & Adipere, E. (2023). Effect of black soldier fly larva as a meal on proximate composition and carcass quality of African catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS)*, 8(2), 35–42.
- Oonincx, D. G. A. B., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. A. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food byproducts. *PLoS ONE*, 10(12), e0144601.
- Purschke, B., Scheibelberger, R., Axmann, S., Adler, A., & Jager, H. (2017). Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(8), 1410–1420.
- Rutaisire, J. (2007). Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in Uganda.

- In M. R. Hasan, T. Hecht, S. S. De Silva, & A. G. J. Tacon (Eds.), Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development (pp. 471–488). FAO.
- Saadaoui, I., Rasheed, R., Aguilar, A., Cherif, M., Schipper, K., Al-Muraikhi, M., & Al-Jabri, H. (2021). Microalgal-based feed: Promising alternative for sustainable livestock production. *Journal of Applied Phycology*, 33, 2031-2055.
- Sealey, W. M., Gaylord, T. G., Barrows, F. T., Tomberlin, J. K., McGuire, M. A., Ross, C., & St-Hilaire, S. (2011). Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(1), 34–45.
- Sheppard, J. M., Cormack, S., Taylor, K. L., & Newton, R. U. (2008). Assessing the force-velocity characteristics of the leg extensors in well-trained athletes: The incremental load power profile. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1320-1326.
- Smil, V. (2002). Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology*, 30(5), 305–311.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J. K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M. A., ... & Sealey, W. (2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1), 59-67.
- Tembeni, J.M., Micha, J.C Mbomba, B.N.S., Vandewalle, P & Mbadu, V.Z. (2014). Biologie de la reproduction d'un poisson chat Africain
- Tendonkeng, F., Miégué, E., Lemoufouet, J., Mouchili, M., Matimuini, N. F., Mboko, A., & Pamó, T. E. (2017). Production et composition chimique des asticots en fonction du type de substrat. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2), 570-585.
- Teye-Gaga, C., Molnár, P. I., Kertész, A., Fehér, M., & Bársony, P. (2024). Preliminary assessment of BSF larval-based diets on growth performance of hybrid African catfish *Heteroclarias*. In V. Halas & R. Tóthi (Eds.), Application of One Health Concept in Farm Animal Nutrition (pp. 143–148). MATE Press.
- Van den Bosch, M., & Ode Sang, Å. (2017). Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews. *Environmental Research*, 158, 373-384.
- Van Huis, A., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security (FAO Forestry Paper n° 171). FAO.
- Zheng, L., Hou, Y., Li, W., Yang, S., Li, Q., & Yu, Z. (2012). Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes. *Energy*, 47(1), 225-229.
- C.CRP (2015).