Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2026 ; 9(2), 348-355
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Comportements biologiques de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) : facteurs déterminants, méthodes d'étude et limites (synthèse bibliographique)

Joël Mangana Ikoko[1*], Bienvenu Kambashi Mutiaka[1], Patrick Mafwila Kinkela[1], Gaétan Kalala Bolokango[1], Martin Solo Matsanga[1], Roger Kalonga Kalonga[2], Agbodzavu Komi Mawufe[3]

[(1)]Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. Mention Production animale. BP 117 Kinshasa XI (RDC). E-mail : joelikoko148@gmail.com
[(2)]Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. Département de Gestion des Ressources Naturelles. BP 117 Kinshasa XI (RDC).
[(3)] Institut International d'Agriculture Tropicale/Kinshasa-RDC. C/Gombe, 4163 Ave Du Haut Congo, Kinshasa, République Démocratique du Congo (RDC).
Reçu le 07 mai 2026, **accepté le** 19 juin 2026, **publié en ligne le** 27 juin 2026
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.32

RESUME

Introduction. La mouche soldat noire *(Hermetia illucens* L.) est largement étudiée pour son potentiel de bioconversion des déchets organiques et de production durable de protéines pour l'alimentation animale. Toutefois, les comportements biologiques de cette espèce restent encore peu pris en compte dans l'optimisation des systèmes d'élevage.
Littérature. La recherche indique que des comportements importants tels que l'oviposition, l'alimentation larvaire, la migration pré-pupale et la reproduction sont fortement influencés par des facteurs environnementaux interdépendants, notamment la température, l'humidité, la lumière, la composition du substrat et la densité larvaire. Néanmoins, le manque de standardisation des protocoles expérimentaux limite la comparabilité des résultats.
Conclusion. Cette synthèse souligne l'importance d'approches intégratives et standardisées pour améliorer durablement les performances des systèmes d'élevage de la mouche soldat noire dans une perspective d'économie circulaire.

Mots-clés : Mouche soldat noire, valorisation de déchets, facteurs environnementaux, bioconversion, économie circulaire.

ABSTRACT

Biological behaviors of the black soldier fly (*Hermetia illucens*): determining factors, study methods, and limitations (A review)
Introduction. The black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) is widely studied for its potential in organic waste bioconversion and sustainable protein production for animal feed. However, the biological behaviors of this species are still insufficiently considered in the optimization of rearing systems.
Literature. Research indicates that key behaviors such as oviposition, larval feeding, prepupal migration, and reproduction are strongly influenced by interdependent environmental factors, including temperature, humidity, light, substrate composition, and larval density. Nevertheless, the lack of standardized experimental protocols limits the comparability of results.
Conclusion. This review highlights the importance of integrative and standardized approaches to sustainably improve the performance of black soldier fly rearing systems within a circular economy perspective.

Keywords: Black soldier fly, waste recovery, environmental factors, bioconversion, circular economy.

1. INTRODUCTION

La mouche soldat noire (*Hermetia illucens* L.), diptère de la famille de Stratiomyidae, est aujourd'hui au cœur de nombreuses recherches en raison de son fort potentiel dans la bioconversion des déchets organiques et la production de protéines destinées à l'alimentation animale (Diener *et al.*, 2009 ; Van Huis, 2013). Présente dans les zones tropicales et subtropicales, cette espèce se distingue

par sa capacité à se développer sur une grande diversité de substrats organiques, ce qui la rend particulièrement adaptée aux systèmes d'économie circulaire et aux contextes urbains où les biodéchets sont abondants (Čičková *et al*., 2015).

La maîtrise des paramètres biologiques et nutritionnels de cette espèce a déjà permis d'optimiser les rendements de production larvaire dans plusieurs études (Barragán-Fonseca *et al*., 2018 ; Bosch *et al*., 2020). Cependant, des comportements tels que l'oviposition, la recherche du substrat, la thermorégulation ou encore l'interaction larvaire restent relativement peu explorés, alors qu'ils sont essentiels pour améliorer les systèmes d'élevage intensif (Tomberlin *et al*., 2009).

Par ailleurs, plusieurs facteurs environnementaux tels que la lumière, l'humidité, la température ou encore la densité larvaire ont été mentionnés comme influençant ces comportements (Zhang *et al*., 2010 ; Nakamura et *al*., 2016). Toutefois, les méthodes d'observation demeurent hétérogènes et parfois limitées dans leur capacité à rendre compte de comportements complexes dans des contextes de production réels (Diener *et al*., 2009 ; Barragán-Fonseca *et al*., 2017).

Une meilleure compréhension des comportements de la mouche soldat noire et de leurs déterminants permettrait d'améliorer significativement les performances de son élevage, notamment en optimisant les conditions de reproduction, de croissance larvaire et de transformation des substrats.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente synthèse qui vise spécifiquement à : (i) Identifier les comportements biologiques clés de la mouche soldat noire, (ii) Analyser les principaux facteurs environnementaux qui influencent ces comportements, (iii) Présenter les méthodes actuelles utilisées pour l'étude comportementale de cette espèce ; (iv) Enumérer des limites méthodologiques actuelles et (v) proposer des pistes d'amélioration méthodologique.

L'intérêt de cette synthèse réside dans la mise en perspective des connaissances existantes sur les comportements de la mouche soldat noire, encore insuffisamment intégrées dans l'optimisation des systèmes d'élevage. Elle contribuera donc à une meilleure structuration des connaissances disponibles pour une production durable.

2. COMPORTEMENTS BIOLOGIQUES IMPORTANTS DE LA MOUCHE SOLDAT NOIRE

2.1. Définition générale du comportement en biologie

Le comportement est défini comme l'ensemble des réponses observables chez un organisme vivant, en réaction à des stimuli internes ou externes, qui résulte d'interactions dynamiques entre son état physiologique, son système sensoriel et les conditions environnementales (Scott, 2005 ; Dugatkin, 2009 ; Alcock, 2013 ; Breed et Moore, 2021).

Le comportement chez les insectes englobe notamment les activités liées à la recherche de nourriture, à la reproduction, à la locomotion et à la sélection de micro-habitats, lesquelles sont modulées par des facteurs physiques (lumière, température, humidité, etc.) et chimiques (signaux olfactifs et phéromones) (Dangles et Casas, 2019 ; Simpson et Raubenheimer, 2023).

Dans ce cadre conceptuel, la mouche soldat noire présente un cycle de vie à métamorphose complète comprenant les stades d'œuf, de larve, de pupe et d'adulte, au cours desquels s'expriment des comportements spécifiques. A chaque phase du développement, ces comportements résultent de l'interaction entre l'état physiologique de l'individu et des facteurs environnementaux et biologiques, ce qui traduit des stratégies adaptatives distinctes en réponse aux contraintes du milieu **(**Tomberlin *et al*., 2002 ; Barragán-Fonseca *et al*., 2017 ; Diener *et al*., 2009 ; Gold *et al*., 2018).

2.2. Comportements biologiques chez la mouche soldat noire

Comportement d'oviposition

Le comportement d'oviposition correspond à l'ensemble des actions par lesquelles une femelle sélectionne un site de ponte et y dépose ses œufs, ce choix étant déterminant pour la survie et le développement de la descendance (Tomberlin et Sheppard, 2001 ; Holmes *et al.*, 2012 ; Kaya *et al*., 2020).

Les femelles de *H. illucens* pondent généralement leurs œufs à proximité, mais non directement sur le substrat, afin de protéger leur progéniture contre les conditions excessivement humides ou instables du milieu organique en décomposition (Tomberlin et Sheppard, 2002 ; Kaya *et al*., 2020). Elles préfèrent des surfaces sèches, abritées et surélevées comme des interstices de bois, des fissures ou des supports placés à proximité du substrat car ces sites permettent aux œufs d'être suffisamment proches de la source nutritive pour que les larves y accèdent facilement après l'éclosion (Ucu Julita *et al*., 2021 ; Aydın et Turantepe, 2025).

Les substrats à base végétale (comme les fruits et légumes) sont souvent plus attractifs pour la ponte que ceux à base de protéines animales (Park *et al*., 2016 ; Nyakeri *et al*., 2017 ; Pei et Siong, 2020). Plusieurs facteurs environnementaux influencent le choix du site de ponte. Des études récentes ont

montré que certains composés chimiques présents à la surface des sites d'oviposition, tels que des acides gras spécifiques (par exemple l'acide tetradécanoïque), attirent les femelles gravides et stimulent la déposition des œufs, ce qui suggère le rôle des signaux chimiques dans la sélection des sites de ponte (Zhang *et al*., 2010 ; Klüber *et al*., 2023 ; Thomas *et al*., 2025 ; He *et al*., 2025). En outre, des bactéries isolées des tissus reproducteurs de *H. illucens* produisent des signaux attractifs (comme le diméthyl disulfure) qui peuvent renforcer l'attractivité des sites pour la ponte, ce qui ouvre des perspectives nouvelles sur l'interaction entre les microbes et le comportement d'oviposition de l'insecte (He *et al*., 2025). Enfin, des observations de terrain indiquent que des facteurs physiques tels que la pluviométrie, l'humidité et la température ambiante modulent également l'activité d'oviposition, avec des périodes de saison humide associées à une plus forte fréquence de ponte (Addo *et al*., 2024). Ces derniers ont observé que l'oviposition se produisait sous des conditions ambiantes de 25 à 30 °C et de 60 à 80 % d'humidité relative.

Comportement larvaire

Le stade larvaire constitue la phase la plus longue et la plus active du cycle de vie de mouche soldat noire. Durant cette période, les larves adoptent un comportement de fouissage intensif, creusant et explorant activement le substrat. Ce comportement permet non seulement un brassage mécanique du substrat, mais aussi une augmentation de la surface de contact entre les larves et les nutriments, optimisant ainsi leur assimilation (Diener *et al*., 2009 ; Lalander *et al*., 2019 ; Kortsmit *et al*., 2023).

Les déplacements larvaires se font souvent de manière collective, suivant des gradients environnementaux tels que la température, l'humidité ou la concentration en nutriments, qui servent de stimuli directionnels. Ce mouvement coordonné facilite la colonisation homogène du substrat et maximise l'efficacité de bioconversion (Diener *et al*., 2009 ; Lalander *et al*., 2019 ; Kortsmit *et al*., 2023). Des études ont montré que les larves de mouche soldat noire répondent à des gradients de substrat et à la présence de congénères, ajustant leur comportement de fouissage et de migration pour optimiser la consommation et la transformation des matières organiques (Kortsmit *et al*., 2023). Toutefois, à des densités larvaires élevées, des phénomènes de compétition alimentaire peuvent survenir, ce qui limite l'accès équitable aux ressources et entraîne une variabilité de croissance entre individus, voire une baisse des performances globales du groupe (Lalander *et al*., 2019).

En effet, Barragán-Fonseca *et al*. (2018) ont montré que la performance, la croissance et la composition des larves sont fortement influencées par la densité, avec des densités plus faibles associées à de meilleurs résultats individuels que des densités élevées. Certaines études recommandent une densité d'environ 1,2 à 5 larves/cm² de surface de substrat pour optimiser la bioconversion et minimiser la compétition (Parra Paz *et al*., 2015). Par ailleurs, une forte densité larvaire peut entraîner une augmentation de la thermogenèse, ce qui affecte le profil thermique du substrat. Cet auto-échauffement constitue un facteur important dans le développement des larves et dans l'accélération du processus de décomposition des déchets (Klammsteiner *et al*., 2025).

Comportement de nymphose et d'émergence

A la fin de leur développement, les larves entrent en phase pré-nymphose, marquée par un changement physiologique et comportemental. Elles cessent toute activité alimentaire et amorcent une migration instinctive hors du substrat, à la recherche d'un environnement sec, sombre et protégé, favorable à la nymphose (Diener *et al*., 2009). Ce comportement de dispersion spontanée constitue un trait adaptatif majeur. Il est déclenché par des signaux internes liés à la maturité larvaire ainsi que par des facteurs environnementaux tels que l'humidité, la température ou la saturation du substrat. Des études antérieures montrent que les larves préparent sa migration pré-pupale en s'éloignant des zones humides et nutritives vers des surfaces plus sèches avant de se nymphoser (Tomberlin *et al*., 2002; Diener *et al*., 2009). La recherche d'un site de pupaison approprié influence la durée des stades immatures et la réussite de l'émergence adulte, qui varient selon les conditions du substrat de pupaison et les niveaux d'humidité (Durosaro *et al*., 2025).

Comportement d'adulte

Les adultes sont les mouches et elles ne se nourrissent pas car leur appareil buccal est atrophié, ce qui limite leur durée de vie et oriente entièrement leur comportement vers la reproduction. Les mâles adoptent des comportements de surveillance territoriale, guettant l'arrivée de femelles pour l'accouplement. La recherche du partenaire s'effectue principalement par des signaux visuels, appuyés par des stimuli environnementaux tels que la lumière naturelle, qui joue un rôle important dans l'activation de leur comportement reproductif (Boaru *et al*., 2018). Le vol est limité et généralement concentré autour des zones propices à la reproduction (Greenberg, 1971). Les accouplements ont lieu dans des zones éclairées, tandis que la ponte suit rapidement chez la femelle, qui recherche un site adapté à proximité d'un substrat en décomposition (Rondoni et Colinet, 2017). La durée de vie d'adulte est courte, elle s'étale de 5 à 10 jours, période durant laquelle

l'unique objectif est la reproduction (Boaru *et al.*, 2018 ; Chapman *et al.*, 2013).

2.3. Facteurs influençant les comportements de *Hermetia illucens*

Les comportements biologiques de la mouche soldat noire sont fortement modulés par l'interaction entre des facteurs internes, liés à son état physiologique et à son stade de développement et des facteurs externes, notamment les conditions environnementales. Ces paramètres déterminent non seulement la vitesse de développement et la survie, mais aussi des réponses comportementales essentielles telles que l'activité alimentaire des larves, la migration pré-nymphose et les comportements reproductifs des adultes. Parmi les facteurs environnementaux les plus étudiés figurent la température, l'humidité relative ou la teneur en eau du substrat, la composition du substrat alimentaire, la lumière et la photopériode, ainsi que la densité larvaire (Tomberlin et *al.*, 2009 ; Diener et *al*., 2009 ; Holmes *et al*., 2012 ; Barragán-Fonseca *et al*., 2017).

Température

La température est l'un des facteurs environnementaux les plus déterminants dans le cycle de développement de la mouche soldat noire (Tomberlin *et al*., 2009 ; Chia *et al*., 2018). Elle influence directement la croissance, l'activité métabolique des larves, le taux de survie, la durée du cycle de vie, ainsi que les comportements reproductifs (Tomberlin *et al*., 2009).

Selon Holmes *et al*. (2013), la plage thermique optimale pour le développement de larves de mouche soldat noire se situe entre 27 et 30 °C. Ces dernières favorisent une croissance rapide, une consommation efficace du substrat et un taux de conversion élevé. En revanche, des températures inférieures à cette plage ralentissent significativement le métabolisme larvaire et prolonge la durée de développement. A l'opposé, des températures trop élevées au-delà de 35 °C peuvent causer une augmentation de la mortalité, une diminution de la mobilité larvaire et des anomalies comportementales, notamment une désorganisation dans le fouissage ou la migration pré-nymphose (Gobbi *et al.*, 2013).

Chez les adultes, la température joue également un rôle clé dans la réussite de la reproduction. Des conditions thermiques comprises entre 27 et 33 °C favorisent l'activité de vol, l'accouplement et la fécondité des femelles, tandis que des températures trop basses réduisent l'activité sexuelle et retardent la ponte. A l'inverse, un stress thermique excessif peut diminuer la viabilité des œufs et réduire le succès reproductif global de la population (Tomberlin et Sheppard, 2002 ; Zhang *et al*., 2010).

Humidité

L'humidité du substrat constitue un paramètre environnemental important dans le cycle de vie de *H. illucens*, en influençant à la fois le comportement d'oviposition des femelles et la survie ainsi que la performance de croissance des larves. Des études ont montré qu'un taux d'humidité modéré, généralement compris entre 60 et 70 %, favorise un développement larvaire optimal en améliorant l'accessibilité au substrat, l'activité alimentaire et l'efficacité de la bioconversion de la matière organique (Tomberlin et Sheppard, 2002 ; Diener et *al*., 2009 ; Holmes *et al*., 2012).

L'humidité excessive peut provoquer une fermentation anaérobie du substrat, générant des conditions défavorables telles que la production d'acides volatils ou un manque d'oxygène, susceptibles de nuire les larves. A l'inverse, un substrat trop sec limite la mobilité larvaire et leur capacité à accéder aux nutriments, entraînant un ralentissement de la croissance et une réduction de la performance de bioconversion (Diener *et al*., 2009 ; Barragán-Fonseca *et al*., 2017).

Composition du substrat

La qualité nutritionnelle et la texture du substrat influencent le comportement alimentaire et la croissance des larves. Les substrats riches en glucides et modérément protéiques sont préférés. Un excès de protéines ou de matières grasses animales peut ralentir le développement ou générer une accumulation d'ammoniac (Diener *et al*., 2009 ; Barragán-Fonseca *et al.*, 2018). La nature du substrat influence également les signaux volatiles, qui attirent les femelles pour la ponte (Zhang *et al*., 2010).

Lumière et photopériode

Chez les adultes de la mouche soldat noire, la lumière constitue un facteur environnemental déterminant dans l'expression des comportements reproductifs, en particulier l'accouplement et l'oviposition. Cette espèce est principalement diurne et l'activation de son comportement reproductif dépend fortement de la présence et des caractéristiques de la lumière ambiante. Une photopériode équilibrée, généralement de 12 heures de lumière suivies de 12 heures d'obscurité, reproduisant des conditions proches de l'éclairement naturel, est reconnue comme optimale pour stimuler l'activité sexuelle et améliorer le succès reproductif en élevage (Tomberlin et Sheppard, 2002).

Au-delà de la durée d'éclairement, l'intensité lumineuse et le spectre de la lumière jouent également un rôle majeur dans la régulation du comportement adulte. Des intensités lumineuses insuffisantes peuvent réduire l'activité de vol, limiter les rencontres entre mâles et femelles. A

l'inverse, un éclairage adéquat, notamment dans le spectre visible proche de la lumière solaire, favorise l'orientation visuelle, la reconnaissance des partenaires et l'initiation des comportements de parade nuptiale (Zhang *et al*., 2010). Des travaux récents ont également montré que l'exposition à une lumière artificielle mal adaptée (spectre ou intensité inappropriés) peut entraîner une baisse de la fécondité, une réduction du nombre d'œufs pondus et une diminution de la viabilité des œufs, ce qui souligne l'importance d'un contrôle précis des conditions lumineuses dans les systèmes d'élevage intensif (Boaru *et al*., 2018).

Densité larvaire

La densité affecte les comportements sociaux et la performance individuelle. A densité normale (environ 1-5 larves par cm^2), les larves profitent de la chaleur collective et d'une meilleure fermentation du substrat. A très haute densité (plus de 5 larves par cm^2), il s'observe une compétition accrue et une réduction de la taille des larves (Holmes *et al*., 2012).

Cette synthèse met également en évidence le caractère non indépendant des facteurs environnementaux qui influence le comportement de *H. illucens*. Plusieurs études ont montré que la température, l'humidité et la densité larvaire interagissent pour moduler la croissance, la survie et les réponses comportementales des larves (Holmes *et al*., 2012 ; Gobbi *et al*., 2013).

Par exemple, une température optimale peut perdre son effet bénéfique lorsqu'elle est associée à une humidité excessive du substrat, susceptible d'altérer la mobilité larvaire et les échanges gazeux. De même, une forte densité larvaire peut entraîner une élévation de la température du substrat par production métabolique de chaleur, ce qui peut accélérer la croissance à des niveaux modérés mais devenir nuisible lorsque les seuils thermiques de tolérance sont dépassés, augmentant alors le stress et la mortalité larvaire.

2.4. Méthodes d'étude des comportements chez *Hermetia. illucens*

L'étude des comportements de la mouche soldat noire repose sur une diversité d'approches expérimentales visant à observer, quantifier et interpréter les réponses comportementales de l'espèce face à différents stimuli biologiques et environnementaux (Liu *et al.*, 2020 ; Aydın et Turantepe, 2025). Compte tenu de la complexité de son cycle de vie et de la forte plasticité comportementale associée à chaque stade de développement, les méthodes employées doivent permettre à la fois un contrôle rigoureux des conditions expérimentales et une observation fine des interactions entre l'organisme et son milieu (Gasco *et al.*, 2020; Lalander *et al.*, 2019). Au cours des dernières années, les recherches ont mobilisé des outils allant de l'observation directe en conditions contrôlées aux technologies de suivi automatisé, en passant par des tests de préférence et des mesures indirectes de performance biologique (Liu *et al.*, 2020 ; Aydın et Turantepe, 2025).

Observation directe en conditions contrôlées

L'observation directe en conditions contrôlées est l'une des méthodes les plus utilisées, permettant d'évaluer les comportements alimentaires, le regroupement larvaire, la mobilité ou l'oviposition. Des dispositifs tels que les boîtes de Pétri, bacs de culture ou tunnels d'oviposition sont utilisés pour isoler des variables comme la lumière, le type de substrat ou la température (Zhang *et al*., 2010).

Enregistrement vidéo et suivi automatisé

L'utilisation de caméras haute résolution ou de capteurs infrarouges permet de suivre de manière continue et non invasive les mouvements des larves ou des adultes de *H. illucens*. Ces dispositifs sont souvent couplés à des logiciels spécialisés tels qu'EthoVision ou ImageJ, qui permettent d'analyser des paramètres comportementaux comme les trajectoires, la vitesse de déplacement ou les interactions entre individus (Holmes *et al.*, 2012; Lalander *et al.*, 2019 ; Liu *et al.*, 2020;).

Tests de préférence (olfactométrie)

Chez les adultes, des tests d'olfactométrie (à choix multiple) permettent d'étudier l'attraction vers certains substrats ou signaux volatils émis par la matière organique en décomposition. Ces tests sont importants pour comprendre le comportement d'oviposition des femelles et adapter les substrats attractifs (Zheng *et al*., 2022).

Pesée et mesures biométriques

Pour évaluer les comportements liés à l'alimentation, la croissance ou la bioconversion, on utilise des mesures régulières du poids vif, du gain de poids moyen quotidien ou du taux de consommation du substrat. Ces mesures indirectes renseignent sur les performances comportementales collectives des larves (Diener *et al*., 2009).

Tests de survie et d'accouplement

Les tests de survie, de durée de vie adulte ou de fréquence d'accouplement sont réalisés en cage, sous différents régimes de lumière et d'humidité. Ces tests permettent de mieux comprendre les besoins comportementaux des adultes pour améliorer la reproduction en captivité (Tomberlin et Sheppard, 2002).

2.5. Limites méthodologiques et perspectives

Malgré l'intérêt croissant porté à l'étude des comportements de *H. illucens*, plusieurs limites

méthodologiques persistent et entravent une compréhension approfondie de son éthologie.

Difficultés liées à la variabilité environnementale

Les comportements de la mouche soldat noire, notamment chez les adultes, sont très sensibles aux conditions climatiques (lumière, humidité, et température). La reproductibilité des observations s'avère donc complexe, surtout en milieu tropical où les variations sont fréquentes. Cela rend difficile l'extrapolation des résultats à d'autres contextes de production (Holmes *et al*., 2012).

Limitations techniques

Les technologies de suivi automatisé sont coûteuses et nécessitent une expertise spécifique. Leur accessibilité reste limitée dans les laboratoires des pays en développement. De plus, certaines méthodes, comme l'analyse vidéo, ne permettent pas toujours de distinguer les comportements individuels dans un groupe dense de larves et mouches (Zhang *et al*., 2010).

Approche souvent descriptive

Beaucoup d'études actuelles restent descriptives et ne permettent pas toujours d'identifier les mécanismes physiologiques ou neurobiologiques implicite aux comportements observés. L'intégration de données moléculaires, hormonales ou sensorielles reste encore marginale dans ce domaine (Tomberlin *et al.*, 2009).

Nécessité d'une standardisation des protocoles

La diversité des méthodes, des substrats utilisés et des conditions expérimentales complique la comparaison des résultats entre études. Une standardisation des protocoles (par exemple pour les tests d'oviposition ou de croissance) est nécessaire pour améliorer la fiabilité des conclusions et permettre des analyses fiables (Barragán-Fonseca et *al*., 2017).

Malgré les avancées récentes, les études comportementales chez *H. illucens* restent majoritairement conduites dans des conditions expérimentales simplifiées, ce qui limite la transposabilité des résultats aux systèmes de production à grande échelle (Holmes *et al*., 2012 ; Barragán-Fonseca *et al*., 2017). Par ailleurs, l'approche demeure souvent descriptive, avec une faible intégration des mécanismes physiologiques ou sensoriels sous-jacents aux comportements observés (Tomberlin *et al.*, 2009).

2.6. Perspectives

Des approches intégratives, combinant l'observation comportementale, l'analyses chimiques des substrats et données biologiques (génétique et métabolomique), pourraient permettre d'affiner les connaissances sur les déterminants du comportement chez *H. illucens*. Par ailleurs, l'amélioration des outils d'élevage (lumière artificielle optimisée et attractants spécifiques) faciliterait l'étude et la maîtrise des comportements clés en élevage intensif.

Bien que de nombreuses études se soient concentrées sur l'optimisation nutritionnelle et les rendements de production larvaire, plusieurs travaux soulignent que les réponses comportementales constituent un levier encore insuffisamment exploité pour améliorer l'efficacité des élevages intensifs (Tomberlin *et al*., 2009 ; Barragán-Fonseca et *al*., 2018). Les comportements d'oviposition, d'alimentation, de regroupement larvaire et de migration pré-nymphose apparaissent comme des réponses adaptatives qui sont modulés par les conditions environnementales.

Les préférences comportementales des femelles pour certains sites d'oviposition, déterminées par des signaux olfactifs et des conditions microclimatiques spécifiques, conditionnent directement la réussite de la reproduction et la stabilité des cycles de production (Tomberlin et Sheppard, 2002 ; Zhang *et al*., 2010). De même, les comportements collectifs des larves, tels que le fouissage coordonné et la migration pré-pupale, jouent un rôle déterminant dans l'efficacité de la bioconversion et sont aujourd'hui exploités dans les systèmes de récolte automatique (self-harvesting) décrits par Diener *et al*. (2009).

Dans un contexte de valorisation des biodéchets et de production de protéines alternatives, une meilleure compréhension des comportements de *H. illucens* constitue un atout majeur pour optimiser les systèmes d'élevage tout en réduisant les intrants et le stress biologique (Diener *et al*., 2009 ; Barragán-Fonseca et *al*., 2018). Le développement d'approches intégratives, qui combine analyses comportementales, données biologiques et outils de suivi automatisé, apparaît comme une perspective prometteuse pour renforcer la durabilité et la fiabilité des élevages intensifs.

3. CONCLUSION

La mouche soldat noire (*H. illucens*) s'impose aujourd'hui comme un organisme clé dans les stratégies de production durable, notamment en raison de son efficacité dans la bioconversion des déchets organiques et la production de protéines alternatives pour l'alimentation animale. Si de nombreux travaux ont permis d'optimiser les paramètres biologiques et nutritionnels de cette espèce, la présente synthèse indique que les comportements biologiques demeurent un levier encore insuffisamment exploité pour améliorer durablement les systèmes d'élevage intensif.

L'analyse des comportements de *H. illucens* qui inclut l'oviposition, l'alimentation, la

thermorégulation, la mobilité larvaire et la reproduction dépendent fortement à des facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, la lumière, la composition du substrat et la densité larvaire. Ces facteurs influencent non seulement les performances zootechniques, mais également l'expression de comportements adaptatifs essentiels à la survie et à l'efficacité biologique de l'espèce. Une gestion fine et intégrée de ces paramètres apparaît donc indispensable pour maximiser la productivité tout en garantissant le bien-être des insectes élevés.

Cette synthèse souligne également les progrès réalisés dans les méthodes d'étude des comportements, allant de l'observation directe aux technologies de suivi automatisé et aux tests olfactométriques. Toutefois, les limites méthodologiques persistent encore, notamment la variabilité environnementale, le manque de standardisation des protocoles et l'approche encore majoritairement descriptive des études et cela restreignent la comparaison des résultats et la compréhension des comportements observés.

Enfin, le développement d'approches interdisciplinaires intégrant l'éthologie, la physiologie, l'écologie chimique et les autres outils pourrait considérablement enrichir la compréhension des déterminants comportementaux de *H. illucens*. Ainsi, l'intégration du comportement comme paramètre important dans la conception et la gestion des élevages de mouche soldat noire constitue une voie prometteuse pour l'optimisation future de cette filière émergente.

Références

Addo P., Fosu-Gyasi S., Oduro-Kwarteng S., Armstrong Duku G. & Awuah E., 2024. *Assessing Egg Deposition Behaviour of Female Black Soldier Fly (Hermetia: Illucens)* in Kumasi, Ghana using MOSW as Bait. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 27, 102168 doi:https://doi.org/10.1016/j.aspen.2023.102168

Aydin,G. & Turantepe E., 2025. Oviposition preferences of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens L.*) on different manures. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 8(1), 51-57. https://doi.org/10.38001/ijlsb.1199393

Alcock J., 2013. *Animal behavior: An evolutionary approach*. 10th ed., Sinauer Associates, 668 p.

Barragán-Fonseca K. B., Dicke M. & Van Loon J. A., 2017. Influence of larval density and diet on larval development, body composition, and adult performance of the black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166(9), 761–770. https://doi.org/10.1111/eea.12716

Breed M. D. & Moore J., 2021. *Animal behavior*. 3rd ed., Academic Press, 600 p. https://doi.org/10.1016/C2020-0-02152-4

Boaru A., Vig A., Ladoşi D., Struţi D., Păpuc T. & Georgescu B., 2018. Studies regarding the fertilizing capacity of poultry manure biocomposted by fly larvae (Diptera: Stratiomyidae). *AAB Bioflux*, 10(3), 114–121.

Bosch G., van der Fels-Klerx H. J., Rijk T. C. & van Loon, J. J. A., 2020. Standardisation of quantitative resource conversion studies with black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(2), 95–109.

Chapman R. F., Simpson S. J. & Douglas A. E., 2013. *The Insects: Structure and Function* 4th ed. Cambridge University Press, 929 p.

Čičková H., Newton G. L., Lacy R. C. & Kozánek M., 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68–80.

Dangles O. & Casas J., 2019. Ecosystem services provided by insects: Behavioural adaptations in a changing environment. *Current Opinion in Insect Science*, 33, 104–110. https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.03.005

Diener S., Zurbrügg C. & Tockner K., 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27(6), 603–610.

Dugatkin L. A., 2009. *Principles of animal behavior*. 2nd ed., W. W. Norton & Company, 641 p.

Durosaro S. O., Zacarias M. P., Glica A. *et al.*, 2025. *Pupation substrate and prepupal handling affect eclosion rate, timing, and adult morphology in black soldier flies (Hermetia illucens; Diptera: Stratiomyidae).* bioRxiv (préprint), https://doi.org/10.1101/2025.09.15.676317.

Gasco L., Acuti G., Lussiana C. & Renna M., 2020. Black soldier fly larvae *(Hermetia illucens*) as feed ingredient for livestock and aquaculture: Feeding behaviour and substrate preferences. *Animals*, 10(11), 1987. https://doi.org/10.3390/ani10111987

Gobbi P., Martínez-Sánchez A. & Rojo S., 2013. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly (*Hermetia illucens*). *European Journal of Entomology*, 10(3), 461-468. https://doi.org/10.14411/eje.2013.061

Gold M., Tomberlin J. K., Diener S., Zurbrügg C. & Mathys A., 2018. Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*, 82, 302–318.

Greenberg B., 1971. *Flies and disease*. Princeton University Press, 449 p.

He M., Wang Y., Xu W., Yu G. & Yan X., 2025. A bacterium derived from the ovary of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) attracts oviposition of the host. *Biology*, 14(9), 1107.https://doi.org/10.3390/biology14091107

Holmes L. A., Vanlaerhoven S. L. & Tomberlin J. K., 2012. Relative humidity effects on the life history of the black soldier fly. *Environmental Entomology*, 41(4), 971-978.

Holmes L.A., Vanlaerhoven S.L. & Tomberlin J.K., 2013. Substrate effects on pupation and 610 adult emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*, 42(2), 370-374.

Kaya C., Tomberlin J. K. & Diener S., 2020. Environmental effects on oviposition behavior of black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Insects*, 11(7), 451. https://doi.org/10.3390/insects11070451

Klüber P., Arous E., Jerschow J., Fraatz M., Bakonyi D., Rühl M. & Zorn H., 2023. Fatty acids derived from oviposition systems guide female black soldier flies (*Hermetia illucens*) toward egg deposition sites. *Insect Science*, 31(4), 1231–1248. https://doi.org/10.1111/1744-7917.13287

Kortsmit Y., Van Loon J. J. A. & Dicke M., 2023. Preference of black soldier fly larvae for feed substrate previously colonised by conspecific larvae. *Journal of Applied Entomology*, 147(5), 336–345. https://doi.org/10.1111/jen.13123

Lalander C., Diener S., Magri M. E., Zurbrügg C., Lindström A. & Vinnerås B., 2019. Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) From a hygiene aspect. *Science of the Total Environment*, 458(60), 312–318. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.033

Liu Z., Najar-Rodriguez A. J., Minor M. A., Hedderley D. I. & Morel P. C. H., 2020. Mating success of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), under four artificial light sources. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, PMID: 32092662. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2020.111815

Nakamura S., Ichiki R. T., Shimoda M. & Morioka S., 2016. Small-scale rearing of the black soldier fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae), in the laboratory: Low-cost and year-round rearing. *Applied Entomology and Zoology*, 51(1), 161–166.

Nyakeri E.M., Ayieko M.A., Amata R.N., Omuse B. & Marimba T., 2017. Behavioral responses of different reproductive statuses and physiological ages of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) to different oviposition substrates. *PeerJ, 5*, e3929.

Park T., Bae S. & Kim Y., 2016. Oviposition preference of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), to different organic substrates. *Journal of Asia-Pacific Entomology,* 19(2), 405-408.

Parra Paz A. S., Carrej, N. S. & Gómez Rodríguez C. H., 2015. Effects of larval density and feeding rates on the bioconversion of vegetable waste using black soldier fly larvae *(Hermetia illucens). Waste and Biomass Valorization*, 6(6), 1059–1065.

Pei S. & Siong K.H., 2020. Selection of suitable oviposition medium by black soldier fly (*Hermetia illucens*) and its effects on larval growth. *Journal of Entomology and Zoology Studies,* 8(3), 1152-1156.

Rondoni G. & Colinet H., 2017. Reproductive strategies and oviposition preferences in flies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 162(2), 101–112.

Scott G., 2005. *Essential animal behavior*. Blackwell Publishing, 408 p.

Simpson S. J. & Raubenheimer D., 2023. *The nature of nutrition: A unifying framework for animal adaptation*. Princeton University Press, 272 p. https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691212347/the-nature-of-nutrition

Thomas N. K. T., Kárpáti Z., Schmitt T. & Riabinina O.,2025. A chemically defined oviposition attractant and repellent of black soldier flies (Hermetia illucens). *Journal of Insects as Food and Feed*, 12 (2026) 849–861 https://doi.org/10.1163/23524588-bja10312

Tomberlin J. K. & Sheppard D. C., 2001. Lek mating behavior of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist*, 84(4), 729–730.

Tomberlin J. K. & Sheppard D. C., 2002. Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (*Diptera: Stratiomyidae*) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37(4), 345-352. https://doi.org/10.18474/0749-8004-37.4.345

Tomberlin J. K., Sheppard D. C. & Joyce J. A., 2009. Selected life-history traits of black soldier flies (*Diptera: Stratiomyidae*) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(3), 379–386. https://doi.org/10.1603/008.102.0306

Ucu Julita L. L. F., Fitri R. E., Permana A. D. & Dana A., 2021. Ovitrap preference in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Pakistani Journal of Biological Sciences*, 24(5), 562–570. https://doi.org/10.3923/pjbs.2021.562.570

van Huis A., 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563–583.

Zhang J., Huang L., He J., Tomberlin J. K., Li J., Lei C. & Sun M., 2010. An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*, 10(202). https://doi.org/10.1673/031.010.20201

Zheng L., Hou Y., Li W., Yang S., Li Q. & Yu Z., 2022. Olfactory-driven oviposition preference of black soldier fly (*Hermetia illucens*) toward organic substrates. *Insects*, 13(2), 120. https://doi.org/10.3390/insects13020120.