

La mouche soldat noire, mieux la connaître pour des élevages durables

Alors que de nombreuses entreprises misent sur le développement de l'élevage de masse de la mouche soldat noire, la biologie de ces insectes recèle encore de nombreux secrets.

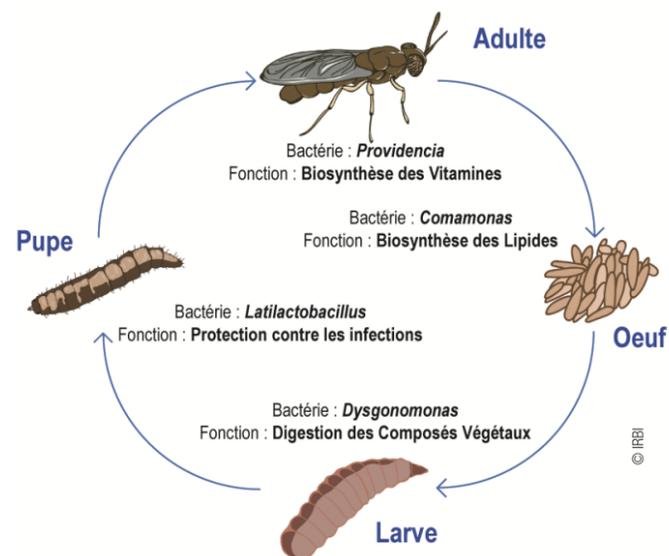
La mouche soldat noire (*Hermetia illucens*, en anglais Black Soldier Fly, soit BSF) est l'un des insectes qui suscite le plus d'engouement à l'échelle mondiale. Connue pour leur robustesse, les BSF ont l'étonnante capacité de transformer en un temps record les déchets organiques en protéines et lipides à forte valeur ajoutée pour les filières agricoles et agro-alimentaires. En six semaines, par la consommation de coproduits et déchets issus de l'agriculture ou de l'industrie agro-alimentaire, un kilo d'œufs de mouches devient 6 tonnes de larves à transformer en farines et huile pour l'alimentation des poissons, des porcs ou des volailles.

Alors que de nombreuses entreprises misent sur le développement de l'élevage de masse de cette mouche soldat noire, la biologie de cet insecte recèle encore de multiples secrets.

À l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI, UMR 7261 – CNRS/Université de Tours), plusieurs projets ont pour but de dévoiler les mystères de cet insecte et ainsi répondre à certaines problématiques rencontrées par les acteurs de cette nouvelle production.

UN MICROBIOTE EN CONSTANTE ÉVOLUTION

Chez la mouche soldat noire, les stades larvaires concentrent la majorité de l'activité métabolique et le microbiote intestinal est un partenaire essentiel de la transformation de la matière organique au profit de la croissance des larves. La composition du microbiote change suivant le substrat alimentaire, cependant la littérature indique que certains genres bactériens, comme *Dysgonomonas*, semblent essentiels pour le processus de biodégradation chez les larves. Toutefois, on ne savait pas comment le microbiote évoluait au cours de la vie des BSF. L'approche de "metabarcoding ADN" a été utilisée pour identifier les bactéries associées aux œufs, larves, chrysalides et adultes des BSF.



Cycle biologique de la mouche soldat noire et bactéries caractéristiques

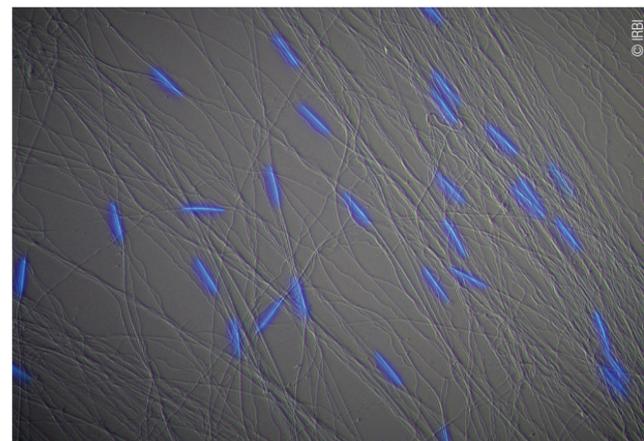
Cela a permis de découvrir que seules neuf espèces bactériennes sont retrouvées à tous les stades du cycle de vie de la BSF et forment ce qu'on appelle "le microbiote cœur". Ces bactéries semblent essentielles pour l'insecte, mais des données empiriques sont nécessaires pour vérifier leurs fonctions. Par exemple, un challenge par un champignon entomopathogène en conditions contrôlées permettrait d'évaluer les potentielles propriétés antifongiques des bactéries *Alcaligenes*.

"À chaque stade du développement, le microbiote des BSF se modifie..."

De plus, la flore intestinale des BSF est extrêmement riche et, de manière surprenante, les communautés microbiennes sont complètement renouvelées à chaque étape du cycle de vie de la mouche, en particulier entre les stades œufs et larves, et entre les stades chrysalides et adultes. Cette évolution au cours de la vie suggère que, en plus du microbiote cœur, différentes communautés bactériennes remédient à différentes lacunes fonctionnelles de l'insecte tout au long de son développement. Très abondant au stade œuf, le genre *Comamonas* pourrait être responsable de la biosynthèse des lipides nécessaires au début du développement de l'insecte. Les pupes immobiles et plus vulnérables aux infections fongiques pourraient être protégées par des *Latilactobacillus*. Chez les mouches adultes, la prédominance des bactéries du genre *Providencia* pourrait indiquer un besoin de synthèse de vitamines essentielles. À chaque stade du développement, le microbiote des BSF se modifie en réponse aux besoins nutritionnels et métaboliques de l'insecte.

UNE RÉSISTANCE AUX MALADIES

La BSF est réputée robuste et résistante aux maladies. Cela vient du fait qu'elle se développe très bien dans des milieux défavorables riches en bactéries pathogènes tels que les fumiers, et cela sans doute grâce à l'arsenal des nombreux peptides anti-microbiens dont les gènes sont détectés dans son génome. Cependant, un autre aspect à considérer est



Spermatozoïdes de la mouche soldat noire, les noyaux sont marqués par du DAPI et fluorescent en bleu, microscope à épifluorescence, objectif x40.



L'accouplement de la mouche soldat noire peut durer entre 20 et 120 minutes.

le manque de connaissances sur les pathogènes qui pourraient spécifiquement affecter cette espèce animale. Quelques rapports montrent que des champignons et bactéries entomopathogènes peuvent à forte dose tuer les BSF. De plus, des producteurs commencent à observer quelques cas de mortalités.

Les biologistes ont recherché² quels virus pouvaient infecter la mouche soldat noire. Dans une première étude, consistant à explorer les données génomiques publiques, nous avons ainsi pu décrire le premier virus spécifique des BSF. Il s'agit d'un totivirus qui est retrouvé dans plusieurs élevages à travers le monde. Par ailleurs, ils ont découvert d'autres types de virus dans des élevages qui présentent des taux de mortalités anormaux. Par la suite, des études empiriques, nécessitant l'isolation du virus et des infections contrôlées, seront nécessaires pour déterminer si chacun de ces virus est bénin, bénéfique ou réellement pathogène pour la mouche.

REPRODUCTION ET ÉLEVAGE

Dans les années à venir, avec l'essor de la BSF comme bio-convertisseur d'une grande diversité de déchets en larves, les connaissances concernant les conditions permettant à des individus de produire une descendance conséquente et efficace seront déterminantes pour l'efficacité des élevages. Alors que les larves des BSF font l'objet de nombreuses investigations, le stade adulte est beaucoup moins étudié. Pourtant, optimiser un élevage et son rendement nécessitent la maîtrise de différents paramètres, certains plus accessibles que d'autres. Chez la BSF, il est par exemple connu que la lumière entre en jeu dans la création d'un environnement propice à la reproduction, mais on voit également une influence de la température et du substrat de développement. Les paramètres biologiques et écologiques qui déterminent la fertilité sont très mal connus, et peuvent varier selon les conditions d'élevage. À partir de janvier 2023, l'IRBI conduira des études poussées sur la reproduction de cette mouche³, principalement chez les mâles, en relation avec les microbes qui pullulent dans le milieu de développement (collaboration INRAE ISP centre de Tours-Nouzilly).

UN NOUVEAU MODÈLE POUR LA SÉLECTION SEXUELLE

Au-delà des leviers qui aideront les professionnels de cet élevage émergent, la BSF est aussi un formidable terrain de jeu pour l'étude plus fondamentale de la sélection sexuelle.

La BSF est une espèce polyandre, chez qui une femelle peut s'accoupler avec plusieurs mâles, ce qui pose la question de la paternité des descendants et de son contrôle par les femelles. Au fil de ses copulations, la femelle stocke le sperme fourni par les différents mâles dans des organes dédiés à cette fonction : les spermathèques. Curieusement, chez cette espèce il y en a trois, ce qui la différencie de la plupart des autres insectes. Au sein de ces organes peut ensuite se dérouler une sélection sexuelle post-copulatoire, par le biais de deux mécanismes. D'une part la compétition spermatique, compétition entre éjaculats de différents mâles pour la fécondation d'une femelle, d'autre part, les choix cryptiques de la femelle, permettant à cette dernière de sélectionner les spermatozoïdes qui vont féconder ses ovocytes. On observe chez la BSF des adaptations physiologiques typiquement liées à ces mécanismes avec, du côté du mâle, des testicules particulièrement gros et des spermatozoïdes nombreux et extrêmement longs, et, chez la femelle, des organes reproducteurs complexes, qui comprennent des structures qui n'ont jamais été décrites chez d'autres insectes. Les études des mécanismes de transfert-stockage et utilisation des spermatozoïdes seront utiles pour comprendre les modalités de la sélection sexuelle chez cette espèce modèle, mais aussi pour affiner les schémas de sélection génétique chez ce nouvel animal d'élevage. Malgré des conditions d'élevage qui semblent maîtrisées, beaucoup reste à découvrir chez cette espèce dont la biologie n'est étudiée en détail que depuis quelques années.

Marina QUEREJETA < IRBI
marina.querejeta@univ-tours.fr

Frédéric MANAS < IRBI
frederic.manas@univ-tours.fr

Christophe BRESSAC < IRBI
christophe.bressac@univ-tours.fr

Élisabeth HERNIOU < IRBI
elisabeth.herniou@univ-tours.fr

<https://irbi.univ-tours.fr/>

¹ Dans le cadre du projet région Centre-Val de Loire MIMOSA (Mécanismes d'Interactions Insectes Microorganismes : une Opportunité pour la Sécurité Alimentaire).

² Dans le cadre du projet Européen INSECT DOCTORS

³ Dans le cadre du projet APRIR BioSexFly financé par la région Centre-Val de Loire