



# The International Platform of Insects for Food and Feed

Renforcer la collaboration entre les opérateurs au sein la filière insecte, les acteurs académiques et les décideurs politiques

**v2 Mai 2022**



# TROIS AXES DE RECHERCHE PRIORITAIRES

---



**TIRER PLEINEMENT PARTI DU POTENTIEL DE CIRCULARITÉ DU SECTEUR DES INSECTES**



**RÉUTILISATION DES SOUS-PRODUITS ISSUS DES INSECTES - MISE AU POINT SUR LA CONTRIBUTION PROMETTEUSE DU FRASS D'INSECTES DANS LE SECTEUR AGRICOLE**



**EXPLORER LES BÉNÉFICES NUTRITIONNELS ET POUR LA SANTÉ DE L'UTILISATION DES INSECTES DANS LES ALIMENTS DESTINÉS À L'ALIMENTATION HUMAINE ET ANIMALE**

# AVANT-PROPOS

Le secteur européen des insectes est un nouveau secteur agricole qui continue de croître rapidement aux quatre coins du continent. Animés par la volonté de surmonter le défi de nourrir une population croissante dans le respect des limites de notre planète, les entrepreneurs, startups et acteurs bien établis du secteur agroalimentaire ont uni leurs forces avec les chercheurs pour combler les lacunes dans nos connaissances et ainsi créer des nouvelles possibilités dans le cadre législatif de l'UE.

Cette collaboration a porté ses fruits : les efforts déployés pendant de nombreuses années ont permis d'obtenir des progrès réglementaires majeurs au sein de l'Union européenne en 2021 avec l'entrée en vigueur, durant la même année, des **premières autorisations pour les nouveaux aliments, de l'approbation de l'utilisation de protéines d'insectes transformées pour nourrir les porcs et les volailles ainsi que des premières normes en matière de transformation des frass d'insectes**. Le dialogue franc mené entre les représentants du secteur (principalement la plateforme internationale de la production d'insectes pour l'alimentation humaine et animale - IPIFF), les décideurs politiques (Commission européenne, États membres, autorités), le milieu de la recherche (universités, centres de recherche) et plusieurs autres acteurs a joué un rôle clé dans le déblocage de ces possibilités législatives.

Le succès de l'élevage d'insectes se poursuit. Outre la menace imminente que représentent le changement climatique et la nécessité d'approvisionner tant les pays industrialisés que les pays en développement en aliments produits de manière durable, de nouveaux défis se dressent également devant nous. L'élevage d'insectes nous offre la possibilité de rendre nos systèmes alimentaires plus résilients face aux perturbations que pourraient susciter les futurs pandémies ou conflits militaires, tout en ouvrant de nouveaux horizons à l'innovation biologique ou en permettant aux futurs établissements humains de devenir autosuffisants dans l'espace.

Les initiatives telles que la réalisation de cette brochure revêtent une importance capitale pour garantir la future réussite du secteur. Le dialogue approfondi mené entre différentes parties prenantes en amont de cette publication a permis d'identifier et de hiérarchiser les lacunes en termes de connaissances qui, si elles

sont comblées, contribueront à l'expansion de l'élevage d'insectes. **La diversification du spectre de substrats autorisés** et le renforcement de la circularité du secteur agroalimentaire **par l'amélioration des connaissances concernant les multiples avantages qu'offre le frass d'insectes en tant qu'engrais, tout en renforçant les connaissances concernant les bienfaits de l'utilisation d'insectes dans l'alimentation humaine et animale**, sont autant de sujets sur lesquels s'est concentré le milieu de la recherche dans le cadre des projets financés par l'UE (par exemple, le projet SUSINCHAIN de Horizon 2020) et qui resteront très pertinents à l'avenir. Sur le long terme, les recherches ciblées permettront de démontrer les avantages nutritionnels, environnementaux et économiques de l'élevage d'insectes, ce qui sera primordial pour maximiser la contribution du secteur aux ambitions du Pacte vert pour l'Europe et à la réalisation du Programme des Nations unies à l'horizon 2030.

Par conséquent, en ma qualité de Président de la commission d'étude sur les insectes de la fédération européenne de zootechnie (EAAP), j'encourage les parties prenantes actives dans ce secteur à se baser sur ce document et les autres publications de l'IPIFF, et j'invite tous les acteurs à continuer à engager des échanges fructueux avec le secteur et les décideurs politiques.

## **Dr Teun Veldkamp**

Président de la commission d'étude sur les Insectes de la fédération européenne de zootechnie (EAAP) - Chercheur confirmé sur l'utilisation d'insectes pour l'alimentation humaine et animale à l'université de Wageningen (Wageningen University & Research) et à l'institut de recherche Wageningen Livestock Research.

# 1. TIRER PLEINEMENT PARTI DU POTENTIEL DE CIRCULARITÉ DU SECTEUR DES INSECTES

## 1.1. Explorer l'utilisation de « nouveaux substrats » dans l'alimentation des insectes

### OBJECTIF A : Renforcer les connaissances concernant l'utilisation sûre de nouveaux substrats dans l'alimentation des insectes

### OBJECTIF B: Accroître l'utilisation d'insectes dans les applications biosourcées

#### 1.1.1. Pertinence du sujet

**Les derniers chiffres démontrent que, chaque année, près de 130 millions de tonnes d'aliments sont gaspillés au sein de l'Union européenne.**

Entre un tiers et 40 % des aliments produits ne sont pas consommés. Certaines statistiques indiquent même qu'entre 90 et 130 millions de tonnes de denrées alimentaires sont gaspillées chaque année au sein de l'Union européenne<sup>1</sup>, entraînant une charge financière « estimée à plus de 143 milliards d'euros »<sup>2</sup>. Les insectes, qui sont des décomposeurs naturels, sont à même de transformer des matières organiques, telles que des anciennes denrées alimentaires<sup>3</sup> contenant de la viande ou du poisson ou des déchets de cuisine et de table, qui seraient autrement jetées ou décyclées. Bien que ces matières ne soient pas nécessairement adaptées pour d'autres animaux producteurs de denrées alimentaires, les larves d'insectes ont la capacité unique d'opérer un recyclage valorisant en transformant ces intrants en une large gamme de produits de valeur tels que des protéines, des lipides ou du frass d'insectes, qui s'avère être un amendement du sol puissant. Cela permettra, selon nous, d'accroître le potentiel de contribution du secteur européen des insectes à la circularité en comblant les lacunes liées aux ressources comestibles non valorisées. À long terme, les réformes réglementaires en la matière devraient jouer un rôle clé pour continuer à renforcer les capacités de production du secteur européen des insectes, comme le stipule le document publié récemment par le centre conjoint de recherche de la Commission européenne<sup>4</sup>.

**Les insectes sont extrêmement utiles pour convertir toute une série d'intrants en protéines de haute qualité**

Comme le reconnaît l'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le taux de

conversion alimentaire élevé des insectes constitue l'un des principaux avantages de cette production. En effet, tout au long de leur stade larvaire, les insectes possèdent un avantage comparatif puisqu'ils sont en mesure de transformer divers intrants en produits de haute qualité, tels que des protéines, des graisses ou des engrais, notamment grâce à leur capacité d'adaptation à la température ambiante<sup>6</sup>. Diversifier l'éventail des substrats autorisés dans l'élevage d'insectes, en incluant les anciennes denrées alimentaires contenant de la viande et du poisson et, par la suite, les déchets de cuisine et de table dans la liste des substrats autorisés, permettra de réduire encore davantage l'empreinte du secteur des insectes, tout en convertissant de manière efficace ces intrants en produits durables et de valeur, ce qui ouvrira la voie à la réintroduction en toute sécurité de nutriments précieux dans la chaîne de l'alimentation animale grâce à la biotransformation effectuée par les insectes.

#### Le cadre législatif actuel : de quoi se nourrissent les insectes ?

*Naturellement, les insectes se nourrissent d'un large éventail d'intrants. Conformément aux objectifs de l'économie circulaire<sup>7</sup> et du nouveau Plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'économie circulaire, les producteurs européens d'insectes apportent leur contribution en réutilisant les ressources de manière plus durable et en utilisant des substrats produits localement. Selon une consultation menée en interne, la plupart des membres de l'IPIFF utilisent des fruits, des légumes et céréales en tant que matière première ou tout autre coproduit issu de l'industrie agroalimentaire, des coproduits qui seraient autrement jetés ou sous-exploités.*

*Les normes européennes stipulent que les anciennes denrées alimentaires ainsi que certains sous-produits d'origine animale (aussi connus sous le nom de matières de catégorie 3) peuvent être utilisés dans l'alimentation animale. Toutefois, il est actuellement impossible d'utiliser d'anciennes denrées alimentaires contenant de la viande ou du poisson dans le régime alimentaire des animaux. Pourtant, la contribution des insectes aux principes de circularité pourrait encore augmenter en autorisant la réutilisation d'un plus grand nombre de matières d'origine animale, à condition que les législateurs européens l'autorisent.*

**L'autorisation de nouvelles catégories de substrats pour insectes pourrait permettre d'exploiter pleinement le potentiel du secteur européen des insectes en matière de circularité.**

Élargir l'éventail des possibilités en autorisant l'utilisation de nouveaux substrats jouera un rôle déterminant pour rendre la production d'insectes plus circulaire et permettra au secteur européen de l'élevage d'insectes d'exprimer son plein potentiel. L'inclusion

d'anciennes denrées alimentaires contenant de la viande et du poisson, puis des déchets de cuisine et de table, constituera un facteur déterminant : ces matières, inadaptées aux autres animaux d'élevage, peuvent être recyclées de manière valorisante grâce à la biotransformation effectuée par les insectes. Compte tenu de la demande croissante en protéines, tant pour l'alimentation humaine qu'animale, ces substrats, qui ne sont pas encore autorisés, permettraient au secteur européen des insectes d'atteindre le niveau de production nécessaire pour ainsi compléter l'offre.

Par conséquent, aligner le cadre législatif actuel sur les réalités du terrain du secteur de l'élevage d'insectes ainsi que sur la capacité unique des insectes à recycler ces matières de manière valorisante demeure l'une des priorités du secteur européen des insectes. L'autorisation de nouveaux substrats dans le secteur sera, certes, bénéfique pour l'élevage d'insectes, mais elle permettra également de relever les grands défis sociaux auxquels les États membres de l'UE sont confrontés<sup>8</sup>.

L'IPIFF plaide pour la réalisation d'une évaluation scientifique adéquate des nouveaux substrats potentiels qui pourraient être utilisés dans l'élevage d'insectes. Ces dernières années, notre association s'est efforcée de récolter les informations disponibles concernant l'autorisation éventuelle d'anciennes denrées alimentaires contenant de la viande et du poisson en tant que substrat pour insectes. La présence accidentelle de résidus provenant d'emballages en plastique pourrait également restreindre l'utilisation d'anciennes denrées alimentaires dans l'alimentation animale puisque la présence de ces résidus empêche la réutilisation de certains produits en raison du principe de tolérance zéro appliqué. Ces dernières années, les recherches se sont également penchées sur la capacité des insectes à transformer ces matières en toute sécurité et les résultats sont très prometteurs<sup>9</sup>. Les projets de recherche en cours, à l'échelle nationale ou dans le cadre d'Horizon 2020 et Horizon Europe, joueront un rôle clé dans la mise en place d'un contexte adéquat pour ensuite mandater l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) afin qu'elle présente des conclusions documentées sur les risques potentiels<sup>10</sup> de l'utilisation d'anciennes denrées alimentaires contenant de la viande et du poisson dans l'alimentation des insectes.

### **L'utilisation de nouveaux substrats dans les applications techniques**

Outre la contribution positive qu'ils apportent tout au long des chaînes alimentaires humaine et animale, les insectes peuvent également jouer un rôle clé en facilitant la mise en œuvre des objectifs de la stratégie de l'UE pour la bioéconomie<sup>11</sup>. Dans ce but, des nouvelles matières innovantes pourraient également être utilisées dans différentes exploitations d'élevage

d'insectes afin de produire un large éventail de matières biosourcées, telles que des biocarburants, des bioplastiques ou autres ci-après dénommées « applications techniques ». Par conséquent, de nombreux intrants, qui ne sont pas forcément adaptés aux insectes d'élevage destinés à l'alimentation humaine et animale, pourraient être intégrés dans ces cycles de production fermés, garantissant ainsi un recyclage valorisant de ces matières qui seraient autrement considérées comme des déchets, afin de les transformer en sources d'énergie durables ou en alternatives aux systèmes de production linéaires. En garantissant le respect des normes en matière de sécurité et de bien-être des animaux, ces nouveaux substrats joueront un rôle essentiel dans la production de produits biosourcés, sans faire concurrence aux ressources naturelles limitées.

L'autorisation de nouveaux substrats adaptés aux applications techniques permettra à la biotransformation opérée par les insectes de débloquer des innovations biosourcées et de définir de nouveaux modèles commerciaux qui renforceront les liens entre les secteurs de l'agriculture (dans ce cas, les sous-produits issus des exploitations), de l'énergie (en produisant du biogaz, des biocarburants et autres) et de la recherche et de l'innovation (en examinant le grand potentiel des sous-produits émanant du secteur des insectes tels que les bioplastiques, les biolubrifiants, etc.). Accroître le potentiel de circularité du secteur d'élevage d'insectes permettra de réduire la pression exercée sur l'environnement, tout en renforçant l'avantage compétitif de l'UE, conformément aux objectifs de la nouvelle stratégie de l'UE pour la bioéconomie<sup>12</sup> et du Pacte vert pour l'Europe. Sur le long terme, il sera primordial de boucler la boucle en misant sur une approche multipartite qui tienne compte du rôle crucial que jouent les agriculteurs dans l'innovation biosourcée afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de faciliter l'adaptation au changement climatique ainsi que l'atténuation de ses effets.



*Hermetia illucens larvae - credits to Shutterstock*

### 1.1.2. État des lieux de la recherche

[L'avis scientifique publié en 2015 par l'Autorité européenne de sécurité des aliments \(EFSA\)](#), stipule que « les risques pour l'environnement liés à l'élevage d'insectes devraient être comparables aux risques associés à d'autres systèmes de production animale ». Pourtant, ce même rapport publié par l'EFSA indique que certains facteurs tels que « les méthodes de production utilisées, le substrat sur lequel les insectes sont nourris, l'étape du cycle de vie à laquelle les insectes sont « récoltés », l'espèce d'insecte, ainsi que les méthodes utilisées pour leur traitement ultérieur auront une incidence sur la présence éventuelle de contaminants biologiques et chimiques dans les denrées alimentaires et aliments pour animaux dérivés d'insectes ». Cette conclusion permet, dans une certaine mesure, de cerner les priorités de recherche sur le thème des nouveaux substrats potentiels.

Depuis la publication de la première version de cette brochure, plusieurs groupes de recherche se sont penchés sur la durabilité des substrats qui ne sont actuellement pas autorisés dans l'élevage d'insectes, ainsi que sur les conséquences de leur utilisation en matière de sécurité. Cette version actualisée contient une partie de ces études ; néanmoins, l'objectif de ce chapitre n'est pas de fournir un aperçu complet de ces publications.

#### **Contaminants chimiques**

L'inclusion dans l'alimentation des insectes d'anciennes denrées alimentaires contenant de la viande ou du poisson ainsi que de déchets de cuisine ou de table devrait s'accompagner de faibles risques chimiques pour les activités de production d'insectes, notamment parce ces produits étaient destinés à la consommation humaine<sup>13</sup>. Selon une récente étude portant sur le potentiel d'utilisation des anciennes denrées alimentaires non-autorisées, les différences en matière de possibles risques chimiques pourraient dépendre de la prise en compte ou non de la présence de viande ou d'éventuels résidus d'emballages. Cependant, cette même étude conclut que « aucun des échantillons de substrats ou de larves analysés ne contenait une concentration en contaminants dépassant les limites autorisées par l'UE »<sup>14</sup>.

La présence accidentelle d'éléments non-comestibles utilisés pour faciliter la commercialisation des denrées alimentaires (par exemple, les étiquettes, les emballages et autres matériaux destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires<sup>15</sup>) ou d'éléments qui entrent en contact avec les produits de restauration (par exemple, des serviettes en papier, des couverts en plastique, etc.) est également un des sujets

partiellement couverts par ces études sur les matières non-autorisées. Les recherches confirment que certaines espèces d'insectes sont susceptibles de réagir différemment aux produits synthétiques, tels que les plastiques. Certains insectes sont capables de décomposer les plastiques, notamment le ver de farine<sup>16</sup>, alors que d'autres tels que la mouche soldat noire, par exemple, évitent ce type d'impuretés physiques<sup>17</sup>. Néanmoins, davantage d'informations sont nécessaires concernant les répercussions de la présence de ces éléments sur le développement et la santé des espèces d'insectes d'élevage, afin de fournir des aliments sûrs et nutritifs aux insectes d'élevage, tout en garantissant la durabilité du produit final.

En outre, selon le profil de risque établi par l'EFSA en 2015, compte tenu de leur cycle de vie spécifique (c'est-à-dire la courte durée de vie de l'œuf à l'adulte) et de leur faible fréquence d'alimentation, les insectes présentent un risque plus faible de bioaccumulation que d'autres animaux d'élevage<sup>18</sup>. Actuellement, les études indiquent également que les insectes traitent les métaux lourds différemment<sup>19</sup>. Le même groupe de recherche a également conclu que les larves de la mouche soldat noire n'accumulent pas de mycotoxines et de pesticides dans leur organisme et que ces substances n'ont aucun effet négatif sur leur développement. De plus, de récentes recherches démontrent également que les espèces d'insectes réagissent différemment lorsqu'elles entrent en contact avec des substrats contaminés par des mycotoxines<sup>20</sup>, certaines espèces étant capables de décomposer ces substances alors que d'autres les excrètent.

#### **Contaminants microbiologiques**

Tout comme pour les contaminants chimiques, les risques microbiologiques associés aux déchets de cuisine et de table et aux anciennes denrées alimentaires contenant de la viande et du poisson sont également considérés comme faibles. Il est toutefois primordial de garantir que ces intrants n'aient pas subi une détérioration considérable avant d'être utilisés comme substrat pour insectes<sup>21</sup>. Raccourcir au maximum le délai entre la collecte de ces intrants et leur biotransformation par les insectes est essentiel afin de garantir la sécurité de ces produits. Même lorsque des contaminants biologiques sont présents dans « les substrats utilisés pour l'élevage d'insectes, les pathogènes ne semblent pas se multiplier de manière active dans le tube digestif des insectes »<sup>22</sup>. En outre, en 2015, l'EFSA a conclu que « les prions présents chez les mammifères ne peuvent se multiplier chez les insectes et, par conséquent, les insectes ne sont pas considérés comme des vecteurs et des amplificateurs biologiques possibles des prions »<sup>23</sup>.

#### **Applications techniques**

S'agissant des applications techniques, les études confirment que les insectes apportent une valeur ajoutée en convertissant des matières à faible valeur en un large éventail d'intrants, tels que des bioplastiques<sup>24</sup>,

du biogaz<sup>25</sup> et du biodiésel<sup>26</sup>. Le recyclage valorisant de sous-produits agricoles non-autorisés grâce aux insectes pourrait potentiellement atténuer certains défis environnementaux, notamment en raison de l'élimination inadéquate de ces matériaux.

En tirant parti de la teneur en graisse des larves d'insectes, il est possible de produire du biodiésel présentant des propriétés similaires à celles du carburant dérivé de l'huile de colza<sup>27</sup>. Tandis que les bioraffineries utilisent généralement des produits qui pourraient également être consommés dans l'alimentation animale et humaine, la biotransformation effectuée par les insectes permet d'utiliser de manière efficace des ressources qui seraient autrement considérées comme des « déchets »<sup>28</sup>. Par ailleurs, l'inclusion du frass d'insectes dans la production de biogaz a également donné des résultats prometteurs<sup>29</sup>. En vue de garantir la sécurité des chaînes de production des applications techniques, il est préférable d'inclure le frass lors du bioraffinage<sup>30</sup>. Par la suite, les digestats peuvent être éliminés en tenant compte des meilleures techniques disponibles<sup>31</sup>. De plus, les substances chimiques, telles que les polymères, peuvent être extraites après la biotransformation de substrats non autorisés pour l'alimentation humaine et animale (par exemple, la phéomélanine, la gélatine d'insecte, la chitine). Cependant, même si les preuves scientifiques disponibles témoignent de l'immense potentiel de la biotransformation par les insectes, les recherches sur les applications techniques dans un contexte européen ne sont pas encore assez avancées en raison des contraintes législatives existantes<sup>32</sup>.

### 1.1.3. Les besoins de recherche du secteur européen des insectes

#### **Adopter une approche basée sur le cycle de vie, tout en garantissant la santé et la sûreté des insectes**

À long terme, identifier **les types d'aliments pour animaux qui, en fonction des différentes espèces, permettent d'obtenir un taux de conversion alimentaire plus faible** tout en tenant compte de l'approche du cycle de vie pourrait jouer un rôle dans la réduction de l'empreinte environnementale de l'élevage animal<sup>33</sup>. Plus précisément, l'autorisation de nouveaux substrats permettra non seulement de diversifier l'éventail de possibilités dont disposent les éleveurs d'insectes, mais également de contribuer au **développement de stratégies personnalisées en matière d'alimentation animale**, en fonction de l'apport nutritif des substrats disponibles. L'étude plus approfondie de cette **composition optimisée d'aliments pour animaux pour le bétail non ruminant** devrait également reposer sur l'inclusion, prometteuse, d'ingrédients à base d'insectes combinés à de nouveaux aliments (par exemple les algues, les levures, les produits de fermentation, etc.).

#### **Garantir la sûreté des produits à base d'insectes**

Les entreprises, le monde académique ou encore les consortiums devront accorder la priorité des financements de recherche à certains thèmes spécifiques, en fonction des catégories de nouveaux substrats potentiellement disponibles, réalistes et compatibles avec leurs objectifs économiques<sup>34</sup>. **Toutefois, l'avis scientifique de l'EFSA de 2015 fournit des orientations intéressantes sur cette question**<sup>35</sup>. À cet effet, la future recherche pourra contribuer à élargir les connaissances actuelles quant aux risques potentiels des produits à base d'insectes nourris avec des aliments anciennement destinés à l'alimentation humaine contenant de la viande et du poisson et avec des déchets de cuisine et de table.

#### **Contaminants chimiques**

Hormis certaines exceptions qui méritent plus ample attention, les larves d'insectes sont généralement moins sujettes à la bioaccumulation de métaux lourds, de pesticides ou de polluants organiques persistants<sup>36</sup>. Néanmoins, de nouvelles recherches quant à la potentielle réaction des espèces d'insectes aux métaux lourds<sup>37</sup> et aux mycotoxines devraient probablement apporter des réponses à de nombreuses questions quant aux mécanismes spécifiques de chaque espèce.

#### **Contaminants microbiologiques**

Les paramètres microbiologiques sont surveillés de près par les exploitants du secteur alimentaire, mais l'occurrence de certains pathogènes dépend des méthodes de transformation appliquées une fois que l'on estime que les intrants, tels que les produits de cuisine et de table et les denrées alimentaires, ne conviennent plus à l'alimentation humaine. Il est nécessaire de se pencher sur **le caractère adapté des différentes catégories d'anciennes denrées alimentaires**



Credits to Innovafeed

**contenant de la viande et du poisson**<sup>38</sup>, en tenant compte **des besoins biologiques spécifiques à chaque espèce**<sup>39</sup>. S'il est probable que chaque espèce ait sa façon propre de transformer certains contaminants microbiologiques, il est nécessaire d'en savoir plus sur le rôle du microbiote intestinal et son développement lorsqu'il entre en contact avec de tels intrants. Moduler les capacités des larves d'insectes pour qu'elles réagissent mieux face à de tels pathogènes éventuels permettra potentiellement d'éliminer plus facilement les éventuels risques au sein de la chaîne d'alimentation animale.

En outre, il reste encore beaucoup de choses à découvrir au sujet du « **priming immunitaire transgénérationnel** » (TGIP) - un mécanisme qui permet aux insectes d'améliorer l'immunité de leur progéniture à la suite d'une interaction avec un pathogène particulier<sup>40</sup>. À cet effet, sur la base de l'expérience grandissante du secteur des insectes dans le domaine de la génétique (par exemple, via la sélection de souches d'individus particuliers en fonction de leur digestion, production, reproduction et résistance), le TGIP peut servir de mécanisme complémentaire afin d'**optimiser la valeur adaptative des insectes d'élevage**<sup>41</sup> et, par conséquent, du secteur en lui-même.

#### **Le cas des « matériaux d'emballage »**

Certaines denrées alimentaires sont déjà autorisées dans l'alimentation animale (par exemple les denrées contenant des produits d'origine végétale), mais la « tolérance zéro » pour les matières plastiques (et autres éléments utilisés pour l'emballage) pourrait nécessiter une étape de transformation supplémentaire avant de pouvoir inclure ces éléments dans l'alimentation animale. Toutefois, les insectes - qui ont la capacité de biotransformer certaines matières dérivées du plastique - pourraient représenter la solution pour transformer d'anciennes denrées alimentaires en aliments pour animaux (à condition que le principe de « tolérance zéro » pour les aliments des animaux à base d'insectes soit garanti), permettant ainsi de combler le fossé entre « élimination »<sup>42</sup> et « réutilisation »<sup>43</sup>. À cet effet, il est nécessaire d'évaluer les techniques qui garantiraient la conformité des ingrédients à base d'insectes<sup>43</sup> et la transformation sûre des sous-produits. Il faudrait envisager la même approche pour les anciennes denrées alimentaires contenant de la viande et du poisson.

#### **Inclure les insectes dans la bioindustrie**

La capacité des insectes à décomposer la matière organique fait l'objet d'un large consensus. Cependant, pour développer les connaissances concernant l'usage d'insectes dans le cadre d'applications biosourcées, de nouvelles études sont attendues à l'avenir afin de répondre à des questions telles que celles de l'optimisation de ces chaînes de production et de l'amélioration du caractère prévisible des propriétés du produit final. Au vu du large éventail d'intrants potentiels non autorisés pour l'élevage d'insectes

mais pouvant être directement utilisés à des fins techniques (notamment les effluents, les boues, etc.), il est nécessaire de prendre en compte la capacité des insectes à améliorer l'efficacité de ces chaînes (par exemple, les insectes pourraient avoir une incidence positive en réduisant la quantité d'intrants utilisés dans les applications techniques, telles que la production de biogaz, tout en concentrant les éléments nécessaires pour ces applications techniques). Il est donc nécessaire d'analyser de manière approfondie l'influence des facteurs abiotiques sur la biotransformation de ces matières (température, humidité, composition chimique du substrat, etc.) à l'échelle industrielle. an industrial scale.

À ce jour, plusieurs espèces autorisées dans l'UE (par exemple pour la production de denrées alimentaires ou d'aliments pour animaux) ont fait l'objet de tests en vue d'applications techniques. D'autres espèces, y compris celles non autorisées dans l'alimentation humaine et animale, pourraient également donner des résultats prometteurs dans la conversion de sous-produits en intrants polyvalents<sup>46</sup>.

D'après la recherche scientifique récente, la communauté académique entrevoit un énorme potentiel dans **la biotransformation des produits non adaptés aux chaînes des aliments destinés aux humains et aux animaux**. Par exemple, dans le cadre de la transition vers des carburants plus durables (pour répondre au besoin de remplacer les carburants fossiles actuellement utilisés), la priorité devrait être de développer des chaînes de production efficaces pour le biogaz et le biodiesel. En outre, en ce qui concerne d'autres matières biosourcées (tels que les bioplastiques, les biolubrifiants, etc.), il est nécessaire d'approfondir les connaissances au sujet des substrats pour insectes qui conviennent pour produire des résultats d'une qualité prévisible et conformes aux exigences du marché.



Credits to Shutterstock

## 2. TIRER PLEINEMENT PARTI DU POTENTIEL DE CIRCULARITÉ DU SECTEUR DES INSECTES

### 2.2. Réutilisation des sous-produits issus des insectes - mise au point sur la contribution prometteuse du frass d'insectes dans le secteur agricole

**OBJECTIF A : Mieux définir les bénéfices de l'application du frass sur les propriétés du sol**

**OBJECTIF B: Approfondir les connaissances autour des bénéfices nutritionnels du frass pour les cultures concernées**

#### 2.2.1. Pertinence du sujet

Les insectes jouent un rôle essentiel dans la plupart des réseaux alimentaires terrestres, contribuant aux innombrables interactions entre producteurs, consommateurs et décomposeurs. Dans les environnements naturels, les insectes consomment de la matière organique et la décomposent en excréments qui fournissent des nutriments et microorganismes précieux pour la végétation. À l'instar des élevages d'animaux « classiques », les élevages d'insectes pourraient valoriser de très nombreux sous-produits. Néanmoins, étant donné qu'il s'agit d'un secteur encore très récent, le potentiel de la plupart de ces produits n'est pas pleinement exploité. Outre les principaux produits issus des élevages d'insectes (à savoir les insectes entiers, les protéines ou encore les matières grasses<sup>47</sup>), les excréments issus des larves (aussi appelés « frass d'insectes » ou « frass ») ont un immense potentiel d'utilisation en tant qu'amendement de haute qualité pour les sols.

#### Nouveaux développements dans le cadre réglementaire de l'UE

**Le 29 novembre 2021, la Commission européenne a adopté une législation (règlement (UE) 2021/1925<sup>48</sup>) en ce qui concerne les exigences applicables à la production et à la mise sur le marché européen du frass d'insectes. Ce texte juridique comprend également la définition suivante :**

**« 61. "frass", un mélange d'excréments d'insectes d'élevage, de substrat alimentaire, de parties d'insectes d'élevage et d'œufs morts, dont la teneur en insectes d'élevage morts ne dépasse pas 5 % en volume et 3 % en poids. ».**

Depuis l'automne 2021, quand les États membres de l'UE ont voté les premières normes de référence pour la transformation du frass d'insectes, les agriculteurs de tout le continent ont la possibilité d'incorporer du frass dans leurs stratégies de fertilisation des cultures.

#### Contexte mondial

L'imprévisibilité du marché mondial des engrais minéraux devrait persister<sup>49</sup> et les crises, telles que la pandémie de Covid-19 et l'agression militaire injustifiée de la Russie contre l'Ukraine, accentueront la pression sur l'offre et la demande mondiales pour ces produits. Ainsi, diversifier l'offre des amendements pour sol produits localement permettra de réduire la dépendance vis-à-vis des minéraux importés. Dans la recherche d'alternatives plus durables, les matières premières organiques pour engrais - telles que le frass d'insectes - sont aujourd'hui vues comme une solution complémentaire pour répondre à la demande croissante en amendements de sol organiques<sup>50</sup> et de haute qualité<sup>51</sup>. La réutilisation du frass d'insectes en agriculture améliorera le caractère circulaire de l'industrie de production d'insectes. Qui plus est, sur la base des récentes études menées ces dernières années, une définition complète, basée sur la recherche, de ce sous-produit permettrait de contribuer à prouver son excellent potentiel fertilisant, tout en générant un revenu complémentaire pour les éleveurs d'insectes.

Tout comme le compost et d'autres types d'effluents d'origine animale, le frass contient des nutriments et micronutriments importants, ainsi que de la chitine, qui pourraient stimuler la croissance de bactéries bénéfiques dans le sol. Ces propriétés font du frass une solution utile pour les agriculteurs du secteur des cultures (par exemple dans la vitiviniculture) ou encore les jardiniers de toute l'Europe, qui peuvent intégrer le frass d'insectes dans leurs stratégies de fertilisation (pour de plus amples informations, une fiche thématique de l'IPIFF a récemment été publiée à ce sujet<sup>52</sup>). Comme décrit ci-dessous, il a également été prouvé que la réutilisation du frass en agriculture s'avère bénéfique pour la croissance, la santé et le développement des végétaux. Les excréments d'insectes « peuvent contenir de vastes quantités de nutriments sous une forme facilement assimilable par les végétaux »<sup>53</sup>. En outre, intégrer le frass d'insectes dans les stratégies de fertilisation pourrait offrir aux végétaux non seulement des nutriments et micronutriments essentiels à leur croissance, mais également des microorganismes inhibant le développement de pathogènes<sup>54</sup> qui, à leur tour, réduiront le besoin d'appliquer des intrants supplémentaires tels que les engrais minéraux ou les produits phytosanitaires.

#### 2.2.2. État des lieux de la recherche

Au cours des dernières années, plusieurs études ont été publiées au sujet des bénéfices du frass sur la santé des sols et des végétaux. En parallèle, la recherche sur les nouvelles utilisations possibles des insectes d'élevage et de leur frass avance à grands pas<sup>55</sup>. Alors qu'un changement de la composition des effluents d'élevage a déjà été signalé chez de nombreuses espèces<sup>56</sup>, les propriétés du frass d'insectes, ainsi que celles d'autres sous-produits issus des insectes, pourraient être spécifiquement adaptées aux différents régimes alimentaires et espèces.

#### Propriétés chimiques - contenu nutritionnel du frass d'insectes et potentiel pour l'agriculture

Selon les récentes découvertes scientifiques, le

ratio azote, phosphore, potassium (NPK) dans le frass d'insectes est similaire à celui que l'on trouve dans les effluents d'animaux ou le compost<sup>57</sup>. En outre, le recours à de tels amendements du sol améliore le poids des semences<sup>58</sup> ainsi que leur germination<sup>59</sup>. Le frass contribue à améliorer la teneur en chlorophylle, le poids frais du végétal ainsi que sa longueur et sa largeur - avec des effets positifs intéressants sur l'amélioration de la résistance des plantes aux facteurs de stress abiotiques (tels que la sécheresse ou la salinité)<sup>60</sup>. Ces conséquences positives de l'application de frass s'expliquent également par la présence de nombreux micronutriments essentiels pour les végétaux, ainsi que d'autres composants qui font du frass un amendement précieux ; autant d'aspects qui font actuellement l'objet de recherches<sup>61</sup>.

Des liens de corrélation proportionnels ont également été établis entre l'alimentation des insectes et leur frass, reflétant l'influence du substrat sur le contenu nutritionnel du frass<sup>62</sup>. En outre, selon une récente étude visant à évaluer les effets de l'application de frass de *Tenebrio molitor* sur les végétaux, « on obtient les meilleurs résultats lorsque les insectes reçoivent une alimentation faible en matières grasses et en amidon<sup>63</sup> ». Toutefois, cette même étude souligne l'importance de l'alimentation des insectes, qui peut mener à des effets différents sur le développement de la plante. Par exemple, une étude indique que l'apport en eucalyptus chez les coléoptères mène à une limitation de la germination et de la croissance de plusieurs végétaux, en raison des substances chimiques présentes dans le substrat des insectes<sup>64</sup>. Cet exemple illustre la nécessité d'aller plus loin dans la recherche sur les corrélations entre l'alimentation des insectes et les caractéristiques de leur frass, qui pourrait avoir différentes applications en raison de ses potentielles propriétés spécifiques en fonction du type d'alimentation animale.

### **Propriétés microbiennes - le rôle du frass dans l'amélioration de la santé, de la croissance et du développement des végétaux**

Si les caractéristiques chimiques des engrais sont extrêmement importantes pour les agriculteurs, leurs propriétés microbiennes sont tout aussi importantes. En ce sens, certains microbes présents dans le frass d'insectes agissent comme des microorganismes favorisant la croissance des plantes (MFCP), améliorant la santé des plantes et facilitant l'absorption de nutriments<sup>65</sup>. Ces microbes, présents dans le microbiote intestinal des insectes, améliorent la disponibilité des nutriments pour les végétaux<sup>66</sup>, contribuant de manière positive aux paramètres pertinents pour la croissance et le développement des végétaux (tels que la longueur des racines, la vigueur des plants et la biomasse sèche)<sup>67</sup>. En outre, certaines bactéries isolées des intestins de larve - également présentes dans le frass d'insectes - ont déjà donné des résultats positifs pour l'inhibition de la croissance de champignons pathogènes chez les plantes<sup>68</sup>. Il est clair que tirer parti de toutes les propriétés du frass d'insectes permettrait de réduire le besoin d'appliquer des

produits agrochimiques supplémentaires, facilitant l'utilisation de ces éléments dans le cadre de stratégies de lutte intégrée contre les organismes nuisibles.

De la même manière, la structure physique du frass d'insectes pourrait exercer une influence positive sur la structure du sol en permettant une meilleure aération des champs agricoles, promouvant ainsi l'activité d'invertébrés bénéfiques au sol (par exemple les vers de terre). Toutefois, les implications réelles de l'utilisation du frass sur ce point restent assez peu étudiées à ce jour.

Enfin, l'impact des méthodes de traitement thermique sur les caractéristiques du frass d'insectes, telles que l'inhibition susmentionnée de champignons pathogènes, est encore en cours d'étude. D'après les essais qui ont été menés, l'application de stress thermique entraînerait des conséquences néfastes sur la qualité du produit, en tuant les MFCP.

### **2.2.3. Les besoins de recherche du secteur européen des insectes**

En lien avec la priorité de recherche **1.2.**, il est nécessaire de mener des recherches scientifiques concernant **les propriétés chimiques et microbiologiques du frass d'insectes** afin d'améliorer l'état de nos connaissances globales au sujet des différentes façons de transformer et d'appliquer le frass, et de mieux comprendre la compatibilité entre le frass et les besoins des plantes, spécifiques à chaque secteur<sup>69</sup>.

En général, les priorités de recherche seront formulées en fonction des caractéristiques des amendements du sol, de leur potentiel impact environnemental ainsi que de l'éventuelle présence de contaminants pertinents<sup>70</sup>. Comme cela a été souligné dans les études susmentionnées, les propriétés du frass varient selon l'alimentation des insectes et leur microbiote intestinal. Ainsi, approfondir les connaissances scientifiques contribuerait à consolider la description scientifique du frass d'insectes et des facteurs jouant sur ses caractéristiques chimiques, physicochimiques et biologiques (selon les différents substrats utilisés, y compris les intrants actuellement non autorisés tels que les déchets de cuisine et de table et les anciennes denrées alimentaires contenant de la viande et du poisson), permettant ainsi d'améliorer la prévisibilité du produit final et offrant aux agriculteurs la possibilité d'intégrer le frass dans leur stratégie de fertilisation en fonction de leurs cultures et des besoins spécifiques de ces dernières<sup>71</sup>.

Nonobstant les propriétés chimiques et microbiologiques du frass d'insectes, il est évident qu'il faut accorder une attention accrue **aux interactions entre son utilisation agricole et les répercussions sur les facteurs de stress abiotiques**. Dans un contexte actuel déjà marqué par des sécheresses fréquentes, il faut étudier plus avant le rôle que joue le frass pour faciliter l'adaptation des

plantes aux conditions salines ou aux pénuries d'eau.

Enfin, à la lumière des récentes réformes réglementaires menées au niveau européen (par exemple les normes de base de l'UE pour le frass d'insectes<sup>72</sup> et l'autorisation du frass d'insectes dans la production végétale biologique européenne<sup>73</sup>), suivre les effets à long terme du frass sur les propriétés du sol pourrait apporter des informations précieuses, notamment sur ses bénéfices sur la **séquestration du carbone dans le sol**. Cet aspect, même s'il n'est pas abordé en profondeur dans le présent document, pourrait se révéler d'une grande importance à l'avenir, plus particulièrement car il est nécessaire d'identifier des solutions à long terme dans la lutte contre le changement climatique.

#### **Propriétés chimiques - étudier les nutriments présents dans le frass d'insectes**

Des études ont déjà fourni des résultats quant aux corrélations entre les substrats utilisés dans l'élevage des insectes et leurs effluents. Néanmoins, ce sujet mérite une plus grande attention afin de **déterminer quelle est l'influence du substrat des insectes** sur les mécanismes spécifiques altérant les propriétés du frass<sup>74</sup>. La teneur en NPK est particulièrement importante, tout comme la présence de micronutriments essentiels. Sa teneur en carbone et son potentiel pour renforcer la séquestration du carbone dans le sol représentent également des sujets très pertinents. Inversement, ses propriétés physiques pertinentes pour les produits fertilisants sont également importantes<sup>75</sup>.

Desurcroît, l'homéostasie nutritionnelle des insectes - leur permettant de maintenir une composition élémentaire similaire dans leur corps (notamment en carbone, azote et phosphore) lorsque leur alimentation change - doit faire l'objet de recherches plus approfondies<sup>76</sup>. L'analyse des mécanismes qui rendent les insectes hautement efficaces dans leur stratégie alimentaire pourrait jouer un rôle clé pour aller vers une meilleure optimisation de leurs besoins nutritionnels en élevage.

#### **Propriétés microbiennes - le potentiel du frass d'insectes dans les stratégies de lutte intégrée contre les organismes nuisibles**

En complément, sur la base des conclusions des études ayant identifié des liens entre l'alimentation des insectes et l'effet de leur frass sur la santé végétale<sup>77</sup>, la recherche devra aussi examiner **les interactions générales entre le substrat utilisé dans l'élevage d'insectes et les conséquences sur la santé et le développement des végétaux**. De telles études tiendront compte en priorité des lignes directrices générales et des éléments techniques pour l'évaluation des engrais et biostimulants<sup>78</sup>.

Le rôle des microorganismes favorisant la croissance des plantes (MFPC) présents dans le microbiote intestinal et le frass d'insectes doit être analysé plus en détail. Plus particulièrement, leur capacité à faciliter l'absorption de nutriments<sup>79</sup> et à

améliorer la résistance des plantes face aux nuisibles demeurent des éléments qui apporteront des bénéfices implicites pour les agriculteurs: il faudra moins d'intrants agricoles (tels que les engrais minéraux et les produits phytosanitaires), sans conséquences négatives sur la récolte.

La priorité doit aussi être de garantir que les bactéries bénéfiques pour la santé végétale ne soient pas perdues. Si le traitement thermique actuellement utilisé respecte les normes pour les effluents d'animaux, **il est toutefois nécessaire d'identifier la séquence de procédures de traitement la moins néfaste permettant de conserver les propriétés bénéfiques du frass**, facilitant ainsi son utilisation sur les terres agricoles.



*Tenebrio molitor - credits to Shutterstock*

# 3. EXPLORER LES BÉNÉFICES NUTRITIONNELS ET POUR LA SANTÉ DE L'UTILISATION DES INSECTES DANS LES ALIMENTS DESTINÉS À L'ALIMENTATION HUMAINE ET ANIMALE

**OBJECTIF A: Démontrer les nouveaux bénéfices pour la santé qu'apportent les insectes dans l'alimentation humaine et animale**

**OBJECTIF B: Étayer les allégations à propos des bénéfices nutritionnels et de santé qu'apportent les insectes dans l'alimentation humaine et animale**

## 3.1.1. Pertinence du sujet

Aujourd'hui, plus d'un quart de la population mondiale consomme des insectes comestibles<sup>80</sup>. Dans les pays tropicaux, la majorité des espèces sont prélevées dans la faune sauvage, tandis que dans le reste du monde, l'élevage en intérieur se fait toujours plus efficace pour convertir des produits agro-alimentaires à plus faible valeur en produits de grande qualité destinés à l'alimentation humaine et animale. La demande croissante d'alternatives aux sources « traditionnelles » de protéines animales, ainsi que l'intérêt croissant porté aux produits alimentaires adaptés à certains régimes alimentaires ou avec une empreinte environnementale plus faible<sup>81</sup>, **indiquent qu'il est nécessaire d'approfondir l'évaluation des propriétés nutritionnelles et chimiques et des répercussions sur la santé de la consommation de produits à base d'insectes.**

### *Les insectes comme denrées alimentaires dans l'UE*

Dans l'Union européenne, de nouvelles évolutions réglementaires ont ouvert le marché aux divers produits dérivés du ver de farine, du criquet migrateur et du grillon domestique (note: ce document a été mis à jour en avril 2022)<sup>82</sup>. Les chiffres montrent que les insectes comestibles, d'abord considérés comme des encas occasionnels<sup>83</sup>, sont de plus en plus vus comme des compléments utiles dans la nutrition des sportifs ou comme alternatives à la consommation de viande<sup>84</sup>. Cette évolution de l'attitude des consommateurs, motivée par des questions de santé, des croyances personnelles ou collectives ou simplement par la curiosité, crée de nouvelles opportunités pour le secteur des insectes<sup>85</sup>. Les ingrédients variés présents dans les aliments à base d'insectes en font des produits polyvalents et compatibles avec les préférences alimentaires des semi-carnivores<sup>86</sup>, des meatgan<sup>87</sup>, des flexitariens<sup>88</sup> ou encore des athlètes<sup>89</sup>. L'inclusion d'ingrédients à base d'insectes dans les aliments de base constitue également un secteur prometteur, car elle pourrait permettre d'en améliorer la valeur nutritionnelle sans en affecter les caractéristiques technologiques. Au-delà du potentiel rôle de substitution dans les ingrédients de base des denrées alimentaires, les protéines (en particulier

les acides aminés essentiels), acides gras et minéraux (par exemple le zinc, le fer et les vitamines D et B12) présents chez les insectes pourraient constituer un outil viable pour remédier aux carences, très répandues également dans les pays développés.

### *Les insectes et leur contribution à la santé à travers le lien indissociable entre agriculture et alimentation*

Il existe de nombreuses interactions entre le régime alimentaire des êtres humains et leur santé ; un sujet intéressant qui a fait et continuera de faire l'objet de recherches. Si les défis actuels touchant la production alimentaire, tels que le changement climatique, mèneront probablement à des changements dans les préférences et habitudes alimentaires des consommateurs, la viande animale demeurera une source nutritive de protéines pour de nombreux Européens. Ainsi, poursuivre les recherches sur la santé des animaux, tout en tenant compte de ses répercussions sur la santé des humains, doit rester une priorité. Une meilleure compréhension du système digestif, du métabolisme et du système immunitaire des animaux pourrait également nous aider à donner la priorité à la recherche pertinente pour la santé humaine, puisque certains animaux (tels que les porcs par exemple) ont servi comme modèle (principalement en raison de leurs ressemblances anatomiques, génétiques et physiologiques).

Tout comme les développements liés à l'utilisation d'insectes dans l'alimentation humaine, la récente autorisation des protéines animales transformées (PAT) issues d'insectes dans l'alimentation des volailles et des porcs a permis d'ouvrir le marché pour les produits à base d'insectes destinés à l'alimentation animale, dont l'utilisation est légale dans l'Union européenne depuis septembre 2021. Lorsqu'ils sont inclus dans l'alimentation animale, les insectes peuvent jouer un rôle clé afin d'améliorer la durabilité de l'élevage animal. Par exemple, leur potentiel de modulation du microbiote animal est déjà reconnu comme très prometteur pour améliorer la santé animale et, implicitement, contribuer à une réduction du recours aux médicaments<sup>91</sup>.

Dernier élément, mais non des moindres, l'autorisation susmentionnée d'intégrer des insectes dans l'alimentation des volailles et des porcs devrait également ouvrir de nouvelles portes pour les producteurs d'insectes. Plus particulièrement, en plus d'apporter une réponse à la forte dépendance de l'UE vis-à-vis des importations d'aliments pour animaux, l'obtention de nouveaux arguments scientifiques sur la digestibilité et les propriétés immunostimulantes et antioxydantes des ingrédients issus d'insectes<sup>92</sup> permettra de faciliter l'intégration des aliments pour animaux à base d'insectes dans le régime alimentaire animal

(chez les volailles et les porcs par exemple), tout en réduisant le recours à certains compléments (vitamines, antibiotiques, etc.), rendant l'élevage plus rentable et plus durable.

### 3.1.2. État des lieux de la recherche

Les éléments nutritifs présents chez les insectes (par exemple une teneur élevée en protéines, divers types de fibres et d'acides aminés, etc.), notamment plusieurs vitamines et minéraux, sont connus pour leurs nombreux bénéfices pour la santé, chez les humains comme chez les animaux. Comme le note l'Université de Wageningen, « la composition des acides gras insaturés oméga 3 et 6 chez le ver de farine est similaire à celle du poisson (et plus élevée que chez le bétail et les porcins), et la teneur en protéines, vitamines et minéraux du ver de farine est similaire à celle du poisson et de la viande »<sup>93</sup>. Il est toutefois utile de noter que la valeur nutritive des insectes dépend de l'espèce, du substrat, du stade de croissance ainsi que des méthodes de transformation utilisées.

Dans le contexte des denrées alimentaires fonctionnelles, des compléments et des aliments pour animaux adaptés sur mesure<sup>94</sup>, il est nécessaire d'approfondir les connaissances au sujet des corrélations entre l'inclusion d'insectes dans l'alimentation (humaine ou animale) et ses éventuels bénéfices concrets.

Il est probable que le fait d'informer les consommateurs au sujet des bénéfices scientifiquement prouvés des ingrédients composés présents chez les insectes stimulera le secteur. Cela reflètera **la valeur ajoutée des insectes entiers**<sup>95</sup> mais également en tant qu'**ingrédient bénéfique**<sup>96</sup>.

#### Caractéristiques pertinentes pour la nutrition humaine

Plusieurs publications se sont penchées sur les effets sur la santé de l'intégration des insectes dans l'alimentation humaine.<sup>97</sup>

La teneur en **matières grasses** des insectes comestibles est surtout intéressante en raison de la présence d'acides gras polyinsaturés<sup>98</sup> - les acides linoléiques (oméga 6) et  $\alpha$ -linoléiques (oméga 3) essentiels jouant en particulier un rôle important dans la croissance des enfants et des nourrissons<sup>99</sup>. Certaines espèces de poissons contiennent aussi de tels acides gras mais, dans les pays où l'on consomme peu de poisson, les insectes pourraient constituer un apport complémentaire de ces nutriments. D'après des études préliminaires, la composition des acides gras chez les insectes dépend du substrat utilisé dans les élevages d'insectes.

Selon la FAO, les carences en micronutriments - répandues également hors des pays en développement - sont susceptibles d'avoir de graves conséquences sur la santé<sup>100</sup>. On trouve chez les insectes comestibles de nombreux micronutriments,

notamment du fer, du magnésium, du manganèse, du phosphore, du sélénium et du zinc, pour n'en citer que quelques-uns. À ce titre, la concentration en fer chez les insectes, par exemple, pourrait offrir une solution pour prévenir ou traiter l'anémie, l'une des maladies non-transmissibles les plus communes<sup>101</sup>. Les carences en zinc, sujet important pour la santé de l'enfant et de la mère, pourraient également être traitées en incluant des produits à base d'insectes dans l'alimentation humaine. En outre, on trouve chez un vaste éventail d'insectes comestibles des vitamines importantes pour les processus métaboliques et l'immunité. La riboflavine (vitamine B2), la thiamine (vitamine B1) mais également la cobalamine (vitamine B12) - que l'on trouve uniquement dans les aliments d'origine animale - sont toutes présentes chez *Tenebrio molitor*<sup>103</sup>, *Acheta domesticus*<sup>104</sup> et d'autres espèces.

La teneur en chitine, fibre insoluble issue de l'exosquelette des insectes, peut varier de 2,7 à 49,8 mg par kilogramme (poids à l'état frais). La présence de ce polysaccharide modifié peut causer diverses réactions immunitaires, et des éléments suggèrent que la chitine pourrait avoir un effet prébiotique stimulant le microbiome intestinal<sup>105</sup>; toutefois, une absorption excessive de chitine dans le cadre du régime alimentaire pourrait limiter ces bénéfices car elle peut entraîner la constipation. Enfin, il est à noter que certains individus ont subi une réaction allergique aux insectes, probablement en raison de mécanismes similaires à ceux de l'intolérance à la tropomyosine ou à l'arginine kinase, présents chez les crustacés ou les mites.



Credits to Essento Food

## Aliments pour animaux

Un large éventail d'insectes est utilisé comme aliments des animaux de par le monde<sup>106</sup>. Des études menées sur la nymphe de ver à soie illustrent son potentiel pour remplacer la farine de poisson pour les volailles élevées dans le secteur des œufs, complétant jusqu'à 50 % de leur régime alimentaire. À la lumière de l'augmentation des prix des aliments pour animaux - aggravée par les perturbations du marché, notamment la pandémie de Covid-19 ou l'intervention militaire illégale de la Russie en Ukraine - de nombreuses espèces d'insectes pourraient jouer un rôle clé pour compléter ou se substituer partiellement à la farine végétale dans l'alimentation animale. Certaines espèces ont déjà prouvé leur potentiel et sont d'ores et déjà produites à l'échelle industrielle dans l'Union européenne, notamment *Hermetia illucens* et *Tenebrio molitor*.

De nombreux essais avec des aliments à base d'insectes produits à partir des espèces susmentionnées ont donné des résultats prometteurs en termes de performance de croissance des animaux<sup>107</sup>. Outre les protéines, vitamines, minéraux et matières grasses listées plus haut, les composants bioactifs tels que l'acide laurique, les peptides antimicrobiens et la chitine ont des propriétés immunostimulantes<sup>108</sup>.

Le rôle de la **chitine** a été présenté en détail par L. Gasco et al. 2018<sup>109</sup>. De surcroît, il a été prouvé que les tourteaux fermentés de *Tenebrio molitor* et de *Zophobas morio* peuvent réduire la présence caecale d'*E.coli* et de *Salmonella* spp chez les poulets de chair - cet effet combiné confirme leur potentiel élevé de substitution aux antibiotiques<sup>110</sup>.

En aquaculture, la chitine stimule le développement du microbiote intestinal bénéfique et, implicitement, la performance et la santé des poissons<sup>111</sup>. L'apport en tourteaux de larves de *Hermetia illucens* chez la truite arc-en-ciel a également été évalué par Bruni et al. 2018<sup>112</sup>, confirmant l'incidence accrue de bactéries probiotiques<sup>113</sup> dans le microbiote intestinal. Aucun cas d'allergie causé par les aliments pour animaux issus d'insectes n'a été signalé chez les animaux domestiques et d'élevage<sup>114</sup>. Il est également possible que l'effet prébiotique des insectes survienne en raison de la présence d'oligosaccharides, et plus particulièrement d'immunosaccharides, connus pour leur effet stimulant direct sur le système immunitaire naturel<sup>115</sup>.

L'acide laurique<sup>116</sup> présent dans les larves d'insectes est connu pour ses vertus antivirales et antibactériennes<sup>117</sup>. Les essais in vitro avec *Hermetia illucens* chez les porcins ont démontré ses effets antibactériens contre les infections aux streptocoques du groupe D<sup>118</sup>. « On trouve chez les insectes une grande diversité de peptides antimicrobiens »<sup>119</sup>. Ces peptides promeuvent la digestibilité et la santé intestinale et renforcent l'immunité, tout en promouvant la performance en termes de croissance<sup>120</sup>. Ji et al. 2016 ont conclu que l'inclusion de tourteaux de ver de farine, de

ver de farine géant et de mouche domestique dans l'alimentation de porcelets sevrés a contribué à une diminution de la diarrhée<sup>121</sup>.

## 3.2.3. Les besoins de recherche du secteur européen des insectes

### Les insectes et leur potentiel pour améliorer la santé des Européens

L'état actuel de la recherche scientifique soutient l'utilisation d'insectes comme matière première complémentaire pour les denrées alimentaires et pour l'alimentation animale dans les secteurs de l'aquaculture et de l'élevage. Malgré le large éventail de publications scientifiques sur le thème des régimes alimentaires nutritifs et plus sains (que ce soit pour les humains ou les animaux), les sujets tels que la **digestibilité des insectes** (en particulier dans l'alimentation animale) ou **les propriétés immunostimulantes** des aliments à base d'insectes destinés aux humains et aux animaux méritent une plus grande attention de la part de la communauté scientifique. En parallèle, l'analyse des liens de causalité, spécifiques aux espèces, entre le stade de croissance, les méthodes de transformation et les propriétés mentionnées précédemment contribuera à une meilleure compréhension scientifique de l'élevage des insectes et des ingrédients à base d'insectes.

À l'avenir, de nouvelles études approfondiront notre compréhension actuelle des **corrélations entre les conditions de croissance** (biotiques et abiotiques) dans les élevages d'insectes et la teneur en acides aminés, vitamines<sup>122</sup>, minéraux<sup>123</sup> et matières grasses ainsi que les substances aux propriétés antibactériennes, antivirales ou immunostimulantes, y compris **leur impact sur la nutrition et la santé**. Il a par exemple été observé que l'ajout de graines de lin dans l'alimentation des insectes peut augmenter leur qualité nutritionnelle pour la consommation humaine<sup>124</sup>. De plus, il a été noté que certains peptides dérivés des larves du petit ténébrion mat peuvent influencer le métabolisme du glucose et potentiellement servir d'ingrédient complémentaire dans une alimentation fonctionnelle pour la régulation glycémique<sup>125</sup>.

En outre, l'allergénicité des insectes - une réaction allergique courante chez les individus allergiques aux crustacés - est un sujet qui doit être étudié en détail. À cet effet, la possibilité de diminuer l'allergénicité des ingrédients à base d'insectes<sup>126</sup> mérite une plus grande attention de la part de la communauté scientifique.

Enfin, et c'est important, les futurs projets (par exemple ceux financés dans le cadre du programme Horizon Europe) pourraient jouer un rôle clé afin d'étayer les arguments scientifiques sur les questions liées à la **nutrition personnalisée** (pertinente pour la santé prénatale, néonatale, maternelle, paternelle, du nourrisson et de l'enfant, ainsi que pour un vieillissement en bonne santé), **par exemple chez les athlètes et les groupes vulnérables**.

### **Le rôle des insectes dans l'aquaculture et l'élevage**

L'IPIFF estime que, dans le cadre du lien indissociable entre alimentation et santé<sup>127</sup>, on ne peut faire abstraction du potentiel que recèlent les insectes pour soutenir les efforts constamment déployés par les éleveurs européens pour optimiser la santé animale sur leurs exploitations. Par exemple, sur la base de l'expérience dans le secteur aquacole - dans lequel, depuis 2017, des produits d'alimentation animale issus d'insectes sont utilisés pour nourrir plusieurs espèces de poissons - de nouvelles analyses devraient chercher à **identifier les formulations optimales d'aliments pour animaux, en se concentrant sur les besoins spécifiques de chaque espèce**. L'objectif final est d'améliorer la performance de l'animal, tout en prenant en considération sa santé, son développement ainsi que la perspective de son cycle de vie. L'alimentation actuelle ne doit pas être totalement remplacée ; cependant, il est nécessaire d'évaluer le potentiel que recèlent les insectes pour compléter et accroître la teneur en nutriments des mélanges d'aliments pour animaux. En outre, le rôle des insectes dans le microbiote intestinal des animaux doit être étudié de manière plus approfondie. Améliorer la digestibilité, la santé intestinale et l'immunité permettra, peu à peu, de réduire le besoin de recourir à des produits pharmaceutiques chez les animaux d'élevage. Comme cela est indiqué par la recherche actuelle, la présence d'immunosaccharides pourrait offrir des pistes de réponse, de par leur potentiel immunostimulant<sup>128</sup>. Ainsi, lorsque l'on tient compte de l'entrée en vigueur de l'interdiction de l'usage prophylactique des antibiotiques dans l'élevage en 2022<sup>129</sup>, ce sujet devient d'autant plus pertinent, pour les producteurs d'insectes comme pour les éleveurs. De nouvelles recherches devront explorer plus avant les possibilités d'incorporer des aliments pour animaux à base d'insectes dans l'alimentation de la volaille et des porcs, afin d'évaluer le potentiel des insectes pour compléter et fortifier les mélanges d'aliments des animaux, dans le cadre des efforts visant à développer des stratégies de nutrition optimisées.



*Credits to Roy Buri from Pixabay*



*Tenebrio molitor – credits to Ynsect*

## Postface

Dans les mois qui viennent de s'écouler, le secteur européen des insectes a franchi des jalons importants qui joueront un rôle crucial dans les progrès de ce nouveau secteur. À travers ce document mis à jour (sur la base de la version originale publiée en 2019), notre objectif est de contextualiser les messages transmis dans la première version, en incluant notamment des références aux récentes autorisations pour les nouveaux aliments, l'autorisation de l'utilisation d'insectes dans les protéines animales transformées (PAT) pour l'alimentation des volailles et des porcs, ou encore les normes de bases de l'UE pour le frass d'insectes. L'objectif de ce document n'est donc pas de rassembler toutes les connaissances scientifiques à propos des sujets évoqués, car « plus de 80 % de la littérature concernant les insectes comestibles date des cinq dernières années » (van Huis, 2022).

Avec cette brochure, nous souhaitons soutenir les acteurs qui travaillent sur le développement de projets (par exemple en facilitant leur candidature pour obtenir des fonds européens), tout en éclaircissant des points qui contribueront à renforcer la capacité de production du secteur des insectes (par exemple en diversifiant la gamme des substrats autorisés) et sa pénétration du marché (par exemple en étayant les preuves au sujet des bénéfices des produits dérivés d'insectes dans l'alimentation des humains et des animaux ou en tant qu'engrais). Si les sujets abordés dans cette brochure vous concernent, n'hésitez pas à prendre contact avec le secrétariat de l'IPIFF. À l'avenir, nous poursuivrons notre travail de mise à jour de la présente brochure et d'autres documents de l'IPIFF. Nous vous encourageons donc à nous contacter si vous souhaitez nous transmettre des informations qui pourraient nous aider. Nous vous remercions d'avoir lu ce document !

*Le secrétariat de l'IPIFF, mai 2022*

## Bibliography

### 1.1. Exploring the use of 'new substrates' as feed for insects

<sup>1</sup> Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis - [Caldeira et al. \(2019\)](#).

<sup>2</sup> In per capita terms, more than 170 kg/year is wasted -source: [Food waste in the EU](#). One year after the launch of this brochure, the European Commission 'committed to halving per capita food waste at retail and consumer levels by 2030 (SDG Target 12.3)' through the '[Farm to Fork](#)' strategy, launched in May 2020.

<sup>3</sup> [Regulation \(EC\) No 178/2002](#) - For the purposes of this Regulation, 'food' (or 'foodstuff') means any substance or product, whether processed, partially processed or unprocessed, intended to be, or reasonably expected to be ingested by humans - Chapter I, Scope and Definitions. In February 2020, the Office for Risk Assessment & Research (BuRo) of the Dutch Minister of Agriculture, Nature and Food Quality published a document providing '[Advice on animal and public health risks of insects reared on former foodstuffs as raw material for animal feed](#)'.

<sup>4</sup> Insects Reared on Food Waste: A Game Changer for Global Agricultural Feed Markets? [Elleby et al. \(2021\)](#).

<sup>5</sup> An animal's capacity to convert feed mass into increased body mass, represented as kg of feed per kg of weight gain. For further details, see '[Edible insects: Future prospects for food and feed security](#)' - Food and Agriculture Organization of the United Nations - Rome, 2013.

<sup>6</sup> While other animals spend energy for thermoregulation, insects are poikilothermic - animals in which body temperature is variable and dependent on the ambient temperature.

<sup>7</sup> [Circular economy action plan](#) - European Commission, 2022

<sup>8</sup> Such as the dependency on imported proteins and the increasing food waste burden, among others.

<sup>9</sup> Enhanced Bioavailability and Microbial Biodegradation of Polystyrene in an Enrichment Derived from the Gut Microbiome of *Tenebrio molitor* (Mealworm Larvae) - [Brandon et al. \(2021\)](#). Ongoing research projects, such as the '[Recover](#)' project (project funded through the Bio-based Industries Joint Undertaking (JU) under the European Union's Horizon 2020 - looking into the ability of insects to degrade conventional plastic packaging and agricultural film waste streams) are continuing the work on this matter.

<sup>10</sup> Earlier in 2017, IPIFF mentioned the relevance of diversifying the substrates authorised in insect production - source: '[The use insect proteins as animal feed](#)' IPIFF Position Paper, 2017 (note: some content included in this paper may be obsolete, as it was published before the authorisation of insect processed animal proteins in poultry and pig feed from September 2021).

<sup>11</sup> [The Bioeconomy Strategy](#) - European Commission, 2022

<sup>12</sup> '[A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment](#)'; complemented by the reflection paper towards a [Sustainable Europe by 2030](#), the [Clean planet for all](#).

<sup>13</sup> For example, according to EFSA's report on the [presence of plant protection product residues in food](#), 98.9% of the animal-based food contained a concentration of pesticides below the Maximum Residue Levels (MRLs) - with 87.5% of the samples below the Limit of Quantification (LoQ).

<sup>14</sup> Chemical food safety of using former foodstuffs for rearing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for feed and food use - [Van der Fels-Klerx et al. \(2020\)](#).

<sup>15</sup> As defined by the Article 2 of [Regulation \(EC\) No 1935/2004](#) of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food.

<sup>16</sup> 'Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle' - [Yang et al., 2018](#), Chemosphere.

- <sup>17</sup> According to a publication of the Danish Environmental Protection Agency, the response of black soldier flies to plastic was investigated by the Danish Technological Institute - source: [WICE - Waste, Insects and Circular Economy](#), Fischer *et al.*, 2018. Report on environmental project no. 2011 (in Danish). Danish Environmental Protection Agency, 51 pp.
- <sup>18</sup> For insects with a short life cycle and, thus limited repeated feeding, bioaccumulation is less likely to occur than in insects that are reared over a longer time period' - source: [Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed](#), EFSA 2015.
- <sup>19</sup> 'Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain' - [Purschke \*et al.\*, 2017](#), Food Additives & Contaminants: Part A.
- <sup>20</sup> 'Impact of Naturally Contaminated Substrates on *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens*: Uptake and Excretion of Mycotoxins' - G. Leni *et al.*, 2019, Toxins. Tolerance and Excretion of the Mycotoxins Aflatoxin B1, Zearalenone, Deoxynivalenol, and Ochratoxin A by *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* from Contaminated Substrates, [Camenzuli \*et al.\* \(2018\)](#)
- <sup>21</sup> In the sense of natural biological and chemical degradation, ensuring the suitability of the former foodstuffs with the requirements applicable for insect substrates.
- <sup>22</sup> [Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed](#) - EFSA 2015.
- <sup>23</sup> However, in certain instances, insects could serve as 'mechanical vectors of infectious prions' - source: [Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed](#) - EFSA 2015.
- <sup>24</sup> From Food Processing Leftovers to Bioplastic: A Design of Experiments Approach in a Circular Economy Perspective - [Barbi \*et al.\* \(2021\)](#).
- <sup>25</sup> Insect gut bacteria: a promising tool for enhanced biogas production. [Show \*et al.\* \(2022\)](#)
- <sup>26</sup> Biodiesel production from the black soldier fly larvae grown on food waste and its fuel property characterization as a potential transportation fuel - [Park \*et al.\* \(2022\)](#).
- <sup>27</sup> 'Biodiesel production from various feedstocks and their effects on the fuel properties' - [Canakci \*et al.\* \(2008\)](#).
- <sup>28</sup> Fly larvae may be used for organic waste treatment
- <sup>29</sup> [WICE - Waste, Insects and Circular Economy](#), Fischer *et al.*, 2018. Report on environmental project no. 2011 (in Danish). Danish Environmental Protection Agency, 51 pp. More recent studies also looked into the production of methane from insect frass, worm or mushroom waste streams and combinations [Elissen \*et al.\* \(2019\)](#) or biogas generation from insects frass [Bulak \*et al.\* \(2020\)](#), among others.
- <sup>30</sup> In this case, the frass derived from insects farmed on substrates unsuitable for the food and the feed chain.
- <sup>31</sup> For example, it can often be used as fertilising material.
- <sup>32</sup> While for experimental purposes unauthorised substrates could be used, in practice, in the absence of a suitable legislative context, the findings of such investigations cannot be implemented.
- <sup>33</sup> For instance, while cattle can biologically absorb certain materials that may not be used for food directly (materials which have high fibre content such as sugar beet, brewers' grains), poultry or aquaculture species have distinct nutritional needs. Insects can upcycle what we refer in this paper as 'unauthorised substrates' - providing added value by using organic side-stream products (not used in livestock nutrition).
- <sup>34</sup> In terms of availability, costs, life-cycle analysis and other relevant factors for each individual producer.
- <sup>35</sup> [Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed](#), EFSA 2015.
- <sup>36</sup> Chemical safety of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*), knowledge gaps and recommendations for future research: a critical review. [Lievens \*et al.\* \(2021\)](#)
- <sup>37</sup> Cadmium (Cd) and lead (Pb) in particular
- <sup>38</sup> Taking into consideration the primary ingredient found in such products (fish or meat) or the processing methods used (frozen, pre-cooked, etc.).
- <sup>39</sup> Certain species are able to degrade meat-based products, while others show a vegetarian behaviour.
- <sup>40</sup> TGIP allows immune-challenged parents to produce more resistant offspring' - source: [Vigneron \*et al.\* \(2019\)](#). This mechanism has been found in *Tenebrio molitor* and it is likely to be common in other species, too.
- <sup>41</sup> Without using GM techniques.
- <sup>42</sup> The step when foodstuffs 'become' former foodstuffs.
- <sup>43</sup> The phase when insect-based feed is consumed by animals.
- <sup>44</sup> Such as the duration of the 'starving period', in line with animal welfare standards.
- <sup>45</sup> In this case, insect frass should be processed using appropriate techniques, ensuring its compatibility with market standards. Frass that would not meet such requirements shall be used for technical applications
- <sup>46</sup> 'Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges' - [Pastor \*et al.\* \(2015\)](#).

## 1.2. The reuse of insect by-products - a focus on the promising contribution of insect frass to agriculture

- <sup>47</sup> While these products are the main outputs of insect farming activities, quantitatively speaking, insect frass represents the highest share of the total outputs.
- <sup>48</sup> [Commission Regulation \(EU\) 2021/1925 of 5 November 2021](#)
- <sup>49</sup> While most of the phosphorus-containing minerals are found in Morocco and Russia (source: [Fertilisers in the EU](#)), the financial volatility of such products indirectly facilitated the development of alternatives to mineral fertilisers.
- <sup>50</sup> Organic in the sense that such products are not mineral fertilisers
- <sup>51</sup> The subject of alternatives to mineral fertilisers has been researched in depth in the past decades ([Dawson and Hilton, 2011](#), [Neset \*et al.\* \(2016\)](#)). However, even if the benefits of organic fertilising products on soil and plant health have been somewhat proven ([Nardi \*et al.\* 2004](#), [Kakar \*et al.\* \(2020\)](#)), more remains to be investigated in the context of good agricultural practices that rely on possible synergies between organic and mineral fertilising products.
- <sup>52</sup> [PIFF fact sheet on insect frass](#)
- <sup>53</sup> 'Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants' - [Poveda \*et al.\* \(2019\)](#).

54 Investigating alternatives to pest control methods, in the context of the current climatic events that facilitate the migration of such pathogens, is of extreme relevance for EU's agriculture - source: [Sustainable use of pesticides](#).

55 In the first version of this brochure, several studies were shared as examples on the use of insect excrement from grasshoppers ([Fielding et al., 2013](#)), bees ([Mishra et al., 2013](#)), ants ([Pinkalski et al., 2017](#)), cabbage moths ([Kagata and Ohgushi, 2012](#)), etc. Since the publication of the first version (in December 2019), several new studies were published on this matter, among them [Schmitt and de Vries, 2020](#), [Houben et al., 2020](#), etc.

56 Pigs ([Jarret et al., 2011, 2012](#)), ruminants ([Codron et al., 2012](#)), laying hens ([Zhang and Kim, 2013](#)), broiler chicks ([Donsbough et al., 2010](#) [Namroud et al., 2008](#)) and hamsters ([Villanueva et al., 2011](#))

57 In *Tenebrio molitor* frass, the NPK balance has been estimated by [Liu et al. \(2003\)](#). More recently, [Poveda et al. \(2019\)](#) and [Houben et al. \(2020\)](#) looked into the characteristics and benefits of mealworm derived frass. Studies on *Hermetia illucens* frass were published by [Schmitt and de Vries, 2020](#) and [Tanga et al. \(2021\)](#), among others.

58 For the bean species *Phaseolus vulgaris* the mass of seeds was increased by 18% ([Liu et al., 2003](#))

59 For the wheat species *Triticum aestivum* germination was increased by 4% ([Li et al., 2013](#))

60 Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review - [Poveda \(2021\)](#).

61 Various projects are presently working on this subject (e.g. The Horizon 2020 project [SUSINCHAIN](#); the TETRA funded project [VaLoReSect](#), supported by the Flemish Agency for Innovation and Entrepreneurship, etc)

62 'Diet influences rates of carbon and nitrogen mineralization from decomposing grasshopper frass and cadavers' - [Fielding et al. \(2013\)](#).

63 'Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants' - [Poveda et al. \(2019\)](#).

64 'Chemical interference among plants mediated by grazing insects' - [Silander et al. \(1983\)](#).

65 Also referred to as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in a recent paper 'Insect frass and exuviae to promote plant growth and health' - [Barragán-Fonseca et al. \(2022\)](#).

66 Many of these PGPMs can fix atmospheric nitrogen, produce indole acetic acid (IAA) and salicylic acid (SA), solubilize phosphates, promote zinc absorption, and produce glucanases, chitinases and ACC deaminase ([Indiragandhi et al., 2008](#)).

67 *Acinetobacter* sp. PSGB04 significantly increased root length (41%), seedling vigor, and dry biomass (30%) of the canola test plants, whereas *Pseudomonas* sp. PRGB06 inhibited the mycelial growth of *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum coccodes*, *C. gleosporioides*, *Rhizoctonia solani*, and *Sclerotia sclerotiorum* under in vitro conditions ([Indiragandhi et al., 2008](#)).

68 *Rhizoctonia solani* or *Sclerotinia sclerotiorum* ([Indiragandhi et al., 2008](#)).

69 Such as for instance arable crops, horticulture, viticulture, plant nurseries etc

70 [Regulation \(EU\) 2019/1009](#), [Regulation \(EC\) 2003/2003](#) etc.

71 While the positive characteristics of frass have been to a wider extent proven, much remains to be done in order to develop specific good agricultural practices for frass application in the context of longer term fertilisation strategies. Concretely, such investigations shall focus on the application time, optimum application rates, or good agricultural practices strategies to reduce potential emissions of greenhouse gasses and run-off. To this end, IPIFF members have joined forces in the 'Knowledge Platform on Frass', with a view to facilitating collaboration on such matters.

72 [Commission Regulation \(EU\) 2021/1925 of 5 November 2021](#)

73 [Commission implementing regulation \(EU\) 2021/1165 of 15 July 2021](#)

74 'Diet influences rates of carbon and nitrogen mineralization from decomposing grasshopper frass and cadavers' - [Fielding et al. \(2013\)](#).

75 pH, electrical conductivity (EC), bulk density, water holding capacity, etc.

76 [Fagan et al. \(2002\)](#) ; [Clissold et al. \(2010\)](#).

77 [Fielding et al. \(2013\)](#); [Indiragandhi et al. \(2008\)](#); [Kagata and Ohgushi \(2012\)](#); [Mishra et al. \(2013\)](#); [Pinkalski et al. \(2017\)](#).

78 'The potential to improve nutrient use efficiency, tolerance to abiotic stress, crop quality traits or availability of confined nutrients in the soil and rhizosphere' - source : [Ricci et al. \(2019\)](#).

79 Considering a focus on phosphorus, a nutrient which is likely to become scarce in the near future.

## 2.Exploring the nutritional and health benefits of using insects for food and feed

80 Nearly 2.5 billion people in the world currently supplement their diet with insects ([Van Huis, 2016](#)).

81 Including goods that are produced locally, using inputs sourced from nearby providers.

82 For more information regarding the placing on the market of edible insects in the EU see the '[Briefing Paper - The provisions relevant to the commercialization of insect-based products intended for human consumption in the EU](#)'.

83 'Modes of Eating and Phased Routinisation: Insect-Based Food Practices in the Netherlands' - [House \(2019\)](#).

84 In the context of diets that aim at reducing the consumption of red meat

85 Such as environmental matters, animal welfare-related concepts, etc. More information in IPIFF's Vision Paper (see IPIFF's publications - '[IPIFF vision paper on the future of the insect sector towards 2030](#)' (note: as of spring 2022, this document is presently in the process of being updated).

86 Person avoiding green veggies, mostly eating meat.

87 Person eating only eat red meat, avoiding white meat and all kinds of plant products

88 Person eating plant-based products, with the occasional inclusion of meat.

89 Who would be interested in products fortified with insect protein.

90 Circa 5 and 10% substitution of wheat by *Tenebrio molitor* in bread did not affect its technological features ([Roncolini et al., 2019](#)).

91 Insect-based products have been showing promising immunostimulatory properties in animal farming.

92 Beyond the protein concept: health aspects of using edible insects on animals - [Gasco et al. \(2020\)](#).

93 '[Edible insects: Future prospects for food and feed security](#)' - Food and Agriculture Organization of the United Nations - Rome, 2013.

94 Taking into account the different dietary needs of animal species.

95 For instance, fried larvae in human food and raw insects in the diet of farmed animals

96 For example, insect pasta for human consumption, insect-based animal feed for aquaculture, or insects combined with other potential complementary ingredients, such as algae or yeast, in both human and animal diet.

- 97 A comprehensive list can be found in the paper - 'Consuming insects: are there health benefits?' - [Roos and van Huis \(2017\)](#).
- 98 'Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acid' - [Womeni et al. \(2009\)](#).
- 99 'Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age' - [Michaelsen et al. \(2009\)](#).
- 100 '[Combating Micronutrient Deficiencies: Food-based Approaches](#)' - Food and Agriculture Organization of the United Nations - Rome, 2011.
- 101 'Most edible insects boast equal or higher iron contents than beef' - source: 'Insects in the Human Diet: Nutritional Aspects' - Bukkens, M.G. Paoletti (Ed.), Ecological Implications of Minilivestock; Role of Rodents, Frogs, Snails, and Insects for Sustainable Development, Science Publishers.
- 102 WHO has flagged iron deficiency as the world's most common and widespread nutritional disorder.
- 103 0.47 µg per 100 g - source: '[Edible insects: Future prospects for food and feed security](#)' - Food and Agriculture Organization of the United Nations - Rome, 2013. **Note:** the recently published EFSA opinions on yellow mealworm ([January 2021](#) and [August 2022](#)), migratory locust ([July 2021](#)) and house cricket ([August 2021](#)) include detailed information regarding the nutritional characteristics of edible insects.
- 104 5.4 µg per 100 g in adults and 8.7 µg per 100 g in nymphs - source: '[Edible insects: Future prospects for food and feed security](#)' - Food and Agriculture Organization of the United Nations - Rome, 2013. **Note:** the recently published EFSA opinions on yellow mealworm ([January 2021](#) and [August 2022](#)), migratory locust ([July 2021](#)) and house cricket ([August 2021](#)) include detailed information regarding the nutritional characteristics of edible insects.
- 105 The Effects of Dietary Insect Meal from *Hermetia illucens* Prepupae on Autochthonous Gut Microbiota of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) - [Rimoldi et al. \(2019\)](#).
- 106 Grasshoppers, crickets, cockroaches, termites, lice, stink bugs, cicadas, aphids, scale insects, psyllids, beetles, caterpillars, flies, fleas, bees, wasps and ants
- 107 Experiments that are publicly available, as well as commercial trials initiated by insect producing companies
- 108 '[Edible insects: Future prospects for food and feed security](#)' - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2013.
- 109 'Can diets containing insects promote animal health?' - [Gasco et al. \(2018\)](#).
- 110 'Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenged orally with Salmonella and E. coli infection in broiler chicks - [Islam and Yang \(2017\)](#).
- 111 Atlantic cod, Atlantic salmon and Atlantic halibut - source: [Karlsen et al. \(2017\)](#).
- 112 'Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source' - [Bruni et al. \(2018\)](#).
- 113 *Carnobacterium* genus.
- 114 '[Edible insects: Future prospects for food and feed security](#)'.
- 115 'Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: A review' - [Song et al. \(2014\)](#).
- 116 Naturally found in coconut oil.
- 117 'A review of monolaurin and lauric acid. Natural virucidal and bactericidal agents' - [Lieberman et al. \(2006\)](#).
- 118 'Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglet' - [Spranghers et al. \(2018\)](#).
- 119 'The medical potential of antimicrobial peptides from insects' - [Tonk and Vilcinskis \(2017\)](#).
- 120 'Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food' - [Wang et al. \(2017\)](#).
- 121 'Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets' - [Ji et al. \(2016\)](#).
- 122 **Note:** the recently published EFSA opinions on yellow mealworm ([January 2021](#) and [August 2022](#)), migratory locust ([July 2021](#)) and house cricket ([August 2021](#)) include detailed information regarding the nutritional characteristics of edible insects. The scientific literature also includes information around the characteristics of other species used in food and feed.
- 123 The iron content of locusts (*Locusta migratoria*) varies between 8 and 20 mg per 100 g of dry weight, depending on their diet source - [Oonincx et al. \(2010\)](#).
- 124 'Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids' - [Oonincx et al. \(2019\)](#).
- 125 'Investigation into the potential of commercially available lesser mealworm (*A. diaperinus*) protein to serve as sources of peptides with DPP-IV inhibitory activity' - [Lacroix et al. \(2018\)](#).
- 126 For example, by using hydrolysates instead of intact protein preparations.
- 127 In line with the approach described by the IPES-Food report '[Unravelling the Food-Health Nexus: Addressing practices, political economy, and power relations to build healthier food systems](#)'.
- 128 Through the carbohydrate characterisation of insects
- 129 [Regulation \(EU\) 2019/6](#) of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on veterinary medicinal products and repealing Directive 2001/82/EC entered into force in 2022.

