



La société française Micronutris, créée en 2011, produit et commercialise des insectes destinés à l'alimentation humaine. - Cliché Micronutris

Par Pierre Feillet

## Mangerons-nous tous des insectes en 2050 ? Seconde partie

L'entomophagie traditionnelle, issue de cultures ancestrales, est encore bien ancrée dans certaines régions du monde. Alimentée par la cueillette et les petits élevages, elle se justifie par une réelle valeur nutritionnelle des insectes. Pour autant, ces pratiques pourront-elles se développer dans les pays industrialisés et devenir partie prenante de la sécurité alimentaire mondiale ainsi que le recommandent des experts de la FAO ?

### ■ PRODUIRE DES LARVES D'INSECTE EN QUANTITÉ INDUSTRIELLE

Si on attend des insectes qu'ils contribuent significativement à l'alimentation des hommes, la « cueillette » ne saurait suffire. Il sera nécessaire de les produire dans des « fermes », de manière comparable à l'aviculture ou à l'aquaculture.

L'élevage des insectes n'est pas nouveau : il suffit de mentionner l'apiculture et la sériciculture pour s'en convaincre. C'est une pratique

courante dans de nombreux pays, principalement en Asie du Sud-Est mais son impact sur l'alimentation est très limité. En Thaïlande, des milliers de « fermiers » élèvent criquets et vers de palmier<sup>1</sup>. En Chine, des élevages produisent à destination de l'alimenta-

tion animale des cocons de Ver à soie, du Ver de farine (*Tenebrio molitor*, Col. Ténébrionidé) et de l'Hermétie brillante (*Hermetia illucens*, Dip. Stratiomyidé) qui se régale des déchets<sup>2</sup>. Dans les pays riches, des insectes (grillons, criquets, vers de farine, Ténébrion brillant *Alphitobius diaperinus*, drosophiles, mouches domestiques et bien d'autres) sont également produits pour nourrir des oiseaux, des poissons et des reptiles « de compagnie » – non sans déboires<sup>3</sup>. L'élargissement de l'élevage d'insectes à une production massive de

1. À (re)lire : Le détectable ver de palmiers, par Alain Fraval. *Insectes* n° 146, 2007(3). En ligne à [www.inra.fr/opie-insectes/pdf/1146fraval4.pdf](http://www.inra.fr/opie-insectes/pdf/1146fraval4.pdf)

2. Voir ci-contre p. 20

3. Sur la ruine d'un élevage due à une épizootie, voir l'Épingle « Le grillon, c'est grillé » à [www.inra.fr/opie-insectes/epingle10.htm#gri](http://www.inra.fr/opie-insectes/epingle10.htm#gri)



Élevage d'insectes au Laos, près de Ventiane. Une des solutions envisagées par la FAO pour tenter d'enrayer la famine chronique qui règne dans ce pays, où elle a apporté son aide à l'installation de plusieurs éleveurs - Cliché Tiphaine Réto à [www.tiphainereto.com](http://www.tiphainereto.com)

protéines en quantité suffisante pour nourrir des animaux ou des hommes serait par contre une révolution au sein du système alimentaire.

Tant pour des raisons sanitaires que nutritionnelles et culturelles, il est raisonnable de supposer que la consommation d'insectes adultes restera une pratique très marginale qui ne saurait contribuer à l'alimentation des hommes (les pattes de sauterelles ne remplaceront pas le gigot d'agneau !). De même, et pour des raisons voisines, la consommation de larves en l'état n'a guère d'avenir pour remplacer nos beefsteaks ou nos cuisses de poulets. Il est par contre légitime de se demander si des « farines de larves d'insectes » ou des « concentrés protéiques de larves d'insectes » ne trouveront pas leur place au sein du système alimentaire : les farines pour nourrir les animaux, les concentrés protéiques comme substitut de produits carnés ou ingrédients protéinés pour nourrir les hommes. Mais en 2013, on en est très loin et beaucoup reste à faire – on en conviendra aisément quand la production d'une tonne/jour d'insectes est jugée par la FAO comme une production de masse de niveau industriel.

Les procédures et les technologies à développer seront aussi éloignées

de la production familiale d'insectes que l'élevage des poulets en batteries l'est aujourd'hui du petit poulailler familial. Il faut donc résoudre l'ensemble des problèmes qui se posent à tout élevage industriel : conception des bâtiments, sélection d'insectes comestibles et « performants », optimisation de l'alimentation (aliments bon marché et sains : il est souvent fait référence aux déchets organiques, mais attention aux risques sanitaires), automatisation de la production et de la transformation, gestion des maladies dans les élevages, analyse des incidences environnementales, réduction des dépenses énergétiques, contrôle des coûts de production, garantie de la qualité nutritionnelle et sanitaire des produits, conception (farines et concentrés protéiques) et débouchés (alimentation humaine ou animale) des aliments ou des ingrédients commercialisés, assurance d'une production régulière pour alimenter les marchés sans rupture. Leurs promoteurs pourraient s'inspirer des méthodes développées pour produire des insectes utilisés en lutte biologique contre les ravageurs des cultures (élevage de trichogrammes pour lutter contre la pyrale du maïs, de mouches mâles stériles pour limiter les populations de varons et de mouches des fruits,

de mâles génétiquement modifiés pour réduire les effectifs de moustiques vecteurs, etc.).

De l'ensemble de ces problèmes, l'un des plus difficiles à résoudre est de bien choisir les matières organiques constitutives du régime alimentaire des larves : tout est à apprendre, ou presque, sur l'impact de celui-ci sur leur « productivité » et sur leur composition (les zootechniciens peuvent témoigner de la difficulté à optimiser un régime alimentaire qui tienne compte des facteurs économiques et biologiques). Chaque espèce demandera une étude spécifique, des milieux nutritifs particuliers pourraient être nécessaires pour stimuler la production, ce qui ne sera pas sans effets sur les coûts. Enfin, les farines de larves devront posséder une qualité nutritionnelle très significativement supérieure à celle des matières organiques utilisées pour nourrir les insectes.

On peut ainsi imaginer que les larves seront nourries de matières organiques, principalement de végétaux, puis transformées en farines destinées à l'alimentation des animaux (pour la majeure partie) ou en concentrés de protéines destinés à l'alimentation humaine dans des



Jeunes grillons domestiques en élevage  
Cliché H. Guyot-OPPE

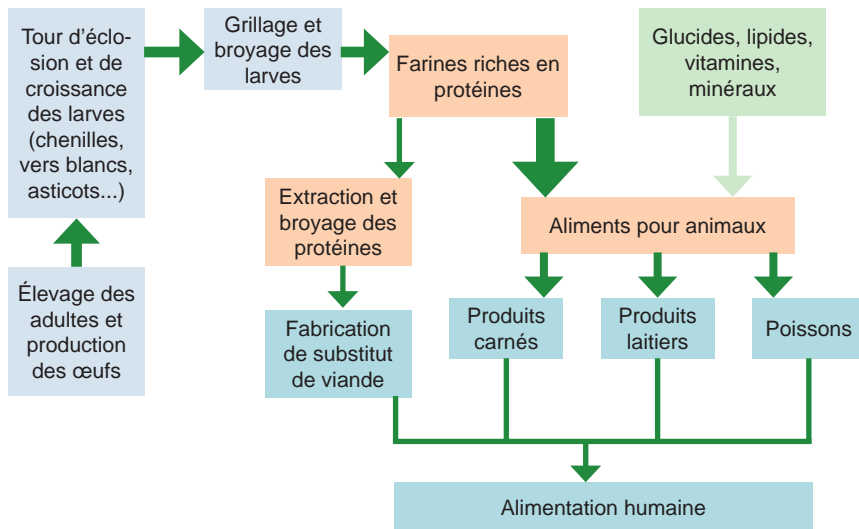


Figure 1. Diagramme (possible) de production, transformation et utilisation industrielles des larves

usines qui rappelleront les raffineries (figure 1).

Les principaux paramètres techniques dont dépend la réussite de ces élevages sont le potentiel de production annuelle de larves, le taux de conversion des aliments consommés par les larves en protéines de bonne qualité, la résistance des larves aux maladies et la preuve (obligatoire) de l'innocuité pour la santé et l'environnement de la production et de la consommation de ces nouveaux aliments avant qu'une autorisation de mise sur le marché ne soit donnée par les pouvoirs publics.

Des recherches sont en cours pour optimiser les conditions de production. Aux Pays-Bas, le gouvernement apporte un soutien financier important – un million d'euros – à un programme de recherche destiné à produire des insectes comestibles et à isoler, purifier et caractériser, voire améliorer, leurs propriétés fonctionnelles. Dans ce pays, plusieurs entreprises produisent des insectes destinés à la consommation humaine.

En France, considérant que les insectes sont une source inexploitée de nutriments pour l'alimentation humaine et animale, qu'ils doivent permettre d'accéder à des protéines d'excellente qualité nutritionnelle et efficaces sur un plan environnemental, la société Ynsect, créée

en 2011, soutenue par les pouvoirs publics, veut produire, préparer et vendre des produits à base d'insectes. Nourrir les volailles, les porcs et les poissons avec des protéines d'insectes lui apparaît en effet comme une solution pérenne aux grands enjeux alimentaires contemporains. Les étapes envisagées pour produire dans une « entoraffinerie » des protéines destinées à l'alimentation animale sont les suivantes : production des larves, congélation de ces dernières pour les tuer, broyage pour en faire des farines, extraction des protéines par hydrolyse. L'une des difficultés liées au développement de cette filière est de valoriser les sous-produits de l'extraction des protéines. Un démonstrateur technologique est en construction.

## ■ QUELLES PLACES POUR LES FARINES ET PROTÉINES D'INSECTES POUR NOURRIR LES ANIMAUX ET LES HOMMES ?

La consommation directe d'insectes et de larves, en remplacement de produits carnés, paraît sans avenir pour les raisons exposées précédemment, nutritionnelles autant que culturelles, sans parler des aspects sanitaires et donc réglementaires, contrairement à ce que laisseraient supposer les conclusions d'un séminaire organisé en 2008 par la FAO, selon lesquelles « l'élevage d'insectes présente de nombreux avantages sur l'élevage traditionnel » (faible impact environnemental, excellente productivité, alimentation très variée et taux de conversion de la biomasse en produits animaux comestibles supérieure à celui des animaux d'élevage).



Schéma de recyclage de déchets agricoles et fabrication de farines d'insectes destinées à l'alimentation du poisson (Ento-Protein™) par la société AquaBiologics

### Autorisation de mise sur le marché de nouveaux aliments en Europe

Les nouveaux aliments ou ingrédients sont ceux qui ne sont pas encore utilisés couramment pour la consommation humaine. Avant leur mise sur le marché, ces produits doivent démontrer leur innocuité pour la santé et pour l'environnement dans les contrôles effectués par l'Autorité européenne de sécurité des aliments.

Selon cette procédure, l'organisme compétent de l'État membre auquel une demande a été soumise doit réaliser une évaluation initiale et déterminer éventuellement la nécessité d'une évaluation complémentaire. Si la Commission ou les autres États membres n'opposent pas d'objection, et qu'une évaluation complémentaire n'est pas nécessaire, l'État membre communique au demandeur qu'il peut procéder à la mise sur le marché du produit. Dans le cas contraire, une décision d'autorisation est nécessaire. Cette décision est adoptée selon les mesures proposées par la Commission.

La décision définit la portée de l'autorisation et précise, le cas échéant, les conditions d'utilisation, la dénomination, les spécifications ainsi que les exigences en matière d'étiquetage de l'aliment ou de l'ingrédient alimentaire concerné.

Toute décision ou disposition concernant un nouvel aliment ou un ingrédient alimentaire qui est susceptible d'avoir un effet sur la santé publique doit faire l'objet d'une consultation du comité scientifique de l'alimentation humaine.

L'obtention de l'autorisation de mise sur le marché d'un nouvel aliment est longue et coûteuse pour le demandeur.

Le tourteau de soja, un concentré d'énergie et de protéines difficile à remplacer

Dans le cas des productions intensives, chez les animaux laitiers et à l'engraissement, les bovins doivent recevoir une alimentation riche en énergie et en acides aminés indispensables. Il en est de même pour les porcs et les volailles.

Le soja possède des qualités nutritionnelles qui en font une composante particulièrement adaptée à l'alimentation de ces élevages, à côté des céréales et des fourrages : il est riche en énergie et en protéines de très bonne qualité (il apporte huit acides aminés indispensables à la croissance des animaux, notamment de la lysine). Il présente une bonne digestibilité pour tous les types d'animaux.

Ses qualités nutritionnelles, sa facilité d'importation et sa polyvalence en font donc un aliment concentré énergétique et protéique difficile à remplacer.

Source : Billon *et al.*, 2009

Par contre, les farines d'insectes pourraient entrer dans le circuit de l'alimentation animale du fait de leur richesse en protéines de bonne qualité tandis que les protéines isolées de ces farines pourraient être utilisées comme ingrédient alimentaire. De petites installations existent déjà dans le monde pour produire ces farines, comme celle d'AgriProtein en Afrique du Sud et d'AquaBiologics aux États-Unis.

#### ■ DES FARINES DE LARVES D'INSECTE POUR NOURRIR LES ANIMAUX

Les farines de larves d'insecte ne trouveront leur place au sein du système alimentaire que si elles peuvent sinon remplacer, du moins compléter significativement et « durablement » les protéines actuellement utilisées pour nourrir les animaux. Durablement, car les critères à retenir pour juger de la faisabilité de cette substitution sont de nature environnementale, économique et sociale.

L'une des principales sources de protéines (et d'énergie) destinées à l'alimentation animale (bovins, porcins, volailles) est le soja, notamment en Europe. C'est donc à cette filière « soja » qu'une filière « larves d'insectes » doit être comparée pour juger de son avenir. Mais elle peut également l'être avec profit aux farines de poissons.

Nature des farines	Protéines (% ms)	Lipides (% ms)
Larve de l'Hermétie brillante	35 - 57	35
Larve de la Mouche domestique	43 - 68	4 - 32
Ver de farines	44 - 69	23 - 47
Farine de poisson	61 - 77	11 - 17
Tourteaux de soja	49 - 56	33

Tableau 6. Teneurs en protéines et en lipides de larves d'insectes, de farines de poisson et de tourteau de soja (Veldkam T. *et al.*, 2012)

L'importance actuelle et future du soja dans la nutrition de l'humanité est largement reconnue. En 2010, dans le monde, sa production s'est élevée à 260 millions de tonnes, soit 60 % de la production d'oléoprotéagineux (soja, colza, coton, arachide, tournesol, palmiste, coprah). Les produits résultant de la transformation de la graine de soja sont très nombreux, les deux principaux étant l'huile (raffinée pour l'alimentation humaine ou transformée en biodiesel) et les tourteaux riches en protéines destinés à l'alimentation animale.

Les tourteaux de soja sont appréciés des éleveurs pour trois raisons : des protéines de bonne qualité, un prix compétitif comparativement à d'autres sources de protéines et de très grandes quantités de produits disponibles tout au long de l'année. Si la valeur nutritionnelle du tourteau est bien connue, il n'en est pas de même des farines de larves d'insecte. Certes, des données sur les teneurs en protéines et en lipides des larves d'insecte, comparativement aux tourteaux de soja ou aux farines de poissons (tableau 6), de même que sur la composition en

acides aminés de ces protéines, sont disponibles.

Mais ainsi que l'illustre le tableau 7, les zootechniciens savent bien que la seule analyse chimique d'un aliment ne saurait suffire. Encore faut-il calculer sa valeur énergétique et sa teneur en protéines digestibles en tenant compte du métabolisme des animaux auxquels ils sont destinés et de la nature des productions attendues (lait ou viande). Avec les ruminants, ces calculs sont d'autant plus subtils qu'il faut tenir compte de la part (énergétique et azotée) de l'aliment qui est consommée par les microorganismes du rumen. En ce domaine, tout reste à faire pour les farines d'insectes.

Sur le plan environnemental, ce n'est pas simple non plus. Les écologistes relèvent de nombreux dégâts environnementaux et sociaux dus à la culture du soja tels que la déforestation des forêts amazoniennes, l'épandage de produits phytosanitaires, la disparition de cultures vivrières ou l'expulsion de petits paysans de leurs terres. Au crédit de cette culture, on peut par contre souligner que le soja est une plante capable de fixer l'azote de

Matière sèche (g/100 g)	87,8
Protéines brutes (g/100 g)	45,3
Cellulose brute (g/100 g)	6,0
Matières grasses (g/100 g)	1,9
Lysine digestible (% protéines digestibles dans l'intestin)	6,9
Méthionine digestible (% protéines digestibles dans l'intestin)	1,5
Calcium (g/kg)	3,4
Phosphore (g/kg)	6,2
UFL (/kg) : valeur énergétique nette exprimée en « unité fourragère lait »	1,06
UFV (/kg) : valeur énergétique nette exprimée en « unité fourragère viande »	1,05

Tableau 7. Composition et valeur nutritionnelle du tourteau de soja exprimées par rapport à la matière brute (source : INRA et Association française de zootechnie)

## Conception d'une bio-raffinerie d'insectes : le projet Désirable

De nombreuses incertitudes demeurent sur la faisabilité technique, économique, sanitaire, environnementale et sociétale de la transformation de la biomasse (des coproduits organiques de l'agriculture et de l'industrie) par des larves d'insecte en des « farines » destinées à l'alimentation animale.

Avec le projet « Désirable », l'Agence nationale de la recherche a décidé de financer une première série d'études destinée à défricher un champ de recherche presque vierge dont l'aboutissement pourrait être la construction d'une « bio-raffinerie » intégrant production des larves du Ver de farine ou d'asticot de l'Hermétie brillante et fabrication de farines riches en protéines.

Dans ce projet, les élevages de poulets et de poissons ont été retenus comme utilisateurs préférentiels de ces nouvelles farines. La question posée est de savoir si celles-ci pourront se substituer aux tourteaux de soja ou aux farines de poissons. Il est prévu que ces travaux seront menés jusqu'au stade d'un pilote susceptible de produire suffisamment de farines pour permettre des essais sur animaux. Une analyse de cycle de vie sera réalisée de manière à avoir une vision globale de la filière.

Selon ses promoteurs, le projet Désirable constitue une étape importante dans l'émergence d'une filière innovante, locale, durable et stratégique.

Ce projet est labellisé par les pôles de compétitivité Aquimer, Valorial et Vitagora. Contact : [samir.mezdour@agroparistech.fr](mailto:samir.mezdour@agroparistech.fr), Ingénierie Procédés Aliments (GENIAL), AgroParisTech.

l'air (grâce à son association avec des bactéries) et est donc beaucoup moins tributaire des engrais azotés de synthèse que ne le sont les autres cultures, ce qui réduit significativement les dépenses énergétiques dues aux intrants. Pour sa part, la production de farine de larves a un avantage majeur sur la culture de soja, celui d'occuper des surfaces au sol très inférieures. Mais les conditions optimales de développement des insectes, variables avec les espèces, sont une température moyenne de 25°C et une hygrométrie de 80 % : le maintien de ces valeurs consomme de l'énergie. Il faudra enfin prendre en compte que les avancées de la biologie devraient permettre de créer des nouvelles variétés de soja plus performantes sur les plans agronomique, environnemental et nutritionnel.

Enfin, l'ingénierie de la production de larves et de la fabrication de farines et de protéines est une grande feuille blanche. C'est dire qu'en l'état des connaissances il n'est guère possible de répondre à la question : les farines de larves d'insectes ont-elles leur place au sein de la filière des aliments pour animaux ? Une société d'ingénierie devra se pencher auparavant sur la faisabilité industrielle et économique d'une telle perspective. Elle pourra s'appuyer sur les résultats des travaux qui viennent de débiter sous l'égide de l'Agence nationale

de la recherche (projet Désirable) et sur le récent rapport du Wageningen UR Livestock Research (2012) qui conclut à la faisabilité de la production d'aliments pour le porc et les volailles à partir d'insectes tout en soulignant que deux verrous devront être levés : les risques sanitaires (question d'autant plus sensible que les auteurs prévoient un élevage d'insectes à partir de déchets organiques tels que les lisiers de porc) et des coûts de production trop élevés.

### ■ DES PROTÉINES DE LARVES D'INSECTE POUR REMPLACER OU « DILUER » LES PRODUITS CARNÉS

Un autre mode de valorisation des farines de larves consisterait à extraire les protéines constitutives des farines de larves et à les commercialiser comme ingrédients, au même titre que le sont aujourd'hui les protéines de soja (et également les « mycoprotéines » du champignon filamenteux *Fusarium venenatum* commercialisées sous la marque Quorn™).

Trois familles d'ingrédients isolés du soja sont proposées aux industries alimentaires : des concentrats (70 % de protéines) utilisés comme émulsifiants ou agents de rétention d'eau ou d'arômes ; des protéines de soja restructurées (70 % de protéines) dont la texture, une fois hydratées, rappelle celle de la viande (elles sont principalement consommées par les végétariens) ; des iso-

lats (90 % de protéines) destinés à améliorer la texture des produits carnés.

Des ingrédients similaires pourraient être fabriqués à partir de farines de larves d'insecte. Encore faudra-t-il que les protéines qui entrent majoritairement dans la composition de ces ingrédients possèdent les propriétés fonctionnelles adaptées aux applications attendues : aptitude à s'associer entre elles pour former des structures fibreuses, capacité à former des complexes avec les lipides, pouvoir de rétention d'eau et de molécules aromatiques élevé.



Conserves d'insectes dans un supermarché au Japon - Cliché Kenichi Nonaka



Production industrielle de « Vers de farine » aux Pays-Bas - Cliché FAO/Paul Vantomme



Du 14 au 17 mai 2014, la FAO et le Wageningen UR Livestock Research organiseront une conférence autour du thème « des insectes pour nourrir le monde » (Wageningen, Pays-Bas). Informations : [www.wageningenur.nl/en/show/Insects-to-feed-the-world.htm](http://www.wageningenur.nl/en/show/Insects-to-feed-the-world.htm)

#### ■ EN CONCLUSION

On observe que la consommation d'insectes « en l'état », adultes ou larves, est moins pratiquée qu'autrefois par les populations au sein desquelles elle est culturellement enracinée. Les changements dans les modes et les niveaux de vie, l'aspiration à la modernité et l'urbanisation en sont probablement les causes. Un retour vers des pratiques ancestrales redonnerait peut-être vie à de vieilles traditions, mais il est peu probable qu'il améliore le sta-

tut nutritionnel des ethnies concernées. Par ailleurs, dans les pays industrialisés, et contrairement à ce que pensent certains, il ne faut pas s'attendre à un bouleversement des pratiques alimentaires : les insectes adultes ou à l'état larvaire seront, tout au plus, des amuse-gueules à l'occasion d'événements festifs.

L'avenir des farines et des concentrés de protéines de larve d'insectes sera peut-être meilleur. Cette nouvelle filière, à créer, possède en effet des atouts, notamment son faible impact sur l'occupation des surfaces agricoles (en comparaison du soja) et sa capacité à recycler les coproduits de l'industrie alimentaire (issues de meuneries par exemple), voire des déchets organiques, en protéines de bonne qualité. Sa faiblesse est qu'elle entrera en concurrence avec une filière bien établie et économiquement très solide – celle du soja – et avec d'autres sources de protéines comme les farines de poisson. Et que d'autres filières, celles des protéines de vers de terre et des protéines d'organismes unicellulaires par exemple, sont des concurrentes potentielles.

Au-delà des considérations purement techniques, les aspects économiques – ils risquent d'être un obs-

tacle très difficile à surmonter – et réglementaires devront être soigneusement pris en compte avant de se lancer dans des productions de masse. Les chercheurs et les ingénieurs doivent d'abord défricher un domaine presque vierge. Il est donc intéressant que des études exploratoires aient été financées dans quelques pays et que des entrepreneurs se lancent dans l'aventure. On peut aussi souhaiter que les quelques spécialistes de la FAO qui s'intéressent à la place des insectes dans la sécurité alimentaire de l'humanité recentrent leur action sur l'émergence de cette nouvelle filière d'aliments pour animaux. Il faudra également que ces nouveaux aliments soient acceptés par les consommateurs. Cet obstacle culturel devrait être plus facilement levé que celui qui s'est dressé au début des années 1970 contre les « beefsteaks de pétrole ». ■

L'auteur

**Pierre Feillet** est membre de l'Académie des technologies et de l'Académie d'agriculture.

Son dernier ouvrage : *Nos aliments sont-ils dangereux ? 60 clés pour comprendre l'alimentation*. Éditions QUAE, 2012.

[pierre.feillet@wanadoo.fr](mailto:pierre.feillet@wanadoo.fr)