NUFFIELD FRANCE

Developing people through agriculture
Developing agriculture through people

Rapport d'études Nuffield France

Les élevages d'insectes : un levier vers l'autonomie des exploitations et la durabilité des systèmes agricoles ?

Chloé Pellerin

janvier 2022

Etude Nuffield financée grâce au soutien de :

NUFFIELD FR

Rapport Nuffield France

Date de soutenance: décembre 2021

Titre	**Les élevages d'insectes : un levier vers l'autonomie des exploitations et la durabilité des systèmes agricoles ?**
Boursier	Chloé Pellerin
Objectif de vos voyages	Identifier les différentes étapes nécessaires à la construction de filières « insectes » ; comprendre les enjeux associés à de tels élevages et les facteurs freinant leur développement ; approfondir mes connaissances en entomologie agricole ; rencontrer différents acteurs en relation avec le vaste monde des insectes
Pays visités	Etats-Unis, Mexique, Royaume-Uni, France
Messages	• Les élevages vivriers peuvent répondre aux besoins nutritionnels de populations rurales isolées, en valorisant des ressources localement disponibles. • Il faut permettre, techniquement et réglementairement, le développement de petites unités d'élevage d'insectes pour identifier des solutions économiquement rentables, permettant d'atteindre l'autonomie protéique des systèmes. • L'élevage d'insectes pourrait être promu comme une possibilité de diversification des élevages existants, via la valorisation de ressources locales (céréales, sous-produits, déchets organiques). • L'entomophagie doit être promue de manière positive, en s'affranchissant de tout sensationnalisme. • Le besoin de formation en entomologie et en entomoculture est élevé. L'ensemble des organismes de formation, professionnels ou scolaires doivent être sensibilisés à cette thématique pour préparer les futurs professionnels. Ces formations pourraient être financées par VIVEA, FAFSEA.. . • Il est possible de réconcilier le grand public et les insectes par le biais de structures de découverte et par la pédagogie. • Élever ou promouvoir ? Dans le cas des services éco-systémiques, l'élevage n'apparaît pas nécessairement comme l'option la plus simple. Aménager les espaces pour promouvoir les insectes implique davantage d'acteurs, nécessite des connaissances plus globales mais dans la plupart des cas est certainement plus efficace.

Résumé

Les insectes peuvent être élevés à destination de l'alimentation humaine ou animale, pour les services qu'ils procurent, ou encore pour les produits qu'ils fournissent. Ils constituent une ressource animale sous-utilisée en agriculture, malgré l'efficacité de leur élevage et le faible impact environnemental de cette activité.

L'agriculture ne pourrait se passer de la contribution des insectes. Malgré tout, les insectes sont le plus souvent ignorés dans la conception des systèmes agricoles, et sont les premières victimes de l'intensification de l'agriculture. Le déclin des populations naturelles d'insectes est important, et menace l'équilibre des systèmes alimentaires.

En parallèle, de par le monde se développent des élevages d'insectes, de différentes tailles et avec des objectifs variés : réponse aux besoins nutritionnels d'une population humaine croissante, production d'aliment protéiné pour le secteur de l'élevage, service de pollinisation ou de recyclage de la matière organique.

Ce rapport s'intéresse à ces élevages, à la manière dont ils permettent de répondre aux enjeux du monde agricole à venir, et aux relations que nous entretenons avec les insectes.

Summary

Insect farming is developping fast accross the world. We farm insects for food and feed, for the services or products they prodive. In the western farming world, insects are still an under-estimated resource despite the fact that insect farming is higly efficient and has low environmental impacts, but they have been a part of traditionnal farming systems in many other parts of the world for many years.

Farming could not survive without insects. They pollinate, recycle and are an essential part of natural food chains. Despite the role they play, they are often ignored, when not despised, in agricultural systems design. Insects are also the first victims of modern agriculture. The decline of wild insects species is very concerning, threatening the balance of food systems as we know them.

More and more insect farms are opening, with a wide variety of sizes and aims : feeding a growing human population, providing protein for farm animal, pollinating high-value crops or recycling organic matter.

This report explores how farming insects can help us face current and future challenges in agriculture, and how it can affect and shape our relashionship with insects.

Table des matières

1.Avant propos....10
1)Qu'est ce qu'un insecte ?....10
2)Les élevages d'insectes....10
2.Enjeux : pourquoi élever des insectes ?....12
1)Des propriétés nutritionnelles intéressantes....12
2)Des impacts environnementaux faibles....13
3.Les élevages d'insectes en réponse aux enjeux alimentaires et nutritionnels....14
1)Identifier les espèces d'insectes comestibles....15
2)Mise au point de systèmes d'élevage....16
3)Définir des modes de transformation agro-alimentaire....17
4)Développer de petits élevages vivriers....18
5)Développer l'entomophagie : dépasser le « yuk factor »....19
Valoriser les recettes des cultures entomophages....19
Cachez cet insecte que je ne saurai voir ! (sauf sur l'étiquette)....19
6)Développer l'entoculture à destination de l'alimentation humaine : un exemple européen....20
4.Les élevages d'insectes en réponse aux enjeux environnementaux pour le secteur de l'élevage...21
1)Réduire les impacts environnementaux de l'aquaculture....21
2)Nourrir les animaux d'élevage : porcs et volailles en première ligne....21
3)Réduire les pollutions olfactives et organiques....23
5.Les insectes garants de l'efficacité des agrosystèmes....24
1)Polliniser : les bourdons, alliés des cultures protégées....25
2)Recycler : les bousiers, indispensables....26
1.Protéger les espaces naturels pour développer l'apiculture....27
2.Aménager les espaces agricoles pour maintenir les équilibres naturels....28
....29
3.Réconcilier les insectes et la société civile : sensibiliser et éduquer....30
1)Sensibiliser le grand public....30
2)Sensibiliser et former les agriculteurs....31
3)Former des spécialistes....34

Responsabilités

Les opinions exprimées dans ce rapport n'engagent que l'auteur et non nécessairement ceux de Nuffield France, ni de Nuffield International ou encore des sponsors ayant soutenu le financement de cette étude. Les lecteurs sont appelés à faire preuve de discernement dans l'évaluation de la pertinence et de l'exactitude du contenu de cette publication.

Nuffield Farming Scholars Trust (NTFS) et l'auteur ne seront pas responsables des pertes, dommages, coûts ou dépenses encourus du fait de l'utilisation ou de la fiabilité des informations contenues dans cette publication. Les produits peuvent être identifiés par des noms de marque ou des appellations commerciales afin d'aider les lecteurs à identifier des types de produits particuliers, mais il ne s'agit ni d'une approbation ni d'une recommandation d'un produit ou d'un fabricant auquel il est fait référence. D'autres produits peuvent fonctionner aussi bien ou mieux que ceux spécifiquement mentionnés.

Cette publication est sous copyright. Cependant, le NFST encourage une large diffusion de ses recherches, à condition que l'organisation et l'auteur soient clairement reconnus. Pour toute question concernant la reproduction ou la reconnaissance, contactez le directeur à l'adresse director@nuffieldscholar.org ou Nuffield France à l'adresse association@nuffieldfrance.fr.

Contact de l'auteur :
Chloé Pellerin
lauréate Nuffield France 2019
La Bussière Montbrun

87230 Dournazac - France
chloepellerin@gmail.com

0601138411

Présentation et parcours

Passionnée de biologie et de sciences naturelles depuis l'enfance, j'ai choisi la voie des études agricoles pour trouver des applications quotidiennes de cet intérêt. Formatrice en lycée agricole pendant plusieurs années, j'ai pu développer mon intérêt pour la transmission auprès des adolescents et agriculteurs de demain.

Je me suis installée comme apicultrice professionnelle depuis 2016, et j'ai vite pris conscience que mon statut d'éleveuse d'insectes était considéré comme un peu « à part » par le secteur agricole.

Installée hors cadre familial et en tant que pluri-active, l'atelier apicole a été développé progressivement. Aujourd'hui, un atelier d'arboriculture et de petits fruits, avec distillation fermière et transformation en liqueurs, est en cours de développement.

En parallèle, je continue à me former dans différentes spécialités naturalistes, pour continuer à apprendre. J'espère pouvoir transmettre cette curiosité pour le monde vivant, à travers les différents ateliers et animations proposés à la ferme.

Illustration 1: L'auteur, au cours d'une animation sur la pollinisation

Contexte de l'étude

80% des espèces animales connues à l'échelle mondiale sont des insectes. La biomasse des insectes varie de 1000 kg/ha en région tempérée à plus de 2000 kg/ha sous les tropiques. Comparativement, la biomasse humaine avoisine les 7 kg/ha. Nous vivons sur une planète dominée par les insectes : ils sont présents sur terre, sous terre, dans l'air, sous l'eau, et à l'intérieur même des tissus végétaux.

Pourtant les insectes sont, dans leur grande majorité, ignorés de nos systèmes agricoles. Au pire, on les combat avec acharnement ; au mieux, on reconnaît, avec une approche très anthropocentriste, les services procurés par quelques espèces et les bénéfices économiques engendrés.

Nous cohabitons peu avec les insectes. En Europe du moins, ils font peu partie de notre quotidien, de notre folklore, de nos histoires. Les insectes les plus courants sont pour la plupart inconnus du grand public et des agriculteurs. Les albums pour enfants regorgent d'animaux exotiques, mammifères et oiseaux qu'ils ne rencontreront peut-être jamais mais savent reconnaître au premier coup d'œil. Malgré leur omniprésence, nos capacités d'identification des insectes ne vont guère au-delà des notions de « papillon », « libellule », « coccinelle », « abeille », « bourdon », « mouche » ou « moustique ». Sachant qu'il existe plus d'un millier d'espèces d'abeilles et plus de 400 espèces de mouches en France métropolitaine, c'est dire l'ampleur de notre ignorance en la matière !

S'intéresser aux insectes, c'est s'intéresser au petit, au modeste, à celui qui paraît insignifiant, mais aussi au beau et à l'inconnu. C'est repenser son rapport à l'utile, au temps, au rendement.

S'intéresser aux insectes, c'est s'ouvrir à une autre vision du monde, parce que le monde des insectes et celui des mammifères que nous sommes est, en termes de perception, extrêmement éloigné, et que cela défie parfois notre entendement. Les papillons sentent les odeurs avec leurs pattes, les abeilles communiquent par vibration sur les rayons de cire, dans le noir complet. Il faut, pour étudier les insectes, accepter de changer de perspective.

Enfin, s'intéresser aux insectes (et aux bactéries, aux vers, aux collemboles) c'est nécessairement s'intéresser à la complexité: celle du vivant, des relations au sein des écosystèmes entre éléments naturels, sol, animaux et plantes.

Ce rapport est une prise de position en faveur des systèmes agricoles où les insectes ont une place : où ils trouvent un habitat, de la ressource alimentaire, où ils constituent eux-mêmes une ressource alimentaire, où les services qu'ils rendent sont reconnus et encouragés.

Je suis persuadée que la prise en compte des insectes est indispensable pour répondre aux enjeux de l'agriculture de demain : eau, foncier, vie des sols, biodiversité, qualité nutritionnelle...

Avec le développement des élevages d'insectes, une série de questions émergent. Quelles espèces d'insectes élever et pour quel usage ? Comment obtenir un produit avec la composition nutritionnelle recherchée?

Quelles conditions d'élevage pour un développement optimal et une faible mortalité ? Comment éviter les problèmes sanitaires ? Comment intégrer la problématique du bien être animal à la conception des systèmes d'élevage ? Quelles techniques “d'abattage” sont les plus adaptées ? Comment garantir la sécurité sanitaire des aliments transformés ? Et enfin, comment convaincre les consommateurs d'ajouter les insectes, transformés ou non, à leur menu ?

La crise sanitaire de 2020-2021 constitue un puissant rappel que les équilibres naturels et sociétaux sont fragiles. L'accès à une alimentation saine et de qualité, l'autonomie alimentaire des populations urbaines et rurales et la protection des équilibres des écosystèmes sont des sujets d'actualité.

L'expérience Nuffield

Pays	**Période**	**Objet des visites**
Allemagne	1er au 3 mars 2019	International Beekeeping Conference
USA, Iowa USA, Maine	13 au 18 mars 2020 19 au 26 mars 2020	Nuffield Contemporary Scholar's Conference Visites, rencontres et interviews.
Mexique	1er au 30 août 2019	Visites, rencontres et interviews.
Royaume-Uni	25 janvier au 2 février 2020	Visites, rencontres et interviews.
France	7 au 11 septembre 2020	Formation professionnelle, rencontres et interviews
France	17 au 21 mai 2021	Formation professionnelle, rencontres et interviews
Thaïlande	*Voyage prévu en août 2020, annulé en raison de l'épidémie de Covid19*	*Visites, rencontres et interviews.*
Finlande	*Voyage prévu en juillet 2020, reporté en juillet 2021 puis annulé en raison de l'épidémie de Covid19*	*International Congress of Entomology*

I.Elever des insectes

1. Avant propos

1) Qu'est ce qu'un insecte ?

Les insectes sont des animaux invertébrés, de l'embranchement des Arthropodes hexapodes. Ils sont caractérisés par un corps segmenté en trois parties : une tête possédant des pièces buccales externes ainsi qu'une paire d'antennes et au moins une paire d'yeux composés ; un thorax portant trois paires de pattes articulées et deux paires d'ailes plus ou moins modifiées ; et enfin un abdomen dépourvu d'appendices. L'exosquelette des insectes est constitué de chitine et est pourvu de trachées respiratoires.

1,3 million d'espèces d'insectes sont connues, 8 à 30 millions d'espèces existeraient sur la planète, plus de 10 000 espèces supplémentaires sont décrites chaque année. Ils présentent une diversité de formes, de couleurs et de mode de vie extrêmement importante. Par ailleurs, les insectes sont présents sur l'ensemble des continents et dans l'ensemble des milieux, à l'exception du milieu marin.

Malgré cet impressionnant succès évolutif, les études scientifiques estiment qu'aujourd'hui 40% des espèces d'insectes sont menacées d'extinction dans les prochaines décennies. Le taux d'extinction des insectes est extrêmement rapide. Les principaux facteurs de ce déclin sont la destruction des habitats, la monoculture et l'intensification de l'agriculture, la pollution et le changement climatique.

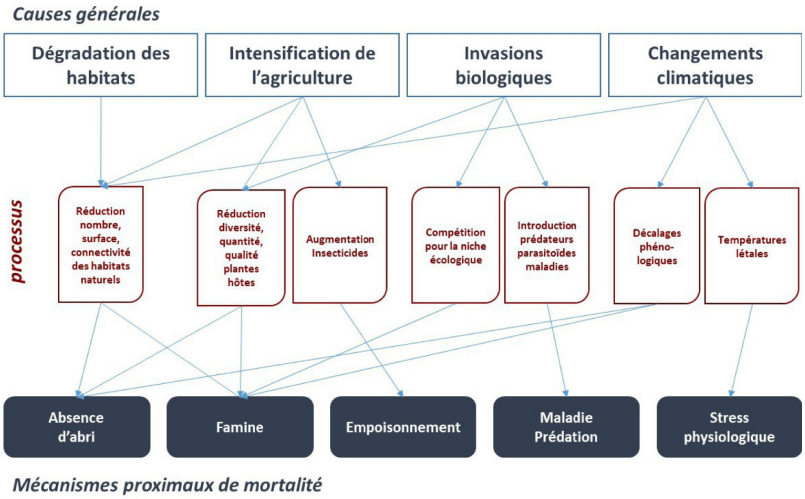

Illustration 2: Causes générales du déclin des insectes (Source : Académie des sciences)

2) Les élevages d'insectes

"Élever des insectes" est un terme aussi peu précis que "élever des quadrupèdes" : 80% des espèces animales connues à l'échelle mondiale sont des insectes. En réalité, seules quelques espèces d'insectes sont concernées par notre propos et font l'objet d'un élevage.

L'Encyclopédie Universalis définit l'élevage comme *« l'ensemble des activités mises en œuvre pour assurer la production, la reproduction et l'entretien des animaux dits domestiques afin d'en obtenir différents produits ou services. »*

L'élevage impliquerait donc, à priori, la domestication des espèces. Au sens étymologique, sont domestiques les *animaux qui vivent sous le toit de l'homme, qui font partie de la famille et en un sens plus large, de la société humaine. La familiarisation ou le dressage d'un animal pris dans un processus de domestication est inséparable du fait qu'il faut pourvoir à son alimentation, prévenir ses besoins et le protéger. Cette relation de proximité et d'appropriation recouvre tout à la fois la nécessité de préserver l'espèce domestiquée et l'exercice d'une pression sélective de l'homme sur l'animal (Tétard)*.

Parmi les 6495 espèces de mammifères répertoriées, on recense plusieurs dizaines d'espèces domestiquées, et élevées pour leur viande, leur lait, leurs œufs, leur fourrure ou leur force de travail. Les premières traces de domestication des mammifères d'élevage avec lesquels nous cohabitons aujourd'hui à l'échelle mondiale remontent pour la plupart à plusieurs milliers d'années.

La classe des insectes comporte à elle seule 1,3 million d'espèces décrites à ce jour, et pourtant, seuls les vers à soie (3000 ans av JC, Chine) et les abeilles domestiques (4000 ans av JC, plusieurs foyers de domestication) sont considérées comme domestiquées.

Les cochenilles, les vers de farine, les criquets et les termites ne sont que semi-domestiques, puisqu'au moins une étape de leur développement n'est pas maîtrisée par la main de l'Homme.

Le nombre d'espèces d'insectes pour lesquelles un réel système d'élevage est mis en place est donc très faible en comparaison du nombre d'espèces consommées ou utilisées par les hommes. Pour simplifier le propos et ne pas nous perdre en considérations de terminologie, on considérera qu'il s'agit bien d'élevage dès lors que l'on pourvoit aux besoins des insectes (habitat, alimentation), même si l'ensemble des étapes du développement n'est pas maîtrisé (c'est souvent le cas de la reproduction).

On considérera qu'il existe différents types d'élevages, selon un gradient de contrôle de l'environnement de l'insecte et l'intensité de l'élevage :

- les proto-élevages d'insectes, où l'on favorise la présence des insectes dans leur environnement naturel en modifiant celui-ci. Par exemple, on pourvoit les Hémiptères aquatiques du lac de Mexico avec des sites de pontes, faits d'herbes ; on aménage l'environnement pour augmenter la densité de chenilles comestibles dans certaines zones d'Afrique, en préservant certains arbres de la coupe ; ou à l'inverse on coupe délibérément des palmiers pour encourager les vers du palmier à pondre leurs oeufs dans les troncs, en Afrique et en Asie.
- les élevages "familiaux" à petite ou moyenne échelle. Historiquement, ces élevages sont les plus représentés dans le monde. L'élevage d'insectes est un élevage à petite échelle, à vocation vivrière ou commerciale. En Thaïlande, on compte plus de 20 000 élevages "familiaux" de criquets, produisant 7500 tonnes de criquets par an.
- les élevages de type industriel qui nécessitent des infrastructures importantes et s'exercent dans des environnements très contrôlés. En ce moment très représentés dans les médias, et majoritaires dans les nouveaux projets européens, ils permettent la production de plusieurs tonnes d'insectes par semaine.

Illustration 3: Illustration 2: Unité de production ouverte à Nesle (80 en 2020, propriété de l'entreprise InnovaFeed, décrite comme le "plus grand élevage d'insectes au monde" lors de son inauguration (Crédit photo : InnovaFeed)

2. Enjeux : pourquoi élever des insectes ?

La croissance démographique, l'urbanisation et la montée des classes moyennes ont fait augmenter la demande mondiale en aliments, notamment en protéines d'origine animale au cours des dernières décennies. D'ici 2050, la population mondiale devrait représenter plus de 9 milliards de personnes.

Par ailleurs, des animaux élevés chaque année pour subvenir à notre alimentation, satisfaire nos loisirs ou devenir nos animaux de compagnie dépendent de ressources protéinées, d'origine végétale ou animale pour leur croissance et leur développement.

Environ 68% de la surface agricole disponible sur la planète est utilisée sous la forme de pâturages, et 10% de plus pour la production de produits végétaux destinés à l'alimentation animale. Au total, 78% de la surface agricole utile (FAO) est donc déjà consacrée à la production de protéines animales. Comment, dans un contexte d'augmentation de la demande, peut-on envisager consacrer encore davantage de terres à l'élevage ?

Le secteur de l'élevage doit s'adapter aux nouvelles exigences sociétales et répondre aux enjeux environnementaux dont il est l'un des acteurs principaux : émissions de gaz à effet de serre, pollutions aux nitrates, déforestation, consommation de la ressource en eau, érosion des sols, utilisation d'antibiotiques, impacts négatifs d'une consommation immodérée de viande sur la santé publique etc. De nouvelles solutions doivent être recherchées pour répondre à la demande en protéines animales.

L'une des nombreuses façons de répondre aux problèmes de la sécurité alimentaire humaine et animale est d'envisager l'élevage d'insectes.

1) Des propriétés nutritionnelles intéressantes

L'ensemble des informations données ci-après sont issues de l'excellent rapport de la FAO « Insectes comestibles, perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale », disponible en français à l'adresse suivante : https://www.fao.org/edible-insects/fr/

La valeur nutritionnelle des insectes comestibles est très variable, en raison de la grande diversité des espèces. Même au sein d'une même espèce, ces valeurs nutritionnelles peuvent différer en fonction du stade de développement des insectes (larve, nymphe, adulte), de leur habitat et de leur alimentation. La préparation et les méthodes de production (le séchage, la cuisson à l'eau bouillante, la friture) influencent également la composition nutritionnelle du produit fini.

En règle générale, on peut affirmer que les insectes sont nutritifs, avec une teneur élevée en protéines, matières grasses et minéraux directement assimilables par notre organisme.

Les protéines représentent 15 g pour 100g chez le couvain d'abeille et la chrysalide du ver à soie, valeurs relativement comparables à ce que l'on peut tirer d'une omelette (14g pour 100g). Le ver de farine et le grillon font jeu égal avec les viandes (20g pour 100g environ pour le bœuf, le poulet et le porc) : 19 à 20g de protéines en moyenne pour 100g, et la chenille du mopane affiche un score de 35 g pour 100g.

Teneurs en protéines brutes des insectes (classés par ordre)

Ordre des insectes	Stade	Variations de la teneur en protéines (%)
Coléoptères	Adultes et larves	23 – 66
Lépidoptères	Chrysalides et chenilles	14 – 68
Hémiptères	Adultes et larves	42 – 74
Homoptères	Adultes, larves et œufs	45 – 57
Hyménoptères	Adultes, nymphes, larves et œufs	13 – 77
Odonates	Adultes et larves aquatiques	46 – 65
Orthoptères	Adultes et juvéniles	23 – 65

Source: Xiaoming *et al.*, 2010.

Illustration 4: Teneurs en protéines brutes des insectes (Source : Rapport FAO, 2013)

La plupart des insectes comestibles présentent des teneurs en fer équivalentes ou supérieures à celles du bœuf. Le bœuf contient 6 mg de fer pour 100 g de matière sèche, alors que la chenille mopane en contient, par exemple, de 31 à 77 mg pour 100 g. L'incorporation des insectes comestibles dans le menu quotidien pourrait lutter contre les carences en fer et contribuer à prévenir les anémies : l'OMS a signalé que les carences en fer sont le trouble nutritionnel le plus commun et le plus répandu dans le monde.

Les carences en zinc sont un autre problème central de santé publique, en particulier pour la santé infantile et maternelle.La plupart des insectes sont une bonne source de zinc. Les teneurs moyennes de la viande de bœuf sont de 12,5 mg pour 100 g de poids sec, alors que les larves de charançon du palmier, par exemple, en contiennent 26,5 mg pour 100 g.

Enfin, les insectes comestibles peuvent être consommés entiers ou réduits en poudre ou pâte et incorporés à d'autres aliments.

2) Des impacts environnementaux faibles

Les insectes génèrent moins de gaz à effet de serre que les mammifères d'élevage. Leur élevage génère un faible impact environnemental : faible utilisation d'eau, peu d'émissions de GES, faible émission de nitrates. Par ailleurs, ils nécessitent une surface faible en espace d'élevage et peuvent être élevés selon les principes du "vertical farming".

Ils peuvent être nourris à l'aide de résidus alimentaires non exploités à l'heure actuelle, ne rentrant pas en concurrence avec l'alimentation humaine, ou encore à partir de déchets organiques. La FAO estime qu'environ un tiers de la production agricole à l'échelle mondiale est perdue, jetée ou gâchée. A elle seule, l'industrie agroalimentaire génère une quantité importante de sous-produits qu'on ne sait pas toujours comment valoriser.

Les insectes présentent, en outre, des taux de croissance et de conversion alimentaire élevés pendant tout leur cycle de vie.

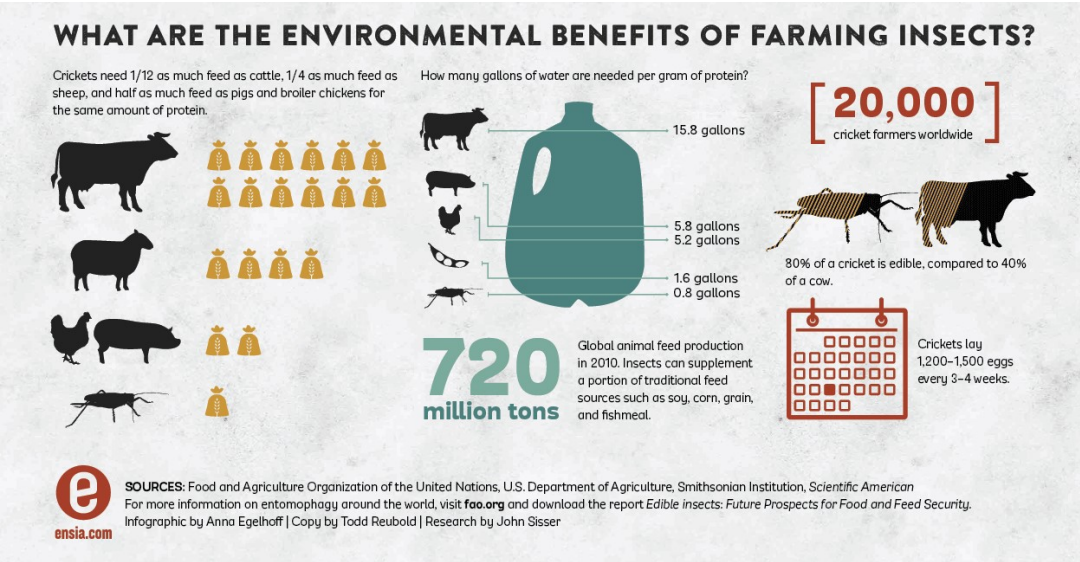

Illustration 5: Bénéfices environnementaux associés aux élevages d'insectes (Source : Ensia.com)

3. Les élevages d'insectes en réponse aux enjeux alimentaires et nutritionnels

On appelle entomophagie la consommation d'insectes par les humains. Pratiquée dans de nombreux pays du monde (130), elle est surtout répandue dans les communautés d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine. Les insectes font partie du régime alimentaire d'environ 2 milliards de personnes, et ont toujours fait partie de l'alimentation des populations humaines. Contrairement à une idée fausse assez commune en Occident, les insectes ne constituent pas une source de nourriture de “situation extrême", ou de famine. Ils constituent le plus souvent un aliment de base dans les cultures traditionnelles, font l'objet de recettes et présentations variées, sont consommés pour leur goût et à l'occasion de fêtes. Certaines espèces d'insectes sont considérées comme des mets de choix et se vendent à prix élevé.

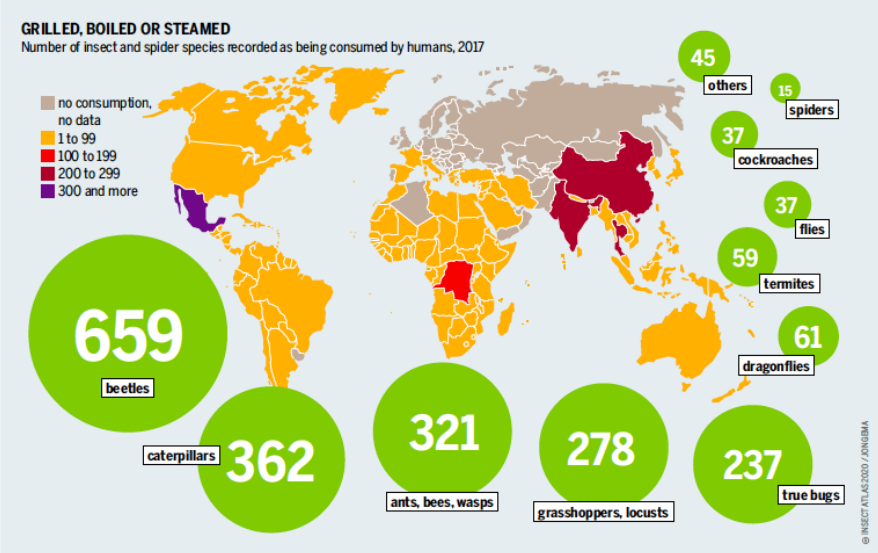

Illustration 6: L'entomophagie dans le monde (Source : Insect Atlas 2020)

La grande majorité des insectes consommés sont prélevés dans la nature, essentiellement dans les milieux forestiers. Le développement d'élevages d'insectes permettrait de garantir un approvisionnement régulier pour faire face à un accroissement de la demande, tout en préservant la ressource naturelle.

Focus sur… le Mexique

Selon la FAO, 7% de la population mexicaine souffrait de sous-alimentation en 2018. En parallèle, les récentes évolutions des habitudes alimentaires engendrent de nombreux problèmes de malnutrition. 1 enfant sur 3 et 73% de la population totale est en surpoids. Ces chiffres alarmants classent le Mexique en première place mondiale pour le taux d’obésité infantile, et en deuxième place pour le taux d’obésité chez les adultes. Les taux de diabète et le risque de mourir d’une maladie cardio-vasculaire sont très élevés. Malgré la prise de conscience de la situation par les autorités, le problème s’aggrave et touche toutes les catégories de la population : entre 2012 et 2016, le pourcentage de femmes rurales en surpoids a augmenté, passant de 30 à 40%.

Le Mexique est fréquemment cité comme exemple lorsque l’on parle d’entomophagie. Plus de 500 espèces d’insectes différentes y seraient consommées. Pourtant, les filières nécessaires à la réelle diffusion de cette pratique alimentaire sont loin d’être établies, notamment par manque de connaissances scientifiques et techniques.

Les élevages d'insectes pourraient permettre de répondre aux enjeux de sous-alimentation et de malnutrition, par la mise en place de systèmes d'élevage garants de l'autonomie alimentaire des communautés rurales, et par le développement de produits transformés nutritionnellement équilibrés.

1. Identifier les espèces d'insectes comestibles

Ce travail a été initié il y a plusieurs décennies déjà. L'Université du Wisconsin aux USA et la UNAM au Mexique ont été précurseurs sur ce champ de recherche. A l'institut de Biologie de la UNAM, j'ai rencontré Jose Manual Pino Morelos. Entomologue, il fait des recherches sur les insectes comestibles depuis des années, et a longtemps travaillé avec l'anthropologue Julieta Romas Elorduy. Selon lui, "*le développement de l'usage des insectes comme aliment est une boule de neige que personne ne pourra arrêter*", mais beaucoup de travail reste à accomplir avant que le Mexique ne porte de véritables filières associées aux insectes comestibles.

Les habitudes historiques de consommation d'insectes persistent au Mexique. Quelques "produits phares" sont consommés en quantités importantes à travers tout le pays, mais ces produits sont souvent composés de multiples espèces ! Dans le cas des *chapulines*, on estime que ce sont 23 à 24 espèces différentes qui sont récoltées pour être consommées sous cette appellation. Le même phénomène se produit pour la consommation des *jumiles*, punaises d'eau consommées autour de Taxco.

D'après JM Pino Morelos, un important travail de recherche taxonomique doit être mené, afin d'identifier clairement quelles sont les espèces effectivement consommées, et à quel stade de développement. Des équipes pluri-disciplinaires doivent être créées pour mener à bien les différentes étapes d'identification et d'étude de l'écologie de la ressource sauvage, puis éventuellement de domestication et de mise au point de systèmes d'élevage.

Pour être étudiée dans un espoir de valorisation, la ressource doit également être protégée. Selon l'entomologiste, le nombre d'espèces et la quantité d'individus disponibles aux périodes de récolte ne cesse de diminuer. "*Chaque année les personnes qui récoltent les insectes ont besoin de plus de temps et doivent parcourir des espaces plus importants pour récolter la même quantité de chapulines que l'année précédente*". Les plantes hôtes de ces espèces entraînent avec elles leurs prédateurs dans leur disparition.

1) Identifier les espèces d'insectes comestibles

Ce travail a été initié il y a plusieurs décennies déjà. L'Université du Wisconsin aux USA et la UNAM au Mexique ont été précuseurs sur ce champ de recherche. A l'institut de Biologie de la UNAM, j'ai rencontré Jose Manual Pino Morelos. Entomologue, il fait des recherches sur les insectes comestibles depuis des années, et a longtemps travaillé avec l'antropologue Julieta Romas Elorduy. Selon lui, "*le développement de l'usage des insectes comme aliment est une boule de neige que personne ne pourra arrêter*", mais beaucoup de travail reste à accomplir avant que le Mexique ne porte de véritables filières associées aux insectes comestibles.

Les habitudes historiques de consommation d'insectes persistent au Mexique. Quelques "produits phares" sont consommées en quantités importantes à travers tout le pays, mais ces produits sont souvent composés de multiples espèces ! Dans le cas des *chapulines*, on estime que ce sont 23 à 24 espèces différentes qui sont récoltées pour être consommées sous cette appellation. Le même phénomène se produit pour la consommation des *jumiles*, punaises d'eaux consommées autour de Taxco.

D'après JM Pino Morelos, un important travail de recherche taxonomique doit être mené, afin d'identifier clairement quelles sont les espèces effectivement consommées, et à quel stade de développement. Des équipes pluri-disciplinaires doivent être crées pour mener à bien les différentes étapes d'identification et d'étude de l'écologie de la ressource sauvage, puis éventuellement de domestication et de mise au point de systèmes d'élevage.

Pour être étudiée dans un espoir de valorisation, la ressource doit également être protégée. Selon l'entomologue, le nombre d'espèces et la quantité d'individus disponibles aux périodes de récolte ne cesse de diminuer. "*Chaque année les personnes qui récoltent les insectes ont besoin de plus de temps et doivent parcourir des espaces plus importants pour récolter la même quantité de chapulines que l'année précédente*". Les plantes hôtes de ces espèces entrainent avec elles leurs prédateurs dans leur disparition.

Illustration 8: Collection entomologique : différentes espèces d'Orthoptères regroupées sous le nom commun "Chapulines", collection personnelle de JM Pino Morelos (Crédit photo : C.Pellerin)

Illustration 7: Stand de chapulines sur un marché de Oaxaca (Crédit photo : C.Pellerin)

2) Mise au point de systèmes d'élevage

L'entreprise Griyum a été créée en 2016, dans l'État de Guanajuato, par trois étudiants de l'Instituto Tecnologico de Queretaro. L'objectif affiché de la jeune start-up est double : diminuer la « pauvreté nutritionnelle » et développer une activité source de revenus pour les populations rurales locales.

Les premiers essais d'élevage de grillons ont été réalisés sous serre. Les essais à petite échelle ont permis la mise au point d'un système de production, jusqu'au développement de 5 serres de productions, dans 5 villages différents. L'État de Guanajuato, particulièrement touché par l'exode rural en direction des Etats-Unis, apporte un soutien économique et organisationnel à ce projet pilote. Le coût d'un projet est d'environ 600 000 pesos mexicains (30 000 euros). L'accès à un terrain plat de 300 m2 minimum, un accès à l'eau et à l'électricité et la constitution d'un groupe de 5 personnes prêtes à s'organiser collectivement pour le maintien de l'atelier d'élevage sont les pré-requis pour la mise en place d'une serre de production.

Sous la serre, les températures hautes nécessaires au développement de l'insecte sont atteintes 10 mois de l'année. Au besoin, un chauffage au gaz permet de maintenir la température entre 27 et 35 degrés Celsius. En été, une ventilation pour réduire la température, combinée à l'ouverture des portes de la serre est souvent nécessaire. Sous une serre de 240m2 pour 4 m de hauteur, le potentiel de production est de 1 tonne de produit frais par mois. Les cycles de production sont de 7 à 8 semaines.

L'aliment distribué est un mélange de céréales et de soja à 20% de protéines. L'indice de consommation du grillon est de 2,1 sur les 7 premières semaines d'élevage. Pour la phase de reproduction, l'alimentation est enrichie. Le taux de mortalité obtenu est encore trop élevé, et la formulation de l'aliment devra certainement être testée encore plusieurs fois. On ignore beaucoup de choses sur le métabolisme des insectes en général, et l'étude des besoins en acides aminés essentiels doit être approfondie pour améliorer la rentabilité des ateliers de production.

Illustration 9: Serre d'élevage de grillons - Griyum Mexico (Crédit photo : Griyum)

La récolte est le poste de travail le plus important: 2 personnes sont nécessaires pour mener à bien la collecte des adultes, quand une personne est suffisante au quotidien pour faire fonctionner l'unité d'élevage. Les grillons sont ensuite congelés pour être sacrifiés, puis déshydratés et réduits en farine. 4 kilos de grillons frais produisent 1 kilo de farine à 65% de protéines.

Il existe des perspectives intéressantes de valorisation des effluents de l'élevage des grillons. La production d'1 kg de grillon vif génère 2 kg d'excréments, au contenu en nitrogène élevé pour un faible pourcentage d'eau. Des essais de valorisation de ces excréments en agriculture doivent être développés, et l'équipe réfléchit également à la possibilité de générer du biogaz.

3) Définir des modes de transformation agro-alimentaire

Entofoods est une jeune entreprise, cofondée par Alejandra A. et Andrea Gomez en 2016. Formées en nutrition et techniques agro-alimentaires, elles ont pour objectif de mettre à disposition du marché mexicain une version alternative et équilibrée du snack “totope”. Traditionnellement, les totopes sont fabriqués à base de tortillas de maïs frites. Difficile de les éviter : le pays regorge de petites boutiques qui commercialisent quasi-exclusivement des snacks et des sodas à petits prix, et les totopes sont partout. A toute heure, les jeunes et moins jeunes “snackent”.

Les totopes de l’entreprise sont commercialisés sous la marque Totolines. Ils sont constitués pour partie de farine de chapulines *(Sphenarium purpurascens)* ou de grillons *(Acheta domesticus)*, riches en protéines et pauvres en graisses. Encore relativement modeste, l’entreprise pour se développer doit résoudre de multiples problèmes. "Éduquer *le consommateur est l’une de nos difficultés principales*”, note Andréa. Bien que les insectes soient consommés dans différentes régions du pays, au Mexique aussi le “yuk factor” est présent.

Le Mexique a été identifié comme l’un des pays avec le plus important potentiel de développement de produits à base d’insectes destinés à la consommation humaine. Mais selon les entrepreneuses de Totolines, “*il y a un manque cruel d’investisseurs sérieux dans ce secteur”*.

Illustration 11: Totope à base de farine de chapulines (Crédit photo : C.Pellerin)

Illustration 10: Informations nutritionnelles sur les totopes à la farine de chapulines (Crédit photo : C.Pellerin)

4) Développer de petits élevages vivriers

Guiomar Melgar Lalanne est professeur en sciences de la nutrition et chercheuse à l'Université de Veracruz au Mexique. Elle travaille depuis plusieurs années sur le potentiel nutritionnel des insectes comestibles, et a récemment publié un article sur les différentes formes de transformation de cette ressource. Suite à une interview diffusée à la radio, Guiomar Melgar Lalanne a été contactée par une famille de la communauté de Tlaltetela.

Dans le village de Tlaltetela, dans l'Etat de Veracruz, une part anormalement élevée de la population souffre d'ataxie spinocérébrale. Il s'agit d'une maladie neurologique d'origine génétique, progressive et dégénérative. Elle affecte les neurones moteurs : les personnes qui souffrent de cette forme d'ataxie perdent progressivement la vue et la capacité de se mouvoir normalement. Cette perte de mobilité affecte la capacité des malades à se nourrir : les mouvements de la mâchoire deviennent de plus en plus difficiles à contrôler. L'incapacité des malades à mastiquer les aliments qui leurs sont proposés réduit considérablement le volume de leur bol alimentaire : ils ont besoin d'aliments à haute teneur nutritionnelle. La situation économique et l'éloignement géographique (reliefs, pluies tropicales, état des routes) des populations rurales de l'Etat de Veracruz ne permet pas de s'approvisionner en aliments « hospitaliers » ni en matériel médical de perfusion. Par ailleurs, l'hospitalisation des malades impliquerait un éloignement des proches.

Odbulia vit a Tlatetela depuis plusieurs années. Elle a perdu l'un de ses enfants des suites d'une ataxie spinocérébrale. Son mari Sergio souffre également de cette maladie. Lors de notre rencontre en août 2019, il n'articulait plus que difficilement et se nourrir lui était difficile.

Avec l'aide de Julio et Ilibeth, tous deux étudiants en agronomie à l'Université de Veracruz, Obdulia a mis en place une petite unité d'élevage de vers de farine dans la pièce adjacente à son salon. Les moyens mis en oeuvre sont modestes : quelques boîtes en plastique, quelques couvercles grillagés retenus par de gros élastiques, et un sac de substrat-aliment pour les vers. Son objectif est de produire des aliments à haute teneur en protéine, pour que les malades d'ataxie puissent s'alimenter à hauteur de leurs besoins nutritionnels, sans trop d'efforts de mastication et de digestion.

Illustration 12: Obdulia et son élevage de vers de farine (Crédit photo : C.Pellerin)

Illustration 13: Adulte, pupe et larve de Tenebrio molitor (Crédit photo : C.Pellerin)

Depuis le début du projet, Julio et Ilibeth ont formé Obdulia à reconnaître les différents stades de développement du *Tenebrio molitor*. Ils lui ont appris à identifier le stade optimal de récolte, lui ont donné des conseils de préparation et de cuisson des vers, et ils ont mis au point ensemble un petit protocole expérimental, pour évaluer quel substrat d'élevage permet d'obtenir les meilleurs résultats. Obdulia fait donc des essais et transmet ses observations aux étudiants. La température extérieure de cette région du Mexique convient parfaitement au développement rapide de *Tenebrio molitor*, mais l'humidité de l'air est élevée et peut engendrer le développement de champignons potentiellement pathogènes dans les élevages. Un morceau de carotte sert à hydrater les vers, et pour l'instant les étudiants testent différentes espèces et mélanges de céréales pour le substrat. L'accessibilité des ressources utilisées pour les populations rurales est un critère primordial de choix dans le protocole.

5) Développer l'entomophagie : dépasser le « yuk factor »

▪ Valoriser les recettes des cultures entomophages

Malgré une forte tradition entomophage, la relation des mexicains aux repas à base d'insectes est ambigüe. La standardisation des habitudes alimentaires provoque un déclin de la consommation d'insectes, même dans les pays à tradition entomophage. Pour les familles rurales, les insectes représentent souvent l'objet d'une consommation régulière, associée à certaines périodes de l'année (il y a des insectes de saison, comme pour les fruits et légumes !), ou à certaines fêtes.

Pour les familles ayant connu un “exode rural” relativement récent, ces aliments sont souvent perçus comme associés à la pauvreté, à des traditions mises à l'écart depuis l'adoption de modes de vie plus “citadins”. Pourtant, en ville, on rencontre régulièrement des restaurants qui mettent en avant les traditions culinaires pré-hispaniques et présentent à leur carte des plats à base d'insectes, souvent à des prix assez élevés.

Le restaurant Mélanie est spécialisé dans la cuisine “pré-hispanique”. Situé en bordure de route, en zone rurale, il s'agit d'un restaurant prisé par les connaisseurs. Au menu, plus d'une quinzaine de plats à base d'insectes, souvent accompagnés d'une tortilla de maïs et de quelques tranches d'avocat.

Illustration 14: Restaurant Mélanie – à gauche : gusanos de maguey (vers blancs d'agave) , à droite : escamoles (oeufs de fourmis) (Crédit photo : C.Pellerin)

▪ Cachez cet insecte que je ne saurai voir ! (sauf sur l'étiquette)

La néophobie alimentaire est le phénomène de réticence, éprouvé à l'idée de consommer des aliments nouveaux. En occident les insectes sont encore trop souvent considérés comme “sales”, "dégoûtants", vecteurs de maladies, ou marqueur d'insalubrité. Les présenter dans une assiette semble une aberration pour de nombreux consommateurs. Certaines catégories de populations (selon leur âge, leur genre, leur catégorie socio-professionnelle et leur origine ethnique) sont plus susceptibles que d'autres de s'aventurer à la consommation d'insectes, mais dans leur majorité les occidentaux ne sont “pas prêts”, selon le terme couramment employé, à voir les insectes s'inviter à leur table.

Pour démocratiser l'entomophagie, il semble nécessaire de mettre les insectes au menu des restaurants, des cafétérias et des cantines scolaires, sous une forme transformée. De nombreuses marques proposent déjà ce type de produits, sous la forme de farines ou de barres énergétiques. De par leur richesse en protéines, les insectes sont souvent considérés comme des substituts de viande. Catégorisés comme tels ils pourraient bénéficier des différents procédés de transformation alimentaires déjà utilisés pour les substituts de viande d'origine végétale et destinés au public végétarien. Il est crucial que la consommation d'insectes arrête d'être perçue comme un “défi” à relever par les occidentaux, mais comme quelque chose d'habituel, de légèrement exotique éventuellement, mais pas plus traumatisant que de déguster des sushis.

6) Développer l'entomoculture à destination de l'alimentation humaine : un exemple européen

Adam Banks, lauréat Nuffield 2018, a créé l'entreprise instarFarming avec cet objectif en tête : rendre la farine d'insecte accessible aux consommateurs anglais. Il élève des grillons domestiques (Acheta domesticus) dans un hangar d'une centaine de mètres carrés, rempli de caisses en plastique empilées les unes sur les autres. Chaque caisse contient une unique catégorie d'âge de criquets, déambulant (et chantant pour les mâles les plus âgés) entre des boîtes d'œufs empilées. L'air ambiant du bâtiment est maintenu à une température supérieure à 30 degrés Celsius, adapté à un développement rapide des grillons. Pour des raisons sanitaires, le “cheptel” reproducteur est élevé dans un bâtiment à part. Les maladies sont rares mais dans ce type d'élevage, elles peuvent se disperser très rapidement et générer des dégâts importants.

Certaines techniques d'élevage sont encore à améliorer. Le mode actuel de distribution de l'eau, dans des abreuvoirs, ne convient pas à Adam. Ils permettent le déplacement mécanisé des boîtes mais demandent une main d'œuvre trop importante et des manipulations difficiles. Les grillons ont également tendance à déplacer leur nourriture dans les caisses d'élevage, qui se salissent rapidement. De nombreuses expériences sont en cours, et il est indispensable d'être astucieux et créatif pour réussir dans le secteur : les secrets sont bien gardés, les photos au sein du bâtiment sont interdites.

“On ne sait pas exactement ce que ressentent les grillons, mais nous avons de bons arguments pour répondre aux inquiétudes sur le bien-être animal", précise-t-il. En effet, les grillons domestiques sont plutôt des insectes grégaires, adaptés à une forte concentration d'individus. Les insectes sont abattus par congélation, réputée pour être une méthode “douce” de sacrifice.

Un vaste espace agro-alimentaire est intégré au bâtiment. Celui-ci contient un four, un moulin et de vastes congélateurs. La transformation se fait sur place, seul le packaging final a lieu ailleurs. *“L'histoire associée au produit est un des facteurs clés de la communication avec les clients”*, précise Adam. *“Nous essayons de mettre au point un partenariat avec une brasserie locale pour en valoriser les drèches, et nous insistons sur l'origine et la qualité des aliments distribués aux grillons.”*

La marque BugVita propose aux consommateurs une gamme d'insectes “entiers” sous formes de snacks mais également de farines. Le terme de “superfood” est très largement employé pour tenter de convaincre les consommateurs d'intégrer la farine de criquets à leur alimentation quotidienne. Les sportifs et les personnes soucieuses de leur empreinte carbone sont les principales cibles pour ce type de produit. Adam pense qu'une forte proportion de consommateurs végétariens pourraient accepter de consommer des insectes, le “lien affectif” ressenti avec les insectes étant moins important qu'avec les mammifères.

Il n'existe pas encore de certification en agriculture biologique pour les élevages d'insectes au Royaume-Uni. Le cahier des charges est en cours au sein de l'Union Européenne, mais suite au Brexit il est difficile de savoir quel sera l'avenir réglementaire de l'élevage d'insectes dans ce pays. Il se pourrait que celui-ci soit facilité, c'est en tout cas ce qu'espère Adam Banks, et ce pour quoi il milite à travers le Woven Network, réseau professionnel dédié à l'entomoculture.

Illustration 15: Adam Bancks présentant la farine d'insecte issue de son élevage (Crédit photo : BugVita)

4. Les élevages d'insectes en réponse aux enjeux environnementaux pour le secteur de l'élevage

1) Réduire les impacts environnementaux de l'aquaculture

L'aquaculture fournit aujourd'hui plus de poissons que la pêche. Mais les élevages aquacoles dépendent fortement de la disponibilité de farines d'origine animale pour nourrir les poissons d'élevage, et la plupart de ces protéines animales proviennent de la pêche, ce qui rend le système peu durable. La production d'aliments pour l'aquaculture aurait franchi la barre des 40 millions de tonnes par an dans le monde, et ne cesse d'augmenter. Elle pèse lourd sur les populations de poissons marins, et par les phénomènes de concurrence entre secteur, contribue à l'augmentation des prix des matières premières. Les farines d'insectes prennent de plus en plus d'importance dans l'approvisionnement de cette filière, grâce à l'évolution de la réglementation aux demandes du secteur : les fermes aquacoles sont, dans l'Union Européenne, autorisées depuis l'été 2018 a utiliser les farines d'insectes pour l'alimentation des poissons.

Les farines à base d'insectes ont trouvé un débouché très important dans le développement de l'aquaculture. L'installation d'unités de production dans les environs géographiques des zones de production aquacoles permettrait de réduire encore les impacts environnementaux de ce secteur d'activité.

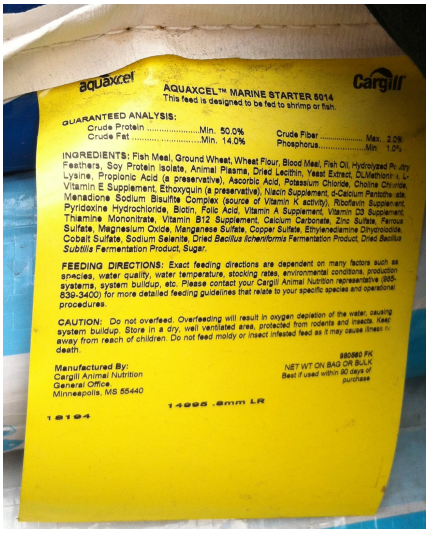

Illustration 17: Aliment pour l'aquaculture à base de farine de poissons (Crédit photo : C.Pellerin)

Illustration 16: Elevage aquacole, Iowa USA (Crédit photo : C.Pellerin)

2) Nourrir les animaux d'élevage : porcs et volailles en première ligne

Les monogastriques d'élevage, volailles et porcs essentiellement, sont des omnivores qui, en liberté, consomment une quantité d'insectes non négligeable. Leurs comportements de recherche de nourriture et leur système digestif sont donc adaptés à la consommation d'insectes.

Le secteur de l'élevage a, ces dernières années, évolué pour s'ouvrir davantage vers ce qui apparaît comme une source de protéines incontournables dans l'avenir : les farines à base d'insectes.

Maurren Wakefield travaille en tant qu 'entomologiste au centre de recherche FERA, au Royaume-Uni. Elle étudie les usages potentiels des insectes comme source de protéine alternative dans l'alimentation animale. Elle étudie également les possibles usages de la chitine, molécule qui constitue l'exosquelette des insectes. C'est l'élevage d'*Hermetia illucens* qui est particulièrement étudié au sein de son laboratoire, et leur capacité de bioconversion. Ce procédé implique de nourrir des larves d'insectes avec de la matière organique, par exemple sous la forme de sous-produits de l'agro-industrie ou de déjections animales. Les larves s'engraissent, et peuvent multiplier leur poids par un facteur de 10 000 en seulement 4 semaines. Leur indice de consommation (poids gagné/poids de la nourriture consommée) est très faible, estimé à environ 1,5 suivant le substrat sur lequel elles

évoluent. Quand les larves atteignent un poids optimal, elles sont récoltées, sacrifiées, puis transformées. Le potentiel de transformation est important :

- Les larves sont transformées en farine pour un apport protéiné dans l'alimentation animale
- On en extrait également l'huile, elle aussi utilisée en alimentation animale dans les différentes formulations. Sa richesse en acides gras, et plus particulièrement en acide laurique, aux propriétés anti-microbiennes et ayant un effet positif sur le microbiome intestinal des volailles et des porcs.
- Enfin, on en extrait la chitine, utilisée pour produire des bio-polymères. Jusqu'à présent la production internationale de chitine était issue des crustacés, mais avec le développement des élevages d'insectes les possibilités industrielles pour ces biopolymères semblent se démultiplier.

Encore une fois, les réglementations doivent évoluer avec les innovations du secteur. Les farines animales ayant été bannies de l'Union Européenne depuis la crise de l'ESB, elles ont été "réautorisées", du moins sous la forme de farines et de formulations diverses à base d'insectes. Chaque nouvelle autorisation concerne une espèce d'insectes spécifique, une formulation particulière et/ou une espèce d'élevage spécifique.

Actuellement, par soucis sanitaire, les insectes destinés à être transformés pour l'alimentation animale ne peuvent être nourris qu'à partir de matériaux d'origine végétale. Quelques exceptions sont admises, pour les matériaux d'origine animale comme le lait, les œufs et leurs coquilles, le miel, le gras ou le sang issus de non-ruminant. Il est interdit d'élever des insectes avec les résidus d'abattoirs, les fumiers, les résidus de compost (restes de nourriture mélangés, issus de restauration collective par exemple) ou les invendus de supermarchés si ceux-ci contiennent de la viande ou du poisson.

L'IPIFF, International Platform of Insects for Food and Feed, organisation de lobby pour l'entomoculture européenne, agit à l'échelle institutionnelle pour faire bouger certaines de ces lignes réglementaires.

Illustration 19: Illustration 17: Maureen Wakefield et l'unité d'élevage de mouche soldat noire, FERA (Crédit photo : FERA)

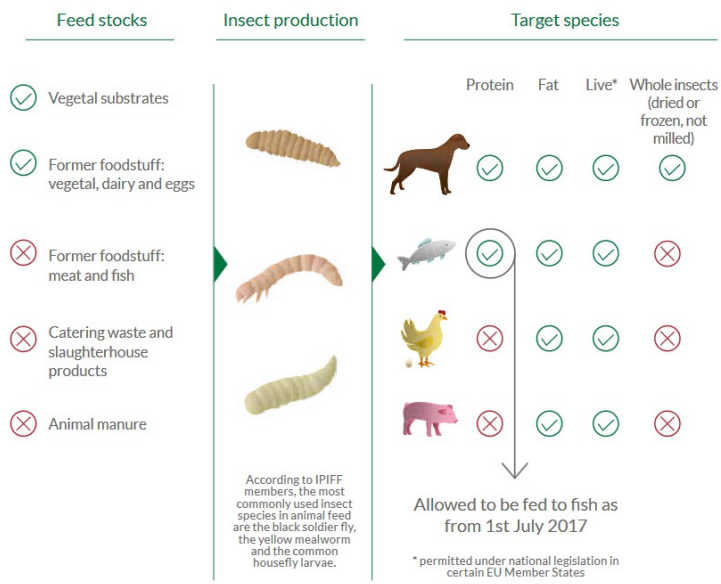

Illustration 18: État de la réglementation au sein de l'UE, mai 2020 (Source : IPIFF)

3) Réduire les pollutions olfactives et organiques

Hermetia illucens, ou mouche soldat noire, est utilisée depuis plusieurs années pour résoudre des problèmes de pollution olfactive et organique des élevages de ruminants. Différentes expérimentations ont montré qu'en stabulation libre, la présence des larves dans les fumiers permet de réduire de 60 à 70% le phosphore disponible et de 30 à 50% l'azote disponible. Les risques de perte de minéraux et de pollution des eaux via le ruissellement sont fortement diminués. Le volume total de fumier et les mauvaises odeurs émises sont également réduits. Autre caractéristique à valoriser : les larves de mouche soldat noire possèdent dans leurs sucs digestifs des produits bactéricides, permettant d'assainir les fumiers en réduisant les populations de certaines souches d'E.coli ou de salmones, dangereuses pour l'Homme.

A ceux qui s'inquièteraient de cet élevage de mouches comme vecteur d'insalubrité, il faut répondre qu'*Hermetia illucens* ne cherche pas à entrer dans les habitations et n'est pas attirée par la nourriture humaine. Indirectement, elle permet de réduire les populations de mouches domestiques : lorsque l'espèce est très abondante, ses larves rendent les fumiers plus liquides, et ainsi moins attractifs pour les femelles de *Musca domestica.*

L'État d'Iowa, essentiellement agricole, est le principal producteur des ruissellements responsables de la pollution du Golfe du Mexique. Les nitrates lessivés des champs cultivés surdosés en engrais chimiques et en fumiers non compostés, voyagent via le fleuve Mississippi et sont les responsables directs de la mort de la biodiversité marine du Golfe. De nombreux problèmes d'approvisionnement en eau potable se font également ressentir localement, et les citoyens commencent à prendre conscience du coût sociétal colossal que représentent les pratiques agricoles peu soucieuses du lessivage des nitrates.

Illustration 20: Ruissellement de lisiers issus d'un élevage bovin, Iowa USA. (Crédit photo : C.Pellerin)

5. Les insectes garants de l'efficacité des agrosystèmes

Les services écosystémiques rendus par les insectes sont vitaux pour l'agriculture. Les deux services principalement étudiés sont la pollinisation des cultures et leur rôle dans le cycle de la matière organique dans le sol.

Par le transport du pollen d'une plante à une autre, les pollinisateurs permettent la bonne fécondation des plantes à fleurs et assurent les échanges de gènes. Les trois quarts des cultures agricoles à l'échelle mondiale bénéficient du service de pollinisation : celui-ci permet d'améliorer les rendements (meilleure fructification, calibre des fruits supérieur) mais également la conservation des fruits.

Les décomposeurs de la litière du sol découpent et digèrent les restes végétaux, facilitant leur transformation ultérieure par les microbes.

Convertie en monnaie, la valeur économique de ces services atteint des sommes colossales, pourtant prodigués gratuitement par les insectes. Aucune action humaine ne peut les remplacer.

Cependant, dans certaines situations particulières, suite à une perturbation de l'environnement ou à un contexte de production hors-sol, les élevages d'insectes peuvent permettre de fournir ou de restaurer ces services.

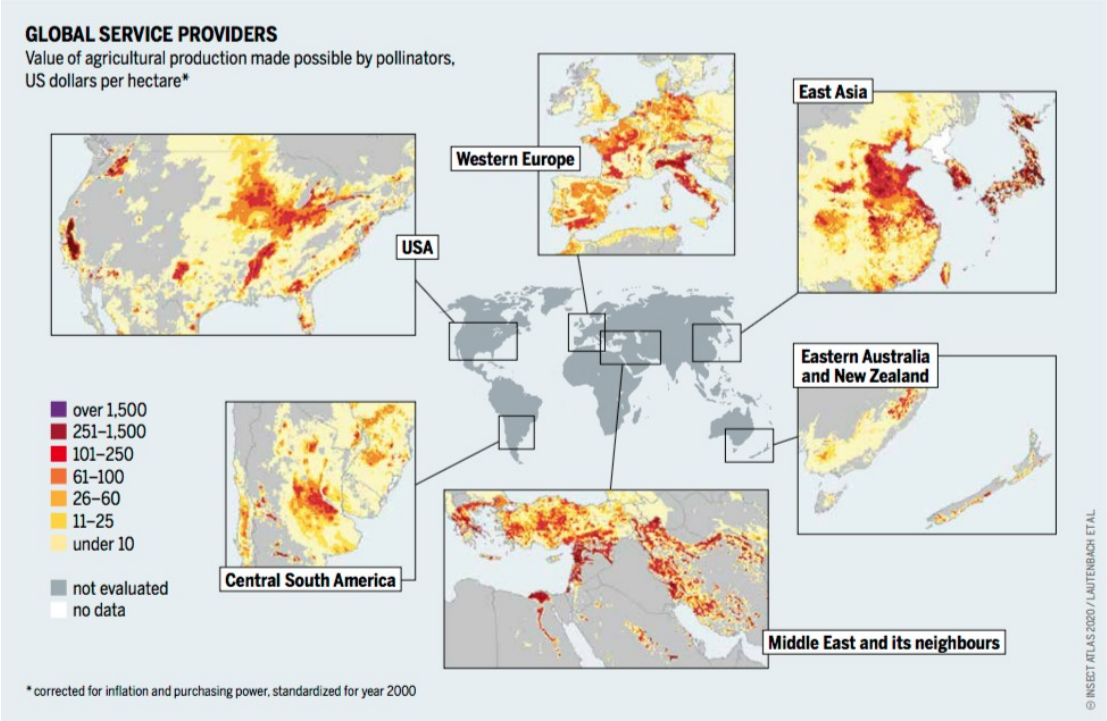

Illustration 21: Valeur du service de pollinisation pour la production agricole (Source : Insect Atlas 2020)

1) Polliniser : les bourdons, alliés des cultures protégées

Koppert est une entreprise internationale créée en 1967 par Jan Koppert, producteur néerlandais. L'utilisation de produits chimiques pour la protection des cultures lui ayant provoqué différents problèmes de santé, il se tourne vers d'autres options. Aujourd'hui l'entreprise est leader mondial dans les secteurs de la protection biologique et de la pollinisation des cultures sous serre. L'entreprise s'est implantée au Mexique en 1997, et aujourd'hui le site de Quérétaro gère la plus importante production de bourdons en Amérique latine. 10 centres de distribution, une équipe de de techniciens-conseillers et un réseau de centres de recherches sont associés à cette unité. J'y ai été reçue par Jazmin Franc et Carolina Palacios.

Le Mexique produit une grande diversité de légumes et de fruits, dont 85% dépendent de la pollinisation entomophile. La production sous serre représente 12000 ha de serres à l'échelle du pays, 40% de cette surface serait dédiée à la production de tomates (essentiellement destinées à l'export). Les autres productions dominantes sont le piment et les fruits rouges (fraises, framboises), les concombres, les courgettes et quelques autres courges. Pour polliniser ces cultures, inaccessibles aux pollinisateurs sauvages, l'entreprise Koppert élève et commercialise des bourdons *Bombus impatiens :* 3500 colonies de bourdons sont expédiées chaque semaine. La demande augmente avec l'évolution des exigences sociétales, notamment la diminution de l'utilisation des produits chimiques sous serres.

L'espèce *Bombus impatiens* (Bourdon fébrile en français) n'est pas native du Mexique. Elle est originaire de la côte Ouest des Etats-Unis et du Canada. Le choix de l'espèce n'est pas anodin : la force des muscles thoraciques de l'insecte doit être suffisante pour faire vibrer les anthères des fleurs à polliniser. Or, la tomate est connue pour porter une fleur que seuls les "gros" insectes peuvent polliniser efficacement.

Une colonie contient une centaine d'ouvrières et une reine. Seuls les ouvrières (femelles stériles) ont une action de pollinisation, les mâles, eux, collectent du nectar mais ne transportent pas de pollen.
Les bourdons sont généralistes et ne piquent que très rarement. Ils ne dispersent pas de maladies et leur température de vol optimale se situe entre 15 et 30°C.

A l'échelle internationale, l'entreprise commercialise 5 autres espèces de bourdons (*Bombus terrestris* en Europe, Afrique du Nord, Asie et Australie), *Bombus canariensis* aux Iles Canaries, *Bombus lucorum* et *Bombus ignitus* en Asie de l'Est, *Bombus occidentalis* à l'Ouest de l'Amérique du Nord et *Bombus impatiens* dans toute l'Amérique du Nord.

Les colonies sont commercialisées sous la forme de boîtes Natupol, produit phare de l'entreprise. Dotée d'un système de protection contre la chaleur et d'un réservoir contenant du nectar (formulation tenue secrète), chaque boîte est vendue 130 dollars américains.

Illustration 22: Koppert Mexico : Bombus dans une boîte Natupol (Crédit photo : C.Pellerin)

2) Recycler : les bousiers, indispensables

Dans l'Etat de Veracruz, l'élevage occupe environ 70% des surfaces agricoles, ce qui représente environ 4 millions d'hectares de prairies. Pour améliorer les rendements de l'élevage, différents produits hautement toxiques pour l'environnement ont été utilisées ces dernières décennies : l'amitraze comme acaricide pour contrôler les tiques, le glyphosate comme herbicide, et l'ivermectine comme déparasitant pour les animaux comptent parmi les produits les plus couramment utilisés.

La faune du sol compte plus de 400 espèces différentes dans ces prairies. Parmi elles, les différentes espèces de bousiers participent au recyclage des bouses, parce qu'elles s'en nourrissent ou en nourrissent leurs larves. Les bousiers déplacent ou enterrent la matière fécale, nettoyant ainsi les pâtures et libérant le phosphore, l'azote, le potassium et autres éléments minéraux qu'elles contiennent. Ils dispersent également les graines, enterrent les œufs des endoparasites et ectoparasites, ainsi que les larves des mouches qui affectent la santé du bétail.

Or les populations de bousiers de l'Etat de Veracruz ont été fortement impactées par les pollutions du sol, notamment par l'ivermectine qui affecte gravement leur reproduction. Les signes caractéristiques de la disparition du service de recyclage rendu sont de plus en plus répandus dans la zone : bouses non dégradées, populations de mouches plus importantes, etc. Pour tenter de restaurer les populations, un projet d'identification des espèces, puis de développement de stations d'élevage a été mis en place sur plusieurs fermes de l'Etat. En parallèle, un programme d'accompagnement technique, de soutien et de sensibilisation des agriculteurs concernés est mis en place, dans l'objectif de réduire les usages de pesticides.

Les techniques d'élevage développées ont amené à une meilleure compréhension de la biologie de ces espèces. Les professeurs d'agronomie de l'université ont formé plusieurs étudiants à cet élevage dans le but de participer au suivi du programme de recherche.

Illustration 23: Discussion avec un étudiant sur les modalités des élevages de bousiers, Universidad de Veracruz, Mexique (Crédit photo : C.Pellerin)

Le Mexique n'est pas le seul pays concerné par la question des bousiers. L'Australie a été le théâtre d'un vaste programme d'introduction puis d'élevage de bousiers, pour répondre au besoin du secteur de l'élevage. L'Australie ne comptait, jusqu'à l'arrivée des colons européens, aucune espèce de gros mammifères (les kangourous et autres sont des marsupiaux). En moins d'un siècle, la population de bovins a évolué de “zéro” à plusieurs millions.

Malgré la présence de près de 500 espèces de bousiers en Australie, les bouses et crottins séchaient à la surface du sol, bloquant la matière organique, polluant la surface des pâtures et contaminant les rivières. Dans les années 1960 et 1970, le CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), a introduit sur le sous-continent plusieurs espèces de « dung beetles » dont 23 semblent s'être établies. Aujourd'hui, elles prennent en charge les 47 mission de tonnes de matière sèche d'excréments produites par 27 millions de têtes de bétail. Le CIRSO continue à élever différentes espèces de bousiers et à étudier les possibilités d'introduction de celles-ci, et plusieurs entreprises prodiguent conseil, prestations techniques et larves de bousiers aux agriculteurs. En 2019, la crise du covid19 en 2020 a bloqué l'importation de bousiers, provoquant une rumeur médiatique sur “la pénurie de bousiers” !

II. Promouvoir et préserver les populations d'insectes : une autre voie

On admettra ici qu'on associe à la promotion et préservation des populations toutes les pratiques qui visent à favoriser le maintien des espèces présentes, à influencer leur nombre, leur aire de répartition, à favoriser leur reproduction et leur développement

1. Protéger les espaces naturels pour développer l'apiculture

L'apiculture est un élevage d'insectes un peu particulier dans le sens où les abeilles volent et explorent l'environnement qui les entoure sur plusieurs kilomètres carrés pour s'alimenter. L'apiculteur a un impact très limité sur l'environnement et donc sur la ressource alimentaire. Parce qu'elle constitue une ressource économique non négligeable pour de nombreuses communautés rurales à travers le monde, le développement et/ou le maintien de cette activité peut servir de levier à des programmes de préservation de l'environnement naturel. Au début de mon étude Nuffield, j'ai pu assister à une conférence internationale d'apiculture biologique à Stuttgart au cours de laquelle différentes situations de ce type ont été présentées.

- En Ethiopie

Bees for development est une association à but non lucratif basée au Royaume-Uni mais dont les activités sont tournées vers plusieurs pays d'Afrique et d'Asie. L'approche de l'organisation est simple : l'apiculture est une activité agricole et économique qui nécessite peu de moyens matériels et peu d'investissements financiers, mais qui, avec un peu de savoir-faire, permet de générer un revenu grâce à la vente du miel et de la cire. Les abeilles sont gratuites, issues de la collecte des essaims sauvages ; les matériaux de construction des ruches peuvent être issus de la forêt ou de matériaux de récupération disponibles localement. L'association propose des ateliers de formation à l'apiculture, sans financement ni don de matériel. A travers la promotion d'une pratique de l'apiculture durable et basée sur les ressources locales, l'association parie sur les conséquences bénéfiques pour l'environnement naturel. Les ruches troncs, horizontales et accrochées aux arbres, permettent à des milliers d'apiculteurs de vivre de leur travail et contribuent ainsi à protéger les espaces forestiers.

- En Argentine

René Sayago est coopérateur au sein de CoopSol, une coopérative apicole argentine, dans la région du Gran Chaco. Le développement de la filière apicole est utilisé comme outil pour protéger la forêt. L'apiculture n'étant pas une activité traditionnelle, l'idée est de renforcer les liens des populations locales à la forêt via l'apiculture, qui nécessite la connaissance des espèces forestières et leur utilisation durable. Aujourd'hui, 200 producteurs de miel, certifiés en Agriculture Biologique, produisent 150 tonnes de miel vendu sous label commerce équitable via la Red Wayra.

La pratique et le développement de l'apiculture peut permettre de protéger les espaces naturels et forestiers :

- en assurant une source de revenus réguliers et durables aux populations locales via la vente des produits de la ruche (miel et cire essentiellement, propolis)
- en freinant ainsi l'exode rural et donc la déforestation justifiée par «l'absence d'intérêt» des populations locales pour le milieu naturel
- en valorisant les savoirs, la connaissances des espèces forestières (espèces mellifères, matériaux de construction pour les ruches, espèces abritant des auxiliaires etc.)
- il est possible et pertinent de développer l'apiculture dans des régions où elle n'était pas pratiquée auparavant mais un travail de développement commercial est nécessaire en parallèle (s'il n'existe pas d'habitudes de consommation préexistantes)

2. Aménager les espaces agricoles pour maintenir les équilibres naturels

Focus sur : l'Etat du Maine, USA

Les myrtilles sauvages ou «wild blueberries» sont l'une des principales ressources agricoles de l'Etat du Maine, avec le homard. On recense environ 20 000 ha de myrtilles sauvages dans le Maine. Adaptées aux sols acides et peu fertiles, et aux longs hivers très froids, les myrtilles sont bisannuelles. On récolte donc une année sur deux. La récolte a lieu en août, puis les plantes (buissonnantes, de quelques cm de hauteur seulement) sont fauchées à ras ou brûlées. Les fruits, plus petits que ceux des myrtilles cultivées, sont réputés pour leur saveur et la variété de forme et de couleur. Ils sont vendus frais, surgelés ou transformés. Fruit local, la myrtille sauvage est résistante à la plupart des prédateurs et parasites naturels. Mais avec le changement climatique, de nouveaux insectes ravageurs font leur apparition, et certains auxiliaires (dont certaines espèces d'abeilles et de bourdons sauvages) tendent à disparaître.

275 espèces d'abeilles et de bourdons sauvages ont été recensées dans l'État du Maine. Cette diversité est plutôt faible pour un état de cette superficie, mais le rôle de ces espèces est essentiel au bon fonctionnement des écosystèmes locaux. 120 de ces espèces sont rencontrées dans les champs de myrtilles sauvages. La longue coévolution des myrtilles sauvages et de leurs pollinisateurs s'illustre par un comportement très particulier des insectes. Les butineuses sauvages à la recherche de pollen s'accrochent aux anthères qui le portent et les secouent à une fréquence spécifique. Seule cette fréquence permet au pollen d'être relâché. Bien sûr, les abeilles domestiques, récemment introduites, n'ont pas développé ce comportement, et se contentent donc de frapper les anthères, avec une force et une vibration insuffisante, ce qui fait d'elles des pollinisateurs peu efficaces.

Franck Drummond est chercheur et entomologiste. Il travaille sur le campus de l'Université ainsi qu'e pour les services en charge de la relation terrain/recherche et de la communication auprès des professionnels. Il a observé et mesuré qu'une reine de bourdon, lorsqu'elle voyage d'une fleur A à une fleur B, dépose en moyenne 25 grains de pollen sur la fleur B ; une «leaf cutter bee» (abeille sauvage de la famille des Megachilidae, trapue et velue) en dépose 18, et une abeille domestique seulement 4. Or, il faut au minimum 12 grains de pollen à la fleur pour assurer une chance de fruit à 50%. Plusieurs voyages sont donc nécessaires à une abeille domestique pour féconder une fleur.

Mais alors, pourquoi tant de colonies d'abeilles domestiques transhument chaque année vers les champs de myrtilles du Main ? Le nombre compense le peu d'efficacité, mais le coût élevé de la location des ruches et les prix de vente de plus en plus faibles des myrtilles (les myrtilles du Maine doivent faire face à la concurrence des myrtilles cultivées du Canada, moins parfumées mais plus grosses et plus juteuses) obligent les producteurs à s'intéresser de plus près aux espèces sauvages. Les producteurs le savent, les abeilles sauvages ont un rôle à jouer dans la pollinisation des myrtilles, surtout en début de saison. Moins sensibles que les abeilles domestiques, elles volent à plus basses températures, et sont présentes dès les premières floraisons. Or, Franck et son équipe ont démontré que les premières fleurs sont souvent celles qui présentent les meilleurs taux de fructification, et les meilleurs rendements !

Ils ont également mis au point une méthode d'évaluation de la population de pollinisateurs dans la parcelle, et de leur potentiel de pollinisation. De simples comptages de butineurs sur des quadrats, puis un suivi du nombre de fleurs sur une trentaine de tiges de myrtilles, puis du nombre de fruits par tige, permet à l'agriculteur d'évaluer si la population sauvages d'abeilles est suffisante, ou s'il doit avoir recours à des abeilles domestiques pour «compléter» le service. L'équipe a aussi montré qu'un aménagement des bordures des champs de myrtilles permet d'augmenter de 10% la population d'abeilles sauvages. Il s'agit le plus souvent de couper la forêt sur une bande entourant la parcelle pour permettre l'établissement d'une succession végétale «primaire» (petits buissons, ronces etc...), qui abritent les abeilles solitaires.

Enfin, un outil nommé Beemaper (https://beemapper-wfcb.acg.umaine.edu/) a été mis en place pour permettre une évaluation rapide de l'abondance des pollinisateurs sauvages, en fonction de la couverture végétale. L'outil recense et géolocalise chaque parcelle de myrtilles sauvages de l'Etat du Maine, et renseigne l'utilisateur sur l'abondance probable d'abeilles sauvages dans un rayon de 250 yards et de 1000 yards autour de la parcelle. Un petit bijou pour les amateurs de systèmes d'information géographique.

3. Réconcilier les insectes et la société civile : sensibiliser et éduquer.

1) Sensibiliser le grand public

L'espèce humaine connaît mal les insectes. En tant qu'habitants de la Terre, urbains ou ruraux, nous sommes peu en contact avec ces petits animaux. Nous percevons mal et méconnaissons l'immense diversité des espèces, des comportements et des modes alimentaires.

Pour les protéger, pour développer des systèmes agricoles et des activités humaines respectueuses et utilisant les insectes, une meilleure connaissance de leur univers me semble nécessaire.

Sur Internet, les vidéos, infographies et articles sur les insectes, et/ou leur élevage sont nombreux. Cependant, on peut regretter que le « sensationnel » et le « bizarre » soit trop souvent l'angle d'approche de ces supports.

La technologie constitue pourtant un bon allié pour la sensibilisation du grand public. Internet permet une diffusion rapide et vaste de l'information. Le développement des technologies de l'optique, photo et vidéo, a fait énormément pour l'étude des insectes. On peut aujourd'hui admirer la technique de vol du bourdon, en captant l'image à une vitesse de plusieurs centaines ou milliers d'images par seconde, et en le visualisant en « slow motion ». Avec le développement de la macro-photographie numérique, les images d'insectes en tant que sujets esthétiques sont de plus en plus fréquentes. Les couleurs, les textures, la beauté des détails anatomiques sont souvent mises en valeur par les photographes et artistes.

La dimension affective est souvent nécessaire à l'apprentissage et ces supports « froids » ne permettront pas seul de développer l'intérêt et la connaissance sur les insectes auprès du plus grand nombre. D'autres approches pédagogiques sont nécessaires : les animations nature en extérieur, les animations dans le cadre scolaire, les rencontres avec les insectes en terrarium ou serre à papillons sont des initiatives à multiplier largement pour favoriser la rencontre et la découverte.

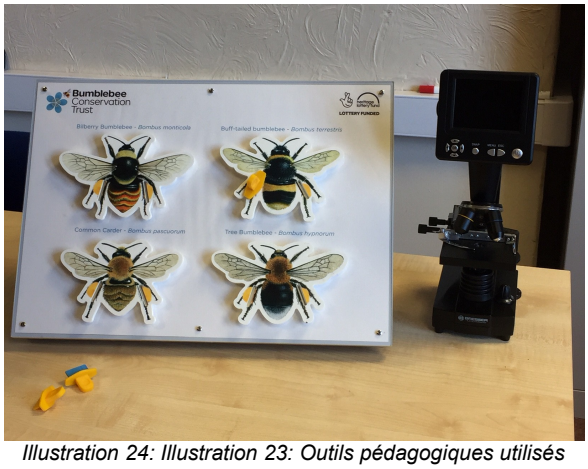

Illustration 24: Illustration 23: Outils pédagogiques utilisés pour sensibiliser les scolaires sur les bourdons (Crédit photo : C.Pellerin)

Illustration 25: Dispositif pédagogique de découverte des fourmis, La Maison des Insectes de l'OPIE, Carrières-sous-Poissy (Crédit photo : C.Pellerin)

C'est en valorisant la dimension affective ainsi que l'apprentissage par voie d'expérimentation que les équipes du BumbleBee Conservation Trust, association nationale basée en Angleterre, ont développé un programme éducatif à destination des publics scolaires. Uniquement dédiée à la protection des bourdons, l'association propose une animation d'une demi-journée conçue pour les 11-13 ans. Celle-ci est composée d'une découverte du monde des bourdons à travers une mise en scène mettant en avant plusieurs éléments susceptibles d'éveiller la curiosité, puis d'un temps d'expérimentation avec du matériel scientifique. Cette deuxième étape permet aux jeunes de manipuler un microscope pour observer les pollens, d'identifier les bourdons à l'aide d'une clé dichotomique, de « voir comme un bourdon » grâce à une lampe UV etc... D'excellents supports pédagogiques accompagnent ce programme, déjà dispensé à plus de 2000 élèves dans plus d'une centaine d'écoles.

2) Sensibiliser et former les agriculteurs

- <u>Développer une curiosité entomologique</u>

Il y a un réel besoin de réconcilier les sciences naturelles et le monde agricole, trop souvent mis en opposition par les médias, et dont les acteurs principaux se retrouvent trop rarement autour d'une même table, dans les discussions de territoire comme dans les administrations.

La formation initiale des agriculteurs ne comprend aucun module dédié à l'entomologie (pas plus qu'à la petite faune ou à la flore sauvage d'ailleurs), et ce malgré les évolutions récentes des programmes scolaires. Le plan “Enseigner à Produire Autrement, pour les transitions et l’agro-écologie », du Ministère de l'Agriculture, s'il a pour ambition de « développer les compétences professionnelles et citoyennes des apprenants et de leur permettre de contribuer activement aux transitions alimentaires, agro-écologiques et plus largement à toutes les transitions indispensables pour inventer un nouveau modèle », n'aborde jamais la nécessité d'acquérir un socle de connaissances naturalistes.

L'Observatoire Agricole de la Biodiversité est un programme de sciences participatives. Il propose des protocoles d’observation de la biodiversité ordinaire aux agriculteurs intéressés, en vue de mieux connaître la biodiversité ordinaire en milieu agricole,son évolution et ses liens avec les pratiques culturales. L’OAB est le premier projet national qui implique des agriculteurs dans l'observation et la création de références sur la biodiversité en milieu agricole. En étant des acteurs majeurs de la préservation et de la restauration de la biodiversité, les agriculteurs participent à la durabilité des systèmes agricoles. Ce projet permet de favoriser et d’accompagner le changement volontaire des exploitations engagées dans le dispositif, vers une plus grande prise en compte de la biodiversité.
Ce programme participe également à la diffusion d'une information scientifique et naturaliste fiable et accessible. En incitant à l'observation, le dispositif encourage les agriculteurs à se questionner sur leurs pratiques et à apprendre en collectant des données. Aucun des protocoles ne nécessite de connaissances entomologiques approfondies, celles-ci s'acquièrent éventuellement avec le temps, à force de curiosité. En 2021, environ 1500 exploitations agricoles participaient à l'OAB.

L’ensemble des données récoltées dans le cadre de l’OAB fournit des éléments pour approfondir les connaissances sur la biodiversité des milieux agricoles et les relations qu’elle peut avoir avec les pratiques agricoles. Les résultats issus de la mise en commun de ces observations permettront d’établir des références et des tendances à une échelle globale.

Trois protocoles concernent les insectes :

- le protocole “abeilles”. Des nichoirs à abeilles sauvages sont posés dans les parcelles agricoles. Une observation régulière des cavités occupées permet d'obtenir une évaluation de l'abondance et de la diversité des populations d'Hyménoptères solitaires présentes.
- le protocole “papillons”. On propose à l'agriculteur de traverser une parcelle en ligne droite et de recenser les différents papillons observés, sans les attraper. Si ce protocole nécessite une certaine connaissance pour permettre une identification rapide des papillons en vol, il ne nécessite en revanche aucun matériel et invite à la contemplation des couleurs!

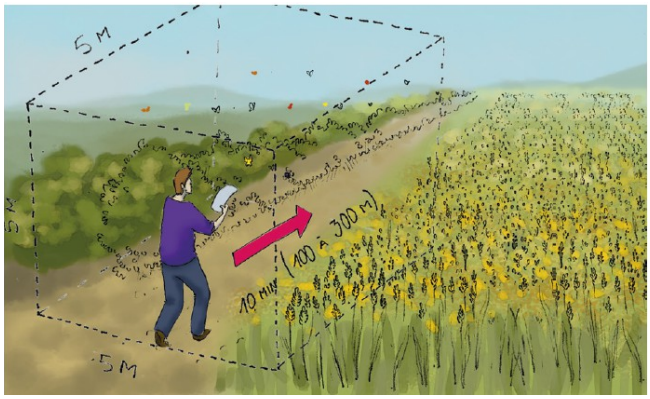

Illustration 26: Illustration du protocole transect papillons de l'OAB (Source : Observatoire Agricole de la Biodiversité)

– le protocole “invertébrés”. Il consiste à recenser l'ensemble des invertébrés ayant trouvé refuge sous une planche de peuplier disposée au bord ou au centre d'une parcelle agricole. S'il concerne également les myriapodes et les mollusques, les insectes sont pris en compte puisqu'on propose d'observer les Carabes, auxiliaires bien connus des cultures pour leur rôle de prédation.

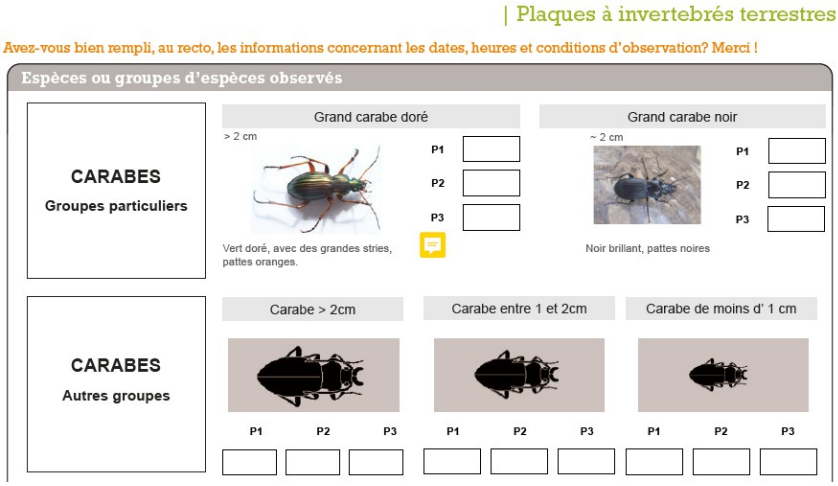

Illustration 27: Fiche de collecte de données - protocole invertébrés de l'OAB (Source : Observatoire Agricole de la Biodiversité)

D'autres protocoles de ce type, ouverts au grand public, permettent la découverte entomologique. L'Observatoire de la Biodiversité des Jardins s'intéresse, entre autres, aux papillons de jour et aux bourdons. Le programme Spipoll, basé sur la prise de vue photographique, propose de recenser les interactions entre insectes pollinisateurs et plantes hôtes.

De manière plus indirecte, d'autres dispositifs peuvent encourager les agriculteurs à s'intéresser à la diversité entomologique. Le Concours Prairies Fleuries propose chaque année depuis 2010 de valoriser les prairies ayant le meilleur « équilibre agro-écologique ». Le concours, initié par les Parcs Naturels Nationaux et Régionaux, s'adresse aux éleveurs en activité, et permet de faire le lien entre pratiques agricoles et richesse floristique. Le constat de départ est que la diversité floristique contribue directement à la production en élevage. Une prairie avec une importante diversité floristique constitue un fourrage apprécié des animaux, tout en contribuant à la préservation de la biodiversité, en favorisant la présence d'oiseaux, de reptiles, de petits mammifères et d'insectes, notamment ceux qui assurent la pollinisation (abeilles mellifères, pollinisateurs sauvages).

L'évaluation de l'équilibre agro-écologique repose sur une méthode d'observation de la végétation simple construite avec l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Les jurys du concours sont composés de naturalistes, d'agronomes et d'apiculteurs. Ensemble, et en mettant en avant l'importance du regard pluri-disciplinaire, ils évaluent la cohérence entre les propriétés agro-écologiques de la parcelle et son usage agricole.

- Former aux pratiques agro-écologiques

La mise en valeur des pratiques en faveur de la biodiversité peut également se faire en formant directement aux pratiques agro-écologiques. Formations à l'agro-foresterie, chantiers collectifs de plantations de haies, formations à la taille, « tours de plaine » de groupes techniques : toutes les occasions sont bonnes pour rappeler aux agriculteurs qu'ils sont les principaux « designers » des paysages. Or, la perte d'habitat est la première cause de déclin des populations d'insectes. Maintenir ou recréer des mosaïques paysagères est le premier levier d'action des agriculteurs pour contribuer à la protection des insectes et des services écosystémiques qu'ils procurent.

Illustration 28: Plessage de haie à Tyers Hall Farm, Royaume-Uni (Crédit photo : C.Pellerin)

- Former à l'élevage d'insectes

A ma connaissance, aucun programme de formation initiale agricole n'aborde l'élevage d'insectes, à l'exception des modules spécialisés en apiculture proposés dans le cadre du BPREA.

Dans les formations techniques, la zootechnie est le plus souvent enseignée en ne prenant pour support qu'une ou deux espèces de mammifères, selon les spécificités régionales : porcins en Bretagne, bovins-ovins en Limousin etc. Les volailles, les abeilles, et à fortiori les insectes, ne sont pas des sujets d'enseignements habituels, et les rapides évolutions du secteur de l'entomoculture ne sont pas suivies d'adaptation du secteur de la formation et de l'enseignement.

Le secteur agricole “traditionnel” se tient à l'écart de ce secteur en plein développement, qui semble d'ailleurs peu s'intéresser au secteur agricole en retour. Aujourd'hui, il semblerait que la majorité des entrepreneurs du secteur de l'entomoculture ne soient ni des agronomes, ni des biologistes, ni des professionnels du secteur agro-alimentaire, mais des commerciaux et des ingénieurs spécialisés dans la valorisation des matières organiques, le recyclage ou l'économie circulaire.

Depuis l'été 2021, une formation en ligne intitulée “Devenir éleveur d'insectes” s'adresse aux futurs entrepreneurs entomoculteurs. D'une durée de 29 heures (pour 2 espèces étudiées) à 35 heures (pour 4 espèces étudiées), elle propose de former à 1) mettre en place un établissement d'élevage d'insectes, 2) élever des insectes et assurer leur cycle de vie et leurs besoins environnementaux, 3) transformer sa récolte et enfin 4) diriger son entreprise. C'est la seule formation de ce type accessible à l'heure actuelle en France. Au vu des enjeux et des perspectives de développement du secteur, c'est bien peu.

Conscients du déficit de techniciens compétents nécessaires au développement de leurs entreprises, les entrepreneurs de l'entomoculture prennent le sujet à bras le corps. La start-up française Ynsect, a annoncé l'ouverture en 2021 d'un établissement spécialisé dans la formation à l'élevage d'insectes. Ces formations s'adresseront dans un premier temps aux salariés du groupe. La start-up doit construire à Poulainville, près d’Amiens, ce qu'elle présente comme « la plus grande ferme verticale d’insectes au monde », où seront produites 100 000 tonnes de matière, dont les deux tiers seront valorisés en engrais et un tiers en alimentation animale.

Les agriculteurs pourront-ils être accompagnés pour devenir éleveurs d'insectes ? Il semblerait que les organismes de formation ne s'adaptent que très lentement. Malgré le contexte actuel de diversification des activités agricoles (production d'énergies, entretien des paysages, accueil, agrotourisme etc), la prise en compte d'un “nouveau” type d'élevage n'est pas encore à l'ordre du jour.

3) Former des spécialistes

Les relations entre insectes et agriculture ne pourront être bénéfiques au secteur agricole et à la biodiversité que si davantage de spécialistes s'y intéressent.

En France et partout dans le monde, il y a un important déficit de formation en entomologie. Les connaissances sur les espèces d'insectes, ainsi que sur leur élevage, repose sur un vaste mais insuffisant réseau d’amateurs et de bénévoles associatifs.

Les besoins sont pourtant nombreux, pour agir sur le déclin des populations d'insectes sauvages et préserver le bon fonctionnement des écosystèmes, comme pour encadrer et accompagner les entreprises d'entomoculture en développement. L'entomologie médicale et vétérinaire demandent également à être développées pour la mise en place du projet « One Health » souhaité par l'OMS.

Pourtant, aucune formation universitaire ne propose de spécialisation en entomologie. Les spécialistes se forment « sur le tas », ou « au hasard » d'un projet de thèse ou de mémoire, ou encore à travers leur engagement naturaliste, le plus souvent bénévole.

L'OPIE propose depuis des dizaines d'années des formations à l'entomologie, dans le cadre de sa mission de diffusion des connaissances. Ces formations s'adressent essentiellement à des publics de naturalistes, animateurs natures ou gestionnaires d'espaces, et sont peu fréquentés par le monde agricole. Par ailleurs, il s'agit de formations courtes, bien insuffisantes pour développer une véritable expertise. L'auto-formation reste la norme.

Illustration 29: Entomologistes en formation, à la recherche de bousiers (Crédit photo : C.Pellerin)

Recommandations

De l'ensemble de ces rencontres et interviews, j'aimerai retenir les leçons et recommandations suivantes :

- Encourager les élevages vivriers. Les élevages à petite échelle peuvent répondre aux besoins nutritionnels de populations rurales isolées, en valorisant des ressources localement disponibles.
- Encourager les petits élevages pour l'alimentation animale, expérimenter pour trouver des solutions rentables. Il faut permettre, techniquement et réglementairement, le développement de petites unités d'élevage d'insectes en vue d'atteindre l'autonomie protéique de la ferme.
- Développer l'entomoculture en tant que production agricole d'avenir, en sortant de la logique de “start-up” menant au développement d'élevages industriels. L'élevage d'insectes pourrait être promu comme une possibilité de diversification des élevages existants, via la valorisation de ressources locales (céréales, sous-produits, déchets organiques).
- Sensibiliser les agriculteurs et les futurs agriculteurs aux élevages d'insectes, à travers des publications techniques, des voyages d'études thématiques, des conférences...
- Pour promouvoir l'entomophagie de manière positive, commencer à introduire régulièrement les insectes au menu des restaurants non spécialisés. Il s'agit d'arrêter de présenter la consommation d'insectes comme un “défi” à relever mais comme quelque chose de normal, d'exotique éventuellement, mais pas plus traumatisant que de déguster des sushis.
- Encourager une communication médiatique qui ne traite pas le sujet de l'entomophagie sous l'angle “nourriture du futur”, mais comme une ressource du présent, déjà consommée quotidiennement par plus de 2 milliards de personnes dans le monde.
- Intégrer l'entomologie et l'entomoculture aux programmes de formation initiale de l'éducation agricole et générale. Il existe très peu de formations sur les insectes, leur biologie, et leur élevage. Il faut susciter l’intérêt des jeunes, créer des structures de découverte et d’apprentissage, faire apparaître les insectes dans les programmes scolaires. La mise en place de petits élevages pédagogiques peut constituer un moyen efficace de susciter la curiosité dans les écoles. Dans le secteur de l'éducation agricole, et notamment dans les formations à orientation “Productions Animales”, il me semble indispensable d'aborder l'élevage d'insectes comme une orientation possible.
- Encourager les organismes de formations naturalistes à communiquer leurs programmes auprès du secteur agricole, pour encourager à la formation en entomologie des agriculteurs. Ceux qui agissent tous les jours sur le paysage doivent avoir accès à davantage d'informations pour prendre conscience des impacts de leurs pratiques sur la biodiversité. Les organismes financeurs de la formation (VIVEA, FAFSEA) pourraient financer ces formations.
- Former davantage de spécialistes, encourager les étudiants en sciences de la vie et en agronomie à s'intéresser aux insectes et à développer une expertise.
- Élever ou promouvoir ? Dans le cas des services éco-systémiques, l’élevage n’apparaît pas nécessairement comme l’option la plus simple. Aménager les espaces pour promouvoir les insectes implique davantage d’acteurs, nécessite des connaissances plus globales mais dans la plupart des cas est certainement plus efficace et limite les risques de déséquilibre.

Perspectives personnelles

Quand j'ai candidaté pour la bourse Nuffield en 2019, j'avais le projet de développer un atelier d'élevage de volailles sur la ferme, et c'est en observant les volailles de ma basse-cour dévorer le couvain d'abeille et les larves de fausse teigne que j'ai commencé à m'intéresser à la valorisation des insectes en agriculture.

Ce qui n'aurait pu être qu'une étude technique sur la production de protéines à base d'insectes, dans un objectif de développement professionnel, s'est avéré être tout autre chose. Le projet d'atelier de volailles n'est plus d'actualité, mais de nombreux autres projets professionnels et personnels ont émergé de cette étude.

J'ai développé un intérêt prononcé pour l'entomologie, rencontré des personnes exceptionnellement curieuses et partageant mon émerveillement pour les sciences naturelles. Je continue à me former sur différentes familles d'insectes pour mieux comprendre leur rôle dans les écosystèmes. Je m'essaie à l'identification des espèces, et je contribue désormais à différents observatoires de sciences participatives (Spipoll, Observatoire Agricole de la Biodiversité, Observatoire des Bourdons).

A travers les nombreux échanges au cours et au retour de mes voyages, j'ai pris conscience de l'importance de parler des insectes autour de moi. J'ai pris la mesure de l'invisibilité des insectes dans notre société, et j'essaie dès que possible de susciter l'émerveillement et de transmettre la curiosité naturaliste. Je reçois désormais les publics à la ferme, et propose différentes animations autour du monde des insectes. J'espère pouvoir, dès que mes connaissances seront plus approfondies, ouvrir ces animations à des agriculteurs pour aborder les équilibres des agrosystèmes.

Petits élevages, voyages et lectures entomologiques : la thématique est inépuisable, et les perspectives sont nombreuses, il est donc probable que de cette expérience de nombreuses autres émergent, et m'occupent encore pour plusieurs années !

Remerciements

Avant toute chose j'aimerai bien sûr remercier l'association Nuffield France et tous ceux qui s'y impliquent, de m'avoir donné cette belle opportunité.

Merci à toutes les personnes qui ont accepté de me recevoir dans leur laboratoire, leur ferme, leur hangar ou leur maison et de me consacrer un peu de leur temps et de leur savoir.

Merci à tous mes co-lauréats de l'année 2019, français et internationaux, pour leur bienveillance, leur curiosité intellectuelle et pour les beaux échanges qui ont ponctué ces quelques mois.

Merci aux auteurs inspirants, aux photographes talentueux et aux pédagogues patients qui transmettent leur passion pour les insectes.

Merci à Adilene et à sa famille, à Omar et à Adolfo, pour leur amitié si chaleureuse.

Merci à Lucile, Marion, Odile, Denis, Simone et Christian pour leur soutien.

Merci à Martin, de m'avoir accompagné tout au long de ce projet.

“Patience et longueur de temps
Font plus que force ni que rage.”

La Fontaine

Liste des personnes rencontrées

Je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes ci-dessous, qui m'ont permis de les interviewer.

USA

Dr Francis Drummond, entomologiste et professor, University of Maine

Francis, producteur de myrtilles et Master Beekeeper

Allemagne (conférence à Stuttgart)

Dr Nicola Bradbear, Bees for development

René Humberto Sayago, Cooperativa Coopsol, Argentina, Gran Chaco

Alberto Pech Martin, apiculteur du Quintana Roo

Feliciano Ucan Poot, apiculteur du Quintana Roo

Mexique

Guimar Melgar Lalanne, professeur, Universidad de Veracruz

Julio Alberto Tellez Mora et Ilibeth Landa Moreno, étudiants en Master, Universidad de Veracruz

Odbulia y Sergio, village de Tlatatela, Veracruz

Cristina Clocchiatti, Alejandro de la Brena et Fransisco Pérez, Griyum

Alejandra et Andrea, gérantes de l'entreprise Totolines

Jose Manual Pino Morelos, entomologiste, Instituto de Biologia de la UNAM

Omar Lorenzo Salinas et Adolfo Aparicio Bello, agronomes

Jasmin Franco et Carolina Palacio, Koppert Mexico

Aurora Xolalpa Aroche, Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo

Royaume Uni

Adam Banks, Nuffield Scholar 2018

Chris Harrap, Nuffield Scholar 2019

Andy Benson, BumbleBee Conservation Trust

Maureen Wakefield, entomologiste, FERA

France

Annie Ruelle-Sanguine et Sébastien Collin, Les Criquets Migrateurs

Serge Gadoum, OPIE, animateur national du programme Terre de Pollinisateurs

Bruno Mériguet, entomologiste spécialiste des coléoptères

Je tiens également à adresser mes sincères remerciements aux personnes que je n’ai pas rencontré personnellement mais dont les travaux écrits, les présentations ou les conférences m’ont fait avancer dans mes réflexions.

Bibliographie

Sélection d'ouvrages et articles inspirants ayant accompagné la rédaction de ce rapport :

Albouy Vincent & Chardigny Jean-Michel. Des insectes au menu ? Editions Quae, 2016

d'Aguilar Jacques. Histoire de l'entomologie. Delachaux et Niestlé, 2006.

De Panafieu Jean-Baptiste. Les insectes nourriront-ils la planète ? Editions du Rouergue, 2013

Fabre Jean-Henri, Souvenirs entomologiques, Editions Robert Laffond, 1989

FAO. Edible insects - future prospects for food and feed security, 2013. Consultable en ligne et en français : https://www.fao.org/3/i3253f/i3253f.pdf

FAO. La contribution des insectes à la sécurité alimentaire, aux moyens de subsistance et à l'environnement, 2013. Consulable en ligne : https://www.fao.org/3/i3264f/i3264f.pdf

Francisco Sánchez-Bayo, Kris A.G. Wyckhuys, Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers, Biological Conservation, Volume 232, 2019, Pages 8-27

Friends of the Earth Europe, Heinrich Boll Stiftung. Insect Atlas. Facts and figures about friends and foes in farming, 2020

Gasco L, Finke M, van Huis A. Can diets containing insects promote animal health? Journal of Insects as Food and Feed, 2018. Consultable en ligne : https://www.wageningenacademic.com/doi/pdf/10.3920/JIFF2018.x001

Gilles Tétart, Techniques et Culture Revue semestrielle d'anthropologie des techniques 37, 2001

IPIFF. The insect sector milestones towards sustainable supply chains. Téléchargeable gratuitement : https://ipiff.org/wp-content/uploads/2020/05/IPIFF-RegulatoryBrochure-update07-2020-1.pdf

Jactel, H., Imler, J.L., Lambrechts, L., Failloux, A.B., Lebreton J.D., Le Maho, Y., Duplessy, J.C ., Cossart, P. & Grandcolas, P. Le déclin des insectes : il est urgent d'agir ; Insect decline: immediate action is needed. Comptes Rendus Biologies, 2021. Consultable en ligne : https://doi.org/10.5802/crbiol.37

Lauck Joanne Elisabeth. A lécoute des insectes, les voix de l'infiniment petit. Le souffle d'or, 2018

Martinez Morales Imelda, Cruz Rosales Magdalena, Huerta Crespo Carmen, Montes de Oca Torres Enrique. La cria de escarabajos estiercoleos. Secretaria de Educacion de Veracruz, 2015

Melgar-Lalanne Guimar, Hernandez-Alvarez Alan-Javier, Salinas-Castro Alejandro. 2019. Edible insectes processing : traditionnal and innovative technologies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol 18, 2019.

Nicholls CI, Altieri MA, Vazquez L. Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. J Ecosys Ecograph, 2016. Consultable en ligne : https://www.omicsonline.org/open-access/agroecology-principles-for-the-conversion-and-redesign-of-farming-systems-2157-7625-S5-010.pdf

Pouvreau André. Les insectes pollinisateurs. Delachaux et Niestlé, 2004

Van Huis Arnold & Tomberlin K. Jeffery. Insectes as food and feed. From production to consumption. Wageningen Academic Publishers, 2017

Autres ressources sur la thématique des insectes et de l'entomophagie :

L'ensemble des numéros de la **revue Insectes.**

Les Criquets Migrateurs. Un tour du monde des insectes comestibles. Série de d'articles et de vidéos richement documentées et amusantes sur l'entomophagie. https://lescriquetsmigrateurs.com/

Biss Levon. Macro portraits of microscopic insects, 2018.
https://www.ted.com/talks/levon_biss_macro_portraits_of_microscopic_insects

Biss Levon. Mind blowing magnified portraits of insects, 2017.
https://www.ted.com/talks/levon_biss_mind_blowing_magnified_portraits_of_insects

Bryce Emma. Should we eat bugs ? Ted Talk
https://www.ted.com/talks/emma_bryce_should_we_eat_bugs

Dicke Marcel. Why not eat insects ? Ted Talk, 2010.
https://www.ted.com/talks/marcel_dicke_why_not_eat_insects