



Diversification de la ressource protéique en alimentation humaine et animale

État des lieux et perspectives

Établi par

Claire GAUDOT

Inspectrice générale de santé publique vétérinaire

François VEDEAU

Inspecteur général de santé publique vétérinaire

Éric BARDON

Inspecteur général de l'agriculture

Crédit photos :

1^{ère} page :

Insectes (à gauche) : Inra.fr/

Poissons (à droite) : pecheurdumorin.fr

Page 3 :

En haut à gauche : © Juan-Jorge. De La Caballeria –novembre 2018

En haut à droite : © Juan-Jorge. De La Caballeria –novembre 2018

En bas : plandejardin-jardinbiologique.com



Vente d'insectes pour la consommation humaine sur des marchés locaux au Cambodge

© Juan-Jorge. De La Caballeria –novembre 2018



Cicer Cicero (pois chiche)

Sommaire

Résumé	7
Liste des recommandations	10
1. Une mission qui s’inscrit dans une nécessaire réflexion sur les enjeux de l’alimentation protéique de demain	11
1.1. Contexte.....	11
1.2. Objectifs et cadre de la mission.....	12
1.3. Méthodologie suivie.....	13
1.3.1. Une phase de revue documentaire, d’entretiens et d’investigations terrain.....	13
1.3.2. Une phase de synthèse et d’analyse.....	14
2. Une augmentation probable d’ici 2050 de la demande mondiale en protéines	15
2.1. Les protéines, nutriments indispensables aux fonctions vitales.....	15
2.2. Une disponibilité affectée par les défis démographique et écologique.....	16
2.3. Une tendance européenne à la baisse de la consommation de viande de boucherie au profit des protéines végétales.....	17
3. Un état des lieux : des freins et des opportunités au développement des protéines alternatives	18
3.1. Un apport nutritionnel performant, mais des caractéristiques limitant leur consommation.....	18
3.1.1. Insectes.....	18
3.1.2. Algues.....	19
3.1.3. Levures.....	21
3.1.4. Viandes de synthèse « in vitro ».....	21
3.1.5. Protéines végétales.....	22
3.2. Production et économie du secteur : des cas de figure très contrastés.....	23
3.2.1. Insectes.....	24
a) Le paysage industriel : des startups innovantes adossées à l’agro-industrie.....	25
b) L’alimentation humaine : des marchés de niche.....	26
c) L’alimentation des poissons et autres animaux marins et aquatiques: un fort potentiel de développement.....	27
d) L’alimentation des animaux de compagnie: un débouché de moyen terme en pleine expansion.....	29
e) L’alimentation des animaux de rente terrestres : un marché potentiel d’appoint et de diversification sous conditions.....	30
3.2.2. Algues.....	31
a) Une production onéreuse de micro-algues pour des marchés de niche.....	32
b) Les macro-algues : une spécialité asiatique, faible source en protéines.....	34
3.2.3. Levures.....	34
3.2.4. Cultures cellulaires.....	35
3.2.5. Protéines végétales.....	35
3.3. Des protéines alternatives dont l’impact environnemental est plutôt favorable ou mesuré.....	38
3.4. Des prescriptions réglementaires moins favorables à l’alimentation humaine qu’à l’alimentation animale.....	39
3.4.1. Une réglementation <i>novel food</i> encore limitante mais qui évolue vers plus de souplesse.....	39
a) Un règlement initial ambigu source de distorsion de concurrence, et une procédure longue et complexe.....	40
b) Une nouvelle réglementation plus souple depuis 2018.....	41
Steak de synthèse In Vitro – source : demeter et huxley	21

3.4.2. Une réglementation offrant des opportunités de valorisation en alimentation des animaux d'élevage.....	42
a) Une autorisation récente des protéines d'insectes en aquaculture.....	42
b) Une réflexion en cours vise à étendre cette autorisation à d'autres espèces d'animaux de rente.....	43
3.5. Une acceptabilité sociale non encore acquise en Europe.....	44
3.5.1. Pour l'alimentation humaine.....	44
3.5.2. Pour l'alimentation des animaux de compagnie.....	45
3.5.3. Pour l'alimentation des animaux de rente.....	45
3.6. Des programmes de recherche dispersés à mettre davantage en cohérence avec les priorités gouvernementales.....	46
3.6.1. Des programmes de financement de recherches nombreux qui intègrent de façon variable les nouvelles sources de protéines.....	46
3.6.2. Une ambition nationale concrétisée par le Contrat stratégique de filière signé fin 2018.....	48
4. Analyse et perspectives.....	50
4.1. Des nouvelles sources de protéines dont l'impact sur l'alimentation humaine sera a priori limité.....	50
4.1.1. Une diversification des sources de protéines qui s'intègre dans une complémentarité nutritionnelle entre protéines animales et végétales.....	50
4.1.2. Une intégration dans les habitudes alimentaires qui restera marginale et qui nécessitera une stratégie d'innovation de l'industrie agroalimentaire.....	50
4.1.3. Des risques allergiques dont il faut tenir compte.....	51
4.2. Un fort potentiel des farines d'insectes pour réduire la dépendance française et européenne en protéines pour le secteur de l'alimentation animale.....	52
4.2.1. Une stratégie nationale qui doit intégrer dans sa réflexion la production de protéines d'insectes.....	52
4.2.2. Un développement industriel des farines d'insectes qui nécessite une réelle détermination des pouvoirs publics.....	53
a) Un accompagnement souhaitable de la structuration de la filière de production et de transformation.....	53
b) Une mise en œuvre de bonnes pratiques d'élevage et de transformation à encourager.....	53
c) Des évolutions réglementaires à court et moyen terme souhaitables pour la compétitivité de la filière insectes alimentation animale.....	54
4.2.3. Une acceptabilité sociale à confirmer.....	55
4.3. Une augmentation de la production française et européenne de protéines végétales conditionnée à un soutien de la filière des oléoprotéagineux pour l'alimentation animale.....	56
Conclusion.....	58
Annexes.....	59
Annexe 1 : lettre de mission.....	61
Annexe 2 : liste des personnes rencontrées.....	64
Annexe 3 : liste des sigles utilisés.....	68
Annexe 4 : comparaison des facteurs de compétitivité des ingrédients de l'alimentation animale.....	70
Annexe 5 : évolution de la consommation de protéines animales dans le monde.....	71
Annexe 6 : bibliographie.....	72

RÉSUMÉ

Le ministre de l'agriculture a confié en mai 2018 une mission d'expertise sur l'évolution des sources de protéines tant pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale. Si les protéines dites alternatives telles que les protéines d'insectes, d'algues, de levures ou encore issues de cultures cellulaires étaient visées par cette expertise, il était demandé une réflexion plus globale, incluant les protéines d'origine végétale. Trois membres du CGAAER ont été désignés pour mener cette mission qui s'est déroulée de juillet 2018 à janvier 2019, nécessitant une revue documentaire importante, ainsi que de nombreux entretiens et investigations de terrain.

L'état des lieux indispensable à l'analyse de la situation et à la définition des perspectives, a été mené pour chaque type de protéines considéré selon différentes approches : qualités nutritionnelles et éventuels risques sanitaires, production et potentiel de développement économique incluant la recherche et l'innovation, impact environnemental, contraintes réglementaires et acceptabilité sociale de leur consommation.

À l'exception de la viande *in vitro* dont la qualité nutritionnelle et les conditions de production sont questionnables et des macro-algues, les protéines alternatives examinées sont caractérisées par une teneur élevée en protéines de bonne qualité leur conférant un intérêt nutritionnel incontestable, dont l'impact sur l'environnement est faible ou maîtrisé. Si les levures ne présentent a priori pas de facteur limitant, les autres protéines ont des spécificités qui constituent un frein à leur potentiel d'utilisation en alimentation humaine : faible digestibilité liée à des facteurs antinutritionnels (protéines végétales/oléoprotéagineux), biodisponibilité mal connue (protéines d'insectes, micro-algues), déficit en certains acides aminés essentiels (oléoprotéagineux), présence d'allergènes (protéines d'insectes, légumineuses) justifiant un étiquetage clair.

Compte tenu de ces caractéristiques, les algues ont plutôt un rôle de texturants et de compléments alimentaires à haute valeur ajoutée que de gisement de protéines. La consommation de macro-algues reste l'apanage des populations asiatiques dont le microbiote intestinal est adapté. Le coût élevé de production des micro-algues et des levures les confine à des marchés de niche pour l'alimentation humaine. Le secteur des cultures cellulaires est encore trop expérimental pour pouvoir conclure.

Quant aux protéines d'insectes et aux protéines végétales, la situation est très contrastée entre le secteur de l'alimentation humaine et celui de l'alimentation animale, au profit de ce dernier.

La question de l'acceptabilité sociétale des protéines alternatives ne se pose en occident que pour la consommation de protéines d'insectes, dans la mesure où ceux-ci suscitent peur ou dégoût. Par conséquent, une incorporation massive dans des plats préparés semble à ce jour difficilement envisageable. Ce type d'aliments est aujourd'hui réservé à des marchés de niche. De plus, jusqu'à fin 2017, ce secteur a été desservi par le règlement européen *novel food* source de distorsions de concurrence et peu compatible avec un essor économique. L'entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2018 du nouveau règlement *novel food*, devrait changer la donne en accélérant les procédures d'autorisation de mise sur le marché communautaire tout en clarifiant son champ d'application. Mais le frein psychologique à l'entomophagie reste entier.

En revanche, les premières enquêtes d'opinion européennes, encore à consolider, montrent que les consommateurs seraient prêts, sous réserve d'un étiquetage, à consommer des animaux nourris à base d'insectes. C'est déjà le cas pour les poissons d'élevage pour lesquels une alimentation contenant des farines d'insectes est autorisée au sein de l'UE depuis le 1^{er} juillet 2017. Dans le secteur de l'alimentation animale, la production d'insectes commence à se développer en Europe et la France compte parmi les leaders avec quelques startups performantes. Les farines d'insectes disposent d'un fort potentiel de développement pour l'*aquafeed*, qui connaît une croissance régulière de 10 % par an dans le monde. Face à cette progression, le recours à des farines d'insectes en substitution aux farines de poisson, ressource peu durable, apparaît comme une alternative intéressante. Ces farines d'insectes pourraient également répondre au besoin mondial supplémentaire de protéines pour le *petfood*, estimé à 600 000 tonnes par an à l'horizon 2025. À noter enfin que s'agissant du *feed* (animaux de rente terrestre), l'actuel écart de compétitivité disqualifie les farines d'insectes alors même qu'elles pourraient constituer, si elles étaient autorisées, une bonne source de protéines.

Quant aux protéines d'origine végétale, la quasi-totalité de la demande européenne sert à approvisionner le marché de l'alimentation animale. En alimentation humaine, elles ne représentent à ce jour que 7% du marché européen pour lequel une progression significative est souhaitable. Les programmes visant à réduire les problèmes de goût, de digestibilité ou de fonctionnalité des protéines végétales, profitent à l'industrie de produits « ultra transformés » qui vont cependant à l'encontre de la tendance actuelle favorable aux circuits courts et aux produits bruts et naturels. Malgré une superficie de soja doublée en 15 ans, l'UE reste largement déficitaire en protéines végétales non OGM pour satisfaire la demande croissante des filières d'aliments pour animaux sans OGM.

La réduction du déficit européen en protéines végétales nécessiterait d'intensifier la sélection variétale, de favoriser la transversalité des filières végétales et d'adapter l'ingénierie de stockage des graines.

De nombreux projets de R&D (algues, insectes, microorganismes, oléoprotéagineux...) ont été conduits depuis 10 ans grâce à des financements privés et publics. Le Contrat stratégique de filière signé fin 2018 fait de la recherche en matière de sources de protéines nouvelles une priorité. Il conviendra que les moyens de financement soient en adéquation.

Sur la base de ces constats, la mission a formulé six recommandations. Elles visent toutes le secteur de l'alimentation animale, à l'exception d'une recommandation relative à la mise au point nécessaire de modèles prédictifs du risque allergique des protéines alimentaires.

Trois recommandations concernent le secteur de production des insectes pour l'alimentation animale. Il s'agit tout d'abord d'intégrer la production de farines d'insectes dans la stratégie nationale sur les protéines. Les deux autres recommandations sont des prérequis indispensables à la pérennité de cette production, à savoir : d'une part confirmer l'acceptabilité sociale de l'incorporation des farines dans l'alimentation des animaux de rente et de compagnie, et d'autre part faire évoluer la réglementation française ICPE relative à l'élevage d'insectes vers un délai de procédure plus compatible avec la compétitivité de la filière, et accroître les incitations financières à l'investissement industriel.

Les deux dernières recommandations concernent la production de protéines végétales (pois protéagineux, soja...). Il convient d'introduire de la transversalité entre les filières grandes cultures et ainsi encourager la mutualisation des moyens de recherche et développement qui doivent être mis au profit d'un ambitieux programme de sélection variétale complété à terme par un programme d'adaptation des moyens de stockage.

LISTE DES RECOMMANDATIONS

- R1.** Favoriser les programmes de recherche européens visant à la mise au point de modèles prédictifs du risque allergique des protéines alimentaires, et notamment celui des protéines d'insectes et des légumineuses.
- R2.** Ajouter un volet « Insectes » à la Stratégie nationale sur les protéines en cours d'élaboration pour réduire la dépendance en protéines du secteur de l'alimentation animale.
- R3.** Accompagner le développement industriel de la production de farines d'insectes destinées au secteur de l'alimentation animale :
- par des mesures financières d'aides à l'investissement industriel,
 - en modifiant la réglementation française ICPE relative à l'élevage d'insectes pour l'alimentation animale afin que la procédure d'autorisation de construction d'un site de production industrielle puisse aboutir dans un délai compatible avec la compétitivité de la filière.
- R4.** Confirmer l'acceptabilité de l'incorporation de farines d'insectes dans l'alimentation des animaux de rente ou de compagnie par une nouvelle enquête d'opinion auprès des consommateurs.
- R5.** Encourager la mutualisation des moyens de recherche et développement entre les filières grandes cultures (transversalité céréales versus oléoprotéagineux).
- R6.** Afin d'assurer l'augmentation souhaitée de la production nationale de soja et de pois protéagineux pour l'alimentation animale :
- Mobiliser des moyens de recherche et de développement à la mesure d'un programme de sélection variétale ambitieux.
 - Engager avec les organismes stockeurs un programme national d'adaptation des moyens de stockage. Ces mesures sont à intégrer dans la stratégie nationale sur les protéines.

1. UNE MISSION QUI S'INSCRIT DANS UNE NÉCESSAIRE RÉFLEXION SUR LES ENJEUX DE L'ALIMENTATION PROTÉIQUE DE DEMAIN

1.1. Contexte

Le CGAAER s'est vu confier courant mai 2018 par le ministre chargé de l'agriculture (cf. Lettre de mission annexe 1), une mission d'expertise relative à l'évolution des sources de protéines tant pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale. Si cette expertise vise en particulier le potentiel de développement des protéines dites alternatives issues de la Food Tech (protéines d'insectes, algues, levures, viandes non naturelles, etc.), elle englobe également de fait les évolutions de production et de consommation des autres sources de protéines plus traditionnelles, avec un accent particulier sur les protéines d'origine végétale (légumineuses, oléoprotéagineux).

Le sujet de l'alimentation est aujourd'hui l'objet de nombreux questionnements, de remises en cause et de controverses. Les comportements alimentaires évoluent rapidement et on observe depuis les années 1980 une diminution de la consommation de viande dans les pays occidentaux. Les Français absorbent en moyenne 8 % de protéines d'origine animale de moins que dans les années 1990. En 2015 près d'un quart des adultes de plus de quinze ans, en France, déclarent limiter leur consommation de viande et d'autres produits d'origine animale (œufs, fromages...).

Les sociologues de l'alimentation (Claude Fischler, Jean-Pierre Poulain...) pointent la crise de la vache folle apparue en 1996 pour expliquer cette baisse de consommation, mais d'autres facteurs plus récents sont en cause. Ces facteurs renvoient à la préservation de l'environnement, au respect du bien-être et de la bientraitance animale, et à la recherche d'une alimentation plus équilibrée. On rappellera que les maladies nutritionnelles représentent en France pour la collectivité un coût annuel de santé publique compris entre 20 et 50 milliards d'euros.

Si les végétariens, végétaliens et flexitariens sont encore très marginaux dans notre société (1 % à 3 % de la population), la tendance semble bien installée. Les pouvoirs publics parlent de transition alimentaire, les médias évoquent une « végétalisation » de l'alimentation. Pour autant, les connaissances scientifiques sur la substitution de protéines végétales aux protéines d'origine animale ne sont pas encore stabilisées, s'agissant notamment des effets sur les enfants. On rappellera à cet égard que le fer hémique, qui se trouve uniquement dans les fibres musculaires animales (poisson et viande) est plus facilement absorbé par le corps humain qu'un fer non hémique (fruits et légumes) et qu'une carence en fer peut ralentir la croissance des jeunes enfants et nuire à leur développement intellectuel.

Le constat ci-dessus est inverse au niveau mondial. Tirée vers le haut par les pays émergents, la consommation de produits carnés, si elle reste inférieure à celle des pays occidentaux, ne cesse d'augmenter et les prévisions pour l'avenir sont toutes orientées à la hausse.

Les défis démographique et écologique auxquels la planète va être confrontée dans les décennies à venir, obligent les pouvoirs publics à s'interroger sur l'évolution de la disponibilité des ressources alimentaires protéiques traditionnelles, végétales et animales, ainsi qu'à réfléchir au développement à grande échelle de nouvelles sources de protéines dont la production aujourd'hui est encore

anecdote. À cet égard, il convient de signaler que la FAO¹ a publié en 2013 un rapport sur les perspectives pour l'alimentation humaine et animale du potentiel nutritif des insectes, notamment dans les pays du Sud où la malnutrition est présente. Les insectes ont toujours fait partie de l'alimentation humaine, et l'entomophagie est déjà pratiquée dans de nombreux pays du monde (Asie du sud-est, Afrique et Amérique latine), permettant ainsi de compléter les régimes alimentaires d'environ 2 milliards de personnes à ce jour.

Si la recherche concernant ces nouvelles sources de protéines semble aujourd'hui assez active dans les laboratoires comme dans l'industrie de la Food Tech (insectes, algues, micro-organismes, cultures de tissus animaux), les nombreuses startups françaises et européennes créées au cours des cinq dernières années se trouvent fragilisées par un manque de visibilité causée tant par une réglementation communautaire complexe, que par une distorsion de concurrence créée « *de facto* » par une mise en œuvre à géométrie variable de cette réglementation. Par ailleurs, les questions relatives à l'acceptabilité sociale, à l'innocuité et à l'intérêt nutritionnel de ces nouveaux aliments, restent des sujets à approfondir.

La réflexion et l'analyse de la mission s'inscrivent naturellement dans le contexte institutionnel du plan protéine européen adopté en avril 2018 et de la stratégie nationale sur les protéines végétales en cours d'élaboration qui constitue une priorité affichée du Gouvernement. Ces plans confirment le besoin urgent d'accroître la production de protéines en Europe et de réduire notre dépendance vis-à-vis des pays tiers.

1.2. Objectifs et cadre de la mission

Pour la mission, les termes de « nouvelles sources de protéines », ou encore de « protéines alternatives » utilisés dans ce rapport désignent :

- les protéines destinées à l'alimentation humaine qui relèvent du règlement novel food² (notamment protéines d'insectes, isolats de levures ou d'algues, protéines issues de cultures cellulaires in vitro),
- les protéines qui constituent de nouvelles sources ou de nouveaux usages pour l'alimentation animale ou humaine (protéines d'insectes, d'algues, de levures, d'oléoprotéagineux,...).

Afin de lever toute ambiguïté quant à l'objet de la mission, il convient de préciser que la mission a traité le sujet dans une optique de diversification possible des sources de protéines pour l'alimentation humaine et animale et non pas dans une optique de substitution totale des protéines d'origine animale ou végétale classiquement consommées à ce jour par ces protéines dites « alternatives ».

Pour répondre aux nombreux objectifs fixés dans la lettre de mission et compte tenu de l'amplitude du sujet dans la diversité de ses domaines d'investigation (politique, économique, sociologique, sanitaire, anthropologique...), la mission a pris le parti d'adopter deux approches :

¹ Edible insects – future prospects for food and feed security–2013. FAO Forestry Paper No. 171.

² Règlement: (CE) n°258/97 du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 1997 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires, abrogé par le règlement (UE) 2015/2283 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015.

- une approche « sociétale » portant sur la demande actuelle des consommateurs et de la société au regard de ces protéines, sur leur acceptabilité et leurs évolutions probables ou envisageables à court ou moyen/long terme ;
- une approche « politiques publiques » afin d'alimenter les réflexions des pouvoirs publics : apport nutritionnel/biodisponibilité et appréciation des risques sanitaires éventuels de ces protéines, potentiel de développement et impacts économique et environnemental de ces nouvelles protéines/versus protéines traditionnelles.

Enfin, la mission a examiné les conditions nécessaires à l'émergence et/ou à la structuration des filières de production de ces protéines alternatives, et a tenté d'en comprendre les freins, afin de déterminer les clefs qui permettraient aux pouvoirs publics d'accompagner utilement l'essor de ces nouvelles filières.

1.3. Méthodologie suivie

Pour mener à bien cette mission, trois membres du CGAAER (deux inspecteurs généraux de santé publique vétérinaire et un inspecteur général d'agriculture) ont été désignés par lettre du Vice-Président en date du 01 juin 2018. Cette mission d'expertise a été réalisée dans le respect des règles professionnelles et du code de déontologie du CGAAER.

Une première note de cadrage a été transmise au cabinet du ministre début août 2018. Suite à des demandes d'amendements émanant des deux directions générales concernées par la mission (DGAL, DGPE), une note de cadrage révisée a été validée par le directeur du Cabinet le 27 novembre 2018.

La mission s'est déroulée selon deux phases.

1.3.1. Une phase de revue documentaire, d'entretiens et d'investigations terrain

La première étape a été une phase de prise de connaissance documentaire et d'appropriation du sujet. Les membres de la mission ont procédé à une revue de textes règlementaires, d'articles et rapports scientifiques et techniques, ainsi qu'à une revue *in itinere* des publications de presse particulièrement nombreuses sur l'objet de la mission.

En parallèle, la mission s'est attachée à recueillir le point de vue et les questionnements de représentants des acteurs institutionnels (administrations, agence d'évaluation sanitaire, syndicats professionnels, consortium Protéines France), des acteurs de la recherche (sociologie, nutrition, économie, anthropologie, santé...) et des instituts techniques, ainsi que des représentants d'entreprises concernées de la production (y compris certaines startups), de la transformation et de la distribution. Pour mener à bien ces entretiens de façon professionnelle et efficace, un guide d'entretien adapté à chaque catégorie d'acteurs a été élaboré par les membres de la mission.

À cet égard, on notera que les associations de consommateurs contactées ont fait savoir à la mission que le sujet ne constituait pas pour elles une préoccupation à ce jour.

Des informations sur la situation du marché de ces nouvelles sources de protéines au sein de l'Union européenne et dans quelques pays tiers, ont pu également être recueillies par le biais d'une sollicitation d'un certain nombre d'attachés agricoles ciblés (consommation connue de ces nouvelles protéines dans leur pays d'affectation).

Enfin, des investigations concrètes dans les entreprises de production et dans quelques centres de recherche, ont été menées par les membres de la mission. Elles ont donné lieu à la collecte de données plus techniques, voire à un approfondissement nécessaire de certains aspects contextuels et pratiques du sujet.

Ces entretiens et investigations ont permis d'établir un état des lieux de la situation en France au regard des différents items déclinés dans la lettre de mission et de fournir un éclairage fiable de la situation dans quelques pays tiers ou européens.

1.3.2. Une phase de synthèse et d'analyse

Le présent rapport a été élaboré sur la base de l'analyse des informations recueillies au cours des entretiens et des investigations terrain.

Outre un état des lieux largement documenté, le rapport vise à répondre à la question du potentiel d'un développement significatif de ces protéines alternatives dans l'alimentation humaine et/ou animale, en déclinant l'analyse selon les deux approches proposées dans le présent document de cadrage (sociologique et politiques publiques). Le cas échéant, la mission a été amenée à proposer des recommandations tant aux pouvoirs publics qu'aux professionnels concernés.

2. UNE AUGMENTATION PROBABLE D'ICI 2050 DE LA DEMANDE MONDIALE EN PROTÉINES

2.1. Les protéines, nutriments indispensables aux fonctions vitales

Les protéines sont des constituants fonctionnels et structuraux majeurs de toutes les cellules du corps. Elles assurent un très grand nombre de fonctions vitales au sein de l'organisme (croissance et entretien des tissus). Un homme de 70 kg est constitué de 11 kg de protéines, dont 43 % dans le muscle, et 15 % dans la peau et le sang. Par ailleurs, le fonctionnement de notre système immunitaire de défense est basé sur l'action des protéines (immunoglobulines). Ces protéines sont constituées d'acides aminés (il en existe 20 au total). Si certains peuvent être obtenus les uns à partir des autres, neuf d'entre eux doivent être impérativement apportés par notre alimentation car le corps n'a pas la capacité de les synthétiser. Ce sont ce qu'on appelle les acides aminés essentiels³.

Ces besoins en protéines et acides aminés indispensables sont couverts par la plupart des protéines animales, et peuvent être satisfaits par des associations de protéines végétales. Un apport nutritionnel conseillé (ANC) en protéines de bonne qualité pour l'adulte de 0,83 g/jour/kg de poids corporel permet de couvrir les besoins pour la quasi-totalité de la population adulte. Les repères nutritionnels du Programme national nutrition santé (PNNS 2017 ANSES) préconisent un ratio de 10 à 20 % de protéines dans l'apport énergétique total.

En France et dans la plupart des pays développés, les quantités de protéines actuellement consommées se situent en moyenne au-dessus de 1,4 g/kg/jour et les protéines animales représentent 65 à 70 % de l'apport protéique total (Camilleri et al., 2013). Ce rapport est inversé au niveau mondial, avec une prépondérance de la consommation de protéines végétales, tant pour des raisons culturelles (végétarisme), que des raisons de faibles ressources. On note cependant une tendance significative à une augmentation de consommation de protéines animales dans les pays émergents (cf. graphes annexe 5).

Le ratio entre protéines animales et végétales recommandé par le PNNS se situe aux alentours de 50 %, afin de garantir un apport suffisant, outre des acides aminés, de vitamines, minéraux, et fibres.

³ Les acides aminés indispensables sont l'histidine, l'isoleucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine.

2.2. Une disponibilité affectée par les défis démographique et écologique

La population mondiale qui s'élève actuellement à 7,6 milliards devrait atteindre 8,6 milliards en 2030, 9,8 milliards en 2050 et 11,2 milliards en 2100, selon les nouvelles projections démographiques de l'ONU⁴ publiées en 2017. Si la couverture en lipides et en glucides des 10 milliards d'habitants estimés d'ici 30 ans ne semble pas problématique, la couverture en besoin protéique sera beaucoup plus tendue. On citera pour exemple l'évolution de la consommation de viandes en Chine. En 1982, le Chinois moyen mangeait seulement 13 kg de viande par an, et le bœuf était surnommé « viande du millionnaire » du fait de sa rareté. Aujourd'hui il mange en moyenne 63 kg de viande par an, et devrait en consommer 93 kg d'ici 2030 si rien n'est entrepris contre cette tendance. Cela étant, la Chine reste derrière plus d'une douzaine de pays dans sa consommation de viande par tête : l'Américain ou l'Australien moyen consomme deux fois plus de viande que le Chinois moyen.

Face à cette croissance exponentielle de la population humaine allant de pair avec un accroissement du niveau de vie dans les pays émergents, et compte tenu des défis climatiques de demain, la disponibilité en protéines de bonne qualité va devenir un enjeu majeur pour nourrir la population mondiale dans le futur. Selon les experts de la FAO, la production alimentaire annuelle devrait s'accroître de 60 % à l'échelle mondiale (FAO, 2014) avec un triplement de la demande en ressources protéiques, particulièrement dans les pays émergents. À cela s'ajoute le vieillissement de la population en Europe, vieillissement qui accroît le besoin protéique pour compenser la perte musculaire due à l'âge (l'ANSES recommande une augmentation de 30% de l'apport protéique).

Les terres agricoles adaptées à la culture et à l'élevage d'animaux de rente n'étant pas extensibles, il est clair que l'augmentation globale de la demande en protéines alimentaires, ne pourra être satisfaite ni par les productions végétales majoritairement consommées à ce jour (céréales, soja), ni par les productions animales pratiquées aujourd'hui. À noter que la médiatisation d'actes de maltraitance animale porte préjudice à ces productions, dont les formes intensives souffrent en outre d'une image très dégradée sur le plan environnemental (production de gaz à effet de serre).

Il devient donc urgent de trouver des solutions durables permettant d'augmenter la disponibilité en protéines alimentaires de bonne qualité au niveau mondial. Cela passe notamment par une baisse des gaspillages alimentaires (actuellement 20 à 40 % de la production agricole mondiale), par une diminution de la consommation humaine de protéines dans les pays développés alliée à un rééquilibrage entre protéines d'origine animale et protéines d'origine végétale conforme aux recommandations du PNNS indiqué ci-dessus et enfin par l'exploration de nouvelles sources de protéines pour l'alimentation humaine et animale.

⁴ Rapport « Perspectives de la population mondiale: la révision de 2017 », publié par le Département des affaires économiques et sociales de l'ONU (DESA), qui fournit un examen complet des tendances démographiques mondiales et des perspectives pour l'avenir.

2.3. Une tendance européenne à la baisse de la consommation de viande de boucherie au profit des protéines végétales

Depuis la fin des années 1990, on observe une baisse de la consommation de viandes en Europe. Cette tendance concerne essentiellement la consommation de viandes rouges, celle de volailles augmentant régulièrement (plus 3% par an en France)⁵. Selon une étude du CREDOC de septembre 2018, la consommation de viande de boucherie (bœuf, veau, agneau, porc frais, viande chevaline) en France a baissé de 12% au cours des dix dernières années. Alors qu'ils consommaient, en moyenne, 58 grammes par jour, les Français n'en mangent désormais plus que 46 grammes. Les jeunes sont les plus nombreux à avoir modifié leur comportement alimentaire. En cause, une plus grande préoccupation pour l'environnement, le bien-être animal et les questions de santé. *« Le vieillissement de la population, la plus grande prise de conscience existant entre sa santé et son alimentation, la plus grande sensibilité au bien-être animal et au développement durable, peuvent expliquer la baisse de consommation de produits carnés constatée sur les dernières décennies »*, explique le CREDOC.

La situation en Europe est variable, mais la tendance à la baisse est également observée dans certains pays. Ainsi en 2017, les ménages espagnols ont diminué de près de 4 % leurs achats de viande bovine en volume, et en Italie, les achats des ménages ont chuté de 15 % en cinq ans.

Selon l'Académie vétérinaire dont la séance du 23 janvier 2019 avait pour thème « aspects sociétaux de la consommation de viande », la baisse structurelle de la consommation de viande rouge constatée par le CREDOC est avant tout liée à la mise en avant d'arguments nutritionnels datant du début des années 80. Depuis une dizaine d'années, les nouveaux régimes alimentaires (véganisme, végétarisme, flexitarisme) adoptés par ces jeunes générations prennent de l'ampleur et conduisent à une baisse de la consommation de protéines animales traditionnelles au profit de la consommation en hausse des protéines végétales. Pour les experts de l'Académie vétérinaire, cette tendance devrait continuer à s'accroître dans les pays développés.

⁵ Selon les chiffres de l'ITAVI -chiffres clefs 2018

3. UN ÉTAT DES LIEUX : DES FREINS ET DES OPPORTUNITÉS AU DÉVELOPPEMENT DES PROTÉINES ALTERNATIVES

Faisant écho aux besoins futurs de ressources protéiques produites dans des conditions durables évoqués ci-dessus et à un infléchissement dans les pays occidentaux de la consommation de protéines d'origine animale issues d'animaux de rente traditionnels, un foisonnement d'initiatives est à signaler depuis quelques années dans différents secteurs de production : production végétale (pois, colza, lupin, chanvre, micro algues, levures), production animale (insectes) ou encore production synthétique (viande *in vitro*). Un nombre significatif de startups ont vu le jour, des programmes de recherche privés ou publics ont été financés, et nombre de colloques se sont tenus sur le thème de l'alimentation du futur et de ces nouvelles sources de protéines. Toutes ces sources alternatives, dont le niveau de développement est très différent, sont des options sur lesquelles la mission s'est penchée.

3.1. Un apport nutritionnel performant, mais des caractéristiques limitant leur consommation

De par leur composition, les protéines alternatives présentent un intérêt nutritionnel certain tant pour l'homme que pour les animaux. Malheureusement elles sont desservies par des caractéristiques de nature à limiter leur utilisation comme aliment de base, en particulier une faible digestibilité liée notamment à la présence de facteurs antinutritionnels. La vitesse de digestion est en effet un critère important à prendre en compte pour définir la qualité nutritionnelle des protéines tant pour l'alimentation humaine qu'animale. Une digestion rapide des protéines est notamment intéressante pour les personnes âgées, de plus en plus nombreuses, qui ont besoin d'un apport plus intense en acides aminés pour relancer la synthèse protéique, et ainsi lutter contre la fonte musculaire, ou sarcopénie (Dardevet *et al.*, 2013).

Quant aux risques sanitaires liés à la consommation des protéines alternatives, ils ne sont pas considérés comme majeurs et ne constituent pas une priorité pour les représentants du ministère de la santé, rencontrés par la mission, malgré un manque reconnu de données de leurs effets sur la santé humaine (allergies, flore intestinale,...).

3.1.1. Insectes

Plus de deux milliards de personnes dans le monde (Afrique, Asie et Amérique du sud) se nourrissent quotidiennement d'insectes soit en substitut, soit en alternance avec le poisson ou la viande. Les insectes présentent un profil nutritionnel variable selon l'espèce considéré, mais très intéressant car caractérisé par une teneur élevée en protéines de bonne qualité (Centre interprofessionnel de la pêche et de l'aquaculture-CIPA). Ces protéines d'insectes ne présentent aucune carence en acides aminés limitant et contiennent des vitamines, des minéraux et des lipides (ex : le ver de farine contient 70 % de protéines et 13 % de lipides). C'est pourquoi la FAO⁶ considère les insectes comme une alternative réaliste et intéressante comme diversification de sources protéiques dans le futur.

⁶ FAO-2013-Contribution des insectes à la sécurité alimentaire, aux moyens de subsistance et à l'environnement.

Cependant les données scientifiques quant à la digestibilité (liée à la chitine de la carapace) et à la biodisponibilité des protéines d'insectes manquent, et certains risques potentiels ont été identifiés par l'ANSES⁷ en 2015. Il s'agit de la contamination par des substances endogènes spécifiques à certaines catégories d'insectes (venins, facteurs anti nutritionnels) et un risque microbiologique selon les conditions d'élevage. Au regard de ces risques, l'avis de l'ANSES préconise d'établir au niveau communautaire des listes positives et négatives des différentes espèces et stades de développement d'insectes pouvant ou non être consommés. Par ailleurs un encadrement spécifique des conditions d'élevage et de production des insectes et de leurs produits permettant de garantir la maîtrise des risques sanitaires est à définir.

Mais le risque le plus probable est le risque allergique. Des sensibilités spécifiques à certains consommateurs, compte tenu de la présence dans les insectes de pan-allergènes communs à l'ensemble des arthropodes (acariens, crustacés, mollusques) sont à prendre en compte. Certains insectes comestibles (ex : *Ténébrio molitor*) peuvent de surcroît induire des réactions allergiques croisées chez les personnes allergiques aux crustacés (crevettes, langoustes, etc.). L'ANSES recommande de fixer des mesures de prévention du risque allergique à la fois pour les consommateurs et en milieu professionnel.

Il est utile de rappeler que la prévalence allergique générale dans la population adulte est de 4% contre 5 à 8 % chez les enfants (ex : allergies respiratoires causées par les pollens et allergies alimentaires notamment liées à la consommation de lait et de fruits). Pour les experts du laboratoire d'allergologie alimentaire de l'INRA à Nantes, le risque d'allergie présenté par les insectes est à considérer au même titre que celui de certains aliments largement consommés au quotidien tels que les pommes ou encore les fraises. Il serait comparable à celui lié à la consommation de fruits de mer ou de denrées alimentaires en contenant pour lesquelles un étiquetage est obligatoire.

L'INRA travaille à la mise au point d'une méthode de routine qui permettrait de donner une évaluation prédictive du niveau de risque allergique d'une protéine, et qui pourrait servir de façon générique pour toutes les protéines. D'autres laboratoires européens (Pays-Bas, Allemagne, Danemark, Suisse) travaillent également dans ce domaine. Le réseau européen ImpARAS⁸ prépare un inventaire de ces méthodes.

3.1.2. Algues

On distingue deux types d'algues : les macro algues (algues rouges, vertes, brunes), et les micro algues (spiruline, chlorelle, *Dunaliella*, *Hématococcus*, etc.).

⁷ Avis de l'ANSES du 12 février 2015 relatif à la « valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes.

⁸ Improving Allergy Risk Assessment Strategy for new food proteins.



• Macro algues

Elles contiennent de 10 à 30 % de protéines (algues brunes 10%, algues vertes 20 %, algues rouges 30 %) et ont une grosse teneur en acides gras insaturés.

En alimentation humaine, les macro-algues sont surtout une source de fibres et de sels minéraux. Leurs protéines sont très peu assimilables (sauf pour les populations au microbiote adapté comme les japonais). La limite est de 7 g de matière sèche par jour (soit 2 g de protéines d'algues par jour). Les limites d'utilisation sont à ce jour nombreuses : facteurs antinutritionnels (protéines très peu digestibles), impact sur le goût ou l'odeur des aliments. Par ailleurs, la teneur en iode ou en métaux lourds, variable selon les conditions de productions, peut être particulièrement élevée chez certaines algues brunes (*Laminaria* spp et *Saccharina* spp) ou rouges (*Gracilaria verrucosa*).

Université de Nantes @UnivNantes

C'est pourquoi l'ANSES déconseille la consommation d'aliments et de compléments alimentaires contenant des algues aux personnes présentant un dérèglement de la thyroïde.

• Micro-algues

Les micro algues sont consommées depuis des milliers d'années par l'homme (Incas, Mayas). Les deux micro-algues les plus connues sont la chlorelle et la spiruline. Cette dernière, bien qu'elle appartienne à la famille des cyanobactéries, est usuellement considérée comme une algue.

Ces micro algues constituent des sources prometteuses de protéines tant sur le plan quantitatif (elles produisent 50 à 100 fois plus de protéines par unité de surfaces que les sources animales traditionnelles), que sur le plan qualitatif car elles appartiennent à la catégorie des aliments les plus riches en protéines (entre 50 et 70 % de poids sec contre 25 % pour le soja), avec l'intégralité des acides aminés essentiels. Selon l'INRA⁹, les protéines des micro algues présentent qualitativement un intérêt particulier du fait de leur effet antioxydant, anti inflammatoire et régulateur de l'immunité. Cependant, la notion de biodisponibilité chez l'homme n'a pas encore été étudiée, et il existe peu de données scientifiques sur les quantités « optimales » qui seraient nécessaires à notre alimentation.

- La teneur en protéine de la spiruline est très élevée (70 % de la matière sèche). Elle est très riche en nutriments (vitamines, minéraux, oligoéléments, antioxydants, fer et bêta-carotènes). Mais son utilisation est limitée par sa haute teneur en iode et les risques de contamination par d'autres cyanobactéries susceptibles de produire des toxines. Par ailleurs, la Vitamine B12 est peu assimilable, et la présence d'allergènes est à signaler. Les débouchés actuels de la production de la spiruline sont les compléments alimentaires,

⁹ Colloque fonds français pour l'alimentation et la santé FFAS 15 septembre 2017

l'alimentation aquacole et les ingrédients pour l'industrie alimentaire. On extrait également de la spiruline, la phycocyanine, pigment bleu à l'origine du nom communément donné à la spiruline (algue bleue), utilisée comme colorant naturel et anti oxydants alimentaires.

- La chlorelle (50 à 60 % de protéines) est une algue d'eau douce, également très riche en vitamines (vitamine B12 assimilable), oligoéléments et micronutriments. Elle est un peu moins digestible que la spiruline.
- On citera pour mémoire *Odontella aurita*, une autre micro algue marine de la famille des diatomées autorisée en nutrition humaine, mais dont le profil nutritionnel est surtout orienté vers la production d'acides gras polyinsaturés à longues chaînes (EPA, DHA) indispensables pour le développement du système nerveux central, de la vision et de la protection du système cardiovasculaire.

3.1.3. Levures

Face à la raréfaction des ressources, les levures représentent une source durable de protéines d'une excellente valeur nutritionnelle. De surcroît, elles ne présentent aucun problème d'allergénicité reconnu.

À titre anecdotique, la mission rappelle que certains champignons autres que les levures peuvent posséder des teneurs importantes en protéines (ex : mycoprotéines « Quorn » produites à partir du « fusarium venenatum » dont la teneur en protéines va de 40 à 85 %).

3.1.4. Viandes de synthèse « in vitro »

En réalité il ne s'agit pas de viande à proprement parler. Il s'agit d'un amas de fibres musculaires et non pas un muscle dans sa complexité réelle. La viande naturelle contient outre les protéines, des vaisseaux, du sang, des lipides, de la fibre, etc. La valeur nutritionnelle de la viande *in vitro* est donc réduite. Un autre aspect n'est pas pris en compte dans la synthèse de fibres musculaires, c'est la maturation de la viande qui s'opère naturellement après l'abattage grâce à la présence d'acide lactique issu de la dégradation du glycogène, permettant in fine d'attendrir la fibre musculaire.



Steak de synthèse In Vitro – source : demeter et huxley

Se pose également les conditions de production. En effet, pour permettre aux cellules de se multiplier, il faut un milieu de culture suffisamment riche qui contient « *des hormones, des facteurs de croissance, du sérum de veau fœtal, des antibiotiques et des fongicides* », explique Jean-François Hocquette directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), donc des ingrédients « *dont certains sont d'origine animale* » et qu'il faudra produire à grande échelle.

3.1.5. Protéines végétales

Considérées dans les pays occidentaux comme « l'aliment du pauvre », les légumineuses ou autrement dit légumes secs, en raison de leur richesse en nutriments jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation des pays à faible revenu.

Depuis 2017, l'ANSES préconise d'augmenter la consommation des légumineuses, souvent boudées dans l'hexagone. Les lentilles, pois chiches, haricots blancs et autres légumineuses sont en effet mal considérées en France alors même que ce sont d'importantes sources de protéines. Le pois contient entre 18 et 25 % de matières protéiques, le lupin 40 %, la féverole 29 %, contre 11 à 13 % pour les céréales.

Pour l'alimentation animale, les sources de protéines végétales classiques sont des oléoprotéagineux de graines ou de fourrages, en particulier : tourteau de soja : (50 % matières protéiques MP), tourteau de colza (25 à 30 % MP), tourteau de tournesol « high pro » (décortiqué) : (36 % MP)

Les graines d'oléoprotéagineux sont caractérisées à la fois par une forte densité énergétique et une forte densité nutritionnelle. Ces aliments apportent des fibres, des protéines, des glucides, des vitamines du groupe B, du fer, du cuivre, du magnésium, du manganèse, du zinc et du phosphore. Elles sont riches en arginine et assez bien pourvues en lysine. De nouveaux résultats de recherche mettent aussi en évidence les propriétés spécifiques de certains acides aminés (leucine et arginine) bien représentés dans les protéines des légumineuses, ayant des effets au niveau du système vasculaire ou du système nerveux central. De nombreux travaux sont réalisés actuellement sur le pouvoir anti hypertensif des hydrolysats protéiques de légumineuses (lentilles, soja, pois ou lupin). Cependant, les protéines végétales n'ont pas que des avantages. Sur la base des critères classiques (équilibre et biodisponibilité des acides aminés indispensables), la qualité nutritionnelle des protéines végétales est considérée comme inférieure à celles des protéines animales. Outre des problèmes liés au goût ou à la couleur, les protéines végétales ont tendance à s'agglomérer et leur capacité d'assimilation par l'organisme est moins efficace que pour les protéines animales. La présence de facteurs antinutritionnels (inhibiteurs de protéases, tanins) affectent leur digestibilité, même si ces facteurs sont efficacement éliminés par la cuisson. Autre inconvénient, le soja contient des perturbateurs endocriniens (phyto-œstrogènes), les légumineuses sont déficitaires en méthionine (acide aminé indispensable) et cystéine, ce qui conduit à devoir les associer à d'autres sources de protéines, en particulier les céréales (pauvre en lysine, mais équilibrées pour les autres acides aminés), d'où les associations traditionnelles pois chiche/semoule en Afrique du nord ou haricots rouges/maïs en Amérique Latine. Dans cette optique, des recherches sont menées à l'Inra sur des formules de pâtes mêlant blé dur et légumineuses (ex : pâtes aux fèves). Ces travaux ont prouvé la faisabilité technologique de pâtes incorporant un taux élevé (35%) de légumineuses, tout en utilisant des procédés classiques de fabrication.

Malgré ces handicaps, les atouts nutritionnels des protéines végétales encouragent à des recherches sur les procédés d'extraction et de fractionnement afin de concevoir des aliments pour des populations ciblées (personnes âgées, sportifs...), enrichis en constituants spécifiques. Un exemple en est la protéine de pois. Utilisé comme sources de protéines pour l'alimentation animale, le pois pourrait connaître une seconde vie dans l'alimentation humaine.

En résumé :

Les insectes présentent un profil nutritionnel très intéressant caractérisé par une teneur élevée en protéines de bonne qualité. Les données scientifiques quant à la digestibilité et à la biodisponibilité des protéines d'insectes manquent, et selon l'ANSES le risque allergique est à prendre en compte par des mesures de prévention à la fois pour les consommateurs et pour les professionnels du secteur.

Si les protéines des macro-algues sont très peu assimilables et leurs limites d'utilisation nombreuses à ce jour en alimentation humaine (facteurs antinutritionnels, impact sur le goût ou l'odeur des aliments), les micro algues constituent des sources prometteuses de protéines tant sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif car elles appartiennent à la catégorie des aliments les plus riches en protéines (entre 50 et 70 % de poids sec), avec l'intégralité des acides aminés essentiels. La plus emblématique des micro-algues est la spiruline.

Les levures représentent une source durable de protéines d'une excellente valeur nutritionnelle, ne présentant de surcroît, aucun problème d'allergénicité reconnu. Quant à la viande *in vitro*, sa valeur nutritionnelle est réduite et se pose la qualité du milieu de culture.

Enfin les graines oléoprotéagineuses sont caractérisées par une forte densité énergétique et nutritionnelle mais leur capacité d'assimilation par l'organisme est moins efficace que celles des protéines animales (présence de facteurs antinutritionnels) et n'ont pas toujours la bonne couleur, ni le bon goût. Déficitaires en certains acides aminés essentiels, il est nécessaire de les associer à d'autres sources de protéines végétales, en particulier les céréales.

3.2. Production et économie du secteur : des cas de figure très contrastés

La mission a plus particulièrement examiné la situation de quatre sources alternatives de protéines susceptibles d'être utilisées en alimentation humaine « *food* », en alimentation des animaux de rente terrestre « *feed* », en alimentation des animaux aquatiques « *aquafeed* » et en alimentation des animaux de compagnie « *petfood* » : les insectes, les algues, les micro-organismes et les cultures cellulaires. Elle a également examiné les nouveaux usages de protéines d'origine végétale.

En France, un consortium d'entreprises a été créé en 2017, Protéines France. Son ambition est de fédérer et catalyser le développement des protéines végétales et des nouvelles ressources de protéines. La diversité et la complémentarité des membres de l'association doivent leur permettre de développer des projets communs de filière et des partenariats compétitifs.

Protéines France réunit à ce jour 18 acteurs français du secteur : entreprises privées dont des startups, coopératives et centres de recherche. Les membres de Protéines France représentent l'ensemble de la chaîne de valeur, de la production (semences, grandes cultures, protéagineux, insectes, algues, levures...) à la transformation en ingrédients et en produits finis, ainsi qu'à leur commercialisation. Il s'agit à ce jour de : Avril, Limagrain, Roquette, Tereos, Terrena, Vivecia, Arbiom, Epi de Gascogne, Labiocrac, Lesaffre, Nutrition et santé, Olmix, Royal Canin, Soufflet, Triballat, Ÿnsect, Improve.

On citera également la création en 2013 à Dijon de la « FoodTech », la déclinaison dans le secteur agroalimentaire de la « French Tech¹⁰ ». La FoodTech réunit plus de 300 acteurs économiques portés par de nouvelles logiques d'innovation et de dynamiques entrepreneuriales en agroalimentaire. Cet écosystème a pour ambition de devenir la référence pour le développement de startups européennes en agroalimentaire. On y recense aujourd'hui 472 startups. Les aliments du futur (nouvelles protéines, protéines de synthèse et substituts de repas) figurent parmi les domaines explorés par la FoodTech.

3.2.1. Insectes

Selon le rapport FAO¹¹ de 2013, Il existe 600 000 à 800 000 espèces d'insectes connues et plus de 2 000 espèces sont consommées à ce jour dans le monde. Récoltés dans la nature, les insectes apparaissent comme une ressource inépuisable, occupant une grande diversité d'habitats aquatiques et terrestres. Les principaux insectes consommés en alimentation humaine ou animale en Europe sont des grillons (*Acheta domesticus*), criquets (*Locusta migrans*), vers de farine (*Tenebrio molitor*), ou encore des larves de mouche soldat noire (*Hermetia illucens*).

Outre un apport en protéines, lipides et nutriments, les insectes présentent des atouts intéressants pour l'économie du secteur. Il s'agit en particulier :

- d'un taux de conversion alimentaire aussi bas que celui des poissons d'élevage (proche de 1),
- d'une prédisposition à la bioéconomie industrielle (utilisation de la biomasse résiduaire non consommable par l'homme comme substrat d'élevage des insectes),
- d'une production de déchets beaucoup plus réduite par unité d'aliment ingéré du fait du caractère poïkilotherme¹² des insectes,
- d'un faible impact sur l'environnement (Cf. § 3.3).

Certains experts rencontrés ont fait valoir également comme atout, un faible risque de transmission zoonotique.

¹⁰ La **French Tech** est un label français attribué à des pôles métropolitains reconnus pour leur écosystème de startups. Elle vise notamment à donner une identité visuelle commune forte aux startups françaises, ainsi qu'à favoriser l'échange d'expériences entre elles.

¹¹ FAO-2013-Contribution des insectes à la sécurité alimentaire, aux moyens de subsistance et à l'environnement.

¹² Température corporelle qui varie avec le milieu.

a) Le paysage industriel : des startups innovantes adossées à l'agro-industrie

Une industrie du secteur commence à se développer en Europe. Elle s'est structurée en 2015 au sein d'une organisation, l'IPIFF (*International platform of insects for food and feed*), qui réunit à ce jour 46 membres parmi des grandes entreprises, des startups et des instituts de recherche. On y compte 13 entreprises françaises. L'organisation est chargée de promouvoir la consommation d'insectes et de faire évoluer favorablement la réglementation. Les grandes entreprises sont généralement issues du secteur du bio contrôle et reconverties dans la production d'aliments : COPERT (NL), Hermetia (A), Protifarm (NL)... Parmi les startups on peut citer les plus emblématiques : Protix (NL), Jimini's (F), Ynsect (F), Innovafeed (F), Micronutris (F), Bioflytech (Espagne), Millibetter (B).

Les pays les plus avancés dans le développement de ce secteur sont les Pays-Bas et la France, suivies par l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et la Belgique. Aux États-Unis et au Canada le sujet semble peu traité. Quant au reste du monde, les statistiques de production sont inaccessibles

Les deux tiers de la production sont destinés à l'alimentation animale (*aquafeed*), le reste à l'alimentation humaine. Si, pour l'heure, le modèle de production repose sur des démonstrateurs ou des ateliers pilotes, des investissements importants sont prochainement prévus pour passer à un stade véritablement industriel. À cet égard, la mission s'est rendu sur le site de production de deux startups françaises en plein développement. Il s'agit de :

- La société Ynsect

Créée en 2011 en région parisienne avec l'aide d'un financement de l'Agence nationale pour la recherche (ANR), la startup Ynsect dispose à Dôle dans le Jura, d'un atelier de production 100 t/an de farine de larves de vers de farine (*Tenebrio Molitor*) destinée à l'alimentation animale, particulièrement l'aquafeed. Un futur site de production industrielle de 20 000 t/an est prévu en 2019 à proximité d'Amiens.

Les insectes sont élevés dans de grands hangars fermés et sur un substrat essentiellement composé de son de blé. Les larves à maturité sont abattues par vapeur d'eau, puis déshydratées et transformées en farine dont la teneur en protéines est environ de 70 %.

Si le cycle de production du *Tenebrio* est relativement long (60 jours) et si son taux de conversion¹³ est moyen, la farine produite serait particulièrement intéressante au plan métabolique pour l'aquaculture (truites et saumons...) avec un gain de poids de 30 % comparativement aux farines de poissons et sans altérer le goût de la chair.

La production d'un kg de larves, soit 250 g de protéines pures, nécessite 2,5 kg de son (taux de conversion = 2,5).

Pour une production de 20 000 t de farine de vers de farine, les co-produits s'élèvent à 5000 t d'huile (d'une composition nutritionnelle équivalente à une huile de tournesol) et à 100 000 tonnes de *frass*¹⁴. L'entreprise fixe son objectif commercial de 20 à 25 % du marché de l'aquafeed.

¹³ Taux de conversion = 2,5 kg de substrat pour un kg de farine d'insectes.

¹⁴ Le *frass* désigne les déjections des insectes mêlées aux résidus de substrats, et pourrait être utilisable comme fertilisant (projet d'expérimentation en cours de réflexion).

- La société Innovafeed

Créée en 2015 avec l'appui financier de la BPI France pour produire de la protéine de haute qualité pour l'aquaculture, la startup Innovafeed compte aujourd'hui 45 collaborateurs et dispose d'un atelier pilote industriel d'une capacité de 1000 t/an à Cambrai. Ses marchés sont principalement l'*aquafeed*. La construction d'un prochain site industriel de 11 000 t/an démarrera en 2019 dans la Somme en partenariat technique avec un grand groupe agro-industriel, Tereos, à proximité immédiate d'un important site de production de substrats. Cette future unité industrielle représente un investissement de 300 M€ et permettra la création de 110 emplois directs. Son ingénierie prévoit une optimisation énergétique, semble-t-il remarquable, reposant sur la récupération de l'énergie produite par l'élevage des insectes à partir de substrats humides que Tereos aurait dû préalablement sécher pour les valoriser. La startup fonde sa stratégie sur une proximité géographique avec les sources de substrats plus qu'avec ses marchés commerciaux. Grâce à cette proximité, Innovafeed illustre la convergence économique et environnementale (économie de CO₂ estimée à 25 000 tonnes annuelle). Avec une production de substrats de 15 millions de tonnes par an, les Hauts de France constituent un des tout premiers gisements de substrats en Europe. Deux autres projets (USA et DE) sont envisagés d'ici 2023.

L'insecte élevé par Innovafeed est la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*), un insecte d'origine tropicale qui nécessite un environnement confiné et chauffé. Ses larves sont élevées sur un substrat humide composé d'un mélange de pulpe de betterave, de sous-produits d'amidonnerie, de son de blé et de déchets de conserverie de fruits et légumes... Au dire de l'industriel, l'inconvénient de ce substrat humide est compensé par l'aptitude de la mouche noire à contrôler les contaminations microbiennes. Son cycle de production est très court : 8 jours. Son indice de consommation est très performant : 1,05. Pour une tonne de farine d'insectes, on obtient 300 kg d'huile et 2,5 tonnes de *frass*. La production de 10 000 t de farine d'insecte nécessite 210 000 t de substrat humide

Un modèle économique durable

Pour un volume de production de 10 000 t/an, l'entreprise estime que son coût de production sera de 1 600 €/t à comparer au prix actuel des farines de poisson (entre 1300 et 1 600 €/t). L'objectif commercial est d'atteindre 20 % du marché de l'*aquafeed* et 10 % du marché du soja importé.

Selon Innovafeed, si en 2015 le marché mondial de l'*aquafeed* s'élevait à 50 millions de tonnes par an, il devrait tripler en 2030. Aussi le potentiel de développement serait-il considérable.

Il serait possible de substituer 100 % de farine de poisson par de la farine d'insecte, soit 20 % de la ration d'*aquafeed* (tests réalisés sur saumon, truite, bar, daurade, tilapia et crevettes).

b) L'alimentation humaine : des marchés de niche

En occident, les insectes sont, le plus souvent, proposés entiers et grillés pour l'apéritif (grillon grillé prêt à être croqué) ou incorporés sous forme de farine de larves dans des produits sucrés et des biscuits.

Dans l'Union européenne, la mise sur le marché de produits à base d'insectes destinés à la consommation humaine est marginale du fait d'une réglementation peu favorable jusqu'au 1^{er} janvier 2018 (Cf. § 3.4.1). En France, aucune autorisation des autorités compétentes (DGCCRF) n'a été accordée à ce jour pour le marché national. *A contrario*, certains États membres (Belgique, Pays-Bas,...) tolèrent la commercialisation sur leur marché d'insectes entiers destinés à la consommation humaine, considérant que ceux-ci ne relèvent pas du règlement novel food.

Dans les pays occidentaux, les produits alimentaires à base d'insectes sont aujourd'hui réservés à des marchés de niche. Leur éventuel développement futur serait conditionné par une évolution de l'acceptabilité sociale, en particulier dictée par la conscience environnementale et le bien-être animal (Cf. chapitre 3.5). Par ailleurs, leur incorporation dans les plats préparés pourrait être pénalisée par la tendance actuelle en faveur d'une alimentation composée de produits bruts cuisinés.

c) L'alimentation des poissons et autres animaux marins et aquatiques: un fort potentiel de développement

Le règlement de la Commission européenne du 16 janvier 2013 autorise les protéines animales transformées (PAT) de porc et de volailles dans l'alimentation des animaux aquatiques. Les professionnels français n'ont pas souhaité y recourir pour des raisons d'acceptabilité sociétale.

Depuis le 1^{er} juillet 2017, l'Union européenne a autorisé la consommation par les poissons d'élevage de farines d'insectes en substitution à des farines de poisson. Les farines de poissons sont une ressource peu durable car issues pour moitié d'une activité de pêche minotière trop intensive, l'autre moitié provenant des coproduits de la transformation industrielle des poissons.

Comme indiqué précédemment, des startups françaises comme *Ynsect* ou *Innovafeed* se sont lancées en investissant ce créneau.

Selon la FAO, près de la moitié des denrées d'origine aquatique actuellement consommées par l'homme provient de l'aquaculture dont la croissance est d'environ 10 % par an. En 2015 la production aquacole et piscicole mondiale s'est établie à 76,6 millions de tonnes. Les captures de pêche s'élèvent à 92,6 millions de tonnes dont 72,2 pour la consommation humaine.

L'aquaculture et la pisciculture sont entièrement dominées par l'Asie (Chine, Indonésie, Inde) et représentent 92 % de la production mondiale (Chine = 60 %). En Europe seule la Norvège, premier pays producteur mondial de saumon, émerge dans les statistiques avec 2 % de la production mondiale, soit 1,4 millions de tonnes. Par comparaison, la production piscicole française se situe à 52 000 t par an (75 % de Salmonidés). Elle ne représente que 2 % des produits aquatiques, tous confondus, consommés en France. Le reste est importé d'UE (65 %), de Norvège et d'Asie du sud-est.

L'Union européenne est le plus gros importateur de produits de la pêche et de l'aquaculture au monde en valeurs (50 milliards d'euros). La consommation par habitant augmente régulièrement (27 kg en 2016), la part de l'aquaculture y étant en constante progression.

La croissance de la demande mondiale en aliments pour l'aquaculture, *aquafeed*¹⁵, est estimée à 10 % par an alors que le marché est bridé par la ressource limitée en farine de poisson qui constitue 20 % de la ration d'*aquafeed*. La production française d'aliments¹⁶ s'élève à 110 000 tonnes par an

¹⁵ Le marché mondial de l'*aquafeed* est estimé à 30 millions de tonnes par an à l'horizon 2020.

¹⁶ La France compte quatre principaux fabricants d'aliments *aquafeed* : Le Gouessant, Biomar, Skreting et Aqualand. La moitié de la production est exportée.

pour une consommation d'aliments en France de 50 000 tonnes. Environ 60 000 tonnes sont exportées dans l'UE (Grèce) et les pays tiers (Moyen orient, Maghreb).

Ces aliments sont composés à 80 % de produits végétaux (blé, soja, maïs, pois) et à 20 % de farine de poisson. Il est impossible d'élever des poissons avec des formules 100% végétales. La production de farine de poisson, stable et limitée par les mesures de préservation de la ressource halieutique, ne suit pas la progression de la demande d'*aquafeed*. Il en résulte un manque de disponibilité des farines de poissons et une tension sur le marché de l'*aquafeed*.



© <http://ipiff.org/> ferme aquacole

Aussi le recours à des farines d'insectes apparaît-il comme une solution intéressante dans la perspective d'une production véritablement industrielle qui permettra d'atteindre un prix de revient équivalent à celui de la farine de poisson (environ 1 600 euros la tonne). Aujourd'hui la farine d'insectes est à 2 000 euros (hors évaluation Innovafeed). Des arguments techniques, sanitaires et environnementaux s'ajoutent aux arguments économiques : teneur élevée en protéines de bonne qualité, absence de métaux lourds, production plus durable que les prélèvements de poissons en mer, technologies industrielles durables.



Farine issue de larves d'insectes, ingrédient alimentaire pour animaux – source : forbes.fr

En France, le CIPA (Comité interprofessionnel des produits de l'aquaculture) s'est récemment prononcé en faveur de l'introduction de farines d'insectes dans l'*aquafeed*. De premiers essais de commercialisation de truites nourries avec des farines d'insectes ont été réalisés par Auchan. Les résultats semblent encourageants.

d) L'alimentation des animaux de compagnie: un débouché de moyen terme en pleine expansion

Le marché mondial d'aliments pour animaux domestiques, *petfood*, croit de façon spectaculaire de plus de 4 % par an. Malgré la crise, l'engouement pour les animaux de compagnie semble une tendance lourde partout dans le monde, et particulièrement dans les pays émergents, l'Asie en tête.

Le chiffre d'affaire mondial du *petfood* atteint environ 50 milliards d'euros. En France, frôlant les 4 milliards d'euros, il est l'un des plus dynamiques du commerce de détail. En 10 ans, il a été multiplié par 1,5 avec une croissance du marché de 3,3 % en 2016.

Pour Royal Canin, premier fabricant mondial de *petfood*, l'augmentation de la demande mondiale d'aliments pour animaux de compagnie croît davantage que celle de la disponibilité en protéines composant ces aliments (+2 %). L'Asie est d'ores et déjà déficitaire en protéines. Le besoin mondial prévu à l'horizon 2025-2030 de 600 000 tonnes supplémentaires de matières riches en protéines pourrait être avantageusement satisfait par de la farine d'insectes, sous réserve naturellement d'atteindre le seuil de compétitivité et d'une acceptabilité par les propriétaires d'animaux de compagnie (Cf. § 3.5.2). Si les Asiatiques, eux-mêmes consommateurs d'insectes, n'ont a priori pas de prévention à l'égard de *petfood* enrichi à la farine d'insectes, il pourrait en aller différemment du public occidental.

Le prix d'intérêt¹⁷ de l'utilisation des insectes n'est pas encore atteint, pour autant l'avenir semble prometteur, aux yeux de certains experts, compte tenu du caractère très rentable du secteur du *petfood*, et de la possibilité qu'offrent les insectes à se substituer aux farines de poissons, non durables, et aux protéines animales transformées de volailles et de porcs (PAT) dont l'acceptabilité sociale est loin d'être acquise.

En exemple, on citera les Pays-Bas où la marque Green Petfood distribue d'ores et déjà des croquettes aux vers de farine, notamment pour les chiens allergiques à certaines protéines plus classiques.

e) L'alimentation des animaux de rente terrestres : un marché potentiel d'appoint et de diversification sous conditions

Depuis 2016 la production annuelle mondiale d'aliments composés dépasse le milliard de tonnes, la Chine restant le leader avec 180 millions de tonnes. La production européenne est stable, la progression des aliments pour volailles compensant la baisse observée dans les autres secteurs. Elle s'élève en 2017 à 157 millions de tonnes. En France, la production baisse régulièrement, d'environ -2 % par an depuis 10 ans (20 millions de tonnes en 2017).

Pour des raisons historiques¹⁸ le continent européen est structurellement déficitaire en protéines végétales et importe massivement des matières riches en protéines pour nourrir ses animaux d'élevage.

La France a importé en 2017 près de 3 millions de tonnes de tourteaux de soja (USA, Brésil, Argentine, Inde) et un million de tonnes de tourteaux de tournesol (Ukraine).

Les fabricants d'aliments pour le bétail comptent quatre principaux critères de choix des matières premières composant les aliments : la disponibilité (sûreté d'approvisionnement), la régularité (des caractéristiques techniques : teneur en protéines et composition protéique), la sécurité sanitaire et la compétitivité.

Dans l'hypothèse où les farines d'insectes seraient autorisées en *feed*, ils considèrent qu'elles pourraient constituer une source comme une autre de matières riches en protéines, dès lors qu'elles respecteraient les critères de choix énoncés ci-dessus et que l'acceptabilité sociale serait acquise.

Aujourd'hui, l'écart de compétitivité disqualifie complètement ces farines, quel que soit le cas de figure.

Les fabricants distinguent des facteurs favorables et défavorables à l'utilisation des insectes.

¹⁷ Prix à partir duquel un ingrédient est intéressant à être intégré dans une formule alimentaire.

¹⁸ A la création de la PAC dans les années 1960, la jeune Europe a privilégié le développement des céréales en contrepartie de laisser les USA l'approvisionner en tourteaux de soja (Accords du Dillon Round). L'embargo américain sur le soja de 1973, consécutif à une sécheresse exceptionnelle dans les États du Middle-Ouest américain, a fait prendre conscience l'Europe de l'importance stratégique de la ressource en protéines végétales et de la nécessité de réduire sa dépendance. La question reste encore d'actualité, les productions végétales européennes étant toujours dominées par les céréales.

Facteurs favorables	Facteurs défavorables
Une concentration très élevée en protéines de bonne digestibilité, bien adaptée aux monogastriques et particulièrement aux jeunes animaux en démarrage (porcelet, volailles...),	Le manque de compétitivité actuel,
Une industrie avec des cycles de production très courts (8 à 60 jours), beaucoup plus réactive que des filières agricoles végétales (cycle de production long) dépendantes, de surcroît, de la PAC,	Le risque de déséquilibre des marchés de matières premières en cas de concurrence accrue pour l'utilisation des substrats servant à la production d'insectes (sur les 9 millions de tonnes de co-produits végétaux utilisés en alimentation animale en France, une à deux millions de tonnes pourraient être consacrées à l'élevage d'insectes),
Des bénéfices nutritionnels observés au profit d'une réduction de l'utilisation d'antibiotiques ¹⁹ (ex : cas des poissons nourris à la farine de <i>Tenebrio molitor</i>),	L'engouement actuel pour les filières de production de volailles labellisées 100 % végétale,
Une durabilité de la production versus la déforestation causée par le soja brésilien,	Le risque d'amalgame avec l'utilisation des PAT pénalisant l'acceptabilité sociale.
Une ressource non OGM et développement des filières de production labellisées sans OGM.	

À noter que les pays de l'Est de l'UE seraient les plus ouverts à l'utilisation d'insectes en *feed* (la Pologne est le premier producteur européen de volailles) avec l'Espagne le Portugal et l'Italie dans une moindre mesure.

3.2.2. Algues

On distingue deux marchés : celui des macro-algues (30 millions de tonnes produites par an dans le monde) et celui des micro-algues (20 000 à 40 000 tonnes par an) dont la spiruline est la plus courante.

Le marché mondial est dominé par l'Asie (Chine, Indonésie, Philippines, Japon, Corée...). Si la France ne représente que moins de 1 % du marché, elle est leader en Europe après la Norvège.

¹⁹ Une des explications données à la mission serait le développement de mécanismes de défenses immunitaires chez les poissons consommant des farines d' insectes

a) Une production onéreuse de micro-algues pour des marchés de niche

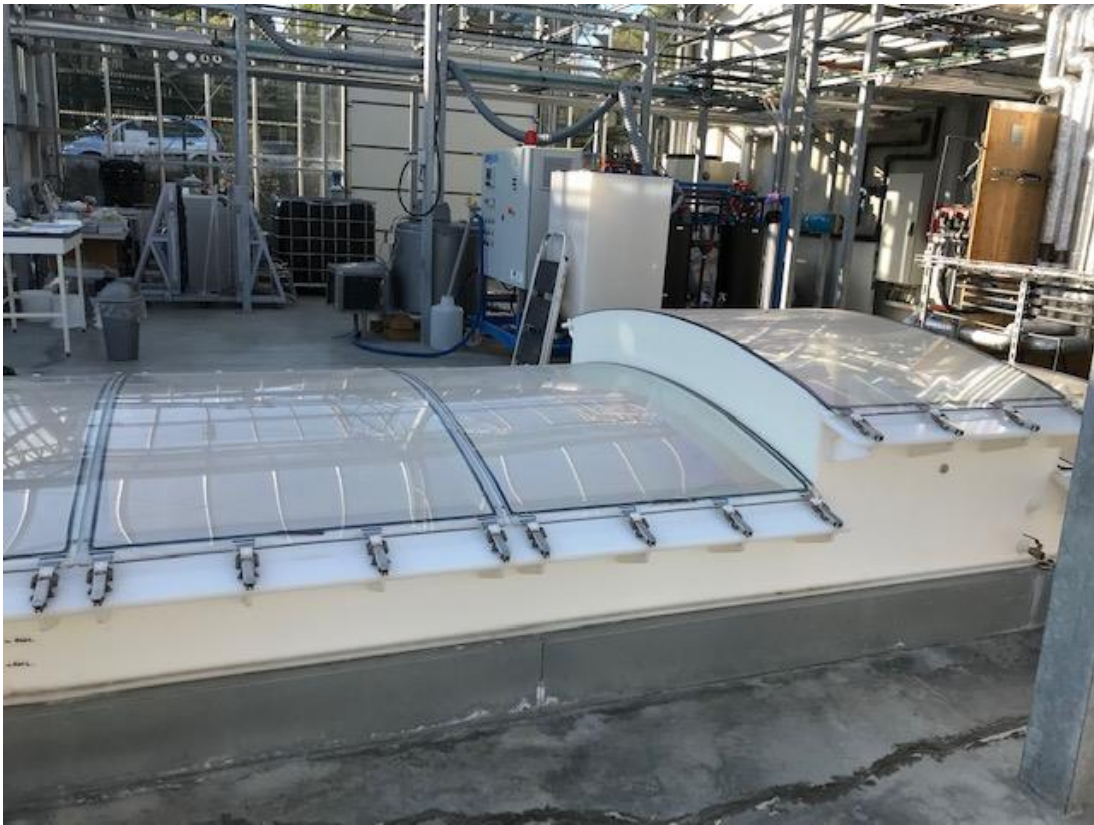
Une trentaine d'espèces font aujourd'hui l'objet de recherches sur les 800 000 recensées sur la planète.

Quatre micro-algues sont autorisées en Europe en alimentation humaine: la spiruline (depuis 1981), Odontella (depuis 2002), la chlorelle (depuis 2004), Tetrasalmis chuii (depuis 2014). D'autres espèces sont cultivées : Odontella (20 tonnes par an, notamment aux USA) et Donatella (1 200t/an en Australie, Israël, USA, Chine).

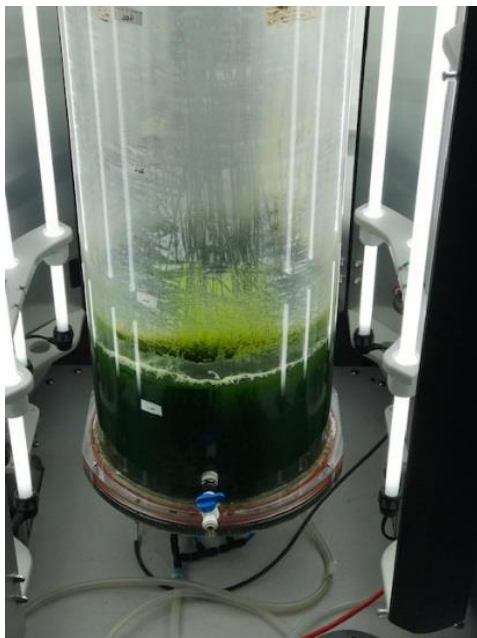
Les débouchés des micro-algues sont essentiellement des compléments alimentaires pour l'alimentation humaine. Elles peuvent être également incorporées dans divers aliments (pâtisseries, sauce de salade, pâtes).

Le prix est très variable en fonction du lieu de consommation et du type de production (artisanale ou industrielle) : par exemple, la Spiruline est vendue 10 €/kg matière sèche en Asie et 150 €/kg en France en conditions artisanales.

La production française de spiruline (80 tonnes par an) ne représente que 30 % de la consommation intérieure. La moitié est produite à l'échelle artisanale (association de 160 petits producteurs), le reste par des startups et quelques gros opérateurs (TAM, 1^{er} producteur européen, Cyane en Finistère, Inovalgues en Pays de Loire, AlgoSource à Nantes, OMA, AlgoSource et ANF en Alsace...). La production française devrait doubler dans les 3 à 4 ans. Le prix varie en France de 150 €/kg (production artisanale) à 40 €/kg (production industrielle). La production chinoise, de qualité inférieure, est vendue de 7 à 10 €/kg. La production s'effectue sur des terres non cultivables, par aménagement de bassins d'eau douce peu profonds et généralement couverts par des serres. L'eau douce est enrichie en nutriments, puis recyclée. Le rendement à l'hectare varie de 20 à 40 tonnes. Il existe aussi une production en photo-bioréacteur à titre expérimental au centre de recherche AlgoSolis (UMR CNRS-Université Nantes- ONIRIS) à Saint Nazaire.



Production de micro algues en photo-bioréacteur – AlgoSolis Saint Nazaire



La chlorelle est également une algue d'eau douce. Elle est produite en photo-bioréacteur et utilisée pour ses qualités fonctionnelles dans l'alimentation humaine (formulation de plats allégés...). La production mondiale est assurée par quelques gros industriels aux États-Unis, au Portugal (Alluma), en Allemagne (Roquette), en Espagne (Buggy Power), en Autriche... Sa consommation est en développement en Europe. Elle est déjà utilisée en Asie depuis plus de 70 ans comme complément alimentaire.

La production des autres micro-algues (marines) s'effectue également en confinement (photo-bioréacteur).

Production de spiruline en photo-bio-réacteur-AlgoSolis –St Nazaire

b) Les macro-algues : une spécialité asiatique, faible source en protéines

La production mondiale de macro-algues est à 96 % issue de l'aquaculture. Seule l'Europe pratique la récolte d'algues fraîches.

Leurs limites d'utilisation sont nombreuses en alimentation humaine et animale (facteurs antinutritionnels, goût, odeur des aliments - Cf. § 3.1.2).

50 % de la production mondiale de macro-algues est utilisée comme texturants alimentaires (agar-agar à partir d'algues rouges) à 100 euros la tonne de matière sèche, 40 à 50 % valorisés comme aliments en Asie (Japon, Corée) au prix de 1 000 à 2 000 euros la tonne de matière sèche, et 5 à 10 % comme compléments alimentaires en alimentation animale, comme cosmétiques et comme engrais agricoles.

Il est possible d'introduire jusqu'à 10 % d'algues dans l'alimentation des poissons sans problème de croissance et jusqu'à 1 % maximum dans l'alimentation des ruminants (algues brunes).

La récolte française s'élève à 70 000 t d'algues fraîches sauvages, essentiellement récoltée en Bretagne. Près de 350 récoltants pratiquent le ramassage le long des côtes avec une trentaine de navires goémoniers.

3.2.3. Levures

La notion de protéines d'organismes unicellulaires a été prise en compte dans les années 1970-1980 à des fins de production de biomasse pour l'alimentation animale et humaine. Elle est née de l'idée que les micro-organismes puissent être consommés en tant que tels, au même titre qu'ils peuvent l'être sous forme de produits fermentés. Si peu de développements à grande échelle ont émergé, le concept suscite un regain d'intérêt depuis quelques années à la faveur d'une production possible tout au long de l'année, indépendante des aléas climatiques, utilisatrice de déchets et économe en ressources.

Ces cellules microbiennes sont consommées sous forme déshydratée. Il s'agit de bactéries, de champignons et autres levures. Ces dernières sont les plus largement utilisées, en particulier pour la fabrication des pâtes levées, du vin, de la bière, des alcools industriels et des antibiotiques...

La consommation mondiale annuelle de levure est estimée à environ 3 millions de tonnes, dont 600 000 tonnes consommées en Union européenne et 900 000 tonnes produites par l'Union européenne.

Le marché de la levure est dominé par quelques grands noms de la biochimie, qui se diversifient progressivement au bénéfice du segment nutrition-santé, plus rémunérateur et en pleine croissance.

Avec deux milliards d'euros de chiffre d'affaires et 10 000 collaborateurs dans le monde, le groupe français Lesaffre est le premier producteur mondial de levures. Le groupe est engagé dans un projet d'innovation (Cf. § 3.6) consacré à l'exploitation des protéines de levures pour l'alimentation humaine et animale. On compte également le groupe britannique ABF et le groupe chinois Angel.

Les substrats utilisés sont les co-produits et les résidus de l'industrie agroalimentaire : mélasse, lactoserum, pelures de fruits et légumes, drêches de brasserie, amidon, ammoniac...

Le coût élevé des protéines de levure (6 000 €/t) et leurs propriétés nutritionnelles, texturantes, aromatiques et immunitaires en font davantage une source de compléments alimentaires à haute valeur ajoutée, qu'un gisement massif de protéines brutes.

3.2.4. Cultures cellulaires

Longtemps objet de science-fiction, la viande de synthèse est devenue une réalité. En 2013, une équipe de chercheurs de l'université de Maastricht aux Pays-Bas est parvenue à reproduire en laboratoire des fibres musculaires à l'aide de cellules souches prélevées sur des muscles de bovins adultes. Le steak issu de ces fibres musculaires (« Frankenburger »), colorées avec du jus de betterave, avait été estimé à l'époque à 250 000 euros/kg. En 2017, le prix au kilogramme est estimé aux alentours de 15 000 euros. En 2018, l'administration américaine a ouvert la voie à la commercialisation de cette viande fabriquée *in vitro* en laboratoire à partir de cellules animales. Cette ouverture pourrait bien accélérer le développement de ce secteur en pleine croissance. Depuis, plusieurs entreprises (dont SuperMeat, une entreprise israélienne spécialisée dans le poulet *in vitro*) se sont spécialisées dans ce domaine censé apporter une alternative écologique à la viande traditionnelle. Au Royaume-Uni, on surnomme même la viande *in vitro* « clean meat », à savoir « viande propre ».

La question reste posée de savoir si la viande de culture réussira ou non à devenir une production à grande échelle. Pour ce faire, deux défis doivent être relevés, à savoir la rentabilité et l'acceptation par le consommateur. La mission ne dispose cependant pas d'éléments suffisamment fiables qui permettraient de répondre à cette question.

3.2.5. Protéines végétales

La dépendance de l'Europe en matières riches en protéines végétales est structurelle depuis les accords du Dillon Round en 1960. L'Europe avait alors fait le choix de développer les céréales et de s'approvisionner en tourteaux de soja produits par les USA. Un interlocuteur rencontré par la mission résume ainsi la situation : « *L'Union européenne a 40 ans de retard sur l'Amérique en matières riches en protéines végétales* ».

Si cette dépendance s'élève à environ 65 % pour l'UE entière, elle est réduite à 40 % pour la France grâce au développement des tourteaux de colza et aux fourrages riches en protéines.

L'enjeu des protéines végétales en Europe concerne bien davantage l'alimentation animale que l'alimentation humaine.

La quasi-totalité (93 %) de la demande européenne en protéines végétales (17 millions de tonnes de protéines brutes en 2016/2017 dont 13 millions de tonnes à base de soja) sert à approvisionner le marché de l'alimentation animale. Les 7 % restant représentent le marché des denrées alimentaires (légumes secs pour alimentation humaine) dont un tiers est importé, notamment en lentilles et en pois chiches. L'Europe a de ce fait les moyens de faire face à une augmentation de consommation de protéines végétales recommandée par les nutritionnistes.

La problématique de la dépendance en protéines végétales de l'Europe est bien celle de la dépendance de l'alimentation animale. Cette situation est d'autant plus préoccupante que 80 % du prix indicatif des aliments du bétail est composé par les matières premières.

En novembre dernier, la Commission européenne a remis au Conseil et au Parlement européen un rapport sur le développement des protéines végétales dans l'Union européenne. Le rapport vise à davantage intégrer les protéines végétales dans la prochaine PAC (2022-2027) en renforçant les moyens de la recherche, de la promotion et de la communication, et en confiant à chaque État membre le soin de produire un plan stratégique national.

La mission a repéré plusieurs signaux favorables au développement de nouvelles ressources de protéines végétales en Europe :

- Depuis la réforme de la PAC en 2013, la superficie de soja (non OGM) en UE a doublé pour atteindre près d'un million d'hectares (Italie, Roumanie, France) ; celle des légumes secs a presque triplé. Avec ses 145 000 ha de soja la France est autosuffisante en soja destiné à l'alimentation humaine.
- La forte demande des consommateurs pour une alimentation animale respectueuse de l'environnement et plus qualitative (non OGM, Bio...) exclut le recours au tourteau de soja OGM d'importation. Par exemple, en 2012, près de 20 % des volailles produites en UE étaient nourries sans OGM. Des pays comme l'Autriche et la Suède sont presque à 100 %. En 2018, seules 9 millions de tonnes de soja non OGM ont été commercialisées dans le monde, soit 6 % du commerce mondial de graines de soja.
- Les perspectives ouvertes par des programmes d'innovations à l'initiative de grands groupes agro-industriels comme Avril et Roquette (Cf. § 3.6), afin, entre autres, de réduire les problèmes de goût, d'appétence, de digestibilité et de fonctionnalité que les protéines végétales peuvent présenter en alimentation humaine. On peut citer par exemple :
 - la production d'isolats de protéines issus de tourteaux de colza ou de féveroles, comme applicatifs à haute valeur ajoutée en alimentation humaine (ex : agents texturants),
 - la purification (sans facteurs antinutritionnels) et la concentration de protéines végétales (pois, gluten de blé...) à haute valeur ajoutée pour le *food* et le *feed*,
 - la construction d'une usine de traitement de pois d'une capacité de 100 000 tonnes, soit 20 000 tonnes de protéines végétales (Roquette),
 - la sélection de variétés de colza et tournesol à haute valeur protéique (variétés « *high pro* »),
 - la sélection de variétés de pois tolérantes à l'aphanomyces²⁰,
 - les plans de transition dans les bassins de production d'oléo protéagineux pour adapter l'ingénierie de stockage et de transformation aux nouvelles filières (soja non OGM, pois-chiches, lentilles, féveroles...).

²⁰ L'aphanomyces est une maladie cryptogamique du pois, qui a une rémanence importante dans le sol et qui oblige à rallonger les rotations jusqu'à 9 ans, ce qui pénalise le développement du pois, notamment en France.

Cependant, la mission a également constaté deux phénomènes susceptibles de ralentir le développement de nouvelles sources de protéines végétales. De nombreux interlocuteurs rencontrés déplorent l'insuffisance d'approche transversale entre les filières végétales (céréales *versus* oléoprotéagineux) qui est à l'origine d'une certaine dispersion des moyens de recherche et d'une trop grande segmentation des installations de stockage. Par ailleurs la tendance actuelle favorable aux circuits courts et à l'élaboration de denrées alimentaires à partir de produits bruts peut contrarier les orientations industrielles de fabrication d'aliments ultra-transformés à partir de protéines végétales purifiées.

En résumé :

L'économie du secteur des nouvelles sources de protéines présente des situations très contrastées selon leur origine (insectes, algues, micro-organismes, cultures cellulaires...) et leur destination (*food, feed, aquafeed, petfood*).

Une véritable industrie des insectes commence à se développer en Europe, la France comptant parmi les leaders avec quelques startups performantes (Ÿnsect, Innovafeed...) adossées à l'agro-industrie pour s'approvisionner en substrats d'élevage. Les farines d'insectes satisfont aujourd'hui à tous les critères de qualification commerciale à l'exception de la compétitivité qui n'est atteinte que pour des marchés de niche en alimentation humaine. Néanmoins ce secteur dispose d'un bon potentiel de développement pour certains débouchés de l'alimentation animale, en premier lieu l'*aquafeed*, seul débouché autorisé en Europe à ce jour. L'aquaculture et la pisciculture sont soutenues par un marché mondial en augmentation régulière de 10 % par an. Les farines d'insectes pourraient se substituer avantageusement aux farines de poissons, ressource peu durable, qui composent 20 % des aliments pour poissons, soit un potentiel de développement de 6 millions de tonnes par an. Quant au très rentable marché mondial du *petfood*, il croît de plus de 4 % par an. On estime pour ce marché que le besoin mondial supplémentaire de matières riches en protéines à l'horizon 2025 s'élève à 600 000 tonnes par an. En revanche, s'agissant du *feed*, l'actuel écart de compétitivité disqualifie complètement les farines d'insectes en dépit de leur haute concentration en protéines et de leur bonne digestibilité qui conviennent parfaitement aux monogastriques en croissance.

Les algues sont davantage à considérer comme des compléments alimentaires à haute valeur ajoutée que comme des gisements massifs de protéines. Elles contiennent des facteurs antinutritionnels qui restreignent leur utilisation. Les macro-algues sont une spécialité asiatique, plus exploitées comme texturants alimentaires et leur teneur en sels minéraux que comme une source de protéines. Quant aux cultures de micro-algues (spiruline, chlorelle...), leur production très onéreuse les destine à des marchés de niche essentiellement pour l'alimentation humaine.

Le coût élevé des protéines de levures (6 000 €/t) et leurs propriétés nutritionnelles, texturantes, aromatiques et immunitaires en font davantage une source de compléments alimentaires à haute valeur ajoutée, qu'un gisement massif de protéines brutes. Le secteur des cultures cellulaires est quant à lui encore trop expérimental pour pouvoir conclure.

La quasi-totalité (93 %) de la demande européenne en protéines végétales (17 millions de tonnes de protéines brutes en 2016/2017 dont 13 millions de tonnes à base de soja) sert à approvisionner le marché de l'alimentation animale. La problématique de la dépendance en protéines végétales de l'Europe est bien celle de la dépendance de l'alimentation animale, sachant, de surcroît, que 80 % du prix indicatif des aliments du bétail est déterminé par les matières premières.

Depuis la réforme de la PAC en 2013, la superficie de soja (non OGM) en UE a doublé pour atteindre près d'un million d'hectares (Italie, Roumanie, France). Si cette tendance est encourageante, l'UE reste largement déficitaire en protéines végétales non OGM pour satisfaire la demande croissante des consommateurs pour une alimentation animale plus qualitative et respectueuse de l'environnement. La réduction de ce déficit nécessiterait d'intensifier la sélection variétale en soja, pois et autres protéagineux, et de favoriser une meilleure transversalité des filières végétales pour concentrer les moyens de recherche et adapter l'ingénierie de stockage des graines. De grands groupes agro-industriels comme Avril et Roquette ont engagé d'importants programmes pour réduire les problèmes de goût, d'appétence, de digestibilité et de fonctionnalité que les protéines végétales peuvent présenter en alimentation humaine : production d'isolats, purification et concentration de protéines à l'usage de l'industrie de produits « ultra transformés ». Mais ces programmes risquent de se heurter à la tendance actuelle favorable aux circuits courts et à l'élaboration de denrées alimentaires à partir de produits bruts et défavorable à l'alimentation « ultra-transformée ».

3.3. Des protéines alternatives dont l'impact environnemental est plutôt favorable ou mesuré

Mis à part le cas des protéines végétales dont l'impact environnemental est bien établi depuis longtemps, il existe encore peu de données sur celui des nouvelles sources de protéines.

- Les insectes sont familiers de l'environnement humain. Leur production est caractérisée par un taux de conversion protéique élevé (3 à 5 fois supérieur à celui des vertébrés - Cf annexe 4), et par un impact environnemental moindre que les productions animales conventionnelles en élevage intensif (10 à 100 fois moins de gaz à effet de serre que les élevages conventionnels de porc).

En outre, les élevages nécessitent peu d'eau, peu d'aliments, peu de sol. Par ailleurs, cette production n'exige ni antibiotiques ni hormones, donc ne rejette pas dans le milieu extérieur de produits de dégradations de ces molécules. Enfin, les insectes sont à même de valoriser la biomasse issue des coproduits des filières végétales comme substrat de l'élevage (Cf. §3.2.1a).

Dans la configuration des ateliers pilotes existants aujourd'hui, la consommation énergétique peut être élevée du fait de la physiologie de certains insectes dont l'élevage est autorisé.

À noter que les installations industrielles à venir des startups françaises devraient présenter un bilan énergétique favorable malgré le besoin de maintenir une température ambiante élevée pour certains insectes. La mission n'a pu avoir accès à des informations plus précises, car relevant à ce stade du secret industriel.

Les professionnels font valoir le caractère vertueux de cette filière qui s'inscrit dans la politique de la bioéconomie (moindre dépense énergétique, recyclage des coproduits vers des produits plus élaborés, production de *frass* destiné à la fertilisation des sols).

- Quant à la production de micro-algues, elle est économe à la fois en eau douce et en terres arables. Par la photosynthèse, les micro-algues contribuent à diminuer le réchauffement climatique en réduisant les gaz à effet de serre. Cependant le coût de leur récolte est très énergivore, et selon l'IFREMER de Nantes il faudrait une rupture technologique importante pour récupérer la biomasse de façon économiquement rentable.

Pour ce qui est des levures, leur cycle de production est également économe en eau, nécessite peu d'emprise au sol, et utilise l'azote minéral.

- Pour ce qui concerne la production de viande *in vitro*, l'impact sur l'environnement est controversé. Une étude réalisée en 2011 par l'université d'Oxford fait état d'un impact favorable sur l'environnement : « *comparativement à la viande européenne produite de manière conventionnelle, la viande in vitro (...) réduit de 78 à 96 % les émissions de gaz à effet de serre, réduit de 99 % l'utilisation des sols et de 82 à 96 % l'utilisation en eau* ».

Mais attention, prévient Jean-François Hocquette, « *sur le plan environnement, il est difficile d'évaluer l'impact de ce procédé car il n'existe pas encore d'usine de production de viande artificielle* ». Une étude publiée en 2015 dans la revue « *Environnement Science & Technology* » conclut que la viande *in vitro* pourrait même être plus énergivore que l'élevage. « *Fabriquer de la viande in vitro demande plus d'énergie industrielle – souvent produite en brûlant des combustibles fossiles – que le porc, la volaille et peut-être même le bœuf* », expliquent les chercheurs. « *En conséquence, le potentiel de réchauffement climatique de la viande de synthèse est susceptible d'être plus élevé que celui de la volaille et du porc, mais moins que celui du bœuf* ».

- Enfin, les qualités environnementales et agronomiques des légumineuses sont bien connues, tout particulièrement leur aptitude à transformer l'azote de l'air en azote organique assimilable par les plantes. Cette capacité permet de réduire les quantités d'engrais appliqués pour les cultures en assolement.

3.4. Des prescriptions réglementaires moins favorables à l'alimentation humaine qu'à l'alimentation animale

3.4.1. Une réglementation *novel food* encore limitante mais qui évolue vers plus de souplesse

Plusieurs des protéines dites alternatives relèvent depuis le 1^{er} janvier 2018 pour leur mise sur le marché pour la consommation humaine, du règlement (UE) 2015/2283 du Parlement Européen et du Conseil du 25 novembre 2015 relatif aux nouveaux aliments. Ce règlement abroge et remplace le règlement (CE) n°258/97 du 15 mai 1997, usuellement appelé règlement *novel food*.

Sont concernés de facto par cette réglementation les cultures cellulaires et les protéines d'insectes. Par contre, les levures, les micro-algues, ou encore certaines protéines végétales n'en relèvent pas, excepté lorsque les protéines constitutives ont subi des traitements qui en modifient la structure.

Le principe de cette réglementation communautaire est que la mise sur le marché de ce type d'ingrédients ou nouvel aliment pour l'alimentation humaine est conditionnée à l'obtention d'une autorisation qui précise (le cas échéant) les conditions d'utilisation, la dénomination, les spécifications ainsi que les exigences en matière d'étiquetage de l'aliment ou de l'ingrédient alimentaire concerné. Cette autorisation est conditionnée elle-même à une évaluation scientifique démontrant l'absence de risque en matière de sécurité pour la santé humaine (compte tenu des données scientifiques existantes). En outre le nouvel aliment ne doit pas induire le consommateur en erreur et être désavantageux pour le consommateur sur le plan nutritionnel dans le cas où il remplace un autre aliment dans des conditions de consommation normale.

En France, la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) est l'autorité compétente pour la mise en application sur le territoire national de cette réglementation.

a) Un règlement initial ambigu source de distorsion de concurrence, et une procédure longue et complexe

En France le dossier de demande d'autorisation élaboré par les entreprises concernées est transmis à la DGCCRF qui procède à une évaluation initiale et détermine éventuellement la nécessité d'une évaluation complémentaire. Toute décision ou disposition concernant un nouvel aliment ou un ingrédient alimentaire qui est susceptible d'avoir un effet sur la santé publique doit faire l'objet d'une consultation de l'EFSA.

Jusqu'au 1^{er} janvier 2018,

- La procédure d'autorisation prévue par le règlement adopté en 1997 était d'une telle complexité que sa durée était en moyenne de 7 ans, et la responsabilité de la décision d'autorisation était du ressort des autorités compétentes du pays de mise sur le marché, avec information de la Commission et des États membres de l'Union.
- La notion de *novel food* était définie par deux caractéristiques : Une consommation négligeable dans l'Union européenne avant le 15 mai 1997 d'une part, et d'autre part l'appartenance de l'ingrédient concerné à l'une des quatre catégories suivantes :
 - ❖ structure moléculaire primaire nouvelle,
 - ❖ composé ou isolé de micro-organismes, de champignons, ou d'algues,
 - ❖ composé ou isolé de végétaux ou d'animaux,
 - ❖ application d'un procédé de production innovant qui entraîne des modifications de l'ingrédient.

Il est clair que la procédure d'autorisation telle qu'elle était conçue dans ce règlement de 1997, était incompatible avec un développement économique du secteur des *novel food* et de fait n'a pas favorisé l'essor de la commercialisation pour l'alimentation humaine d'aliments concernés, tout particulièrement les produits à base d'insectes. En outre, la France a eu une lecture très large de ce que recouvraient les termes de « composé ou isolé de végétaux ou d'animaux » et a pris le parti de considérer que les animaux entiers étaient couverts par ce libellé. La conséquence immédiate de cette interprétation du règlement est que la mise sur le marché d'insectes entiers pour la consommation humaine doit obtenir une autorisation des autorités compétentes françaises. Or

certaines États membres de l'Union européenne (Belgique, Pays-Bas, Royaume-Uni, Finlande) ont eu une interprétation différente de la France sur ce point précis du règlement européen. Dans ces pays, les animaux entiers n'entrent pas dans le champ de ce règlement et donc la commercialisation de certains insectes entiers destinés à la consommation humaine a été tolérée jusqu'au 31 décembre 2017. Ces produits ont bénéficié d'une période transitoire jusqu'au 31 décembre 2018 dans le cadre de l'actuel règlement sur les nouveaux aliments. Ainsi une distorsion de concurrence est créée « de facto » entre les entreprises européennes concernées.

b) Une nouvelle réglementation plus souple depuis 2018

Depuis le 1^{er} janvier 2018, la procédure d'autorisation prévue par le nouveau règlement est désormais simplifiée. La durée de la procédure d'autorisation passe ainsi de 7 ans en moyenne à un maximum de 18 mois.

L'articulation entre les deux règlements prévoit qu'un ingrédient ou aliment autorisé légalement dans un État membre avant le 1^{er} janvier 2018 et pour lequel un dossier de demande d'autorisation est déposé reste autorisé dans cet État membre. La distorsion de concurrence évoquée ci-dessus va par conséquent perdurer encore plusieurs mois, le temps de l'évaluation du dossier par la Commission européenne.

Les exploitants du secteur alimentaire sont tenus de vérifier si les denrées alimentaires qu'ils ont l'intention de mettre sur le marché dans l'Union sont couvertes par le règlement. S'ils n'en sont pas certains, ils peuvent consulter les autorités nationales du marché concerné en leur fournissant l'ensemble des informations nécessaires. Ces autorités nationales peuvent consulter des collègues d'autres pays de l'Union et la Commission européenne.

À cet égard, il convient en effet de signaler, que la liste des caractéristiques déterminant la notion de *novel food* a été allongée pour s'adapter au marché des nouveaux aliments et modifiée pour lever les ambiguïtés du règlement précédent. Ainsi, pour ce qui concerne directement les nouvelles protéines animales ou végétales, les animaux et végétaux entiers (dont les insectes entiers) sont désormais clairement couverts par cette réglementation. De même les cultures cellulaires ou tissulaires dérivées d'animaux, de végétaux, de micro-organismes, de champignons ou d'algues, ainsi que les ingrédients utilisés exclusivement dans les compléments alimentaires avant le 15 mai 1997 relèvent dès lors d'une procédure d'autorisation préalablement à leur mise sur le marché.

La décision d'autoriser la mise sur le marché d'un aliment *novel food* est désormais communautaire.

La demande d'autorisation est transmise par le pétitionnaire directement à la Commission européenne. Sur base de l'avis de l'EFSA consultée, la Commission doit présenter son avis définitif sur l'autorisation d'un nouvel aliment au Comité permanent des végétaux, des animaux, des denrées alimentaires et des aliments pour animaux (CPVADAA) dont l'aval est nécessaire pour que le nouveau produit puisse être ajouté à la liste positive des aliments autorisés à être mis sur le marché de l'Union européenne.

L'autorisation européenne, si elle est donnée, deviendra « générique » avec la possibilité pour le demandeur de faire valoir la protection des données dans certains cas. Ainsi, en principe, l'autorisation ne sera plus délivrée nominativement à l'entreprise pétitionnaire.

Cette nouvelle procédure, même si elle est encore contraignante, est de nature à améliorer la visibilité pour les industriels de ce secteur et à leur assurer une meilleure durabilité.

La DGCCRF, qui est compétent au niveau français pour le suivi des procédures dans ce domaine, n'a pas été en mesure d'informer la mission quant au nombre de procédures en cours.

3.4.2. Une réglementation offrant des opportunités de valorisation en alimentation des animaux d'élevage

L'alimentation des animaux d'élevage dont la chair est destinée à la consommation humaine est sous haute surveillance depuis la crise de la vache folle, et les protéines d'origine animale ont été bannies de leur alimentation, à l'exception des farines de poissons qui peuvent rentrer dans l'alimentation des poissons, des porcs et des volailles.

a) Une autorisation récente des protéines d'insectes en aquaculture

Si l'alimentation directe des animaux d'élevage avec des insectes morts sans transformation préalable n'est pas autorisée en application de l'article 14 du règlement (CE) n°1069/2009, les protéines animales transformées (PAT)²¹ d'insectes sont autorisées au niveau communautaire dans l'alimentation des seuls animaux d'aquaculture depuis le 1er juillet 2017. Ces PAT d'insectes ne peuvent être préparées qu'à partir de 7 espèces « d'insectes d'élevage ». Il s'agit : de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*, appelée couramment *Black Soldier fly*), la mouche domestique (*Musca domestica*), le ver de farine (*Tenebrio molitor*), le petit ténébrion mat (*Alphitobius diaperinus*), et trois espèces de grillons (*Acheta domesticus*, *Grylloides sigillatus*, *Gryllus assimilis*).

Les usines de transformation d'insectes doivent être dédiées à la production de PAT d'insectes, et les usines de production d'aliments composés les utilisant doivent être dédiées à la production d'aliments composés pour animaux d'aquaculture. Des mentions d'étiquetage particulières, indiquant la présence de protéines animales transformées dérivées d'insectes sont à appliquer sur le document d'accompagnement et sur l'étiquette des produits, et précisant les restrictions d'utilisations. Par ailleurs, ces usines relèvent de la réglementation relative aux installations classées pour l'environnement. Suite à la modification de la rubrique 2150 de la nomenclature des ICPE qui visait jusque-là les seules verminières, par le décret n°2017-1595 du 21 novembre 2017, les activités d'élevage de coléoptères, diptères et orthoptères (à l'exclusion des activités de R&D) sont désormais réglementées. La nouvelle rubrique 2150 distingue les élevages notamment selon la quantité maximale susceptible d'être produite par l'établissement. Ainsi, les élevages relèvent du régime de l'autorisation (A) ou de celui, moins contraignant, de la déclaration (DC) selon le tonnage annuel produit. Des difficultés liées à cette réglementation française, ont été portées à l'attention de la mission. En effet la longueur de la procédure d'autorisation d'environ 18 mois est préjudiciable au développement des entreprises concernées.

²¹ Les PAT sont définies à l'annexe I du règlement (UE) n°142/2011

Il est important de signaler que le substrat alimentaire des insectes élevés pour la production de denrées alimentaires et/ou d'aliments pour animaux fait également l'objet d'une réglementation assez stricte, source de préoccupations pour les opérateurs de ce secteur. En effet, l'élevage d'insectes en vue de la production de denrées alimentaires ou d'aliments pour animaux est soumis aux règles applicables à l'alimentation des animaux d'élevage destinés à l'alimentation humaine²². Ils ne peuvent donc pas être alimentés avec des matières premières interdites en alimentation animale telles que le lisier ou fumier, les déchets de cuisine ou de table. Les substrats classiquement utilisés sont, outre les végétaux, les farines de poisson, les produits sanguins et protéines hydrolysées de non ruminants, la gélatine et le collagène de non ruminants, le lait et les produits laitiers, les œufs et ovo produits.

b) Une réflexion en cours vise à étendre cette autorisation à d'autres espèces d'animaux de rente

Pour les animaux de rente autres que ceux d'aquaculture, les PAT d'insectes ne sont pas autorisées à ce jour. S'il n'est pas envisageable de revenir sur l'interdiction de l'utilisation de protéines animales dans l'alimentation des ruminants, le législateur européen réfléchit à une ouverture possible de l'introduction de farines d'insectes dans l'alimentation des volailles, espèce qui bénéficie déjà d'une autorisation, comme indiqué ci-dessus, d'introduction de protéines de poissons dans la préparation de son alimentation. Il n'est pas inutile de rappeler ici que les insectes constituent une alimentation naturelle pour les volailles.

Les représentants de la Commission rencontrés par la mission ont laissé entendre qu'un projet de décision pourrait être proposé avant le changement de Commission fin 2019. Il est difficile de se prononcer quant à l'accueil qui sera réservé à ce projet par les prochaines présidences de l'Union européenne.

En résumé :

Pour ce qui concerne la commercialisation pour l'alimentation humaine des aliments relevant du *novel food*, jusqu'au 1^{er} janvier 2018, la procédure d'autorisation telle qu'elle était conçue dans le règlement communautaire de 1997, était totalement incompatible avec un développement économique du secteur de ces aliments et n'a pas favorisé leur essor, tout particulièrement les produits à base d'insectes. Au titre du nouveau règlement 2015/2283 sur les nouveaux aliments, entré en vigueur le 1er janvier 2018, la procédure d'autorisation de mise sur le marché de ce type de denrée alimentaire est plus efficace, plus rapide tout en garantissant un niveau élevé de sécurité alimentaire. Par ailleurs les ambiguïtés du texte, sources de distorsion de concurrence, ont été levées.

²² Article 3.6 du règlement sanitaire relatif aux sous-produits animaux (CE) n°1069/2009

Le nouveau règlement instaure un système d'autorisation centralisé, ce qui permet aux demandeurs de bénéficier d'un plus grand nombre d'autorisations. L'EFSA procède à l'évaluation scientifique des risques concernant la demande de nouvel aliment. La Commission européenne présente une proposition d'autorisation de mise sur le marché européen d'un nouvel aliment aux États membres qui l'adoptent via une procédure de Comitologie. L'autorisation européenne, si elle est donnée, deviendra en principe générique. Cette nouvelle procédure, même si elle est encore contraignante, devrait améliorer la visibilité et la sécurité dans le temps des industriels de ce secteur.

Pour ce qui concerne l'alimentation animale, depuis le 1er juillet 2017, sept espèces d'insectes peuvent être élevées pour fournir des matières premières à l'aquaculture. Une proposition de la Commission visant à l'extension à l'alimentation des volailles est en préparation.

3.5. Une acceptabilité sociale non encore acquise en Europe

L'acceptabilité sociale des nouvelles sources de protéines est à examiner en considération de leur destination (*food*, *petfood* et *feed*) et de leur origine (insectes, algues, micro-organismes, cultures cellulaires...).

À ce jour, quelques études sociologiques ont été conduites en Europe. Mais la connaissance précise des comportements alimentaires induits par ces innovations nécessiterait d'engager de nouveaux programmes de recherche.

Pour le sociologue de l'alimentation, Jean-Claude Fischler, « *le caractère omnivore de l'homme le place devant une injonction contradictoire, entre diversité et familiarité de l'alimentation* ». Tout nouvel aliment produit une réaction de méfiance voire de dégoût (néophobie) qui relève de mécanismes de défense innés très puissants, d'impératifs physiologiques et de phénomènes socio-culturels. De plus « *le dégoût est immédiatement communicable* », ce qui provoque un effet de contagion.

3.5.1. Pour l'alimentation humaine

Si les insectes constituent une ressource alimentaire traditionnelle dans certaines régions du monde (Afrique, Asie, Australie, Amérique du sud), il en va tout autrement dans les pays occidentaux, même si la mondialisation constitue un facteur favorable à une diffusion rapide de nouvelles pratiques alimentaires.

En Europe, il existe un frein psychologique important à la consommation directe d'insectes, car l'entomophagie est éloignée de nos habitudes alimentaires. La qualité comestible d'un aliment ne dépend pas seulement de ses qualités intrinsèques. Dans les pays occidentaux, les insectes sont perçus comme culturellement non comestibles. Ils suscitent rejet, peur, et dégoût, car ils sont surtout considérés comme ravageurs de culture, vecteurs de maladie, voire indicateurs d'insalubrité.

Jean-Claude Fischler considère qu'en Occident la consommation d'insectes serait davantage réservée à des marchés de niche. L'incorporation massive de protéines d'insectes dans des plats préparés est a priori inenvisageable, car susceptible de provoquer une réaction de dégoût dictée par les deux phénomènes fondamentaux du comportement alimentaire révélé par les anthropologues (Claude Lévi Strauss): similitude et contagion. Pour autant, le milieu hyper-urbain où règne un modèle de préparations culinaires livrées à domicile, pourrait constituer un terrain d'expérimentation favorable. Mais le sociologue rajoute : « *Il faudrait donner aux aliments à base d'insectes des caractéristiques imaginaires et sociales extraordinaires* ».

Si les algues ne provoquent a priori pas de réaction de dégoût, elles posent un problème de « mauvais goût » nécessitant une familiarisation. Dans l'immédiat, ces produits seraient plus appropriés pour des marchés de niche.

Le cas des viandes *in vitro* présente des difficultés organoleptiques et psychologiques à surmonter. Mais le contexte est favorable avec la lutte contre la maltraitance animale et le rejet de la mise à mort.

En définitive, Jean-Claude Fischler résume la situation ainsi : « *Tout est possible à condition d'avoir conscience des freins et mécanismes fondamentaux du comportement alimentaire, et sachant qu'un omnivore peut tout manger tout en se méfiant de tout.* »

3.5.2. Pour l'alimentation des animaux de compagnie

En Asie où la consommation humaine d'insectes est courante, l'acceptabilité sociale des nouvelles sources de protéines n'oppose pas de difficulté, d'après les fabricants de *petfood*.

En revanche, en Occident, l'incorporation de farine d'insectes dans les rations des animaux de compagnie soulèverait a priori presque les mêmes difficultés qu'en alimentation humaine. Les propriétaires de chiens et de chats ont en effet tendance à se projeter dans leurs animaux. Elle nécessiterait au préalable de convaincre les propriétaires en démontrant l'innocuité des produits proposés.

3.5.3. Pour l'alimentation des animaux de rente

Le fait de manger indirectement des insectes via l'ingestion de produits issus d'animaux nourris avec une alimentation enrichie en protéines d'insectes, ne permet pas forcément de dépasser les barrières culturelles et psychologiques. Ces produits peuvent être rejetés comme aliments, induisant donc une néophobie alimentaire.

Cependant, au vu des premières études réalisées, l'acceptabilité sociale pour l'alimentation animale semble a priori plus favorable.

Dans le cadre du projet européen PROteINSECT, l'acceptation sociétale des insectes a été étudiée par un sondage en ligne réalisé entre octobre 2013 et mars 2014. Plus de 1 300 personnes de 71 pays différents (Royaume-Uni, Mali, Chine, Pologne, France...) ont répondu. Environ 73 % des répondants seraient prêts à manger du poisson, du poulet ou du porc nourris avec une alimentation contenant des protéines d'insectes. Seulement 6,5 % ne seraient pas prêts à tenter l'expérience (13,8 % ont répondu peut-être et 7 % ne savaient pas). 66 % considèrent que les larves de mouches sont une source appropriée de protéines dans l'alimentation animale et 57 % souhaitent disposer d'une étiquette renseignant sur le fait que le poisson, la volaille ou le porc qu'ils achètent ont été nourris avec des protéines d'insectes.

Une enquête en ligne a été réalisée en France par l'INRA en collaboration avec le CIPA en 2018 sur l'acceptabilité par les consommateurs des farines d'insectes dans l'alimentation des poissons, particulièrement des truites d'élevage. Le résultat montre que les consommateurs n'ont pas de défiance particulière si cela est meilleur pour la santé des poissons et l'environnement sans dénaturation de la qualité du produit. À noter que le critère « aliment donné aux truites » n'arrive qu'en quatrième position après le prix, le goût et la praticité.

À ce jour, des essais de commercialisation de truites nourries avec des farines d'insectes ont été mis en œuvre avec succès par Auchan.

En résumé :

En Occident la consommation humaine d'insectes serait davantage réservée à des marchés de niche. L'incorporation massive de protéines d'insectes dans des plats préparés est a priori inenvisageable, car susceptible de provoquer une réaction de dégoût propre au caractère néophobe de l'homme en matière d'alimentation. Pour autant, le milieu hyper-urbain où règne un modèle de préparations culinaires livrées à domicile, pourrait constituer un terrain d'expérimentation favorable.

L'ingestion d'insectes par des animaux d'élevage ou de compagnie ne permet pas forcément de dépasser ces barrières culturelles et psychologiques. Cependant les premières enquêtes d'opinion européennes montrent que les consommateurs seraient majoritairement prêts à manger du poisson, du poulet ou du porc nourris avec des insectes, à condition qu'un étiquetage adapté soit prévu.

Si les algues ne provoquent a priori pas de réaction de dégoût, elles posent un problème de « mauvais goût » nécessitant un temps de familiarisation probablement assez long. Dans l'immédiat, ces produits seraient plus appropriés pour des marchés de niche.

3.6. Des programmes de recherche dispersés à mettre davantage en cohérence avec les priorités gouvernementales

3.6.1. Des programmes de financement de recherches nombreux qui intègrent de façon variable les nouvelles sources de protéines

De nombreux programmes de recherche et développement (R&D) ont été financés au cours des 10 dernières années. En particulier, les programmes d'investissement d'avenir (PIA) initiés en 2010, toujours en cours en 2019, ont permis de financer des projets de R&D dans le cadre d'appels à projets qui intègrent les thématiques liées aux sources de protéines. Les financeurs principaux sont la Banque publique d'investissement, la Caisse des dépôts et consignations ainsi que l'ADEME. Les PIA1, PIA2 et PIA3 ont été dotés respectivement de 35 milliards d'euros, 12 milliards d'euros et 10 milliards d'euros. De même le Fonds Unique Interministériel (FUI)²³ finance des projets de R&D collaboratifs des pôles de compétitivité.

²³ Le FUI a vocation à soutenir des projets de recherche appliquée portant sur le développement de produits ou services technologiquement innovants susceptibles d'être mis sur le marché à court ou moyen terme

Ainsi, ces dernières années, les PIA1 et PIA2 ainsi que le FUI ont permis de faire émerger des projets R&D sur les nouvelles sources de protéines : insectes en alimentation animale, valorisation de tourteaux d'oléagineux en alimentation humaine, micro- algues pour l'alimentation humaine et aquaculture, aliments à base de légumineuses, produits protéinés à base de levures et denrées analogues de viande à base de protéines végétales et d'ingrédients complémentaires. À titre d'illustration, dans le cadre de la politique des pôles de compétitivité, 17 projets ont ainsi pu être financés sur ce sujet pour un montant total de 63,2 millions d'euros dont 26,6 millions d'aides publiques (soit un taux d'aide publique moyen de 42 %).

Ces projets sont portés tant par des startups en lien parfois avec des pôles de compétitivité (Ynsect, Innovafeed) que par des groupes de taille importante (Soufflet, Lesaffre, Avril, Le Gouessant).

On citera le projet PROLEVAL (Valorex, Dijon Céréales, Terrena, INRA) pour la filière française des oléoprotéagineux. Ce projet intègre les filières depuis la sélection jusqu'à la conception de traitements innovants des graines pour les rendre plus digestes et assimilables dans l'alimentation du bétail. Autre exemple, Lesaffre développe à partir de levure de boulangerie le produit PALOMINA contenant plus de 70 % de protéines de valeur nutritionnelle équivalente aux protéines animales de référence et neutre du point de vue organoleptique. Cette protéine est formulable dans de nombreux produits alimentaires (pain, pâtés, nuggets, extrudés...) et la production est faisable sur les sites français de production d'extraits de levure pour le marché alimentaire.

Par ailleurs l'INRA a fait de la thématique « sources de protéines du futur » une priorité : qualité organoleptique, acceptabilité par les consommateurs, sélection végétale (oléoprotéagineux). L'INRA a été impliqué dans des projets européens sur les légumineuses : LEGATO « légumineuses pour l'agriculture de demain ».

Le projet Desirable, conjoint entre plusieurs acteurs de la recherche (INRA, ANR, CNRS, IRSTEA, AgroParis Tech), étudie notamment l'effet des farines d'insectes dans l'alimentation des poissons et des volailles sur les performances de production et sur l'acceptabilité par les consommateurs des produits issus.

Le PIA 3 en cours, inclus dans le volet agricole du Grand plan d'investissement, intègre la thématique alimentation du futur dans plusieurs appels à projets : « alimentation intelligente », « agriculture et alimentation de demain », « agriculture et industries agroalimentaires éco-efficaces ». Si la thématique « protéines du futur » n'y figure pas explicitement, elle pourrait y trouver sa place.

Au plan européen la Commission a lancé le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 depuis 2014 qui sera prolongé par le programme Horizon Europe à partir de 2021 jusqu'en 2027. La thématique « protéines alternatives » figure explicitement dans H2020 au chapitre de la sécurité alimentaire. Le programme Horizon Europe en cours de finalisation sera doté de 100 milliards d'euros et reprendra probablement cette thématique. À cet égard la Commission européenne a rappelé dans son rapport de 2018 sur le développement des protéines végétales dans l'union européenne, la nécessité de poursuivre notamment les projets de sélection dont ont bénéficié les oléoprotéagineux.

Si comme indiqué ci-dessus les programmes de R&D sont nombreux, la mission estime nécessaire d'en améliorer la cohérence et le pilotage. En outre, il apparaît au regard des besoins exprimés par les industriels des secteurs concernés, que peu de dispositifs permettant le financement d'infrastructures ont été mis en place.

3.6.2. Une ambition nationale concrétisée par le Contrat stratégique de filière signé fin 2018

Le ministre de l'agriculture et de l'alimentation et la secrétaire d'État auprès du ministre de l'économie et des finances ont signé aux côtés des représentants des entreprises agroalimentaires françaises, en novembre 2018, le Contrat stratégique de la filière agroalimentaire dans le prolongement des États généraux de l'alimentation.

Articulé autour de quatre actions structurantes, il doit permettre de repartir à la conquête des consommateurs, en France et à l'international. L'action 2 s'intitule : « *Développer les protéines du futur, pour faire de la France un leader mondial des nouvelles sources protéiques. Le projet permettra de développer dès 2021 une meilleure connaissance de la valeur nutritionnelle et de développer de nouvelles sources protéiques.* »

Il s'agit de mettre en valeur les protéines végétales produites en France, mais aussi de nouvelles sources de protéines telles que les micro-algues, les insectes et les protéines issues des biotechnologies.

Les verrous identifiés par les acteurs de ces filières principalement réunies dans le consortium Protéines France nécessitent un effort en matière d'innovation et de recherche : qualité sensorielle et nutritionnelle, allergénicité, formulation en nutrition humaine et animale, caractères organoleptiques et innovation alimentaire. Il est ainsi prévu de soutenir les projets R&D qui lèvent ces verrous, de définir un plan de communication auprès du grand public, de mettre en œuvre un plan d'accompagnement des entreprises à la réglementation et d'accompagner les startups du secteur (réseau Food Tech).

Il existe par conséquent une réelle ambition de prendre en compte la problématique des ressources en protéines, y inclus les nouvelles sources protéiques. De nombreux interlocuteurs (industriels et chercheurs) rencontrés par la mission comptent sur l'engagement de l'État pour réunir les moyens financiers nécessaires à la satisfaction de cette ambition.

En résumé :

De nombreux projets de R&D ont été conduits ces dernières années (algues, insectes, microorganismes oléoprotéagineux...) par des startups et des groupes agroalimentaires, et ceci grâce à des financements privés et publics (Programmes d'investissement d'avenir PIA et le Fonds unique interministériel FUI).

Notamment dans le cadre de la politique des pôles de compétitivité, le financement de certains projets a pu être pris en charge entre 2013 et 2017 par les PIA, le FUI et des collectivités locales. D'autres financements proviennent de programmes européens.

Le Contrat stratégique de filière signé fin 2018 fait de la recherche en matière de sources de protéines nouvelles une priorité en accord avec les professionnels des filières. Il existe par conséquent une réelle ambition de prendre en compte la problématique des ressources en protéines, y inclus les nouvelles sources protéiques. Il conviendra, comme cela est attendu par nombre d'acteurs, que les moyens de financement soient en adéquation.

4. ANALYSE ET PERSPECTIVES

4.1. Des nouvelles sources de protéines dont l'impact sur l'alimentation humaine sera a priori limité

4.1.1. Une diversification des sources de protéines qui s'intègre dans une complémentarité nutritionnelle entre protéines animales et végétales

Comme déjà indiqué, il est certes devenu impératif de diminuer la consommation de viandes dans les sociétés occidentales. Mais diversification des sources de protéines ne veut pas dire substitution totale d'une source à une autre. S'il convient de développer de nouvelles sources de protéines, tout particulièrement les productions végétales qui constituent une ressource protéique intéressante malgré certains handicaps soulignés précédemment, une complémentarité entre protéines animales et végétales reste la meilleure alternative à un équilibre alimentaire chez l'homme. D'un point de vue nutritionnel et sanitaire, rares sont les voix légitimes à défendre un remplacement intégral des protéines animales par les protéines végétales. À cet égard, rappelons que les nutritionnistes recommandent pour une alimentation équilibrée et diversifiée un apport protéique végétal de 50 % à 60%, et un apport protéique animal de 40 à 50 %.

Par ailleurs, l'élevage d'animaux de rente, en particulier les ruminants, permet la valorisation de protéines qui ne sont pas en concurrence avec des aliments propres à l'alimentation humaine (herbe des prairies, coproduits de l'industrie agroalimentaire, fourrages), et produit des protéines alimentaires de très bonne qualité nutritionnelle pour l'homme. Au plan planétaire, deux tiers des surfaces agricoles du globe sont des zones où il est impossible de faire de la culture (savane, zones arides, semi-désertiques, ...), et sont utilisées pour l'élevage. L'élevage pastoral est indispensable à des millions de paysans à travers le monde, entre autres dans les pays du Sahel. En Europe, les élevages herbagers dans les zones géographiques de montagne ou de semi-montagne permettent la valorisation de la biomasse fourragère avec des impacts environnementaux limités (production extensive), alors même que d'autres activités agricoles seraient à faibles rendements ou non envisageables. De plus dans ces zones géographiques, l'élevage assure le maintien sur place d'une population rurale et la préservation des paysages.

On pourrait reprendre l'aphorisme d'un interlocuteur rencontré par la mission, à savoir : *« l'élevage est l'avenir de la protéine végétale en France, ou autrement dit il n'y a pas d'avenir pour les protéines végétales sans élevage »*.

4.1.2. Une intégration dans les habitudes alimentaires qui restera marginale et qui nécessitera une stratégie d'innovation de l'industrie agroalimentaire

Au regard des multiples initiatives et projets cités au chapitre 3 ci-dessus, il aurait été légitime de penser que les protéines alternatives seraient amenées à prendre une place de plus en plus importante dans notre alimentation de demain, d'autant plus qu'elles sont performantes d'un point de vue nutritionnel et présentent des risques sanitaires faibles ou maîtrisables. Mais il ne suffit pas de dire que c'est écologique, bon pour l'environnement, bon pour la santé, pour qu'un aliment soit consommé. Il faut le rendre légitime par sa praticité, son goût, son apport du changement.

Or, à l'exception des nouveaux usages de certaines protéines végétales, force est de constater que les signaux ne montrent pas un engouement des consommateurs pour les protéines dites « alternatives ». Ces dernières n'ont pas vraiment le vent en poupe pour l'alimentation humaine. Leur consommation devrait rester marginale, même si les français sont de plus en plus nombreux à avoir essayé par curiosité. Ce sont les « *early adopters* » qui permettront peut-être une consommation un peu moins anecdotique d'ici quelques années.

La mission a la conviction que la consommation humaine de protéines d'insectes, micro-algues, et levures se fera plutôt via un enrichissement en nouvelles protéines des aliments traditionnels ou comme cela se fait déjà pour la spiruline, sous forme de compléments alimentaires à haute valeur ajoutée.

L'innovation devrait être la clef pour intégrer progressivement les insectes dans les habitudes alimentaires des occidentaux, et des français en particulier qui sont très attachés à leur culture culinaire. Il faudra développer une réelle stratégie pour faire en sorte que cela passe dans la consommation, à savoir imaginer de la cuisine, faire appel à des spécialistes de la cuisine et développer la protéine ingrédient en préparation culinaire familiale. Il faudra miser sur l'innovation agroalimentaire pour trouver des nouvelles textures et convaincre de nouveaux clients : Stick inspiré du surimi de poissons, « Insteak » semblable à de la viande hachée en cours d'élaboration avec l'INRA et AgroParisTech, burger végétal avec de la farine d'insectes, boulettes mélangeant farines d'insectes et de pois chiche mises au point par une startup Suisse. Le même mélange, mais inspiré de la cuisine tex-mex, a également été testé dans des cantines des restaurants néerlandais.

Mais attention, les orientations industrielles de fabrication d'aliments ultra-transformés sont en décalage avec la tendance actuelle favorable aux circuits courts et à l'élaboration de denrées alimentaires à partir de produits bruts. Cette mise en garde vaut également pour le steak *in vitro*, avec lequel un pas de plus vers une artificialisation de notre nourriture est fait, ce qui est paradoxal avec la tendance actuelle de réclamer une alimentation plus saine et plus naturelle.

4.1.3. Des risques allergiques dont il faut tenir compte

Outre l'innovation agro-alimentaire, pour accompagner l'intégration des nouvelles protéines dans l'alimentation humaine, il est nécessaire de progresser sur les freins technologiques, nutritionnels et sanitaires de ces nouvelles sources de protéines. Le risque allergique qui caractérise aussi bien les protéines d'insectes, d'algues que certaines protéines végétales n'est pas à négliger. En effet, si on augmente la consommation d'insectes et de légumineuses, on augmentera inévitablement le risque allergique dans la population, qui pourrait alors passer un seuil où il deviendrait un problème de santé publique significatif (ex : seuil supérieur à 15%). À cet égard, la mission a identifié un besoin de recherche à l'échelle européenne pour élaborer des modèles prédictifs du risque allergique des protéines dans l'alimentation humaine.

C'est pourquoi la recommandation suivante est émise :

R1. Favoriser les programmes de recherche européens visant à la mise au point de modèles prédictifs du risque allergique des protéines alimentaires, et notamment celui des protéines d'insectes et des légumineuses.

Au-delà de ces programmes de recherche nécessaires, il conviendra à l'instar d'autres allergènes déjà présents aujourd'hui dans les aliments, que les autorisations à venir de mise sur le marché des produits destinés à la consommation humaine contenant de la protéine d'insectes (lorsque ceux-ci auront obtenus une autorisation communautaire de mise sur le marché) soient assorties d'une obligation d'étiquetage avertissant le consommateur de la présence de ce type de protéines allergéniques.

4.2. Un fort potentiel des farines d'insectes pour réduire la dépendance française et européenne en protéines pour le secteur de l'alimentation animale

L'Union européenne et la France sont structurellement déficitaires respectivement à 65 % et 40 % en protéines végétales pour l'alimentation des animaux de rente (Cf. paragraphe 3.2.5). Le Plan protéines présenté en novembre 2018 par la Commission européenne et les stratégies nationales en cours d'élaboration par les États membres, devraient réduire cette dépendance en matières premières d'importation, essentiellement les tourteaux de soja.

4.2.1. Une stratégie nationale qui doit intégrer dans sa réflexion la production de protéines d'insectes

Parmi les nouvelles sources de protéines, seuls les insectes semblent pouvoir contribuer à apporter une solution à la réduction de la dépendance française et européenne en protéines du secteur de l'alimentation animale.

Les farines d'insectes satisfont aujourd'hui à tous les critères de qualification commerciale sauf la compétitivité (la stabilité, la régularité, la sécurité sanitaire, la durabilité, la performance nutritionnelle). L'amélioration de la compétitivité est fonction du développement industriel de la production d'insectes et des économies d'échelle induites.

L'aquafeed est à ce jour le seul débouché rentable. Ce marché, lui-même en fort développement, présente une réelle opportunité pour réduire les coûts industriels de production de farine d'insectes en vue d'atteindre, à terme, le prix d'intérêt des autres marchés de l'alimentation animale (*petfood, feed...*).

La mission estime qu'il paraît indispensable d'intégrer un volet « insectes » à la Stratégie nationale sur les protéines végétales pour l'élaboration de laquelle le ministre chargé de l'agriculture a engagé une concertation le 11 février 2019, stratégie qu'il faudrait rebaptiser pour l'occasion « Stratégie nationale sur les protéines ».

La recommandation suivante est émise :

R2. Ajouter un volet « Insectes » à la Stratégie nationale sur les protéines en cours d'élaboration pour réduire la dépendance en protéines du secteur de l'alimentation animale.

4.2.2. Un développement industriel des farines d'insectes qui nécessite une réelle détermination des pouvoirs publics

a) Un accompagnement souhaitable de la structuration de la filière de production et de transformation

Il faut voir les insectes comme une filière d'élevage à part entière, d'où un besoin d'une aide des pouvoirs publics à la structuration de cette jeune filière. L'apport de fonds publics sous forme d'avance remboursable serait à mettre en œuvre dans les années à venir afin de permettre le développement de cette filière.

En effet, la capacité des producteurs à atteindre une dimension supérieure pour répondre aux marchés est liée au coût de la farine d'insectes. Actuellement ce coût se situe entre 1 800 et 2 000 euros la tonne alors que la tonne de farine de poissons est vendue au maximum à 1 600 euros la tonne. Il y a par conséquent un besoin réel de passer du niveau atelier pilote à un niveau industriel qui permettra d'être compétitif. En France les deux entreprises phares du secteur ont procédé à des levées de fonds privés et publics (110 millions € pour Insect en 2019 pour la future unité située dans la Somme, 40 millions € pour Innovafeed pour une nouvelle unité industrielle également dans la Somme à proximité de l'entreprise d'amidonnerie TEREOS).

Dans les deux cas les farines d'insectes produites seront destinées à l'alimentation des poissons d'élevage, au *petfood*, et à terme à l'alimentation des volailles dès lors que cela sera possible réglementairement. À cet égard la mission est très favorable à l'autorisation pour les monogastriques de l'introduction dans leur alimentation de protéines d'insectes. Selon les responsables de la DGAGRI rencontrés à Bruxelles, il y a une réflexion au sein de la Commission européenne dans ce sens malgré un contexte politique peu favorable à toute évolution réglementaire (changement de Commission fin 2019). La France devrait être proactive pour accélérer cette révision réglementaire.

b) Une mise en œuvre de bonnes pratiques d'élevage et de transformation à encourager

L'association IPIFF qui regroupe l'ensemble des producteurs d'insectes au niveau européen a finalisé fin février 2019²⁴ un guide relatif aux pratiques d'hygiène en matière de production d'insectes à valider par la Commission européenne. Il est destiné aux producteurs d'insectes destinés à l'alimentation humaine et animale à tous les stades de la production et de la transformation. Sa mise en œuvre devra être encouragée par les pouvoirs publics français.

²⁴ Draft EU Guide on good hygiene practices for producers of insects as food and feed

c) Des évolutions réglementaires à court et moyen terme souhaitables pour la compétitivité de la filière insectes alimentation animale.

- La réglementation concernant les substrats autorisés dans l'élevage d'insectes destinés à l'alimentation humaine ou animale [cf. §3.4.2 a)] est assez restrictive. Il s'agit de l'ensemble des matières à faible valeur (de 50 à 130 € par tonne de matière sèche) pour lesquelles une traçabilité peut être assurée et contenant les éléments nutritionnels recherchés (protéine, amidon et sucres). On citera à titre d'exemple pour les substrats d'origine végétale, les coproduits de la pomme de terre, du pois, les pulpes de betterave, le son de blé, les drèches de brasserie.

Les professionnels rencontrés ont indiqué à la mission qu'un changement réglementaire dans ce domaine n'était pas crucial dans les 3 ans à venir pour la compétitivité de la filière française ou européenne. Néanmoins, la mission considère qu'une évolution réglementaire à moyen terme qui permettrait de valoriser d'autres substrats tels les sous-produits et déchets végétaux de l'industrie des fruits et légumes, permettrait à la filière insectes d'accroître sa participation à un cycle d'économie circulaire digne d'intérêt. À contrario, le souhait exprimé par les mêmes professionnels de pouvoir utiliser comme substrats les sous-produits de la restauration collective pourrait s'avérer être un frein à la possible réintroduction des PAT de porcs et de volailles dans l'alimentation des insectes (problème potentiel de cannibalisme si les farines d'insectes sont autorisés également pour l'alimentation des porcs et des volailles).

- Tous les coproduits autorisés pour la production de farine d'insectes sont également utilisables en élevage d'animaux de rente et pour la production de biogaz issus de la méthanisation. Il a été indiqué à la mission que l'utilisation de 1,000 tonnes de coproduits par l'industrie de l'insecte, génère 400,000€ de valeur ajoutée et 3 à 4 emplois directs pour ces matières soit une création de valeur plus importante que pour la filière biogaz (elle serait multipliée par 10 selon les dires des professionnels). Par conséquent la mission attire l'attention des pouvoirs publics sur l'équilibre à respecter entre les filières insectes et méthanisation actuellement subventionnée, quant à la disponibilité des gisements de substrats.
- En revanche un sujet apparaît plus critique selon les professionnels pour la compétitivité de la filière française, il s'agit de la longueur des procédures ICPE liées à la construction de nouveaux sites de production. Le régime d'autorisation au titre de l'ICPE 2150 (Cf. § 3.4.2 a) nécessite des démarches environnementales d'une durée de 12 à 18 mois vs. moins de 4 mois aux Pays-Bas. À ce titre il pénalise fortement la compétitivité d'une filière insecte française encore leader à ce jour en Europe. Le souhait de la profession que cette procédure puisse aboutir dans des délais raccourcis apparaît recevable dans la mesure où elle est source de discrimination au sein de l'UE

Au regard de l'ensemble des considérations de ce chapitre, la mission émet la recommandation suivante :

R3. Accompagner le développement industriel de la production de farines d'insectes destinées au secteur de l'alimentation animale :

- par des mesures financières d'aides à l'investissement industriel,
- en modifiant la réglementation française ICPE relative à l'élevage d'insectes pour l'alimentation animale afin que la procédure d'autorisation de construction d'un site de production industrielle puisse aboutir dans un délai compatible avec la compétitivité de la filière.

Sans en faire une recommandation, la mission considère que la proposition de la Commission européenne en cours d'examen, relative à l'extension aux volailles (animaux naturellement insectivores) de l'autorisation d'incorporation des protéines d'insectes dans les formules alimentaires, devrait être favorablement accueillie par les autorités françaises. Cette mesure participerait de manière significative au développement de la filière insectes et permettrait à la filière volailles, qui souhaite aussi cette évolution réglementaire, de bénéficier de protéines à haut niveau de digestibilité et bien équilibrée, en particulier pour les jeunes animaux en démarrage.

4.2.3. Une acceptabilité sociale à confirmer

Le fait de manger indirectement des insectes via l'ingestion de produits issus d'animaux nourris avec des farines d'insectes, ne permet pas forcément de dépasser les barrières culturelles et psychologiques que l'homme dresse naturellement à l'égard de tout nouvel aliment (néophobie alimentaire). De même les propriétaires d'animaux de compagnie peuvent avoir des préventions à les nourrir avec des aliments enrichis en protéines d'insectes.

On rappellera que les premières enquêtes d'opinion ont montré que les consommateurs seraient majoritairement prêts à manger du poisson, du poulet ou du porc nourris avec des insectes, à condition qu'un étiquetage adapté soit prévu (projet européen PROteINSECT).

La mission recommande donc de confier à un organisme de recherche (INRA, CREDOC, etc.) le soin de réaliser une nouvelle enquête d'opinion pour confirmer ces premiers résultats et préciser les conditions d'acceptation par les consommateurs de l'incorporation de farines d'insectes dans l'alimentation du bétail ainsi que par les propriétaires d'animaux de compagnie.

R4. Confirmer l'acceptabilité de l'incorporation de farines d'insectes dans l'alimentation des animaux de rente ou de compagnie par une nouvelle enquête d'opinion auprès des consommateurs.

4.3. Une augmentation de la production française et européenne de protéines végétales conditionnée à un soutien de la filière des oléoprotéagineux pour l'alimentation animale

La quasi-totalité (93%) de la demande européenne en protéines végétales (17 millions de tonnes de protéines brutes en 2016/2017 dont 13 millions de tonnes à base de soja) sert à approvisionner le marché de l'alimentation animale. La problématique de la dépendance en protéines végétales de l'Europe est bien celle de la dépendance de l'alimentation animale, sachant, de surcroît, que 80 % du prix indicatif des aliments du bétail est déterminé par les matières premières.

Depuis la réforme de la PAC en 2013, la superficie de soja en UE (donc non OGM) a doublé pour atteindre près d'un million d'hectares (Italie, Roumanie, France). Si cette tendance est encourageante, l'UE est encore largement déficitaire en protéines végétales non OGM.

La demande accrue des consommateurs pour des filières de production non OGM pourrait modifier la donne et encourager le développement en Europe du soja, du pois et autres oléoprotéagineux, à condition toutefois de résoudre les obstacles agronomiques qui pénalisent la production nationale, par d'importants efforts de recherche en sélection variétale. Il s'agit par exemple de la lutte contre l'aphanomyces²⁵, ou encore l'adaptation des variétés de soja aux conditions pédoclimatiques françaises.

Ces investissements en recherche seraient facilités par la mutualisation des ressources des filières grandes cultures. L'insuffisance d'approche transversale entre les filières végétales (céréales *versus* oléoprotéagineux) est en effet à l'origine d'une certaine dispersion des moyens de recherche. Ces constats sont déplorés par de nombreux interlocuteurs rencontrés. Comme l'a résumé l'un d'eux : « *Tant que la CVO²⁶ du blé ne sera pas mobilisée pour les oléoprotéagineux, le déficit en protéines végétales restera structurel* ».

Les efforts de recherche en sélection variétale seraient à compléter par des mesures industrielles pour adapter en conséquence l'ingénierie de stockage des graines (chaîne de récolte du champ au silo).

La France ne doit pas rater le coche. Les professionnels des secteurs concernés souhaitent un engagement clair de l'État et des moyens financiers à la hauteur de l'enjeu sous forme de partenariat.

La mission fait à ce stade deux recommandations à reprendre dans la Stratégie nationale pour les protéines végétales :

²⁵ Maladie cryptogamique qui affecte les cultures de pois avec une rémanence importante dans le sol et qui oblige à rallonger les rotations pouvant aller jusqu'à 9 ans.

²⁶ CVO : cotisation volontaire obligatoire. Elle est fixée par accords interprofessionnels avec l'État. Elle représente un pourcentage défini de chaque quintal récolté et versée à chaque filière correspondante.

R5. Encourager la mutualisation des moyens de recherche et développement entre les filières grandes cultures (transversalité céréales versus oléoprotéagineux).

R6. Afin d'assurer l'augmentation souhaitée de la production nationale de soja et de pois protéagineux pour l'alimentation animale :

- Mobiliser des moyens de recherche et de développement à la mesure d'un programme de sélection variétale ambitieux.
- Engager avec les organismes stockeurs un programme national d'adaptation des moyens de stockage.

Ces mesures sont à intégrer dans la stratégie nationale sur les protéines.

CONCLUSION

Le besoin d'accroître la production de protéines en Europe et de diminuer sa dépendance aux importations de pays tiers est incontestable, preuve en est la mobilisation récente de l'Union européenne sur ce sujet, relayée par celle du gouvernement français qui en a fait une haute priorité au niveau national.

À l'issue de ses 6 mois d'expertise et d'investigations, la mission a été amenée à constater que l'important déficit de l'Union européenne en protéines (65 %) concerne bien davantage l'alimentation animale (poissons, animaux de compagnie, bétail) que l'alimentation humaine.

Parmi les nouvelles sources alternatives de protéines étudiées, les insectes apparaissent comme la seule susceptible de pouvoir contribuer, à terme, à réduire les importations européennes de soja destinées à l'alimentation animale. D'ores et déjà, la farine d'insectes est utilisée dans les aliments pour poissons d'élevage en substitution aux farines de poissons. À l'avenir une substitution totale serait une réponse à la raréfaction de la ressource halieutique face à une prévision de croissance régulière de la consommation humaine des produits de l'aquaculture. Une jeune industrie de startups fondée sur les principes de la bioéconomie s'édifie résolument en France ainsi que dans plusieurs États membres de l'UE.

Mais cet essor ne saurait cependant suffire. L'Union européenne doit impérativement réussir le plan « protéines végétales » annoncé en novembre 2018, que chaque État membre doit traduire en stratégie nationale. L'enjeu est d'autant plus important que les consommateurs européens sont de plus en plus demandeurs d'une alimentation animale non OGM et que le soja importé est OGM. La France dispose de nombreux atouts pour développer encore ses productions oléoprotéagineuses à condition de renforcer sans attendre les investissements déjà consentis tant en matière de recherche variétale qu'au plan industriel.

S'agissant de l'alimentation humaine, les nouvelles sources de protéines semblent davantage adaptées à des marchés de niche à haute valeur ajoutée, sous forme de compléments alimentaires, par exemple à destination de sportifs de haut niveau, de personnes fragilisées par l'âge ou la maladie (spiruline), d'insectes pour les amateurs de nouveautés, ou de produits ultra-transformés qui ne reçoivent cependant pas l'approbation des prescripteurs d'une alimentation « holistique » élaborée à partir de denrées brutes.

Les recommandations formulées par la mission peuvent toutes participer à l'élaboration du plan national pour les protéines annoncées par le ministre, et sont à même d'orienter les politiques publiques françaises.

Il convient donc que tous les acteurs publics et privés travaillent dans ce sens pour assurer l'essor de la filière insectes et le développement de la filière oléoprotéagineuse, et réduire ainsi la dépendance de la France en protéines végétales pour l'alimentation animale.

ANNEXES

Annexe 1 : lettre de mission



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION



Paris, le 23 MAI 2018

La Directrice de Cabinet
du Ministre de l'Agriculture
et de l'Alimentation

à

Monsieur le Vice-Président du
Conseil Général de l'Alimentation, de
l'Agriculture et des Espaces Ruraux
(CGAAER)

N/Réf : CI 807931

V/Réf :

Objet : Mission d'expertise sur les nouvelles sources de protéines alternatives.

PJ :

Le programme de travail du CGAAER 2018, validé par le ministre de l'agriculture et de l'alimentation, a intégré dans les sujets de réflexions relevant de la section alimentation-santé un travail d'expertise sur l'évolution de l'alimentation humaine au regard notamment des nouvelles sources de protéines alternatives issues de la FoodTech telles que les insectes, les algues, les micro-organismes, les viandes non naturelles, etc.

Ces ressources alternatives à la viande, au poisson, aux ovoproduits et aux légumineuses peuvent répondre aux enjeux de l'alimentation protéique et représenter une réponse à des enjeux majeurs de notre société (élimination des déchets végétaux, production de protéines pour l'alimentation animale et humaine au regard de la croissance exponentielle de la population humaine et du changement climatique risquant de mettre à mal les terres cultivables et exploitables et par conséquent les ressources alimentaires classiques...). C'est dans cette perspective que l'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture a recommandé, dès 2008, le développement de la consommation d'insectes dans les années à venir. A noter que cette consommation est traditionnelle depuis des siècles en dehors de l'Europe (Asie, Afrique ou encore Amérique latine).

.../...

78 rue de Varenne – 75349 PARIS 07 SP - Tél : 01 49 55 49 55

Le consommateur français montre aujourd'hui certaines réticences vis-à-vis de l'apparition de ces nouvelles sources de protéines issues de la FoodTech. Une des raisons est en partie le goût des français très ancré dans la tradition, l'authenticité et le terroir. Une autre raison est que l'innovation et la technologie suscitent peurs et inquiétudes en particulier chez les moins jeunes. Les scandales sanitaires alimentaires de ces dernières années y sont pour beaucoup.

Au cours des 5 dernières années, de nombreuses start-up françaises et européennes se sont lancées dans ce créneau alimentaire malgré une réglementation complexe contraignante et en pleine évolution (règlement (CE) 258/97 sur les nouveaux aliments, dit « Novel Food », abrogé et remplacé par le règlement (CE) 2015/2283), ne permettant pas d'avoir une bonne visibilité quant à la pérennité de ces entreprises. Par ailleurs, la question légitime de la démonstration de l'innocuité et de l'intérêt nutritionnel de ces sources de protéines alternatives animales ou végétales reste posée.

C'est dans ce contexte que je sollicite le CGAAER afin de réaliser une mission d'expertise sur ces protéines alternatives.

La mission s'attachera à :


- réaliser un état des lieux de la diversité et de l'importance à ce jour de la production des protéines animales ou végétales alternatives aux protéines traditionnelles ; une analyse comparative des coûts de production entre ces 2 types de protéines devra être réalisée ;
- cibler tout particulièrement ses constats et investigations sur les entreprises les plus représentatives et les plus emblématiques de ce type de production ;
- évaluer la perception des consommateurs à ce jour vis-à-vis de ces sources de protéines alternatives. A cet effet, elle prendra en compte la perception des consommateurs français mais également celle de pays européens ayant déjà une expérience dans ce type de production et de consommation (Suisse, Belgique, etc.) ;
- faire le point sur l'évolution récente de la réglementation communautaire dans ce domaine pour l'alimentation humaine et animale et analyser si cette nouvelle réglementation entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2018 est de nature à sécuriser les entreprises existantes et à favoriser leur développement ;
- procéder à un état des lieux des connaissances scientifiques en matière de risques sanitaires et d'apport nutritionnel de ces protéines, et explorer le cas échéant les projets de recherche en cours, et les besoins de recherche et développement.

Sur la base de l'état des lieux et des investigations indiqués ci-dessus, la mission procédera à une analyse du potentiel de développement, mais également des difficultés et des freins limitant le développement de ces protéines (production et consommation). L'impact environnemental sera pris en compte dans cette analyse.

.../...

La mission proposera des recommandations qui viseront à nourrir la réflexion des responsables d'élaboration de politiques publiques dans le domaine de l'alimentation et de l'agriculture, sur les aspects sanitaires, économiques et environnementaux.

Je vous serais reconnaissante de bien vouloir me transmettre le rapport de cette mission si possible fin décembre 2018.



Sophie DELAPORTE

Annexe 2 : liste des personnes rencontrées

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
DELVA Laurence	MAA/DGAL	Cheffe du service alimentation	17/07/2018
VALLA Viviane	MAA/DGAL	Cheffe du BAL	17/07/2018
LAVOIGNIAT Mélanie	MAA/DGAL	Bureau B3CP	17/07/2018
HERAULT Bruno	MAA/CEP	Directeur du CEP	11/07/2018
GASSIE Julie	MAA/CEP	Chargée de mission	11/07/2018
BOURDY Franck	MAA/DGPE	Chargée de mission	05/09/2018
TOME Daniel	AgroParisTech	Directeur de recherche	11/09/2018
PEETERS Antoine	Industries Agro-Ressources IAR	Directeur adjoint	27/09/2018
DAOULAS Guillaume	ŸNSECT	Directeur marketing et stratégie	27/09/2018 et 13/11/2018
ORIOLE Éric	LESAFFRE	Directeur	27/09/2018 et 26/10/2018
BEUTIN Catherine	LESAFFRE	Chef de projet	27/09/2018
LOPEZ Michel	IMPROVE	Directeur scientifique	27/09/2018
THIBEAUDEAU Patrick	ROYAL CANIN	Responsable Innovation matières premières	27/09/2018
LAURENT Philippe	Nutrition et Santé	Responsable recherche et développement	27/09/2018
CHARDIGNY Jean Michel	INRA-DPTI-Paris	Directeur de recherche	25/09/2018
FISCHLER Claude	EHESP	Sociologue	10/09/2018
SOLER Louis Georges	INRA Paris	Économiste	12/09/2018
PORET Sylvaine	INRA Paris	Économiste	12/09/2018
CLAVIER Loïck	CIPA	Responsable technique	09/10/2018

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
LEVADOUX Marine	CIPA	Directrice	09/10/2018
ROUSSE Carole	DGS	chef du bureau des risques alimentaires	16/10/2018
LEGER Soheila	DGS	Responsable Réglementation européenne	16/10/2018
COURCELLE Christel	DGS	Chargée de mission-PNNS	16/10/2018
MATHAY Agathe	FOOD TECH	Déléguée générale	12/11/2018
MARQUEZ William	Bio Springer	Chef de production	26/10/2018
DUC Gérard	INRA Dijon	Directeur de recherche	13/11/2018
GALLARDO Karine	INRA Dijon	Directrice de recherche	13/11/2018
HUBERT Antoine	YNSECT	PDG	13/11/2018
RAY Clément	INNOVAFEED	PDG co-fondateur	14/11/2018
MARGARITIS Irini	ANSES	Chef d'Unité - Évaluation des risques nutrition	15/11/2018
VERGRIETTE Benoit	ANSES	Chef de Mission	
DOPTER Aymeric	ANSES	Adjoint Chef d'Unité - Évaluation des risques nutrition	
LEGRAND Jack	CNRS/Université de Nantes/IMT Atlantique/ONIRIS	Responsable UMR 6144	19/11/2018
SAINT-JEAN Bruno	IFREMER Laboratoire Physiologie et Biotechnologie des Algues	Directeur	20/11/2018
DENERY Sandra	INRA Nantes	Directrice de Recherche	20/11/2018
RUPP-DAHMELE Christophe	ROQUETTE	Directeur des affaires publiques	13/12/2018
EMPINET Marie Laure	ROQUETTE	Responsable des affaires	13/12/2018
POULET Jacques	COOP de France	Directeur du pôle animal	04/12/2018

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
BRIS Valérie	COOP de France	Directrice adjointe Pôle animal	04/12/2018
RADET Stéphane	SNIA	Directeur Général	3/12/2018
ROSSO Laurent	Terres Univia	Directeur général	6/12/2018
SANTINI Fabien	DG AGRI	Conseiller du Directeur	28/11/2018
BOGER Silke	DG AGRI Unité cultures et huile d'olive	Chef d'Unité	28/11/2018
GAUTRAIS Bruno	DG SANTE Unité E2	Chef d'Unité	28/11/2018
DASKALEROS Takis	DG SANTE Unité E2	Gestionnaires des politiques	28/11/2018
PEREZ BERBEJAL Rafael	DG SANTE Unité E2	Gestionnaires des politiques	28/11/2018
DERRIEN Christophe	IPIFF	Secrétaire général	29/11/2018
SALMON Benoit	IPIFF	responsable communication	29/11/2018
BENNINK Dyanne	DG recherche et innovation Unité F3	Adjointe au chef d'Unité	29/11/2018
ANISTOROAEI Razvan	DG recherche et innovation Unité F3	Gestionnaire des politiques	29/11/2018
POTTIER Jean	SPF Santé publique Animal, Plant and food Directorate- General, Service Food, Feed, Other Consumption Products	Expert réglementaire	20/12/2018
SENET David	DGPE	Chef du bureau de l'emploi et de l'innovation	17/12/2018

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
MARTIN Alexandre	DGPE/sous-direction filières agroalimentaires	Adjoint cheffe du bureau grandes cultures, semences végétales et produits transformés	17/12/2018
LE HELLO Mattieu	DGPE	Adjoint au délégué ministériel aux entreprises agro-alimentaires	17/12/2018
PEYRAUD Jean-Louis	INRA Rennes	Directeur de recherche	17/12/2018
HOCQUETTE Jean-François	INRA Clermont Ferrand	Directeur de recherche	20/12/2018
LECADRE Patricia	CEREOPA	Directrice du pôle Alimentation et productions animales	21/12/2018
SERVOZ Claire	DGCCRF	Chef du bureau 4A	23/01/2019
COUSYN Guillaume	DGCCRF	Adjoint chef de bureau 4A	23/01/2019
VOYATZAKIS Ariane	BPI France Direction Innovation	Responsable du secteur agroalimentaire	23/01/2019
MOLINIE Léa	DGPE	Chargée de mission Bureau bioéconomie	05/03/2019

Annexe 3 : liste des sigles utilisés

ACTA	Association de coordination des instituts techniques agricoles
ACTIA	Association de coordination technique pour l'agroalimentaire
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ANC	Apport nutritionnel conseillé
ANR	Agence nationale pour la recherche
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
APCA	Association permanente des chambres d'agriculture
BPI	Banque publique d'investissement
CEVA	Centre d'études et de valorisation des algues
CGAAER	Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux
CIPA	Comité interprofessionnel des produits de l'aquaculture
CNRS	Centre national pour la recherche scientifique
CREDOC	Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie
CVO	Contribution volontaire obligatoire
DAC	Direction administration centrale
DGAI	Direction générale de l'alimentation
DGPE	Direction générale de la performance économique et environnementale des entreprises
DHA	Acide docosahexaénoïque
DRAAF	Direction régionale de l'alimentation, l'agriculture et de la forêt
EFSA	European food safety agency
EGA	États généraux de l'alimentation
EPA	Acide eicosapentaénoïque
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FUI	Fonds unique interministériel
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
INRA	Institut national de la recherche agronomique
IPIFF	Platform of Insects For Food and Feed
IRSTEA	Institut national de la recherche en sciences technologiques pour l'environnement et l'agriculture

MAA	Ministère de l'agriculture et de l'alimentation
MESRI	Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation
MTES	Ministère de la transition écologique et solidaire
PAC	Politique agricole commune
PIA	Programme d'investissement d'avenir
PME	Petite et moyenne entreprise
PNNS	Programme national nutrition santé
R&D	Recherche et développement

Annexe 4 : comparaison des facteurs de compétitivité des ingrédients de l'alimentation animale

Teneur comparée en protéines des matières premières des aliments composés du bétail

Tourteau de soja	50 %
Tourteau de colza dé pelliculé	40 %
Tourteau de tournesol « high pro » (décortiqué)	36 %
Pois	18 % - 23 %
Blé	11 %
Farine d'insectes	70 %

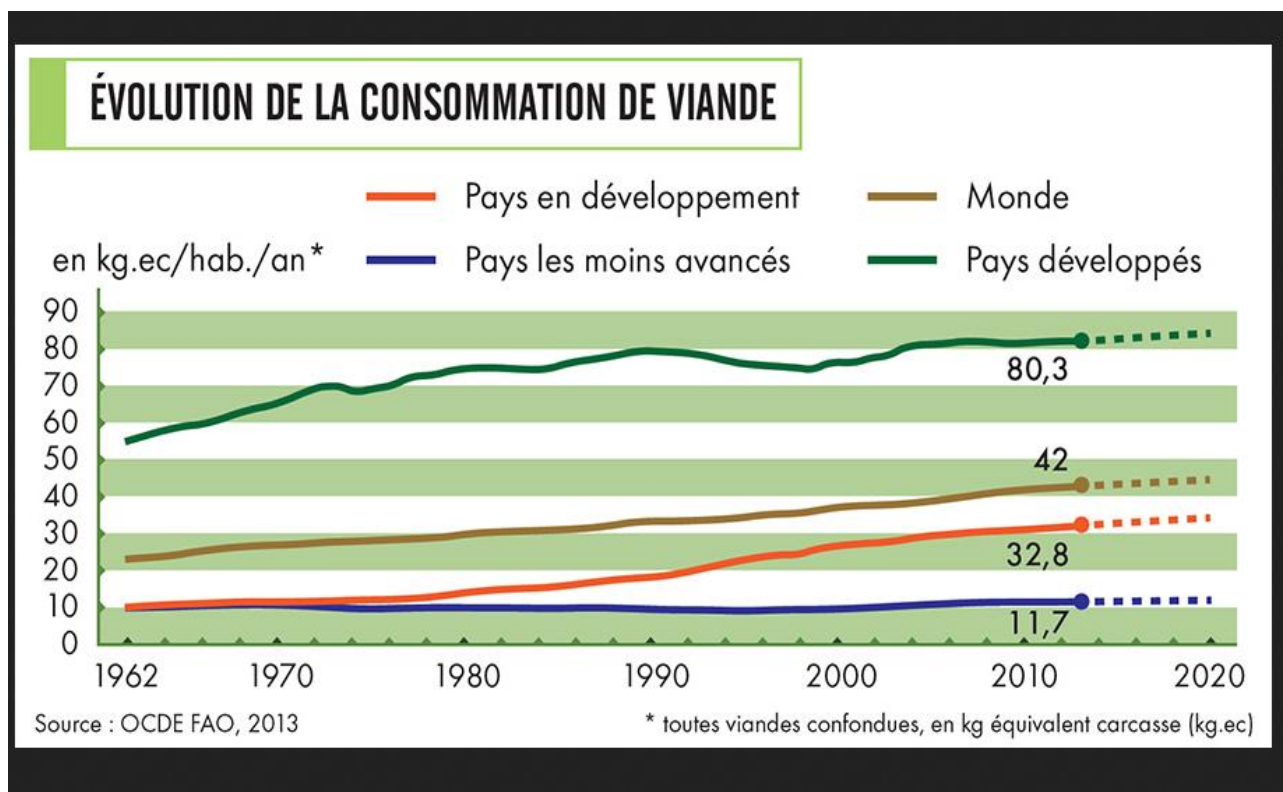
Prix comparés des matières premières des aliments composés du bétail

- Les tourteaux de graines oléo protéagineuses varient de 250 à 450 € par tonne
- La farine d'insectes revient aujourd'hui à environ 2 000 € par tonne

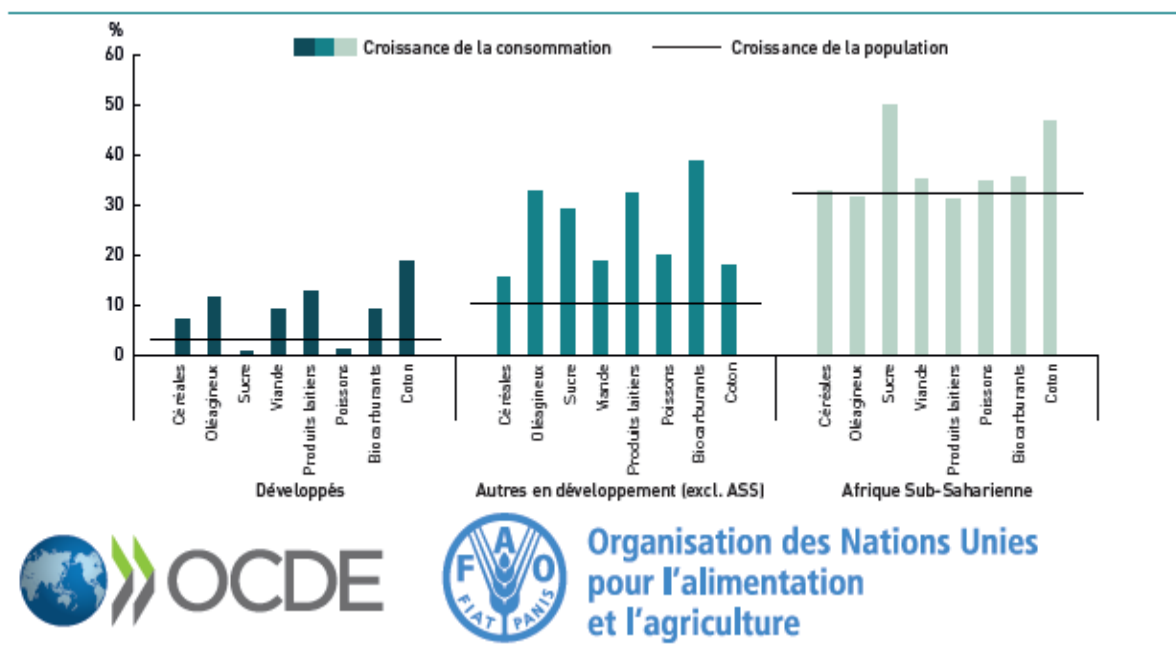
Taux comparés des taux de conversion des animaux d'élevage

Bovin	8 à 10
Lait	2,5
Porc	2,4 à 3,3
Volailles	1,5 à 2
Poissons	1 à 1,5
Insectes	1 à 2,5

Annexe 5 : évolution de la consommation de protéines animales dans le monde



Graphique 1. Augmentation de la consommation par région (2025 et 2013-15)



Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025- OCDE/FAO 201666 évolution consommation de viande

Annexe 6 : bibliographie

1. Insectes comestibles : Perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale
Rapport FAO – 2014
2. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture – Rapport FAO – 2018
3. Rapport d'activité 2018 SNIA
4. Règlement (CE) n° 258/97 du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 1997
relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires
5. Règlement (UE) 2015/2283 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015
relatif aux nouveaux aliments, modifiant le règlement (UE) n° 1169/2011 du Parlement
européen et du Conseil et abrogeant le règlement (CE) n° 258/97 du Parlement européen
et du Conseil et le règlement (CE) n° 1852/2001 de la Commission
6. Règlement (UE) 2017/893 de la Commission du 24 mai 2017 modifiant les annexes I et
IV du règlement (CE) no 999/2001 du Parlement européen et du Conseil et les annexes
X, XIV et XV du règlement (UE) n° 142/2011 de la Commission concernant les
dispositions relatives aux protéines animales transformées
7. Règlement d'exécution (UE) 2017/2469 de la Commission du 20 décembre 2017
établissant les exigences administratives et scientifiques applicables aux demandes visées
à l'article 10 du règlement (UE) 2015/2283 du Parlement européen et du Conseil relatif
aux nouveaux aliments
8. Avis de l'ANSES du 12 février 2015 relatif à la « valorisation des insectes dans
l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires
en lien avec la consommation des insectes »
9. Note de service DGAL/SDSPA/2017-860 du 27/10/2017 utilisation des protéines et
autres dérivés d'insectes dans l'alimentation humaine, dans l'alimentation des animaux
ainsi que pour des usages techniques
10. Note d'information n° 2014-157 DGCCRF commercialisation d'insectes destinés à la
consommation humaine
11. Rapport CGAAER N°18058 de novembre 2018 : Bilan de la politique des pôles de
compétitivité pour le ministère de l'agriculture et de l'alimentation
12. FAO-2013 - Contribution des insectes à la sécurité alimentaire, aux moyens de
subsistance et à l'environnement
13. « Les protéines : un enjeu majeur pour une alimentation humaine et animale durable » -
Les rencontres de l'INRA/SIA 2015
14. INRA-Science & impact- Quel équilibre entre protéines animales et végétales pour une
alimentation durable (SIA 2015)
15. Acceptabilité par les consommateurs des farines d'insectes dans l'alimentation animale:
une enquête en France INRA-Pascale Bazoche et Sylvaine Poret- (work in progress)
16. The European insect sector today : challenges, opportunities and regulatory landscape-
IPIFF vision paper on the future of the insect sector towards 2030

17. Note du service public fédéral belge sur l'état des lieux concernant la commercialisation des insectes ou de produits à base d'insectes en vue de la consommation humaine sur le marché belge après le 01/01/2018
18. Centre d'étude et de recherche sur l'économie et l'organisation des productions animales (céréopa)- la protéine dans tous ses états - Rapport sur l'indépendance protéique de l'élevage français -23 mai 2017
19. Agridées-note d'analyse du 08 janvier 2019: la problématique des protéines pour répondre aux enjeux sociétaux, nutritionnels et économiques en Europe
20. Quel futur pour notre alimentation ? - Pierre Feuillet - éditions QUAE