

21 juillet 2023

# L'AVENIR DES PROTÉINES ALTERNATIVES

I - Un contexte aux interprétations multiples	1
II - État des lieux	2
III - Procédés technologiques et implantation en France	3
IV - Procédures et verrous – Europe et France	4
V - Recommandations à France 2030	4
Annexe	6

Comment seront produites les protéines et d'autres composantes au cours des prochaines décennies pour assurer à l'Humanité une alimentation saine, équilibrée et durable, mais aussi pour des usages liés aux matériaux (cuir artificiel, textiles), aux cosmétiques et aux auxiliaires technologiques (micro-organismes et additifs) ?

## I - Un contexte aux interprétations multiples

Les signaux actuels issus de la recherche, des start-ups, de la prospective et des marchés sont en effet partiellement contradictoires. Ainsi pour l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production de viande doit doubler d'ici 2050 pour satisfaire les besoins des pays en développement. À l'inverse, pour les climatologues, il convient de restreindre notre consommation de viande afin de réduire l'impact de l'alimentation sur le changement climatique. Pour les écologistes, consommer de la viande, c'est en plus gaspiller les protéines végétales, qui servent à nourrir les animaux, et réduire les ressources en eau qui servent à faire pousser les végétaux. Pour les éleveurs, les bovins ont la remarquable capacité de transformer l'herbe en viande et en lait, des aliments bons pour la santé et goûteux. À l'inverse, les nutritionnistes, notent que dans les pays développés, il conviendrait de diminuer la part des protéines dans la satisfaction des besoins en calories et tendre vers une répartition à parts égales entre les protéines animales et les protéines végétales. Enfin, pour les anthropologues, des raisons culturelles, d'impact variable selon les régions du monde, pourraient accroître la part des populations qui refusent ou souhaitent restreindre la consommation de produits carnés.

Face à de telles incertitudes, des solutions s'inscrivant dans la continuité de l'agriculture contemporaine sont proposées : réduire les émissions de méthane des bovins en modifiant leurs rations alimentaires et en sélectionnant des animaux plus performants, produire des légumineuses pour leur consommation humaine directe (pois chiches, lentilles, haricots blancs), fabriquer des simili-viandes ou des produits laitiers avec des protéines de légumineuses (soja, pois, lentilles) préalablement extraites et texturées.

**Des solutions de rupture s'appuyant sur les progrès de la biologie, du numérique et du génie des procédés sont également en cours d'émergence : farines protéinées d'insectes, protéines issues de fermentations dites de précision et « viandes » de culture. Les protéines issues de ces technologies sont qualifiées de protéines alternatives et font l'objet de cette note.**

## II - État des lieux

Les premières usines de transformation des protéines de soja en denrées alimentaires, en particulier la production de simili-viande hachée, ont vu le jour aux États-Unis il y a déjà une cinquantaine d'années. Au cours des années 2010, portés par la tendance à la végétalisation de l'alimentation dans les pays développés, deux groupes français - Roquette (protéines de pois) et Avril (protéines de colza associées la production d'huiles) - ont pris la décision stratégique de produire des protéines de légumineuses ou d'oléo-protéagineux (des produits alimentaires intermédiaires) destinées à des entreprises de deuxième transformation présentes dans le marché des substituts végétaux de produits carnés. La stratégie de ces dernières années a été de proposer des alternatives (viande, lait, produits laitiers artificiels) aux produits animaux naturels (viande, lait, produits laitiers). De plus, d'autres produits, plus innovants, peuvent aussi être issues de ces méthodes. On peut ainsi s'interroger sur la stratégie de ces dernières années visant à commercialiser des simili-produits animaux, dont les formulations sont très complexes, au lieu de mettre en avant les fonctionnalités spécifiques de ces protéines pour concevoir des aliments végétaux originaux.

Aujourd'hui, la France est un leader mondial de la production de farines protéinées d'insectes grâce à trois sociétés Ynsect<sup>1</sup>, Innovafeed<sup>2</sup> et Agronutris<sup>3</sup> qui ont levé à elles trois des montants très significatifs. Ces farines sont prioritairement destinées à l'alimentation animale, mais le marché de l'alimentation humaine est également envisagé. Déjà autorisées aux États-Unis et à Singapour pour l'alimentation humaine, ces technologies sont en instruction d'agrément dans le cadre de EFSA et Novel food, les réglementations européennes en vigueur. Dans ce cadre, une solution européenne est envisageable à un horizon variant de 2 à 4 ans.

Par contre la politique européenne est dispersée entre les pays quant aux protéines alternatives produites par fermentation de précision ou cultures de cellules. Toutefois, l'avenir de cette nouvelle industrie dépendra en grande part de l'impact environnemental (énergie, gaz à effet de serre, eau, nature des intrants pour nourrir les insectes) et du prix de ces nouvelles protéines comparativement aux protéines d'origine agricole destinées à l'alimentation animale. Malheureusement, les données qui permettraient d'établir ces comparaisons environnementales ne sont pas aujourd'hui du domaine public.

De plus, la production d'algues et de micro-algues est un marché bien installé en France, plutôt en croissance, qui apporte aussi des réponses à ces enjeux liés aux protéines : production classique de micro-algues telles les spirulines, production d'ingrédients par culture et extraction à partir des algues.

<sup>1</sup> Ynsect est une entreprise fondée en 2011 à Paris. La société emploie près de 300 salariés et a levé au total plus de 450 millions de dollars dont 160 au début de 2023. En juin 2023, l'entreprise fait partie des lauréats de la première édition du programme French Tech 2030. <https://www.ynsect.com/fr/>

<sup>2</sup> Innovafeed a été fondée en 2016 et intègre en juin de la même année le Genopole d'Évry. En janvier 2021, dans le cadre du plan de relance, InnovaFeed bénéficie d'une subvention de 4,5 millions d'euros pour agrandir son site de production avec l'ambition de doubler son nombre de salariés. Fin novembre 2020, l'entreprise annonce avoir choisi un nouveau site de production à Decatur aux États-Unis. Le projet réalisé en partenariat avec ADM a pour ambition la construction de la plus grande usine de production de protéines d'insectes au monde. En septembre 2022, Innovafeed lève 250 millions d'euros, puis en février 2023, la startup rejoint le Next40. <https://innovafeed.com/>

<sup>3</sup> L'entreprise Agronutris est fondée en 2011, son siège et son centre de recherche sont basés à Saint-Orens, au sud-est de Toulouse. En 2021 la construction d'une usine est lancée dans le nord-est de la France, à Rethel. La société est composée de 59 personnes. <https://www.agronutris.com/>

### III - Procédés technologiques et implantation en France

Les procédés technologiques actuellement utilisés pour la production de protéines alternatives sont principalement la fermentation de précision pour des ingrédients ou molécules d'intérêt et la culture de cellules pour la viande de culture (ou d'autres produits classiquement d'origine animale)

**La fermentation de précision** utilise des microorganismes (bactéries, levures, champignons filamenteux) pour produire des protéines animales (principalement), voire d'autres constituants cellulaires. Elle comprend trois étapes essentielles : réécriture du génome de microorganismes pour leur conférer la capacité de synthétiser une nouvelle protéine (caséine ou lactalbumine du lait, ovalbumine des œufs), multiplication et croissance de ces microorganismes dans des bioréacteurs, isolement/extraction et purification des protéines. Comme les protéines de soja ou de pois, ces protéines sont destinées aux industries de deuxième transformation, la fromagerie par exemple. Il existe quelques start-up françaises (Standing Ovation<sup>4</sup>, Bon Vivant<sup>5</sup>, Nutropy<sup>6</sup>) à avoir investi ce domaine. D'autres projets concernent d'autres types d'ingrédients ou d'agents technologiques.

Toutefois, dans ce domaine, la France est loin de jouer dans la cour des grands alors que les analystes s'accordent à reconnaître que ce secteur, en plein développement, pourrait occuper une place majeure au sein du système alimentaire à partir des années 2030<sup>7</sup>. L'un des paradoxes français est que nos formations de scientifiques et ingénieurs sont reconnues comme étant au meilleur niveau, mais que les réalisations des cerveaux français se déroulent essentiellement à l'étranger.

**La fabrication de viandes de culture**, cas particulier de ce qu'il est possible de faire par culture de cellules souches, comporte quatre étapes : l'obtention et la conservation de cellules souches, leur culture dans des bioréacteurs, l'isolement des fibres musculaires et leur association avec des matières grasses, du collagène, des aromatisants et des colorants. Le premier amas de cellules musculaires qualifié de viande hachée date de 2013. Le gouvernement de Singapour a accordé la première autorisation de mise sur le marché en 2021 (nuggets de poulets). Une centaine de start-up, principalement nord-américaines et israéliennes, attendent des autorisations de commercialisation ; déjà, la Food and Drug Administration a émis un avis favorable préalable à la fabrication de sticks de poulet (labellisation Generally recognized as safe GRAS)<sup>8</sup>.

La France est très peu présente sur ce créneau en dépit des start-up Gourmey, Bon vivant qui font exception ; mais celles-ci visent un marché haut de gamme, plus rémunérateur, avec par exemple un substitut de foie gras. Les trois points clé de cette technologie sont la mise au point de milieux de culture qui soient à la fois bon marché et autorisés pour fabriquer des denrées alimentaires, ce qui permet d'écartier le recours au sérum de veau fœtal et ainsi d'éviter des questions éthiques et de santé, la conception de bioréacteurs et la « reconstitution » des propriétés sensorielles et de la valeur nutritionnelle du produit naturel. Ici encore d'autres produits (lait...) que la viande sont visés par des innovations.

<sup>4</sup> <https://www.standing-ovation.co/>

<sup>5</sup> <https://bonvivant-food.com/>

<sup>6</sup> <https://nutropy.com/>

<sup>7</sup> Le rapport de juillet 2022 Boston Consulting Group (BCG) et Blue Horizon souligne un marché en très forte croissance, une large adhésion des populations mondiales vis à vis de ces sources de protéines, un impact estimé en termes de gaz à effet de serre fortement réduit et un impact sur l'emploi favorable (trois fois plus que les autres secteurs).

<sup>8</sup> Autorisation accordée par le ministère de l'agriculture des États-Unis de la commercialisation du poulet de laboratoire dans les restaurants. 22.06.2023. BFMTV

## IV - Procédures et verrous – Europe et France

Parmi les verrous deux sont clairement identifiés. Le verrou réglementaire est en Europe le cadre « *novel foods* » qui nécessite un niveau de preuves important, à un coût élevé, prend un temps long et est donc un frein au marché. Le projet ferment du futur s'est positionné pour des améliorations des technologies fermentaires à finalité d'alimentation sans avoir à s'inscrire dans des demandes d'autorisation « *novel foods* ». Le second verrou réside dans la succession des preuves de concept. Il y a un manque de capacité de démonstration et de passage à l'échelle avec trop peu de plateformes dédiées.

## V - Recommandations à France 2030

France 2030 à travers ses actions de soutien à la recherche et le SGPI via ses actions d'orientation font une place aux questions relevant de la fermentation (ferments du futur notamment), mais prennent encore peu en compte les voies nouvelles juste esquissées ci-avant.

France 2030 apporte déjà son soutien à des projets ayant pour objectifs :

- l'émergence d'une offre compétitive de protéines de légumineuses et oléo-protéagineuses avec, par exemple, le tout récent projet collaboratif recherche publique/industrie « AlinOVeg » visant à développer une filière française de ressources de protéines végétales (pois et féverole) et à proposer des solutions alternatives saines et durables aux produits laitiers ;
- la diversification des sources de matières premières protéiques pour l'alimentation, par les algues, les insectes, les micro-organismes, des coproduits de filières agricoles riches en protéines, en incluant les contraintes économiques, environnementales, énergétiques sanitaires et sociales (sensorialité et acceptabilité des nouveaux aliments).
- L'amélioration de technologies existantes : ferments du futur.

Mais l'activité des autres pays, en Europe ou hors Europe, est dense avec des investissements privés (voir *Annexe*) et publics considérables qui visent à installer une économie nouvelle basée sur la production d'ingrédients (fermentation de précision) ou d'alternatives à des produits (culture de cellule) qui pourraient concurrencer demain des voies de production classiques.

En effet, des centaines de millions de dollars ou équivalents, d'origines gouvernementales et privées, sont investis aux Pays-Bas, en Israël et aux États-Unis pour soutenir la recherche publique et un nombre régulièrement croissant de start-up font le pari d'un brillant futur pour la fermentation de précision et les « viandes » de culture (voir *Annexe*). Dans ce contexte, le récent rapport de la commission des affaires économiques du Sénat, *Aliments cellulaires : être vigilant pour mieux encadrer et maîtriser la technologie*<sup>9</sup> souligne ces enjeux et **insiste sur la place que la France devrait jouer en soutenant la recherche dans ces domaines.**

La France n'est que très peu présente dans ces deux secteurs alors que ces nouvelles sources de protéines alternatives pourraient significativement marquer le paysage de la production de protéines destinées à l'alimentation humaine à partir des années 2030. **Elle prend donc le risque d'être absente de ce qui pourrait être demain un secteur industriel majeur au sein du système alimentaire.**

<sup>9</sup> Rapport d'information n° 504 (2022-2023) du 5 avril 2023, *Aliments cellulaires : être vigilant pour mieux encadrer et maîtriser la technologie*, par Olivier Rietmann et Henri Cabanel. <https://www.senat.fr/rap/r22-504/r22-504.html>

Les réticences citoyennes et politiques face à de « nouveaux aliments » qui n'entrent pas dans le schéma traditionnel de la culture alimentaire française et font appel à des procédés de fabrication considérés comme « non-naturels » sont sans doute l'une des raisons de cette frilosité.

L'Académie des technologies recommande des soutiens pour les domaines identifiés dont l'optimisation et l'appropriation permettraient aux industriels français de :

- a. **Consolider leur avance** : fabrication de milieux de cultures des cellules souches de « qualité alimentaire » et peu coûteux ;
- b. **Rattraper leur retard et conserver le contrôle** de leur développement sans dépendre de brevets étrangers :
  - **viandes de cultures** : optimisation des procédés de séparation des fibres musculaires produites dans les bioréacteurs, transformation des fibres musculaires en simili-produits carnés (maîtrise des nouvelles matrices alimentaires).
  - **fermentation de précision** : obtention de nouveaux microorganismes adaptés à la fabrication industrielle de protéines d'intérêt, optimisation des procédés d'isolation et de purification de ces protéines, conception de nouveaux aliments protéinés.
- a. **Disposer de capacité de démonstration et de passage à l'échelle**, étape indispensable dans une stratégie industrielle.

En outre, la recherche publique ne s'est guère investie dans ces deux secteurs alors que l'appel à ses compétences permettrait d'aider les start-up qui s'y engageraient.

L'Académie rappelle par ailleurs que le passage des essais de laboratoires au stade pilote, puis industriel, demande des efforts financiers très importants. Pour les essais pilotes, la construction de nouvelles plateformes similaires à celle existante (ARD) devrait être encouragée. Pour préparer le passage au stade industriel, un inventaire des capacités de fermentation mobilisables mériterait d'être entrepris.

De plus, à l'international, une participation attentive des experts français aux instances décisionnaires européennes en matière de réglementation et d'autorisation de ces nouveaux aliments est par ailleurs nécessaire.

Enfin, il convient de souligner que le recours à ces nouvelles ressources en protéines ne doit pas masquer la nécessité de poursuivre une politique de soutien à l'élevage en France.

## Annexe

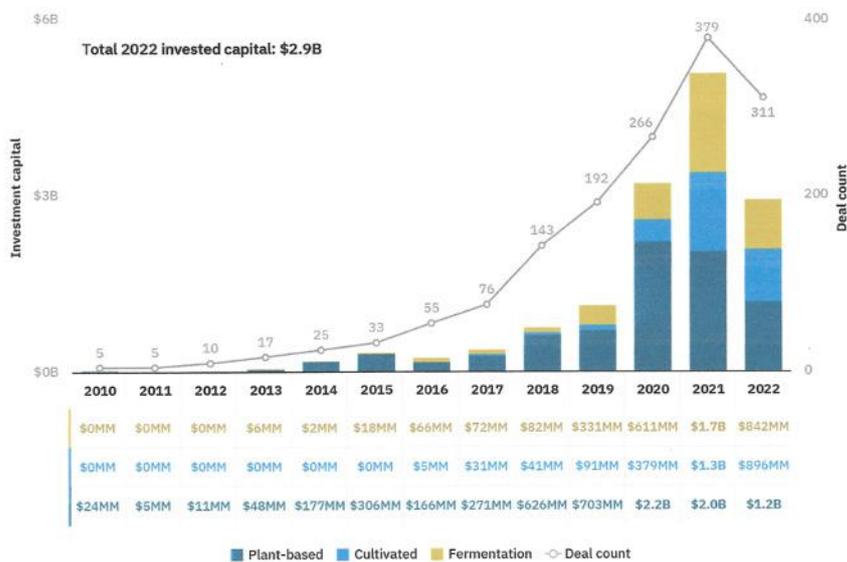
### Investissement du « private equity » dans le domaine des protéines alternatives dans le Monde

Les données présentées ci-dessous sont toutes issues des études du *Good Food*. Institute (<https://gfi.org>), des bases de données de PitchBook (<https://pitchbook.com>) et de celles de Crunchbase (<https://crunchbase.com>). Elles ne concernent que les investissements dans des sociétés non cotées, remarque d'importance pour le segment des protéines d'origine végétale, le plus mature, car cela introduit un biais qui est précisé.

L'investissement dans les start-up innovantes du domaine des protéines alternatives est généralement réparti en trois segments :

- Les protéines d'origine végétale, le plus mature
- Les protéines d'origine animale, le plus récent
- La fermentation dite de précision. La dynamique la plus importante en investissement

L'évolution de l'investissement dans ces domaines se résume par le graphique suivant :



Source: GFI analysis of data from PitchBook Data, Inc.



Quelques points saillants :

- 14,2 mds\$ ont été investies de façon cumulative dans des start-up des protéines alternatives entre 2010 et 2022 ;
- le domaine représente cependant moins de 1 % de l'investissement global du capital risque (681 mds\$ en 2021). Par contre, il connaît une très forte progression depuis 10 ans avec un point d'inflexion en 2019/2020 ;
- la décroissance observée sur l'année 2022 est générale dans tous les domaines (-35 % pour l'investissement du capital risque globalement). Elle est principalement due à un retournement conjoncturel au second semestre de l'année ;
- les domaines de la « viande cultivée » et de la fermentation de précision restent cependant en croissance entre 2020 et 2022 ;
- les États-Unis représentent au moins 70 % des investissements ; 90 % dans le cas de la fermentation de précision ;
- les « corporate VCs » sont présents dans 30 à 60 % des contrats depuis 2017.

**Les Protéines d'origine végétale** constituent le segment le plus mature avec des ventes atteignant aux États-Unis : 2,8 mds\$ pour le « lait », 1,4 mds\$ pour la « viande », sur un total de 8 mds\$. Le chiffre d'affaires mondial est de 28 mds\$ (hors œufs).

Les grands groupes confirment leur présence dans ce domaine d'activité : Cargill, Kraft Heinz, PepsiCo, Nestlé, ADM, Kroger, Lactalis, Tyson, ABInBev... Ils interviennent en direct, mais aussi en partenariat avec des start-up à l'instar de PepsiCo et de Beyond Meat ou par l'intermédiaire de leur fonds *corporate*.

Les chiffres présentés doivent être complétés des montants levés lors des introductions en bourse, ainsi en 2021 la « mega » introduction en bourse (IPO) de Oatly lève à elle seule 1,43 mds\$. Dans le même temps, on assiste aux premières acquisitions d'envergure, comme en France, avec 4 opérations recensées pour un total de 99 mns\$ (1/3 de l'Europe)

Le segment le plus récent concerne **les protéines d'origine animale** avec, derrière les États-Unis, une surprenante place de numéro 2 pour Israël (6 opérations de financement recensées pour 92 mns\$). Les premières levées significatives datent de 2021 avec intervention de grands fonds internationaux.

Au niveau légal, on note en 2022, après Singapour en 2021, une première autorisation de mise sur le marché aux États-Unis pour UPSIDE Foods et son « poulet cultivé ». En France, une opération (Gourmey) est recensée pour un montant de 48 mns\$, pour un total de 121 mns\$ en Europe avec 18 opérations)

Enfin, **la fermentation de précision** est un domaine quasi exclusivement localisé aux États-Unis (1,5 mds sur un total mondial de 1,7 mds\$ en 2021). Cette activité fait l'objet d'un intérêt croissant également des grands fonds internationaux tels Temasek, BlackRock, Canadian Pension Plan, etc ...

En France 8 opérations ont été recensées à fin 2022 pour 11 mns\$, sur un total de 233 mns\$ pour 34 opérations en Europe.