



La "viande...cellulaire" : Est-ce possible ? Est-ce bon ? Est-ce acceptable ?

Compte-rendu du colloque organisé par l'Académie d'Agriculture de France et l'Association Française de Zootechnie en partenariat avec l'Académie Vétérinaire de France et la Société Française de Nutrition

Mots-clés : viande, muscle, culture de cellules

Auteurs : Jean-François Hocquette¹, Marie-Pierre Ellies-Oury², Michel Duclos³, Béatrice Morio⁴, Claude Allo³, Hervé This^{3,5}

* E-mail de l'auteur correspondant : jean-francois.hocquette@inrae.fr

¹ Association Française de Zootechnie, 16 rue Claude Bernard, 75005 Paris

² Bordeaux Sciences Agro, 1, cours du Général de Gaulle, CS 40201 - 33175 Gradignan Cedex

³ Académie d'Agriculture de France, 18, rue de Bellechasse, 75007 Paris

⁴ Société Française de Nutrition, 23 rue du Départ, boîte 37, 75014 Paris

⁵ Centre international INRAE-AgroParisTech de gastronomie moléculaire et physique, UMR 0782

L'Académie d'Agriculture de France et l'Association Française de Zootechnie ont organisé le 18 novembre 2021, en partenariat avec l'Académie Vétérinaire de France et la Société Française de Nutrition, une journée d'étude sur ce qui est parfois nommé « viande cellulaire ». Cet article en résume les interventions et les débats.

Résumé :

Bien que les enjeux concernant l'agriculture, l'alimentation et l'environnement fassent consensus, les innovations introduites pour y répondre sont variées. Parmi celles-ci, ce qui est parfois nommé « viande cellulaire » soulève de nombreuses questions, auquel ce colloque a tenté de répondre en partie, en croisant les avis de deux-start-ups du secteur et d'experts français de l'agriculture, de l'élevage et de l'alimentation humaine. Alors que la culture de cellules musculaires est une technique bien connue, de nombreux verrous techniques et économiques restent à lever pour passer à une production à grande échelle. Bien que le coût des tissus produits ait diminué et continue à baisser, il reste trop élevé pour être concurrentiel. De surcroît, les scientifiques sont demandeurs d'informations précises à partager, notamment sur la composition des milieux de culture et celle des produits, ainsi que sur l'efficacité des techniques de production. Plusieurs avis ont été exprimés pour souligner que ces produits ne pouvaient prétendre à la dénomination viande, tant du point de vue biologique que sémantique et légal. Au regard de la réglementation communautaire, ils sont considérés comme des « nouveaux aliments ». Concernant l'impact environnemental ou encore la composition des produits ainsi fabriqués, il est difficile d'y répondre, car peu de travaux scientifiques sont disponibles ou concluants. Les débats ont porté sur les connaissances disponibles, les hypothèses rassurantes ou encore les inquiétudes exprimées par les experts, notamment par comparaison avec d'autres solutions proposées pour nourrir l'humanité (comme réduire le gaspillage alimentaire, ou revoir nos pratiques agricoles et nos habitudes alimentaires). Dans ce contexte, qui doit aussi prendre en compte le bien-être animal et la question de la place de l'animal dans la société, le niveau d'acceptation potentielle de la « viande cultivée » par les consommateurs reste encore difficile à estimer.

Abstract: "Cellular Meat": Is it possible? Is it good? Is this acceptable?

Although there is a consensus about the challenges in agriculture, food and environment, the innovations developed to respond to them are varied. Among these, "cultured meat" is a subject that raises many questions to which this conference attempted to answer in part by combining the opinions of two start-ups in the sector and of French experts in agriculture, animal husbandry and human nutrition. While culture of muscle cells is a well-known technique, many technical and economic obstacles remain to be solved in order to move to large-scale production. Although the cost has been reduced and will continue to decrease, it is still high to be competitive. In addition, scientists from academic research are asking for precise information to share, in particular about the composition of culture media and of products, as well as production efficiency. Several opinions were expressed to stress that these products could not be called "meat" from a biological, semantic and legal point of view, as well as under Community regulations, they are considered as "novel foods". Regarding the environmental impact or the composition of the products, it is difficult to give precise answers because only a few academic research studies are available or conclusive. The debates focused on the available knowledge, reassuring hypotheses or concerns expressed by experts, in particular by comparison with other solutions suggested to feed humanity (such as reducing food waste or changing our agricultural practices and our eating habits). In this context, the issue of animal welfare is also central as well as the level of potential acceptance of "cultured meat" by consumers, which is still difficult to estimate.

INTRODUCTION

Des techniques de culture cellulaire, initialement mises au point pour des applications médicales, deviendront-elles le nouvel instrument de l'industrie agroalimentaire pour produire des « cellules musculaires cultivées », ce que certains nomment « viande cellulaire » ou « viande de culture » ?

Depuis la présentation, en 2013, du premier tissu musculaire cultivé *in vitro* à visée alimentaire, les annonces se multiplient. L'autorisation de vente de nuggets issus de la production *in vitro* de tissu musculaire de poulet a été annoncée en 2020 à Singapour. En quelques années, le nombre de start-ups qui s'y intéressent a notablement augmenté, captant des financements notables (Guan *et al.*, 2021). Les grandes entreprises alimentaires mondiales et la « Tech » s'y impliquent. Les producteurs sont optimistes sur les perspectives : ils annoncent une production de masse d'ici 5 à 10 ans, visant l'imitation, sous différentes formes, de la chair des animaux terrestres ou aquatiques.

Malgré les incertitudes qui subsistent (nutritionnelles, économiques, sensorielles, réglementaires, etc.) (Fraeye *et al.*, 2020), ces produits sont parfois présentés comme des réponses aux critiques envers l'élevage, ainsi qu'aux questions de sécurité alimentaire mondiale. Ils sont aussi parfois évoqués comme des pistes pour assurer la transition nutritionnelle, particulièrement dans les pays en développement. Est-ce une réalité ? ou au contraire une utopie ?

I. PRESENTATION DE L'ETAT DE L'ART : TECHNIQUES UTILISEES, PRODUITS, STRATEGIES D'ENTREPRISE ET PERSPECTIVES

Cette session, animée par Claude Allo de l'Académie d'Agriculture de France, était organisée autour de quatre exposés.

Céline LAISNEY, directrice du Cabinet AlimAvenir s'est tout d'abord posé la question de la place des tissus musculaires cultivés dans l'alimentation du futur.

La « viande cellulaire » entend répondre à divers défis qui se poseront de façon croissante dans les prochaines années : nourrir une population en croissance, limiter les émissions de gaz à effet de serre et la déforestation, prendre en compte la question animale, éviter les épizooties, etc.

Depuis une dizaine d'années, la technique de culture *in vitro* de cellules musculaires a fait d'énormes progrès, et de nombreuses start-ups se sont lancées sur tous les continents, recevant pour certaines des financements importants d'investisseurs privés et de gouvernements (Guan *et al.*, 2021). De grands groupes de l'agroalimentaire, ainsi que des acteurs majeurs du secteur de la viande, s'y intéressent sérieusement.

Alors qu'un premier pays, Singapour, a donné son feu vert à la commercialisation d'un produit à base de poulet « cultivé », que d'autres pourraient lui emboîter le pas et que des sites pilotes de production se construisent à travers le monde, il convient de se demander : quels sont les atouts et les limites de la « viande cellulaire » par rapport aux autres techniques de production de protéines ? En effet, ces produits devront se faire une place à côté des produits à base de protéines végétales existants (et à venir), mais aussi à côté de ceux issus des autres pistes qui sont explorées : algues, insectes, mycoprotéines, protéines issues de

Le sujet, controversé, pose des questions de société majeures. Il interpelle tout particulièrement les professionnels des filières de l'élevage et les consommateurs. Au moment où les systèmes alimentaires sont à l'ordre du jour du sommet des Nations Unies, ce colloque avait pour objectif de présenter l'état actuel de l'art en matière de cultures de cellules musculaires et d'instaurer un dialogue scientifique, ouvert et argumenté à propos des questions posées, clairement exposées.

Après une introduction par Jacques BRULHET, président de l'Académie d'Agriculture de France, les interventions de la première demi-journée du colloque ont été consacrées à l'analyse de l'existant : état des projets en cours, évolution des procédés, caractéristiques des produits existants, stratégies des entreprises et perspectives, avec le témoignage d'acteurs majeurs de start-ups étrangères.

L'après-midi, les grandes questions que posent le développement éventuel de cultures musculaires à visée alimentaire ont été débattues dans trois tables rondes coordonnées par Eric POUDELET (Académie Vétérinaire de France) : (1) y-a-t-il un avantage alimentaire et environnemental comparé à l'élevage ? (2) quelles réponses aux questions sémantiques, réglementaires et éthiques ? (3) Finalement qu'en est-il de la qualité nutritionnelle, sensorielle et sanitaire ?

Cet article présente successivement un résumé des conférences et des conclusions des tables rondes.

la fermentation de précision¹, etc. Demain, en effet, les comparaisons se feront moins entre viande et tissus musculaires cultivés qu'entre alternatives aux protéines animales.

Didier TOUBIA, co-fondateur et PDG d'Aleph Farms, a ensuite présenté la stratégie de son entreprise fondée en 2017, et parmi les leaders du secteur. Aleph Farms développe une nouvelle méthode de production de viande (la « culture de la viande »), destinée à compléter un élevage régénératif dans le but de promouvoir un secteur de la viande efficace et durable. Les produits proposés s'obtiennent à partir de la culture de cellules animales récoltées sur une vache en bonne santé, en dehors de l'animal, avec une fraction des ressources, sans antibiotiques ni contaminations, et en évitant les préoccupations liées au bien-être animal associées à l'élevage intensif.

L'équipe de Didier TOUBIA soutient une transition inclusive vers un secteur durable et résilient, où il existe de multiples stratégies agissant de concert avec les acteurs de la viande, les politiques et le système éducatif. L'idée essentielle est d'envisager une approche holistique comprenant : (1) une consommation de viande responsable et l'adoption de régimes alimentaires durables et sains, (2) des pratiques agricoles durables intégrant une innovation incrémentale pour accroître l'efficacité et l'impact environnemental des méthodes de production animales existantes, et (3) une innovation « transformationnelle » qui pourrait compléter les pratiques agricoles conventionnelles, telle que la « viande cultivée » mais sans OGM afin de répondre à la demande des consommateurs européens (Bryant *et al.*, 2020). L'objectif est de proposer des produits dont la structure se rapproche le plus possible du steak.

¹ Fermentation à l'échelle industrielle d'organismes unicellulaires spécialement conçus pour produire des composés particuliers.

La construction d'un site pilote avec une capacité de production de 2 à 4 T/an est en projet.

Gabriel LESVEQUE-TREMBLAY a ensuite présenté la vision de la société Orbillion, basée aux Etats-Unis. Cette société encourage un système agricole plus robuste dans un monde qui demande une alimentation toujours plus locale et riche en protéines.

Bien que la culture cellulaire s'appuie sur différents procédés, celle-ci comprend toujours certaines étapes : cellules, réacteur biologique et production.

A l'international, plus de 90 entreprises sont impliquées dans l'industrie cellulaire et constituent un écosystème complexe (Guan *et al.*, 2021). Plusieurs défis doivent encore être relevés, mais les opportunités sont énormes.

Orbillion envisage une série de nouvelles formes de produits de viande et développe des techniques pour atteindre cet objectif. L'entreprise met au point, à partir de cellules issues de différentes espèces et races, dont le bœuf de Wagyu, l'agneau, le bison et l'élan, des produits sous forme de saucisses, merguez, « pains de viande ». Elle entend se situer sur un créneau de « qualité supérieure » et contribuer ainsi à démocratiser l'accès à des produits haut de gamme et augmenter l'indice de diversité alimentaire.

Marie-Pierre ELLIES-OURY, de Bordeaux Sciences Agro, a ensuite décrit la vision de la recherche scientifique avec deux contributeurs : Sghaier CHRIKI, de l'ISARA, et Jean-François HOCQUETTE, de INRAE.

Ce qui est appelé « agriculture cellulaire » est présenté comme une branche scientifique à l'intersection de la biologie et de l'agriculture ayant pour but de rechercher des versions

« biologiquement analogues » aux produits animaux. Les diverses techniques associées permettent la production de nouveaux produits à partir de cellules plutôt que d'animaux. Si cette nouvelle branche industrielle semble pouvoir contribuer, selon ses promoteurs, à la résolution des problèmes associés à l'élevage industriel, elle suscite de nombreux questionnements, notamment concernant la production de ce qui est appelé « viande cellulaire » et qui a fait l'objet de cette présentation.

L'objectif de cet exposé a donc été de faire l'état des lieux des connaissances scientifiques actuelles et validées par la communauté scientifique sur la culture de cellules musculaires pour produire un analogue de viande. Cet exposé a abordé les aspects techniques (et notamment des verrous à lever pour permettre une production industrielle), sémantiques (dénomination de ce produit et législation), éthiques, environnementaux (production de gaz à effet de serre, consommation d'eau, utilisation des terres), et également les qualités sanitaire, sensorielle et nutritionnelle.

L'acceptabilité potentielle et les attentes des consommateurs quant à ce nouveau produit, et notamment l'utilisation du terme « viande » pour le qualifier, ont été explicitées à travers les résultats d'une récente enquête réalisée sur la perception de ce nouveau produit notamment auprès de consommateurs français, brésiliens et chinois avec plus de 4500 personnes interrogées par pays. Alors que les enquêtes d'acceptabilité sont peu robustes, puisque le produit est encore en développement, il est toutefois observé un faible consentement à payer par rapport aux produits concurrents. Les consommateurs sont souvent prêts à goûter par curiosité mais moins enclins à en consommer régulièrement (Hocquette *et al.*, 2021 ; Liu *et al.*, 2021 ; Chriki *et al.*, 2021).

II. DEBAT SUR LES QUESTIONS POSEES PAR LA CULTURE DE CELLULES MUSCULAIRES A VISEE ALIMENTAIRE

II.1. Débat 1 : Y a-t-il un bénéfice environnemental comparé à l'élevage ?

La reproduction *in vitro* de viande est décrite, par ses concepteurs, comme moins impactante sur l'environnement et le climat et plus durable que la viande, dans la mesure où elle produirait moins de gaz à effet de serre (GES), consommerait moins d'eau, et utiliserait moins de terres (Tuomisto et Teixeira de Mattos, 2011). Dans la 1^{ère} table ronde, animée par Marie-Pierre ELLIES-OURY, Eric BIRLOUEZ (sociologue de l'alimentation), René LAPORTE (Académie de la viande) et Gabriel LESVEQUE-TREMBLAY (Orbillion Bio) ont été sollicités pour éclairer la question du bénéfice environnemental de ce produit, en comparaison de la viande issue de l'élevage.

Tout d'abord, l'impact environnemental est un élément important de l'acceptabilité des consommateurs vis-à-vis de cette technique. Néanmoins, il faut rappeler que les enquêtes sur l'acceptabilité des consommateurs doivent être analysées avec précautions en fonction de la méthodologie utilisée. En effet, dans la plupart des enquêtes, les autres solutions concurrentes de la culture *in vitro* de cellules musculaires ne sont que rarement mentionnées. Le prix n'est généralement pas pris en considération, alors même que ce critère est déterminant dans l'acte d'achat. De même, la volonté de goûter est souvent confondue avec le désir de consommer régulièrement le produit. Aussi, est-il indispensable d'étudier en préalable la formulation

des questions afin de pouvoir conclure sur la perception des consommateurs.

Une fois cette mise au point réalisée, on peut toutefois apprécier l'évolution de la perception de cette technique au cours des dernières années. Ainsi, dans un passé récent (2 ou 3 ans tout au plus), « il nous semblait que ce n'était pas demain la veille que nous allions manger de la viande cellulaire ». Les raisons semblaient nombreuses : (1) l'importance de la viande dans le patrimoine culturel et le fait que les consommateurs français, s'ils consomment moins de viande qu'avant, ne sont pas pour autant prêts à y renoncer, (2) la part limitée de végétariens et végétaliens, (3) la montée en puissance des attentes de naturalité et la recherche d'aliments sains et peu transformés.

Ces certitudes ont cependant été ébranlées depuis quelques mois, en raison notamment d'une accélération dans le changement d'attitude des Français. Ainsi, par exemple, le questionnaire des étudiants permet de noter quelques réflexions intéressantes témoignant des perceptions des jeunes vis-à-vis la « viande cellulaire ». Ceux qui ne sont pas coutumiers avec cette technologie l'associent à : (1) « des animaux élevés comme on cultive les légumes, c'est à dire serrés les uns contre les autres », (2) « des protéines cultivables soi-même dans son jardin » ou encore, (3) « des animaux nourris sans pesticide » ... En revanche, si ceux qui ont déjà entendu parler des reproductions *in vitro* de viande manifestent plutôt un

refus ou tout du moins un certain scepticisme vis-à-vis du produit, ils s'accordent tout de même sur certaines qualités potentielles associées à la viande de culture, notamment le respect des animaux (fin de la souffrance animale) et le respect de l'environnement ou encore le fait que ce soit probablement une technologie d'avenir permettant d'obtenir une « viande » propre. L'avantage environnemental que présenterait les produits à bases de cellules musculaires cultivées semble assez partagé par les différents consommateurs, qu'ils aient ou pas l'intention d'en goûter ou d'en acheter. On peut donc conclure qu'il existe un partage relativement équilibré entre une image positive et négative de cette technique. La plupart des consommateurs seraient donc probablement prêts à goûter, mais un consensus semble se dégager sur l'idée que cette technique n'est pas la solution prioritaire pour résoudre la faim dans le monde. C'est d'ailleurs bien le positionnement de Didier TOUBIA (Aleph Farm) et de Gabriel LESVEQUE-TREMBLAY (Orbillion Bio), qui considèrent que les produits à base de cellules musculaires cultivées seront bien un choix supplémentaire pour le consommateur, à côté de la viande issue de l'abattage, mais qu'elle n'a absolument pas vocation à la remplacer. Ces start-ups visent d'ailleurs plutôt un marché de niche haut-de-gamme qu'un marché de produit « tout-venant », dans un premier temps.

Si la génération et le niveau d'instruction semblent être des facteurs déterminants vis-à-vis de la perception de cette technique, on peut faire l'hypothèse qu'il est probable que les produits incluant des cellules musculaires cultivées feront effectivement partie du paysage des produits alimentaires accessibles en France d'ici une dizaine d'années.

Concernant l'impact environnemental de la production de viande conventionnelle, il faut tout d'abord rappeler les chiffres souvent mal connus : l'élevage contribue de manière notable aux émissions de gaz à effet de serre (GES) avec 14,5% des émissions totales au niveau mondial, notamment par les bovins (5% pour les bovins viande, 3,8% pour les bovins lait). Ainsi, 60% de ces GES sont liés aux ruminants, Parmi ces GES, le méthane entérique (CH₄), dû principalement aux éructations des ruminants, représente à lui seul 40% des émissions (Gerber *et al.*, 2015).

Parmi les différents GES, c'est la limitation des émissions de méthane qui est présentée comme l'avantage le plus important de la viande de culture car le pouvoir réchauffant du CH₄ est supérieur à celui du CO₂. Toutefois, si l'impact environnemental du CH₄ à court terme est largement négatif, il ne faut pas négliger que le CO₂ émis par les cultures *in vitro* de cellules musculaires, a une demi-vie significativement plus longue. Il persistera ainsi plus longtemps dans l'atmosphère, réduisant par-là même l'avantage de cette technique sur le long terme (Lynch et Pierrehumbert, 2019). En outre, cette technique n'est pas dépourvue d'émissions, et le recours aux énergies fossiles n'est pas négligeable pour cette production, ne serait-ce que pour porter à température physiologique les incubateurs où l'on multiplie les cellules.

II.2. Débat 2 : Les questions sémantiques, réglementaires et éthiques

Le débat sur les questions sémantiques, réglementaires et éthiques était animé par Michel DUCLOS (INRAE et AAF), avec la participation de Hervé THIS, chercheur INRAE et professeur consultant à AgroParisTech, inventeur de la cuisine de synthèse, nommée « cuisine note à note », Eric DUMOULIN, sous-directeur de la sécurité sanitaire des aliments à la direction générale de l'alimentation du ministère

Cependant, à côté des émissions de GES, il ne faut pas oublier que l'élevage possède de nombreux atouts (qui vont bien au-delà de la fourniture de produits alimentaires) et qu'il convient de mettre davantage en valeur, notamment la valorisation de l'herbe en protéines digestibles par l'homme, le stockage de carbone des prairies pâturées, le recyclage des coproduits issus de l'industrie agroalimentaire, la réduction des intrants chimique grâce à une bonne valorisation des effluents d'élevage, etc. L'élevage, c'est aussi des paysages et une activité vitale pour de nombreux territoires. Toutes les comparaisons qui ne prennent pas en compte ces aménités relèvent de la tromperie.

Du côté des entreprises qui souhaitent produire des produits incluant des cellules musculaires cultivées, des recherches restent à mener afin de pouvoir conclure avec exactitude quel serait l'impact environnemental de sa production à large échelle. Ainsi, il est difficile actuellement, de faire des calculs dans la mesure où cette technique n'est pas encore appliquée à l'échelle industrielle. Qui plus est, l'influence sur l'environnement ne peut pas être réduite aux émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, afin de faire un bilan exhaustif, il est nécessaire d'évaluer également l'équilibre en matière hydrologique ou encore en termes de biodiversité (et sur ce point, l'élevage n'a rien à se reprocher !). Concernant l'utilisation des terres, il convient de rappeler que, logiquement, dans toute économie qui se développe, l'utilisation des surfaces en faveur de l'agriculture est certes en croissance, mais celle nécessaire au développement des villes et des infrastructures l'est également. Dans ce contexte, la confection de produits qui incluent des cellules musculaires cultivées, par une moindre utilisation des surfaces agricoles, permettrait probablement de limiter l'augmentation de la déforestation selon les défenseurs de cette technique.

Une intervention du public indique que la question principale n'est pas environnementale, mais liée à la construction même de la civilisation humaine. L'agriculture et l'élevage font partie de l'histoire de la société et, à ce titre, il semble difficilement concevable qu'à l'avenir, les aliments proviennent d'une usine. Dans cette logique, une telle situation nous amènerait vers une rupture jamais atteinte jusque-là, précisant que « l'agriculture nous nourrit, elle ne nous alimente pas ». Pour conclure sur ce point, la gastronomie, c'est la culture, c'est ce qui fait la société.

En retour, il est rappelé que l'objectif poursuivi par les start-ups positionnées sur la « viande cellulaire » et présentes à ce colloque, n'est en aucun cas de remettre en cause l'activité d'élevage. L'objectif est en effet de positionner les techniques de culture de cellules musculaires comme une alternative à la production qualifiée « d'industrielle ». A ce titre, un élevage raisonné, respectueux de l'environnement et de l'animal en s'appropriant les pratiques de l'agroécologie tel que nous le développons en France et en Europe n'est en aucun cas remis en cause par ces start-ups.

de l'agriculture et de l'alimentation et Frédéric DENHEZ, ingénieur écologue, chroniqueur et écrivain qui s'intéresse au système alimentaire par ses aspects, agricoles, environnementaux, symboliques et socio-économiques

Les produits en débat, désignés parfois dans le présent colloque comme « viande cellulaire », ont fait l'objet de nombreuses appellations depuis les premiers projets lancés

dans les années 2000 qui mettaient en avant 2 termes, l'un faisant référence au registre technique « protéines musculaires comestibles produites *in vitro* », l'autre à l'émotionnel « steak semi-vivant ». Depuis ces projets pionniers de nombreuses dénominations, listées par Stephens *et al.* (2019), ont été utilisées. Il semble que le mot « viande » souvent associé aux termes « cellulaire » ou « de culture » soit souvent utilisé. Bien qu'il semble désigner le produit et son usage de manière claire pour le grand public, son usage est-il adapté et légitime ou s'agit-il d'un abus qui pourrait induire le consommateur en erreur et contrevenir aux réglementations en vigueur ?

La chimie est une autre voie pour produire un aliment présentant des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles proches de celles de la viande, en se fondant sur les principes de la cuisine « note à note » (This, 2012 ; This, 2016). En effet, d'un strict point de vue physico-chimique, la viande est un gel, composé principalement d'eau, de protéines et de lipides, dont il est simple de produire une réplique chimique par simple mélange de ces composés ; le traitement thermique conduit à un produit d'autant plus analogue à une viande que l'on aura ajouté des composés sapides, odorants, colorants, ou d'intérêt nutritionnel. Quoiqu'il puisse avoir un usage proche de la viande dans un menu classique, de tels produits ont délibérément été nommés autrement que « viande », et, plus précisément, le nom de « dirac » leur a été donné (du nom d'un physicien célèbre, P.A.M Dirac (<https://hervethis.blogspot.com/search?q=dirac>)). Cette idée a notamment été popularisée par un Concours international de cuisine note à note, et des diracs sont déjà produits par des chefs du monde entier. L'objectif ne doit pas être de copier et d'imiter, mais d'inventer des produits nouveaux, en étant loyal dans la dénomination.

Les réglementations françaises et européennes indiquent très clairement que les produits en débat ne peuvent pas être nommés « viande » et s'insèrent dans la catégorie des « nouveaux aliments ». En effet, les viandes sont des produits issus d'animaux décrits dans une liste précise d'espèces et de 5 classes de produits (Règlement 853/2004). Le Règlement n°2283/2015, Article 3 indique parmi les nouveaux aliments « vi) les denrées alimentaires qui se composent de cultures

II.3. Débat 3 : Les questions de qualité nutritionnelle, sensorielle et sanitaire

La production de « viande de culture » est souvent présentée comme étant saine et de bonne qualité nutritionnelle et sensorielle, mais est-ce bien le cas ? Dans la dernière table ronde, animée par Béatrice MORIO (Société Française de Nutrition), Anne-Marie VANELLE (docteure vétérinaire de l'Académie vétérinaire), Jean-Michel LECERF (Professeur et médecin nutritionniste, spécialiste en endocrinologie et maladies métaboliques, Institut Pasteur de Lille) et Didier TOUBIA (cofondateur et PDG d'Aleph Farms) ont débattu de ces questions.

Il a tout d'abord été bien rappelé, en préalable, que la commercialisation d'un nouveau produit en France n'est envisageable qu'après l'obtention d'une autorisation. Celle-ci ne peut être obtenue que si le produit répond à tous les critères de qualité et de sécurité sanitaires. Les étapes comprennent, en premier lieu, l'obtention d'une autorisation européenne selon le règlement 2015 des « Novel Foods ». Celle-ci est délivrée par la commission européenne sur la base d'une analyse scientifique par l'EFSA. Puis chaque pays a sa propre démarche. Pour la

cellulaires ou tissulaires dérivées d'animaux, ..., ou qui sont isolées ou produites à partir de cultures cellulaires ou tissulaires dérivées d'animaux, ...». Ces nouveaux produits doivent être autorisés par l'Union européenne après démonstration de leur innocuité pour le consommateur et de leurs qualités nutritionnelles. En conformité avec le principe de loyauté de l'étiquetage, ce produit devra être désigné par un terme n'induisant pas le consommateur en erreur. Hervé This indique aussi que la dénomination « dirac », qui n'est pas protégée, pourrait s'appliquer aux préparations de « protéines musculaires comestibles issues de cellules » qui font l'objet du débat.

Le débat s'est ensuite intéressé aux questions sociétales plus larges. En effet, les produits issus de la culture cellulaire introduisent un nouveau marqueur de différenciation sociale. Ils intéressent tout particulièrement une frange de population aisée et éduquée, séduite par les discours végétariens, végétaliens, voire végan, dont certains relèvent d'un intégrisme quasi religieux. Le moyen de se différencier socialement est d'autant plus net que les classes populaires revendiquent l'accès à la viande. Ces mouvements constituent un danger ouvrant la voie vers une désincarnation de l'homme en le coupant des réalités naturelles. Une production sans élevage, c'est aussi une plus grande dépendance de notre alimentation vis-à-vis des groupes industriels multinationaux. Ces produits pourraient-ils être l'aboutissement ultime des animalistes qui appellent un monde entièrement artificiel n'utilisant plus la nature et ses produits, en particulier les produits animaux ? Bien que certains dans l'audience pensent que les promoteurs de la « viande cellulaire » s'appuient sur cette mouvance, les entrepreneurs présents le récuse, allant jusqu'à considérer que ce soutien pourrait être dommageable au développement de leurs produits.

Le débat a donc indiqué que les produits à base de cellules musculaires cultivées auraient des difficultés à être diffusés en Europe sous cette dénomination, le terme « viande » étant réservé à une liste finie de produits d'origine animale, et qu'il faudrait donc faire appel à une terminologie spécifique et sans ambiguïté pour ce produit relevant de la catégorie des nouveaux aliments.

France, l'Anses pilote le dispositif national de Nutrivigilance qui collecte les signalements d'effets indésirables liés à certains produits alimentaires comme les nouveaux aliments. L'avis de l'Anses peut potentiellement être différent de celui de l'EFSA.

Dans le cas de produits à base de cellules musculaires cultivées, il faudra prendre en compte la variabilité dans les processus de fabrication, chaque processus étant associé à des risques sanitaires différents. Par ailleurs, la multiplicité des procédés et des composants utilisés sera accompagnée d'un ajustement au fur et à mesure des avancées et de l'identification des limites et des problèmes.

Après cette autorisation, les états membres devront délivrer un agrément sanitaire à chaque usine de fabrication, pour lequel le protocole sera sûrement positionné entre celui utilisé pour les usines en biomédecine et celui utilisé par les vétérinaires dans les industries agro-alimentaires, ce qui constitue une grande nouveauté.

Les risques sanitaires identifiés se situent essentiellement aux phases de synthèse dans les bioréacteurs, qui doivent respecter une totale asepsie, et aux manipulations avant et en

sortie des bioréacteurs, pour lesquelles on peut partir du principe que les risques sanitaires rejoignent ceux d'un système de transformation alimentaire conventionnel.

Les risques de contamination par des bactéries ou des champignons, avant et pendant la culture dans le bioréacteur, sont majeurs. En effet, tout contaminant y trouvera les conditions propices à une vitesse de multiplication très élevée. On peut donc rejoindre le niveau d'exigence médicale pour les cultures de tissus de remplacement. L'avantage d'un bioréacteur est qu'une contamination se traduit par une prolifération très rapide des bactéries qu'on détecte en 2 heures. Le contenu du bioréacteur est alors totalement perdu et il faut procéder à un nettoyage complet.

Les manipulations post-bioréacteur devront se faire dans des conditions proches de celles des salles blanches en raison de l'absence de flore de compétition et du caractère morcelé de la viande cultivée. Les règles de l'HACCP devront s'appliquer aux manipulations, au personnel et au bâtiment.

Sur un autre plan, les produits à bases de cellules musculaires cultivées devront répondre aux exigences de qualité alimentaire tout au long du procédé de synthèse, ne pas présenter de résidus à la sortie des bioréacteurs (antibiotiques, par exemple) et ne pas présenter de risque d'instabilité génétique des cellules nécessitant un contrôle continu de la qualité de la production. Des travaux sont en cours pour valider une culture sans antibiotique, mais qu'en est-il du coût ?

Lors de la table ronde, il a été mentionné que les produits incluant des cellules musculaires cultivées seraient classés comme aliment ultra-transformés (au cas où la classification NOVA 4 serait considérée comme acceptable). Mais pour l'instant, nous ne disposons pas de travaux évaluant son impact sur la santé. De même, nous ne disposons pas d'analyse explorant et comparant sa composition nutritionnelle (au-delà des protéines, en prenant en compte la qualité des lipides, les

CONCLUSION

La « viande cellulaire ». Est-ce possible ? Est-ce bon ? Est-ce acceptable ? Ce sont ces questions auxquelles le colloque organisé le 18 novembre s'est efforcé de répondre.

Alors que les enjeux concernant l'agriculture, l'alimentation et l'environnement font consensus avec la nécessité d'être innovant, la culture cellulaire est promue par une centaine de start-ups dans le monde pour produire ce qu'elles dénomment « viande de culture ». Ce sujet controversé soulève des questions essentielles.

La culture de cellules musculaires est certes possible, mais d'immenses verrous techniques et économiques restent à lever pour passer à une production à grande échelle et pour acquérir des informations précises à partager notamment sur la composition des milieux de culture et celle des produits ainsi que sur l'efficacité de production. Le coût va continuer à baisser, mais il on est encore loin d'une production significative et maîtrisée.

Plusieurs interventions se sont attachées à montrer que ces produits ne pouvaient prétendre à la dénomination « viande », tant du point de vue biologique que sémantique et légal. Au regard de la réglementation communautaire (règlement UE 2015/2283), ils sont considérés comme des « nouveaux aliments » soumis à une demande d'autorisation particulièrement exigeante auprès de la Commission.

Ces produits peuvent-ils être bons pour l'Homme, la planète et les animaux ? Il est difficile d'y répondre, car peu de travaux en libre accès sur leur qualité sanitaire, nutritionnelle

minéraux, les vitamines, etc.) (Fraeye *et al.*, 2020). Il est important de préciser ici que la qualité nutritionnelle d'un aliment ne peut pas se limiter à la somme des nutriments qui le compose. Il est indispensable de prendre en compte l'effet de la matrice sur la digestion et l'assimilation des nutriments (le fer hémique en est un très bon exemple).

Sur le plan sensoriel, la texture et le goût d'une viande de culture seront ajustés par chaque producteur, mais seront probablement assez éloignés de celles des viandes (Fraeye *et al.*, 2020), même si :

1- Les produits incluant des cellules musculaires cultivées pourront être issus d'une co-culture de cellules différentes (incluant des adipocytes) pour recréer une matrice complexe.

2- Il semble que la maturation d'une « viande cellulaire » soit un processus comparable à celui de la viande.

Le risque de produire une matrice protéique *in vitro* est de distendre encore plus le lien affectif qui lie le consommateur à l'aliment et à ceux qui l'ont produit. Comment ne pas craindre qu'une telle rupture sociétale ne s'accompagne d'une « déshumanisation » de l'alimentation ?

Un commentaire de l'auditoire porte sur le positionnement du produit, que l'on pourrait plutôt destiner à la consommation à bas coût, puisque ce sera un produit industriel très répétable, avec (à terme) des qualités sanitaires garanties, mais difficile à positionner comme une « viande de plaisir ». Ce point ne rencontre pas l'approbation des promoteurs qui visent eux à diffuser des produits « haut de gamme ».

De nombreuses questions soulevées au cours de cette table ronde-sont restées sans réponse faute de données ou en raison de connaissances insuffisantes. Il est donc encore trop tôt pour apporter une quelconque conclusion. Des études scientifiques sont attendues avec impatience.

et sensorielle sont disponibles. Des faiblesses potentielles (par exemple, manque de fer et de nutriments essentiels spécifiques à la viande, biodisponibilité de ces nutriments) et des inquiétudes (risque sur la santé lié aux hormones, aux facteurs de croissance et à la maîtrise des agents pathogènes, etc) ont été soulignés, malgré de nombreux effets d'annonce rassurants. De plus, d'autres solutions sont proposées pour nourrir l'humanité (comme réduire le gaspillage alimentaire, adapter nos pratiques agricoles et nos habitudes alimentaires). De même, l'avantage environnemental par rapport à l'élevage, souvent mis en avant par les startups qui fabriquent des produits à base de cellules musculaires cultivées, n'est pas réellement établi. L'avantage environnemental éventuel dépendra beaucoup du mode de production et des sources d'énergie utilisées, et du type de viande et de mode d'élevage avec lesquels la « viande cellulaire » est comparée.

Les citoyens sont certes de plus en plus sensibles au bien-être animal, mais cette question est souvent abordée de façon sommaire. Si des connivences existent entre des acteurs de la « viande cellulaire » et des mouvements animalistes et abolitionnistes pour réduire l'abattage des animaux, ce n'est pas non plus toujours le cas.

Ces nouveaux produits seront probablement acceptables pour les personnes qui souhaitent manger de la viande, mais qui sont sensibles aux controverses liées à l'élevage. Ces produits seront vraisemblablement davantage en concurrence avec les autres alternatives aux protéines animales qu'avec la viande.

Aujourd'hui, la preuve n'a pas été apportée que la « viande cellulaire » puisse répondre à la définition d'un aliment durable (qui doit être bon pour l'homme, la planète, économiquement

viable et accepté socialement) mais ce débat a le mérite de questionner notre relation à l'alimentation dans toutes ses dimensions y compris culturelle et symbolique.

Références :

- Bryant C., van Nek L., Rolland N.C.M (2020). European Markets for Cultured Meat: A Comparison of Germany and France. *Foods*, 9, 1152
- Chriki S., Payet V., Bertilli Pfanzer S., Ellies-Oury M.P., Liu J., Hocquette E., Rezende de Souza J.H., Hocquette J.F. (2021). Brazilian Consumers' attitude towards what is called « cell-based meat ». *Foods*, 10, 2588.
- Fraeye I., Kratka M., Vandeburgh H., Thorrez L. (2020). Sensorial and Nutritional Aspects of Cultured Meat in Comparison to Traditional Meat: Much to Be Inferred. *Frontiers in Nutrition*, 7, 35.
- Gerber P.J., Mottet A., Opio C.I., Falcucci A., Teillard F. (2015). Environmental impacts of beef production: Review of challenges and perspectives for durability. *Meat science*, 109, 2–12.
- Guan X., Lei Q., Yan Q., Xueliang L., Zhou J., Du G., Chen J. (2021). Trends and ideas in technology, regulation and public acceptance of cultured meat. *Future Foods*, 3, 100032.
- Hocquette E., Liu J., Ellies-Oury M.P., Chriki S., Hocquette J.F. (2021). Que pensent les Français de la culture de cellules musculaires pour produire de la viande ? *Viandes et Produits Carnés*, 37, 2, 1.
- Liu J., Hocquette É., Ellies-Oury M.-P., Chriki S., Hocquette J.-F. (2020). Chinese Consumers' Attitudes and Potential Acceptance toward Artificial Meat. *Foods*, 10(2), 353.
- Lynch J., Pierrehumbert R. (2019). Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Frontiers in sustainable food systems*, 3:5.
- Règlement n°2283/2015, Article 3. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853> et <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2283>
- Stephens N., Sexton A.E., Driessen C., (2019). Making Sense of Making Meat: Key Moments in the First 20 Years of Tissue Engineering Muscle to Make Food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 45.
- This H. (2012). *La cuisine note à note, en 12 questions souriantes*, Editions Belin, Paris.
- This H. (2016) What can “Artificial Meat” be?, Note by note cooking offers a variety of answers. *Notes Académiques de l'Académie d'Agriculture de France / Academic Notes from the French Academy of Agriculture*, 6 :1-10.
- Tuomisto H.L., Teixeira de Mattos M.J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental science & technology*. 45:6117–6123.