



Des chercheurs doutent de la pertinence de la production de viande *in vitro*

Une analyse scientifique de l'intérêt et des limites de la viande artificielle

Mots-clés : viande artificielle, alimentation humaine, protéines animales

Auteurs : Bruno Carlhian¹

¹ Agence de Presse Socopag, 9 rue du Buisson Vert, 27130 Verneuil-sur-Avre, France.

* E-mail de l'auteur correspondant : bcarlhian@gmail.com

La production *in vitro* de viande artificielle est présentée par certains scientifiques hollandais ou américains comme la solution pour nourrir l'humanité tout en répondant aux attentes sociétales (bien-être animal, protection de l'environnement, réduction de la faim dans le monde). D'autres experts francophones (surtout de l'INRA) ne partagent pas cet avis.

Résumé :

Les projets de production de viande *in-vitro*, conduits aux Etats-Unis et aux Pays-Bas, ont fait l'objet en 2013 de nombreux articles dans la presse française et de plusieurs documentaires télévisés reflétant un intérêt médiatique très large pour cette question. La production de viande *in vitro* a ainsi été l'un des principaux sujets de questionnement de la presse auprès de plusieurs départements de l'INRA ces derniers mois. Ces interrogations répétées ont enclin un collectif de scientifiques à publier un article synthétisant les principales connaissances sur les antécédents, la faisabilité et les obstacles techniques, sociaux et économiques à la production de viande *in-vitro* à grande échelle. Celui-ci a été coordonné par des chercheurs issus de différents départements de l'INRA. Il a été publié début décembre dans la revue « INRA Productions Animales ». Au-delà des difficultés techniques, économiques, sociales et commerciales, l'article pointe le fait que la perspective d'une production de masse de viande *in vitro* ne répond pas aux enjeux d'avenir immédiat en matière d'alimentation mondiale, d'équilibre nutritionnel ou encore d'impact sur l'environnement.

Abstract: Researchers question the relevance of *in vitro* meat production

Projects to produce *in vitro* meat, conducted in the United States and The Netherlands, have been frequently reported in 2013 in the French press and on French TV reflecting extensive media interest in this issue. Production of *in vitro* meat has been one of the main topics of the press questioning several INRA departments during recent months. These repeated questions prone a group of scientists to publish an article summarizing the main knowledge about the history, feasibility and technical, social and economic barriers to the production of *in vitro* meat on a large scale. It was coordinated by researchers from different divisions of INRA. It was published in early December in the journal "INRA Productions Animales". Beyond technical, economic, social and commercial difficulties, the article points to the fact that the prospect of mass production of *in vitro* meat does not meet the challenges of the immediate future in terms of global power, nutritional balance or impact on the environment.

INTRODUCTION

Deux nouveaux projets de production artificielle de viande en laboratoire, simultanément menés aux Pays-Bas et aux Etats-Unis, connaissent un important retentissement médiatique depuis leur révélation en 2010. Les chercheurs français compétents en matière de viande sont ainsi régulièrement interrogés sur ce sujet, comme récemment dans un documentaire diffusé par la chaîne Arte (1). Cet intérêt a enclin un collectif de chercheurs à coordonner la rédaction d'un article synthétisant les principales connaissances sur le sujet. Une démarche comparable a été menée par des chercheurs des Universités de Floride et d'Arkansas aux Etats-Unis. Leur contribution, publiée dans Meat Science en mai 2013 (2), se focalise sur le traitement médiatique de la « viande artificielle » en Europe et aux Etats-Unis. L'article des scientifiques francophones, rédigé par des chercheurs issus de différentes unités de l'INRA, de VetAgroSup, de l'Université de Clermont-Ferrand, de

l'Ecole vétérinaire de Toulouse et de l'Université de Gand, a quant à lui, été publié début décembre 2013 dans la revue « INRA Productions Animales » (3). Le texte replace le projet de viande artificielle dans son contexte qui est celui d'une critique radicale de l'élevage moderne et de ses inconvénients réels ou supposés. Cet article relate également les expériences antérieures de substitution des protéines animales. L'essentiel de son propos est cependant d'examiner les principes scientifiques et techniques de production de la viande artificielle et d'en expliciter les intérêts et les limites au regard des problématiques liées à la nutrition humaine, aux pratiques modernes de l'élevage et aux comportements des consommateurs. L'article coordonné par l'INRA évoque enfin les alternatives à la viande artificielle pour répondre aux enjeux du futur, alternatives que la médiatisation des projets de viande artificielle a tendance à occulter.

I. LES EXPERIENCES ANTERIEURES ECLAIRENT SUR LES OBSTACLES A LEVER

I.1. Des substituts de viande : une idée ancestrale en Asie, récente en Europe

L'idée de proposer aux consommateurs des steaks artificiels n'est pas nouvelle, rappellent les auteurs de l'article, qui citent les viandes hachées enrichies en protéines végétales, les steaks de protéines végétales et les steaks de protéines « de pétrole ». Ils précisent que si l'idée de fabriquer des analogues de viande à partir de protéines végétales plus ou moins texturées a émergé au début des années soixante dans les pays occidentaux, elle est ancestrale en Asie. De nombreux produits dérivés du soja, subissant une éventuelle fermentation, sont en effet consommés couramment sur ce continent à tradition végétarienne. En Europe, des travaux de recherches sont menés depuis les années 1960 pour valoriser les protéines issues des oléo-protéagineux, en particulier du soja, du colza, du tournesol, du pois, du lupin et de la féverole. L'enjeu est de créer des structures solides organisées, ayant une teneur en protéines supérieure à 15%. Le but principal est de réduire le coût et/ou de contrôler la texture. Dans quelques cas, il s'agit de proposer un analogue de viande, ou substitut, pouvant être cuisiné comme de la viande et ayant des propriétés organoleptiques proches.

L'article évoque le cas du « quorn », nom commercial du seul véritable analogue de viande sur le marché. Il s'agit de mycoprotéines produites par la culture du champignon filamenteux *Fusarium venenatum* ; les hyphes pouvant mesurer quelques centimètres sont agglomérés par un liant tel que le blanc d'œuf, ce qui permet d'obtenir, après chauffage, un aliment protéique solide à texture fibreuse pouvant être cuisiné comme de la viande. L'histoire du développement de ce produit est instructive au regard des projets actuels. « Alors que la technique de production est très simple, peu coûteuse par rapport à celle de la viande in vitro et qu'elle suscite peu d'interrogations au plan sanitaire, il a fallu plus de 20 ans depuis le dépôt du brevet et les premiers développements industriels pour que le « quorn » prenne une part de marché significative, bien qu'encore marginale en comparaison aux viandes », écrivent les auteurs. « Ceci s'explique par le temps nécessaire pour qu'un nouvel analogue de viande soit accepté par les consommateurs, et pour que les autorités publiques délivrent des autorisations de mise sur le marché en se fondant sur des preuves expérimentales tangibles de qualité sanitaire. »

I.2. Les techniques de production de cellules musculaires in vitro

D'un point de vue technique, toutes les étapes de formation du muscle peuvent être reproduites *in vitro*, précisent les auteurs. La culture primaire de myoblastes est en effet utilisée depuis de nombreuses années à des fins de recherche. Le principe consiste à extraire les cellules par digestion enzymatique de la trame conjonctive à partir de muscle prélevé sur un animal (fœtus ou adulte). Ces cellules sont ensemencées dans un milieu adapté à leur survie, leur prolifération et leur différenciation. Pour les muscles d'adulte, des petits morceaux de muscles (explants) sont déposés dans une boîte de Petri contenant du milieu de culture. Les cellules sortent progressivement du tissu et envahissent le fond de la boîte. Elles peuvent alors être repiquées et ensemencées (Cassar-Malek *et al* 1999), puis proliférer dans certaines conditions de température et

d'atmosphère. « Au final, une monocouche de myotubes tapisse les boîtes. On est alors loin d'observer un morceau de muscle avec ses différentes composantes (fibres, tissus conjonctif et adipeux) et encore moins de la viande avec toute sa diversité (morceaux, gras..) et ses propriétés sensorielles et nutritionnelles », précisent cependant les auteurs.

La culture *in vitro* de cellules musculaires est préconisée par certains chercheurs (Datar et Betti 2010, Post 2012) et par le « *In vitro meat consortium* » pour la production de viande. Les recherches visent à développer des techniques d'ingénierie tissulaire pour produire des structures tridimensionnelles (3D). Une start-up américaine, « *Modern Meadow* » (Prairies Modernes) développe une « imprimante 3D capable d'imprimer de la viande ».

II. LES CONTRAINTES TECHNIQUES, ECONOMIQUES ET COMMERCIALES LIEES A LA PRODUCTION DE MASSE

II.1. Les contraintes techniques

Pour la production de viande, la difficulté la plus importante est de produire des cultures à très grande échelle. Le projet américain « *Engineered comestible meat* » distingue deux phases critiques : i) la fabrication de feuillets cellulaires 3D composés de cellules et ii) la maturation de ces feuillets en tissu musculaire par stimulations électriques. L'objectif annoncé est de créer un morceau de viande artificielle propre à la consommation d'une longueur d'un pouce environ (parallélépipède de 2 x 1 x 0,5 centimètres).

Pour l'ingénierie du tissu musculaire squelettique, la production de viande *in vitro* implique toutefois trois autres défis (Langelaan *et al* 2010, Bhat et Bhat 2011a, 2011b).

Le premier défi est d'isoler et de cultiver les cellules appropriées. Or, dans ce domaine, plusieurs verrous techniques restent à lever, relèvent les scientifiques français. Parmi eux figurent i) la disponibilité de lignées de cellules souches d'animaux d'élevage, ce qui n'a jamais été rapporté, ii) la maîtrise de la prolifération de ces cellules et de leur différenciation en myoblastes puis en myotubes, iii) la production à grande échelle de fibres musculaires matures.

Le deuxième défi concerne la formulation des milieux de culture. Pour produire de la viande *in vitro* destinée à la consommation humaine, il faut pouvoir produire à l'échelle industrielle des milieux stériles, sans produit d'origine

II.2. Les contraintes économiques et commerciales

La production industrielle de viande de culture, si elle est théoriquement envisageable, devra ensuite relever deux autres obstacles importants et aujourd'hui insurmontables. Le coût de production d'un kilo de « viande artificielle » est extrêmement élevé, en raison de l'utilisation d'enceintes stériles pour éviter les contaminations microbiennes, d'incubateurs et de bioréacteurs, et de milieux de culture

animale (comme le sérum de veau fœtal classiquement utilisé pour les cultures de cellules) et idéalement de composition définie. Des milieux synthétiques sans sérum (Van Eelen *et al* 1999) ou préparés à partir d'extraits de bactéries ou de cellules de levures (Halász et Lásztity 1991), de champignons (Benjaminson *et al* 2002) ou de micro-algues (Tuomisto et Teixeira de Mattos 2011) ont été proposés.

Enfin, le troisième défi est de produire, en grande quantité, un tissu le plus semblable possible au tissu musculaire des animaux d'élevage (structure, propriétés nutritionnelles...), ce qui n'a encore jamais été rapporté dans la littérature. Au mieux, ce seront des suspensions de myotubes, ou des petites fibres musculaires qui seront obtenues, constituant un tissu d'une épaisseur de moins d'un millimètre. Le produit obtenu (de type viande laminée) présente peu de ressemblance avec de la viande issue d'animaux en termes d'aspect, de texture, de goût, etc. Les hamburgers de viande *in vitro* consommés à Londres en présence de personnalités du monde scientifique, tenaient par exemple leur couleur du jus de betterave et du safran qui y ont été incorporés.

onéreux. Le premier hamburger artificiel aurait ainsi coûté 250 000 euros, selon ses promoteurs.

L'autre obstacle aujourd'hui insurmontable est celui du goût. Le produit obtenu (de type viande laminée) présente peu de ressemblance avec de la viande issue d'animaux en termes d'aspect, de texture, de goût, etc.

III. INTERETS COMPARES DE LA VIANDE ARTIFICIELLE ET DE LA VIANDE NATURELLE

III.1. Du point de vue nutritionnel

Du point de vue nutritionnel, les auteurs s'interrogent sur l'intérêt d'une étape de synthèse de cellules musculaires *in vitro*, par rapport à un assemblage direct des nutriments constitutifs. « *La seule différence entre la consommation d'une viande artificielle et l'ingestion directe des nutriments*

nécessaires à sa fabrication, serait de fournir les acides aminés sous la forme de protéines, principalement sous la forme d'actine et de myosine (les protéines majoritaires du muscle), ce qui ne présente pas une valeur santé particulière », relèvent-ils.

III.2. En termes d'efficacité à nourrir la population

Les auteurs s'interrogent enfin sur la capacité de la viande artificielle à répondre à la hausse attendue de la demande en protéines pour nourrir la population mondiale dans les années qui viennent. « *Si sa seule justification repose sur la production d'une source de protéines*

n'entraînant pas la mort d'un animal, l'utilisation directe dans notre alimentation des ressources végétales disponibles pourrait permettre d'atteindre un équilibre alimentaire satisfaisant sans avoir recours à l'étape supplémentaire d'une synthèse artificielle », estiment-ils.

IV. INTERETS ET LIMITES DE LA PRODUCTION ARTIFICIELLE OU NATURELLE DE VIANDE

Selon ses promoteurs, le principal mérite de la viande artificielle serait de ne pas entraîner les mêmes inconvénients, réels ou supposés, liés à l'activité de l'élevage moderne. Les auteurs de l'article de « INRA Productions animales » se sont donc prêtés à un

bilan comparatif entre la production de viande artificielle et l'élevage dans les principaux domaines mis en avant par ses promoteurs.

IV.1. Les impacts sur le bien-être animal

La viande artificielle affranchit l'homme d'avoir à tuer des animaux. De ce point de vue-là, et dans la mesure où l'on considère qu'il est moralement contestable de tuer des animaux pour les manger, l'avantage va incontestablement à la viande artificielle. Concernant le « bien-être » des animaux, les auteurs de l'article avancent que « *tant qu'il y*

IV.2. Les impacts sur l'environnement

En matière d'impact sur l'environnement, les auteurs contestent le bilan favorable à la viande artificielle avancé par ses promoteurs et dressé par Tuomisto et Teixeira de Mattos (2011). Ils pointent que les calculs ont été réalisés « *alors qu'on ne connaît pas précisément les procédés industriels de production qui seront retenus* » et « *que l'utilisation de facteurs de croissance et d'hormones pour produire la viande artificielle n'est pas évoquée par les auteurs, alors même qu'elle génèrera certainement des résidus dont les impacts n'ont pas été pris en compte* ».

En matière d'émissions anthropiques de gaz à effet de serre, l'élevage part *a priori* dans une position défavorable. Mais les incertitudes sur les modes de production de la viande artificielle comme sur les conséquences négatives d'une disparition de l'élevage rendent très aléatoires une évaluation comparative. Pour ce qui est de la consommation d'eau, la viande bovine « naturelle » paraît également partir avec un lourd handicap. Mais là-encore, au final, et malgré

IV.3. Les impacts sur l'alimentation mondiale

Concernant l'accès aux ressources végétales, les auteurs reconnaissent que la production de viande artificielle présenterait l'intérêt de libérer des terres labourables. Pourtant l'élevage « consommateur de céréales » n'explique pas la faim dans le monde, dont les causes sont multiples, arguent les scientifiques français. Certains experts constatent

V. L'INTERET DE LA VIANDE ARTIFICIELLE POUR LE CONSOMMATEUR

V.1. Une acceptation qu'il sera difficile à obtenir

Plusieurs exemples récents (biotechnologie et nanotechnologie) montrent que les consommateurs européens n'adoptent pas les nouvelles technologies agroalimentaires avec autant d'enthousiasme qu'espéré initialement (Verbeke 2011). S'agissant d'un aliment issu d'un processus de fabrication « non naturel », le pari semble risqué. Les promoteurs de la viande artificielle arguent qu'une fois présenté le processus de fabrication, le dégoût des consommateurs décroîtra, et que cette réticence – rencontrée initialement dans le cas, par exemple, du surimi – n'a rien de spécifique à la viande artificielle (Hopkins et Dacey 2008, Bath et Bath 2011).

Les promoteurs de la viande artificielle s'appuient essentiellement sur l'intérêt présumé des consommateurs à

V.2. Les voies alternatives à une production plus durable de protéines destinées à l'alimentation humaine

L'objectif principal avancé par les promoteurs de la viande artificielle étant de remplacer les protéines apportées par la viande produite à partir d'animaux, les auteurs de l'article se sont intéressés à l'efficacité de cette proposition. Selon eux, d'autres voies plus simples et plus accessibles peuvent être envisagées pour apporter suffisamment de protéines dans la ration alimentaire de l'homme tout en répondant aux enjeux sociétaux : 1/ l'accroissement de la part des protéines végétales dans l'alimentation humaine aux dépens de la viande avec un recours plus grand aux légumineuses, aux céréales complètes et aux produits simili-

aura des élevages, il sera difficile d'offrir aux animaux domestiqués des conditions de vie idéales proches de celles qu'ils auraient eues à l'état naturel ». On pourra cependant objecter que le bien-être des animaux est loin d'être toujours aussi assuré dans des conditions naturelles que dans des conditions d'élevage.

l'absence de données précises, la production de viande artificielle devrait consommer autant d'eau que la viande naturelle.

Quant à la consommation d'énergie fossile, l'absence de connaissances sur le fonctionnement des usines de production de viande artificielle et sur les intrants nécessaires laisse subsister un fort doute sur la précision des calculs réalisés par les promoteurs de la viande artificielle et les hypothèses qu'ils ont prises. Les auteurs de l'article dans « INRA Productions animales » pointent en revanche « *qu'une grande incertitude subsiste sur la création d'autres problèmes environnementaux par la fabrication de viande artificielle, par exemple, le rejet dans la nature de molécules organiques issues des milieux de culture* ». Un bilan environnemental complet paraît prématuré aux auteurs en l'absence d'une définition précise des modes de production industrielle de la viande artificielle.

en effet que, malgré quelques rares épisodes de pénurie, l'offre de l'élevage mondial a réussi à suivre depuis 50 ans l'accroissement de la demande alimentaire mondiale grâce aux gains de productivité et secondairement, grâce à des suppléments de surfaces cultivées.

manger moins de viande dans le contexte d'une alimentation plus durable (Vanhonacker *et al.*, 2013). Cependant, les études sur les réactions des consommateurs à la notion de viande *in vitro* sont encore très rares, rappellent les auteurs. Basé sur un sondage exploratoire, Pluhar (2010) a rapporté que la première réaction des consommateurs à la viande artificielle est une répulsion. Dans une autre étude dans différents pays européens, Marcu *et al.* (2013) ont constaté que les consommateurs ont mentionné diverses questions et préoccupations telles que la sécurité des produits, leur valeur nutritive et leur prix, ainsi que les procédures technologiques, les incertitudes scientifiques, et finalement les implications sociales, économiques et culturelles de la production de viande artificielle.

carnés tels que le tofu ; 2/ la diversification de la disponibilité en protéines animales (culture d'insectes par exemple), 3/ la réduction des risques pesant sur l'environnement en développant de nouvelles pratiques d'élevage ; 4/ des progrès de productivité, notamment de meilleure valorisation des intrants grâce à un meilleur fonctionnement digestif et métabolique des animaux. Des solutions qui présentent toutes « *l'avantage de pouvoir être mises en œuvre à court terme, contrairement à la production de viande artificielle* », assurent les auteurs.

CONCLUSION

La question posée - « La viande du futur sera-t-elle produite *in vitro* ? » - telle que reprise par les médias-apparaît aux enjeux du futur, concluent les auteurs. « *La production de viande artificielle n'est qu'une solution parmi d'autres face à ces enjeux et les processus de production sont encore embryonnaires. Cette proposition doit être évaluée par rapport aux autres solutions proposées, non seulement en termes scientifiques et techniques, mais aussi en termes économiques, environnementaux et sociétaux* », estiment-ils.

Du point de vue technique, il y a un consensus, y compris parmi les scientifiques favorables à la production de

viande artificielle, pour dire que cette technologie n'est pas encore suffisamment avancée pour être mise en œuvre rapidement. De nombreuses années de recherche sont encore nécessaires alors que les questions posées par l'élevage sont à résoudre plus rapidement. Les scientifiques estiment qu'il est plus raisonnable de promouvoir un meilleur équilibre des protéines végétales et animales dans la ration de l'homme. « *Rééquilibrer la ration alimentaire, diversifier nos sources de protéines végétales et animales, ou encore produire notre viande à l'aide de systèmes d'élevage innovants nous semblent en effet des solutions efficaces, moins onéreuses, plus rapides, plus faciles et réalistes à mettre en œuvre* », concluent les auteurs.

Références

- 1] La viande *in vitro* : Bientôt dans notre assiette ?, Arte, Mardi 8 Octobre 2013 à 20h50, disponible en vidéo à la demande
- 2] Goodwin J.N., Shoulders C.W. (2013) The future of meat: A qualitative analysis of cultured meat media coverage, *Meat Science*, 95, 445-450.
- 3] Hocquette J.F., Mainsant P., Daudin J.D., Cassar-Malek I., Rémond D., Doreau M., Sans P., Bauchard D., Agabriel J., Verbeke W., Picard B. (2013) La viande du futur sera-t-elle produite *in vitro* ?, *INRA Productions Animales*, 26, 363-374

Les références citées dans cet article peuvent être retrouvées dans *INRA Productions Animales*, 26, 363-374