



LES ALIMENTS CELLULAIRES IMITANT LA VIANDE :

5 questions au Dr Jean-Louis Peyraud



Dr Jean-Louis Peyraud

Chargé de mission à la direction scientifique agriculture de l'INRAE à Paris

Membre du Conseil scientifique de l'Institut for a Positive Food

Membre de l'Académie d'Agriculture de France

Actuellement, nous faisons face à une forte augmentation des besoins mondiaux en viande, en grande partie la conséquence de la croissance des revenus et de la population dans les pays à revenus faibles et intermédiaires. D'après les projections de la FAO¹, la consommation mondiale de protéines carnées aura augmenté de 14 % en 2030 par rapport à la moyenne calculée pour la période de référence (2018-20). Par ailleurs, dans un nombre croissant de pays de l'OCDE² où le niveau de vie est beaucoup plus élevé, la réduction de l'élevage tend à s'afficher très clairement comme un projet politique et sociétal. Face à cette situation, les aliments cellulaires, qui imitent la viande, répondraient selon leurs concepteurs, d'une part, aux attentes des populations dans un contexte d'accroissement de la demande mondiale de protéines carnées et, d'autre part, aux attentes des consommateurs écoresponsables ne voulant pas bannir la viande. Notons toutefois que la substitution de la viande par des aliments cherchant à l'imiter, ne répondrait pas dans ces pays à la baisse souhaitable (notamment chez les gros mangeurs) de la consommation de viande pour des raisons de santé. Dans ce contexte, ces nouveaux produits répondent-ils effectivement aux enjeux de croissance de la demande en protéines carnées, de durabilité et d'équilibre alimentaire ?

D'après les projections de la FAO, la consommation mondiale de protéines carnées aura augmenté de 14 % en 2030 par rapport à la moyenne calculée pour la période de référence (2018-20)



animale. Des cellules souches sont tout d'abord soit prélevées par biopsie sur un animal, soit proviennent de lignées cellulaires avant d'être "cultivées" en laboratoire, où elles se multiplient et se développent en cellules de muscles dans un milieu adapté à leur croissance (grâce à des bioréacteurs). Ce milieu de culture est, jusqu'à présent, optimisé (protéines, hormones de croissance, etc.) par l'ajout du sérum de fœtus bovin, ce qui soulève quelques problématiques éthiques. Par la suite, selon le procédé retenu, peuvent être ajoutées des cellules de graisse et de tissus conjonctifs pour se rapprocher de la « viande ». Depuis dix ans, le prix d'une telle innovation a drastiquement baissé. Elle s'élève désormais à quelques centaines d'euros au kilo mais reste bien supérieure au prix de la viande.

CES ALIMENTS CELLULAIRES SONT-ILS DE LA « VIANDE » D'UN POINT DE VUE JURIDIQUE ?

A ce jour, la « viande cellulaire » n'est pas autorisée à l'importation, à la vente ou à la fabrication au sein de l'Union européenne (UE). L'Italie souhaite même l'interdire. En effet, les aliments cellulaires qui imitent la viande sont considérés comme des nouveaux aliments. Leur introduction, leur production et leur commercialisation au sein de l'UE sont donc soumis au règlement (UE) 2015/2283 dit Novel Food. Ainsi, tout metteur sur le marché d'un tel produit doit d'abord déposer un dossier d'Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) constitué de différents éléments dont la preuve de l'innocuité de ce nouveau produit pour tout consommateur européen.

¹FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

²OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

³Les définitions de «viandes», de «viandes séparées mécaniquement», de «préparations de viandes», de «produits de la pêche» et de «produits à base de viande» figurant à l'annexe I, points 1.1, 1.14, 1.15, 3.1 et 7.1, du règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale

QU'EST-CE QUE LES « ALIMENTS CELLULAIRES IMITANT LA VIANDE » ?

Pour l'instant, les aliments cellulaires qui imitent la viande se fabriquent en petites quantités dans des laboratoires, à l'image de la technologie médicale dont elle est issue : la médecine régénératrice pour produire des tissus destinés à de grands brûlés. L'idée d'appliquer cette culture de tissu à l'alimentation a germé dans la tête du professeur en ingénierie tissulaire Mark Post, cofondateur par ailleurs de Mosa Meat. Le premier burger « cellulaire » a ainsi vu le jour en 2013 aux Pays-Bas. Il coûta alors 300 000 dollars... En pratique, les aliments cellulaires qui imitent la viande sont issus d'une culture en laboratoire de cellules d'origine

Or, les milieux de culture constituent un réel frein à leur déploiement. En effet, la fabrication de ces produits nécessite l'utilisation d'antimicrobiens, de facteurs de croissance, notamment d'hormones qui sont actuellement interdits en élevage au sein de l'UE.

Par ailleurs, le terme de viande ne peut être utilisé pour ces produits au sein de l'UE. En effet, la communication sur les denrées alimentaires à destination des consommateurs européens est encadrée par le règlement 1169/2011, dit règlement INCO. Celui-ci précise que l'utilisation du mot « viande » s'applique aux "parties comestibles des animaux y compris le sang".

Malgré tout, force est de constater que le lobbying intense des acteurs de cette filière a réussi à imposer le mot viande dans le langage courant avec le concours des médias. Indépendamment de la question de son autorisation de mise sur le marché qui constitue un frein majeur à son développement en UE, un travail de la Commission et des Parlements européen et nationaux des États membres semblerait nécessaire pour définir une nomenclature appropriée, véridique et non trompeuse, facilitant la prise de décision éclairée des consommateurs en prévision d'une potentielle autorisation de commercialisation. Ceci d'autant que les consommateurs ne sont pas toujours convaincus qu'il s'agisse de viande comme l'ont montré des études au Brésil et en France.

QUELLES SONT LES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT POUR CES NOUVEAUX PRODUITS IMITANT LA VIANDE ?

L'attractivité pour les aliments cellulaires qui imitent la viande est notamment motivée par une baisse probable des coûts de production et les potentialités de marchés qui attirent de plus en plus d'acteurs et d'investisseurs. Plus d'une centaine de start-up dans le monde travaillent sur des projets de cultures de cellules de bœuf, porc, poulet, poisson, foie gras et même de poisson ou d'œuf. La synthèse de constituants du lait est aussi en développement. A date, plus de 190 brevets ont été déposés.

Il reste difficile de recenser les investissements qui sont énormes. Selon les données de l'école de la Guerre Economique, plus de 2 milliards de dollars sont engagés dont 1 milliard de dollars en 2021. Pour la plupart, il s'agit de fonds privés. Cependant, il existe un engagement de fonds publics aux USA où la viande « in-vitro » est incluse dans le plan stratégique national et aux Pays-Bas avec 60 millions d'euros investis. En France, aucun investissement public à ce jour n'a été réalisé, la Banque Publique d'Investissements (BPI) ayant toutefois financé une start-up française après une expertise sommaire, ce qui peut poser la question d'une future dépendance à des produits importés. Le récent rapport du sénat fait référence aux leviers de fonds particulièrement importants au bénéfice de cette industrie au niveau mondial et recense les principaux investisseurs des plus grandes entreprises

impliquées dans la culture de cellules. Ainsi, en Europe, les investissements dans les cultures de cellules restent 2 à 3 fois plus faibles que ceux dans les substituts végétaux de la viande.

Malgré ces investissements colossaux, les perspectives de commercialisation ne sont pas claires dans la plupart des pays du monde à quelques exceptions près. Une imitation de la viande de poulet est commercialisée depuis décembre 2020 à Singapour et depuis juin 2023 aux États-Unis. Israël et le Qatar s'affichent comme des États très en faveur de ces nouveaux produits, notamment par manque de surfaces agricoles. D'autres pays comme la Chine ou le Brésil pourraient prochainement suivre, moyennant une adaptation de la législation alimentaire car ils sont plus ouverts aux technologies de rupture que

les pays européens, mis à part les Pays-Bas.

Outre le cadre législatif, les perspectives de développement des aliments cellulaires qui imitent la viande sont étroitement liées à des facteurs économiques et sociaux. L'acceptation par les consommateurs est un élément clé et reste difficile à évaluer en l'absence de produits sur le marché. Cette acceptabilité sociale des populations pourrait passer par le développement de solutions de culture plus éthiques, par une acceptation plus grande des avantages potentiels de ces nouveaux produits et par des garanties plus importantes sur leur caractère sain et bon pour la santé humaine. L'autre enjeu est la baisse des coûts de production qui passera par la capacité à produire à grande échelle.

LES ALIMENTS CELLULAIRES IMITANT LA VIANDE PEUVENT-ILS RÉPONDRE À LA DEMANDE CROISSANTE EN PROTÉINES CARNÉES ?

Alors que deux unités pilotes de production de viandes cellulaires sont annoncées aux USA, une unité au Royaume-Uni et une unité en France, capables de produire quelques dizaines de tonnes de viande cellulaire, la question de la capacité de production se pose à travers le monde. Les promoteurs de cette technologie mettent en avant sa capacité à fournir de manière alternative et durable, des protéines carnées pour répondre aux besoins croissants de certaines régions du monde à forte croissance démographique dont l'Asie. Pourtant, des problèmes techniques se posent par le changement

d'échelle parmi lesquels la conception des bioréacteurs ou le choix des milieux de culture.

Conception des bioréacteurs :

Si, à ce jour, la production se fait en boîte de Pétri ou dans des bioréacteurs de petites dimensions (quelques centaines de litres), la production à l'échelle industrielle va conduire à la mise au point de bioréacteurs de grande capacité (> 200 000 L) nécessitant un brassage qui soulève des questions nouvelles : renouvellement du milieu de culture, distribution des gaz (O₂, CO₂), maîtrise de la contamination microbienne,

A ce jour, la « viande cellulaire » n'est pas autorisée à l'importation, à la vente ou à la fabrication au sein de l'Union européenne (UE)



Les perspectives de développement des aliments cellulaires qui imitent la viande sont étroitement liées à des facteurs économiques et sociaux



contrôle des températures...

Également, la maîtrise de la différenciation et de la multiplication cellulaire par des stimuli biochimiques, hormonaux et mécaniques se pose dans de grands bioréacteurs.

Actuellement, le sérum de veau fœtal constitue le principal réservoir de nutriments et de facteurs de croissance nécessitant la mise à mort d'un nombre conséquent de vaches gestantes. Cette pratique constitue sans doute un point de blocage pour le changement d'échelle. Elle soulève surtout des questions éthiques et religieuses pour des consommateurs ne souhaitant plus manger de viande.

A noter, les travaux en cours d'une start-up israélienne Bio-Metter qui utilise le tabac comme alternative au sérum de veau fœtal, un matériel végétal qui pourrait rebattre certaines cartes. D'autres start-up travaillent sur un milieu de culture à base d'algues.

Choix des milieux de culture :

Le passage de milieu de culture de petite à grande échelle est fort susceptible d'engendrer des difficultés techniques. Les fabricants actuels ne communiquent pas vraiment sur les nutriments utilisés et la manière dont ils sont produits (glucose, acides aminés, acides gras...). Tout laisse à penser que des antibiotiques ou des fongicides sont également ajoutés, même si ce serait en quantités plus faibles qu'en élevage, notamment pour limiter la contamination des cellules cultivées (qui se multiplient 10 fois moins vite que les microbes), problème plus complexe à maîtriser avec de grands bioréacteurs. Les milieux de culture contiennent aussi des hormones (insuline, h. thyroïdiennes, et/ou GH) et des facteurs de croissance (IGF, FGF, TGFb) synthétisés. Certains de ces produits sont interdits en élevage au sein de l'UE. Il est fort probable que cela devrait constituer un frein à la commercialisation de ces produits au sein de l'UE.

Aspects sensoriels :

Outre la question de la capacité de production, il est intéressant de se demander si cette alternative en protéines carnées est sensoriellement et visuellement capable de remplacer la viande d'élevage.

Il semble illusoire de croire que l'on pourrait demain déguster un steak d'aliment cellulaire au même titre qu'un véritable steak de viande rouge d'élevage au vu de la complexité de la structure du muscle, composé de fibres musculaires, de lipides intramusculaires et de collagène, influencée par les conditions d'alimentation, l'âge de l'abattage et la maturation post mortem du muscle qui en modifie son aspect, sa texture et son goût.

La couleur des produits cellulaires imitant la viande est plutôt homogène, pâle et pauvre en fer en raison de faibles teneurs en myoglobine. Pour retrouver la couleur rouge, il peut être nécessaire d'ajouter de la myoglobine de synthèse. Par ailleurs, en comparaison, avec de la viande d'élevage, son goût est souvent décrit comme « fade ».

La « viande cellulaire » n'imité pas vraiment sur le plan sensoriel la viande d'élevage. Sans doute, est-elle plutôt susceptible de trouver sa place au rayon des viandes hachées ou viandes destinées à être incorporées à des produits alimentaires tels que plats cuisinés, nuggets de

poulet etc.

A ce jour, de nombreuses questions techniques se posent et sont non résolues quant à la capacité de produire de la viande cellulaire en grande quantité à un coût abordable et la capacité à imiter la viande issue de l'élevage.

LES ALIMENTS CELLULAIRES IMITANT LA VIANDE PEUVENT-ILS S'AFFICHER COMME UNE ALTERNATIVE NUTRITIONNELLEMENT QUALITATIVE, SÛRE, ÉTHIQUE ET DURABLE D'UN POINT DE VUE ENVIRONNEMENTAL ?

Il semble illusoire de croire que l'on pourrait demain déguster un steak d'aliment cellulaire au même titre qu'un véritable steak de viande rouge d'élevage au vu de la complexité de la structure du muscle [...]



En théorie la composition nutritionnelle ne devrait pas être un frein majeur pour une mise sur le marché, c'est plutôt l'aspect sanitaire qui pourrait poser un problème.

Concernant la qualité nutritionnelle, il n'existe aucune publication scientifique sur cette question à date et les industriels impliqués ne communiquent pas sur ce sujet. Il n'est donc pas possible de disposer de certitudes. A priori, on peut penser que la composition en acides aminés et leur biodisponibilité doivent être peu différentes de la viande d'élevage. C'est peut-être aussi le cas pour les vitamines essentielles et les minéraux impliqués dans la croissance cellulaire (sauf le fer) mais, dans les deux

cas, pas de certitude sans études sur le sujet. On ne peut pas raisonnablement exclure des risques de déficits en certains micronutriments de la "viande cellulaire" tels que le fer en raison de faibles teneurs en myoglobine, en zinc, en vitamine B12 ou en certains macronutriments tels que certains acides gras poly-insaturés. On peut en revanche penser qu'il est plus facile de contrôler les acides gras saturés et certains acides gras insaturés dont les oméga-3 et oméga-6 à condition de bien maîtriser ensuite les phénomènes de rancissement (comme pour la viande d'élevage). Pour autant, il existe une différence majeure dont on ne connaît pas les conséquences sur la qualité nutritionnelle. Dans l'animal, les nutriments arrivent au cœur des cellules par les capillaires sanguins tandis que, dans le cas de la production d'aliments cellulaires qui imitent la viande, les cellules baignent dans un milieu de culture enrichi en nutriments. On ne connaît pas les modalités de captation des nutriments par les cellules, ni comment éliminer les molécules indésirables issues du métabolisme cellulaire des nutriments qui ne peuvent être évacués par la circulation sanguine et au final par l'urine.

Concernant la sécurité sanitaire, les promoteurs des aliments cellulaires qui imitent la viande parlent d'une sécurité sanitaire élevée et plus facile à maîtriser qu'une viande conventionnelle, notamment du fait d'un moindre risque de contamination en germes de type Escherichia Coli, Salmonella, Campylobacter. Mais des questions importantes demeurent concernant la maîtrise des processus industriels et la maîtrise de la chaîne de distribution. Des mécanismes inattendus pourraient se produire vu le grand nombre de multiplications cellulaires rapides tels qu'une dérégulation des lignées cellulaires (dégénérescence en cellules cancéreuses) ou le développement d'une instabilité génétique au cours de la prolifération cellulaire. De plus, et contrairement à ce que les promoteurs mettent en avant,

les risques de contaminations microbiologiques dans des bioréacteurs de dimension industrielle sont importants. Sans oublier, la possible présence de résidu du milieu de culture dans le produit final tels que hormones de croissance, antimicrobiens ou résidus du métabolisme cellulaire.

Pour les défenseurs de la cause animale, les aliments cellulaires imitant la viande permettent indiscutablement de réduire le nombre d'animaux à abattre, voire de les supprimer à l'avenir. Si, à date, on ne peut envisager avec cette technologie nouvelle l'élimination totale de l'élevage car reste le besoin d'animaux donneurs pour récupérer du sérum de veau fœtal, il est possible que, demain, avec un sérum de veau fœtal de synthèse ou une autre technologie, on puisse arriver à produire de la viande cellulaire. Néanmoins, entre les problèmes manifestes de bien-être animal et la viande cultivée, il y a une troisième voie qui consiste en l'adoption d'un élevage respectueux des animaux.

Concernant la durabilité environnementale des aliments cellulaires imitant la viande, les premières évaluations à travers l'analyse du cycle de vie sont apparues globalement positives. Ces procédés limiteraient notamment les risques de prolifération d'agents pathogènes comme la Salmonella ou l'Escherichia Coli ainsi que l'apparition de zoonoses. Les comparaisons relatives aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) ne mettent pas en avant un avantage décisif d'après plusieurs publications récentes. Les émissions de la production d'aliments cellulaires sont estimées entre 1,5 et 25 kg eq CO₂/kg produit. Elles sont moins élevées que celles de la viande bovine (20-30 kg eq CO₂/kg) mais plus importantes que pour le poulet (< 5 kg eq CO₂/kg). L'impact des cultures de cellules est plus faible à court terme mais plus élevé à (très) long terme. En effet, le procédé émet du CO₂ issu de l'utilisation des énergies fossiles qui est un GES à longue durée de vie. Le CH₄ des ruminants a certes un pouvoir réchauffant plus élevé mais sa demi-vie dans l'atmosphère est très courte (10 ans). Globalement, ces estimations restent encore peu fiables d'autant que les procédés sont amenés à évoluer. Les promoteurs parlent notamment de sources d'énergie renouvelables à terme.

Il est en revanche indiscutable que la viande cellulaire mobilise moins de surface mais, en sens inverse, on doit s'interroger sur le devenir des surfaces non cultivables actuellement valorisées par les ruminants. On peut aussi souligner que la production d'aliments cellulaires imitant la viande génère sans doute moins d'eutrophisation des milieux en comparaison avec les zones d'élevage intensives mais ce n'est sans doute plus le cas pour les territoires d'élevage extensif herbagers.

Si on regarde la consommation d'eau, la viande cellulaire consomme en moyenne 350 à 500 L/kg de viande. La technique est vendue comme étant moins consommatrice que la viande d'élevage qui en consommerait environ 15000 L/kg. Mais cette comparaison n'est pas valide car elle compare l'eau bleue (celle que l'on utilise couramment) et l'eau verte (celle de l'évapotranspiration des végétaux). Si on ne considère que l'eau bleue utilisée en élevage (boisson des

animaux, lavage des bâtiments), la viande rouge consomme de 50 à 500 L/kg de viande ce qui est assez équivalent voire inférieure à la production de synthèse.

Le devenir des milieux de culture n'est pas vraiment évoqué. Les rejets d'hormones, d'antibiotiques, ... devront être pris en compte. Quels circuits de recyclage sont / seront mis en place ? Comment seront éliminés les déchets des milieux et les déchets des cellules elles-mêmes ?

CONCLUSION

Il existe en Europe comme dans les autres pays du monde une stratégie de lobbying puissant autour des promesses de la viande cellulaire bien plus que sur les autres alternatives (végétales, insectes, champignons, algues) qui a notamment permis d'imposer le mot « viande » dans le langage courant pour les produits issus de cette nouvelle technologie. Celle-ci est encore amenée à évoluer, stimulée par d'importants investissements financiers, souvent privés. Peu d'informations sont actuellement disponibles sur les milieux de culture ou les produits obtenus. La plupart émanent de cabinets de consulting et sont commandées par des promoteurs de l'industrie. Le manque de transparence de cette nouvelle filière est évident et pose problème d'autant que dans le même temps, les consommateurs demandent aux filières agro-alimentaires (notamment les filières d'élevage) d'être exemplaires en termes de transparence.

Par comparaison aux nombreux articles de presse sur le sujet (plusieurs milliers), il faut noter le faible nombre d'études scientifiques d'ampleur (seulement quelques centaines). A ce jour, des financements publics sont nécessaires pour évaluer cette filière de façon indépendante par la commande d'études scientifiques sur les produits obtenus tant sur les aspects nutritionnels, que ceux de sécurité sanitaire ou de durabilité.

Le manque de transparence de cette nouvelle filière est évident et pose problème d'autant que dans le même temps, les consommateurs demandent aux filières agro-alimentaires (notamment les filières d'élevage) d'être exemplaires en termes de transparence



RÉFÉRENCES

Allan S.J., De Bank P.A., Ellis M.J., 2019. Bioprocess design considerations for cultured meat production with a focus on the expansion bioreactor. *Front Sustain Food Syst*, 3.

Bodiou V., Moutsachou P., Post M.J., 2020. Microcarriers for upscaling cultured meat production. *Frontiers in Nutrition*, 7, 10

Centre d'Etudes et de Prospective, 2021. Analyses, La « viande in vitro » : cultiver des cellules musculaires à destination alimentaire. Analyse n° 164, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation.

Chriki S., Hocquette J.F., 2020. The myth of cultured meat: a review. *Frontiers in Nutrition*, 7, 7

Chriki S., Ellies-Oury M.P., Hocquette J.F., 2020. Focus sur la viande in vitro : est-il possible de nourrir l'humanité en cultivant des fibres musculaires. In *L'élevage pour l'Agroécologie et une alimentation durable*, Editeurs Chriki S., Ellies-Oury M.P., Hocquette J.F., Edition France Agricole

Chriki S., Ellies-Oury M.P., Hocquette J.F., 2022. Is "cultured meat" a viable alternative to slaughtering animals and a good compromise between animal welfare and human expectations? *Animal Frontiers*. 12, 35-42.

EGE (Ecole de la Guerre Economique), 2022. Rapport de vigilance. Viande artificielle, la révolution qui inquiète. Editeur Ch. Hrbulot. 48 page

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

Gousset C., Gregorio E., Marais B., Rusalen A., Chriki S., Hocquette J.F., Ellies-Oury M.P., 2022. Perception of cultured "meat" by French consumers according to their diet. *Livestock Sci*, 260, on line.

Hocquette E., Liu J., Ellies-Oury M.P., Chriki S., Hocquette J.F., 2022. Does the future of meat in France depend on cultured muscle cells? Answers from different consumer segments. *Meat Science*. 188, 108776

Hocquette J.F., Mainsant P., Daudin J.D., Cassar-Malek I., Remond D., Doreau M., Sans P., Bayuchart D., Agabriel J., Verbeke W., Picard V., 2013. La viande du futur sera-t-elle produite in vitro ? *INRAE Prod. Anim.*, 26, 363-374.

Hocquette J.F., 2016. Is in vitro meat the solution for the future? *Meat Sci*, 120, 167-176.

Hopkins P.D., 2015. Cultured meat in western media: the disproportionate coverage of vegetarian reactions, demographic realities and implications for cultured meat marketing. *J. Integrative Agriculture*, 14, 264-272

Ismail I., Hwand Y.H., Joo S.T., 2020. Meat analog as future food. A review. *J. Anim. Sci. Technol.*, 62, 111-120.

Ketelings, L., Kremers, S., & de Boer, A. (2021). The barriers and drivers of a safe market introduction of cultured meat : A qualitative study. *Food Control*, 130, 108299

Lynch J., Pierrehumbert R., 2019. Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Front sustain Food Syst*, 3, 111

Moritz M.S.M., Verbruggen S.E.L., Post M.J., 2015. Alternatives for large scale production of cultured beef. A review. *J. Integ. Agric.*, 14, 208-216.

Ong S., Choudhury D., Naing N.W., 2020. Cell based meat: current ambiguities with nomenclature. *Trends Food Science Technol.*, 102, 223-231

Post M.J., 2014. Cultured beef: medical technology to produce food. *J. Sci. Food. Agric.*, 94, 1039-1041.

Schaefer G.O., Savulescu J., 2014. The ethics of producing in vitro meat. *J. Applied Philosophy*, 31, 188-202.

Sénat : Rapport d'information n°504 fait au nom de la commission des affaires économiques sur les aliments cellulaires, 2022-2023.

Sharma S., Thind S.S., Kaur A., 2015. In vitro meat production system: why and how? *J. Food Sci. Technol.*, 52, 7599-7607

Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I., Ellis M., Glencross A., Sexton A. (2018). Bringing cultured meat to market : Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Sci. Technol.* 78, 155-166.

Tuostumo H.L., de Mattos M.J.T., 2011. Environmental impact of cultured meat production. *Environ. Sci. Technol.*, 45, 6117-6123

Warner R.D., 2019. Review. Analysis of the process and drivers for cellular meat production. *Animal*, 12, 3041-3058.

Suivez-nous sur les réseaux sociaux :

 **For A Positive Food**

 **@In_PositiveFood**