



HAL
open science

Alimentation du futur : moins de viandes ? et/ou plus d'alternatives ?

Sghaier Chriki

► **To cite this version:**

Sghaier Chriki. Alimentation du futur : moins de viandes ? et/ou plus d'alternatives ?. Université populaire, Réseau Médiathèques CAPI Communauté d'Agglomération Porte de l'Isère, Feb 2025, Bourgoin-Jallieu, France. hal-04942637

HAL Id: hal-04942637

<https://isara.hal.science/hal-04942637v1>

Submitted on 12 Feb 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain



Alimentation du futur :

moins de viandes ? et/ou plus d'alternatives ?

Dr. Sghaier CHRICKI

Enseignant-Chercheur en Productions Animales

schriki@isara.fr

Présentation :

Activités scientifiques et pédagogiques



Enseignant en Zootechnie

Chercheur associé à INRAE (UMRH)

**Performances et
alimentation des
animaux d'élevage**

**Prédiction de la
qualité des
carcasses et
viandes**

**Alternatives des produits
animaux**

Expert FAO-OMS

Thématiques d'enseignement et de recherche



Plan

A- Introduction générale

- 1- Contexte et défis de l'élevage
- 2- Faut-il produire moins ?
- 3- Consommation de la viande

B- Viande de culture

C- Analogues végétaux

D- Insectes comestibles





Plan

A- Introduction générale

- 1- Contexte et défis de l'élevage
- 2- Faut-il produire moins ?
- 3- Consommation de la viande

B- Viande de culture

C- Analogues végétaux

D- Insectes comestibles





1- Contexte et défis de l'élevage

SCIENCE & PSEUDO-SCIENCES
Un éclairage scientifique des débats de société
JANVIER / MARS 2025 - 6 €
351
Association française pour l'information scientifique - Afis

Viandes, élevage, environnement
Quelles protéines dans nos assiettes?

Covid, hydroxychloroquine, essais sauvages
Les masques sont tombés

Géobiologie : une pseudo-science d'État ? • La science peut-elle renoncer à l'universalisme ? • Médecines alternatives : sans danger ?
Veilles et théorie de l'évolution

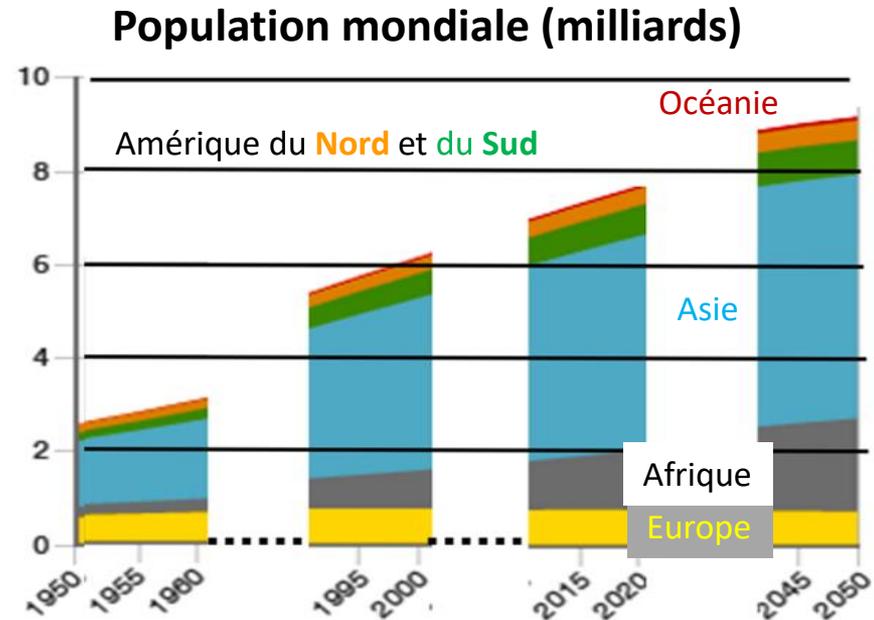




Contexte et défis : les enjeux sociétaux

Aujourd'hui, les secteurs de l'élevage et de la viande sont confrontés à de nouveaux défis importants :

- l'augmentation ou une meilleure répartition de la production de protéines (pour satisfaire la population humaine croissante)
- couplée à une réduction de l'empreinte environnementale ;
- et la réponse aux attentes de la société en termes de bien-être animal et de qualité des produits pour le consommateur.



9,8 milliards d'êtres humains attendus en 2050
Soit un accroissement de la demande alimentaire de l'ordre de 70 % en moyenne



Sghaier Chriki • Marie-Pierre Ellies-Oury • Jean-François Hocquette

L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable

- Les questionnements sociétaux concernant l'élevage
- Les produits animaux dans l'alimentation humaine
- La gestion de la santé et du bien-être des animaux
- Les perspectives d'évolution de l'élevage face au défi climatique
- L'élevage et l'environnement

Préface **Christian Huyghe**
Directeur Scientifique Agriculture de l'INRAE



ÉDITIONS
France Agricole

Malgré une large gamme de services économiques, sociaux, culturels et environnementaux, l'élevage fait l'objet de questionnements complexes pour des raisons allant de préoccupations environnementales à des inquiétudes en matière de bien-être animal en passant par le souci de la santé des Hommes.

Cet ouvrage, à destination de toutes les parties prenantes concernées (éleveurs, industriels, étudiants, enseignants, décideurs publics, consommateurs et citoyens), analyse les questions liées à l'élevage, produit des connaissances permettant d'objectiver ces débats, afin de proposer des pistes de progrès, et éventuellement éclairer les politiques publiques.

Il est scindé en deux parties :

● **L'élevage aujourd'hui et les questionnements sociétaux :**

- la place des produits animaux dans la nutrition humaine,
- le concept de qualité d'un aliment,
- les évolutions récentes des modes de consommation,
- le bien-être animal, le stress à l'abattage et la gestion des crises sanitaires,
- l'élevage et l'environnement (services et impacts) ;

● **Les perspectives d'évolution de l'élevage :**

- l'évolution de l'élevage pour une agriculture agroécologique,
- le rôle de l'agroécologie en élevage face au défi climatique,
- le numérique au service d'un élevage plus durable,
- les alternatives aux produits animaux (analogues végétaux, viande in vitro),
- la place des produits animaux dans une alimentation plus durable.

Sghaier Chriki

Titulaire d'un Doctorat en Sciences des Aliments, Sghaier Chriki est Enseignant-Chercheur en zootechnie à l'ISARA - Agro School for Life, à Lyon, et appartient à l'Unité de Recherche « Agroécologie et Environnement ».

Marie-Pierre Ellies-Oury

Ingénieur Agronome et titulaire d'un Doctorat en Sciences Animales, Marie-Pierre Ellies-Oury est Maître de Conférences HDR à Bordeaux Sciences Agroet et Chercheur-associé à l'Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores d'INRAE.

Jean-François Hocquette

Ingénieur Agronome et titulaire d'un Doctorat en Endocrinologie, Jean-François Hocquette est Directeur de Recherches à l'Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores d'INRAE, dont il a été Directeur. Editeur de la revue « Viandes et Produits Carnés », il est membre actif de la Fédération Européenne des Sciences Animales (EAAP).

ISBN : 978-2-85557-729-6



ÉDITIONS
France Agricole

INRAE

isara

BORDEAUX
SCIENCES
AGRO

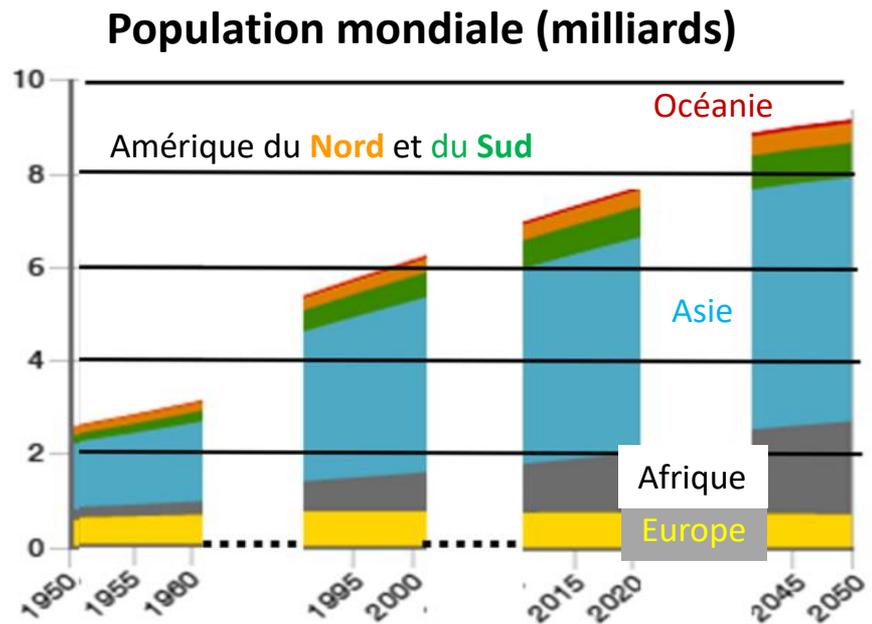
L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable

[\(Chriki et al. 2020. L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable\)](#)

[Voir aussi : Podcast : Élevage et société, en quête de sens !](#)

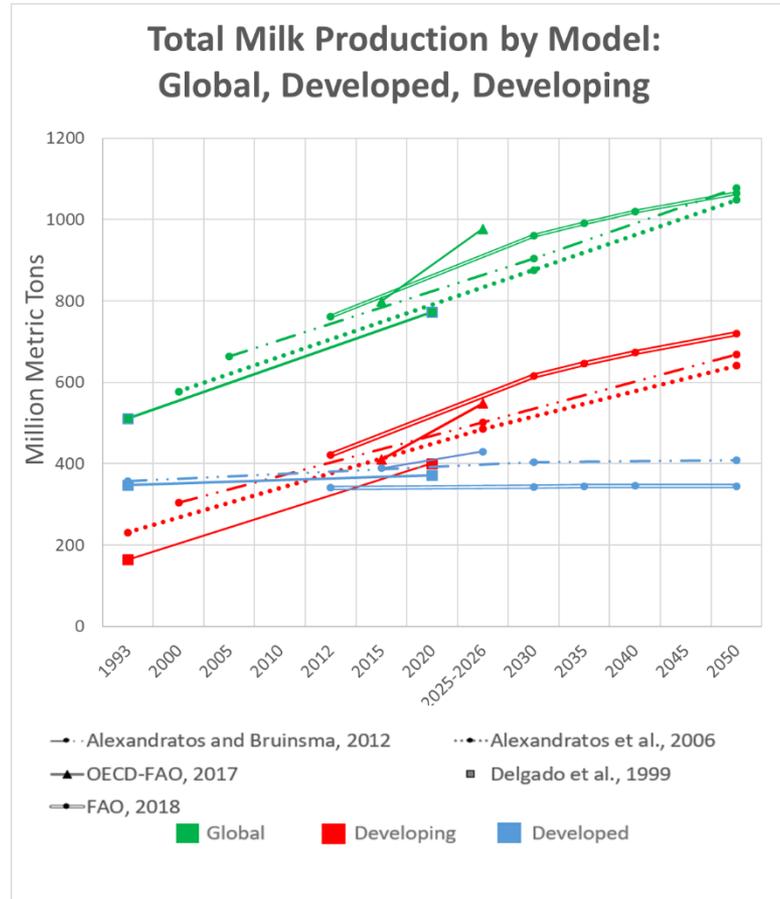


2- Faut-il moins produire ?





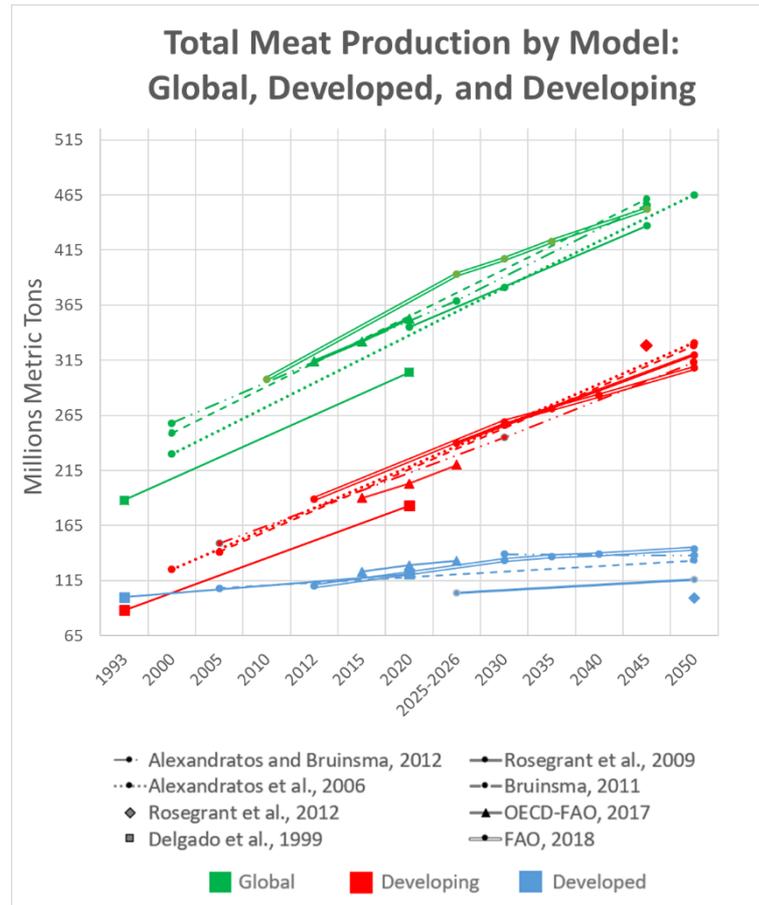
Monde : production de protéines (lait)



Gerber, 2018



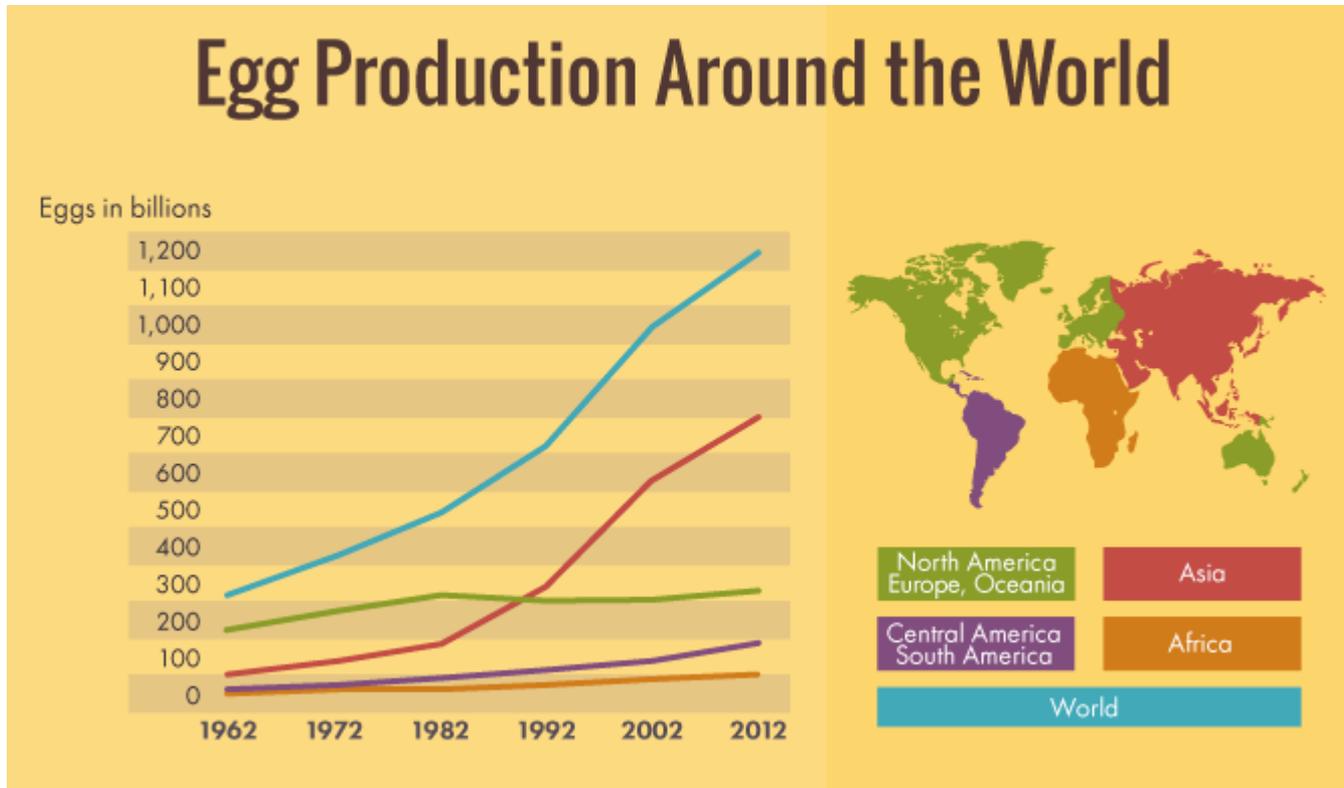
Monde : production de protéines (viande)



Gerber, 2018



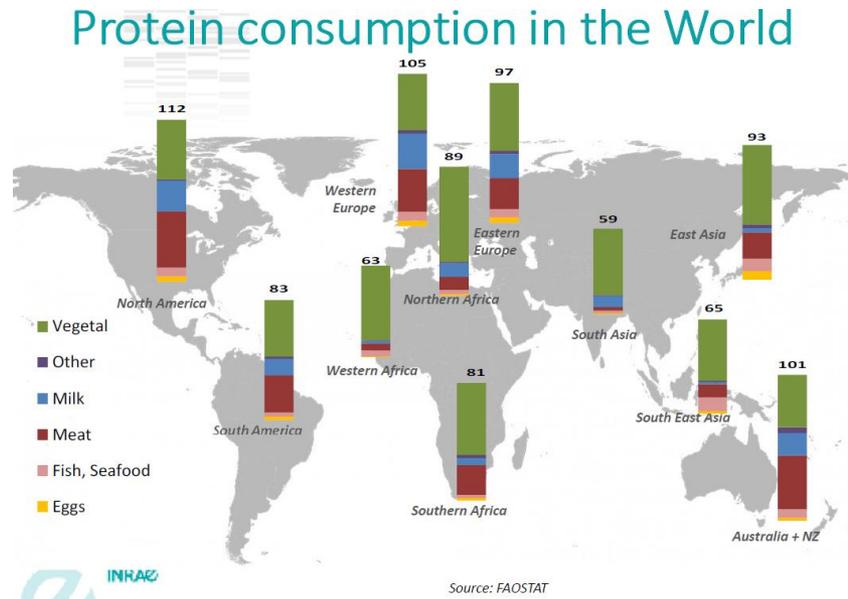
Monde: production de protéines (oeufs)



Gerber, 2018



Monde : consommation de protéines



Unité : g protéines / jour / habitant

UE et USA : plus grands consommateurs de produits animaux (Lait et Viandes)

Dumont B. et al., Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe, 2016. Synthèse de l'expertise scientifique collective, INRA (France), 133 pages.



3- Consommation de la viande





Quizz !

- Quelle est la quantité de produits animaux consommés par les français (en Kg/habitant/an) ?

≈ 246 Kg/habitant/an

- Quel est la part de viandes dans cette consommation ?

~ 37 % → 89 Kg/habitant/an

Chiffres approximatifs (2022) :

246,4 kg = 74 kg (produits lactés et lait) + 27 kg (fromages) + 8 kg (beurre)

+ 33,7 kg (poissons et coquillages)

+ 0,7 kg (miel)

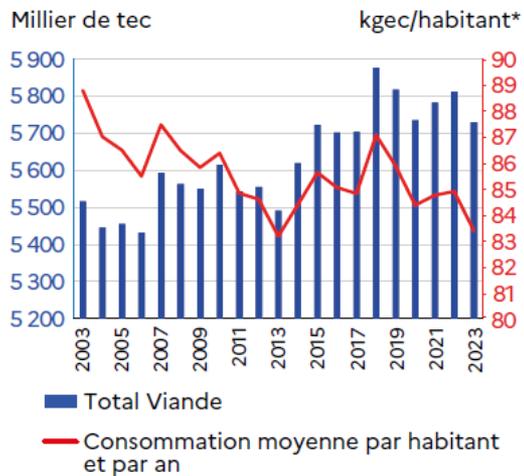
+ 89 kg (viandes, toutes espèces)

+ 14 kg (220 œufs !!)

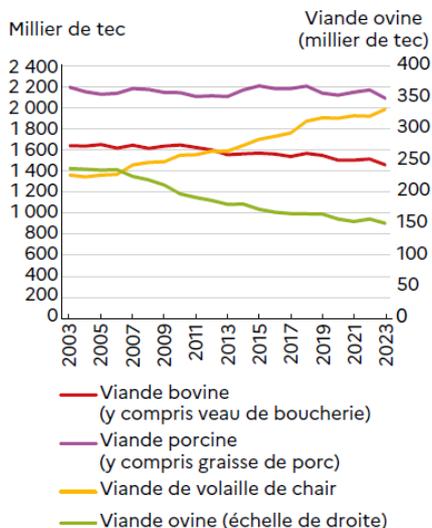
(GRAPH'AGRI, 2022)



Chute de la consommation en France



* kg équivalent-carcasse.
Sources : Agreste, DGDDI, Insee



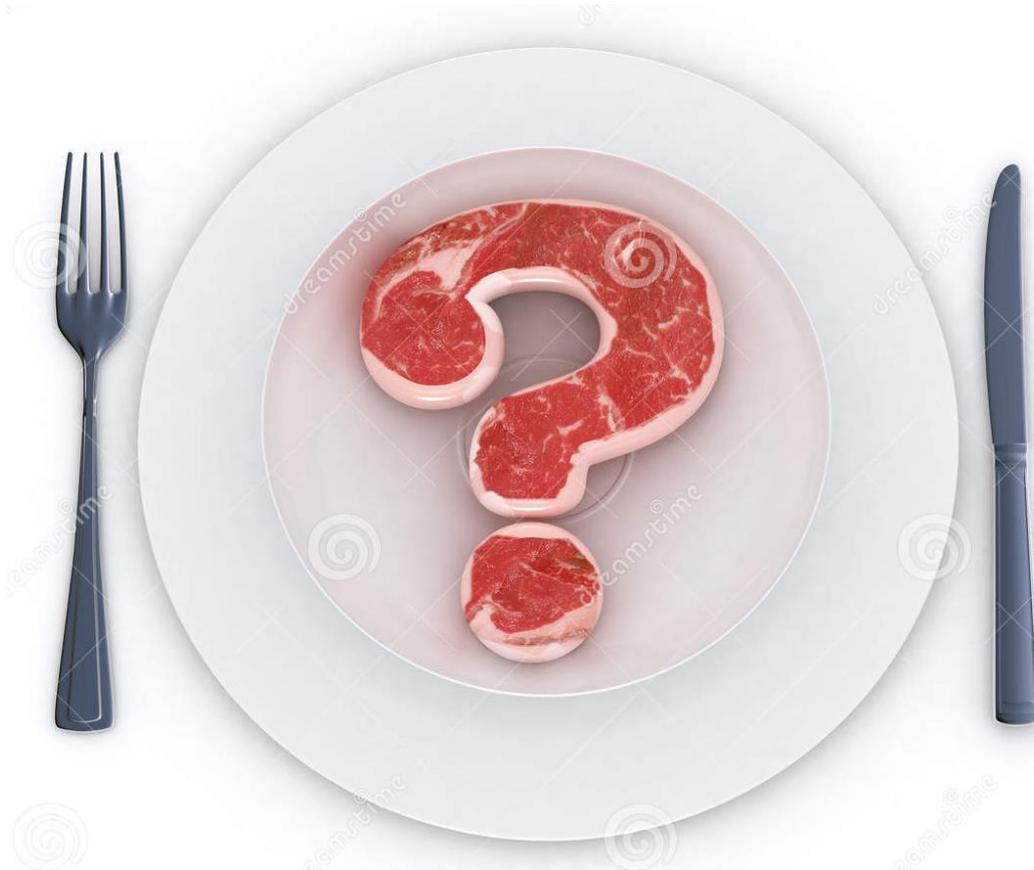
Sources : Agreste, DGDDI

- En **2023**, la consommation totale de viande fléchit (- 1,4 % / an)
- La consommation totale de **viande de boucherie diminue** (- 3,7 %), notamment celle de viandes bovine, porcine et ovine
- Repli enregistré ces vingt dernières années avec - 0,5 % en moyenne
- La consommation de **viande bovine diminue** (- 3,7 %) par rapport entre 2022 et 2023

	2023	2023/2022	2022/2021	Taux de croissance annuel moyen entre 2003 et 2023
	Millier de tec	%		
Viande d'animaux de boucherie	3 697	- 3,7	1,0	- 0,5
dont viande bovine	1 451	- 3,7	0,7	- 0,6
viande porcine	2 087	- 3,7	1,0	- 0,2
viande ovine	149	- 4,2	2,5	- 2,3
viande équine	5	- 9,5	- 5,3	- 7,9
viande caprine	5	- 11,3	3,5	- 0,5



Raisons de cette baisse de consommation ?





Raisons de cette baisse de consommation ?

- Prix élevé (inflation)
- Contexte difficile
- Qualité variable
- Changement des habitudes alimentaires
- Nouveaux régimes alimentaires
- Nouvelles alternatives !

Bibliographie...

- ❑ Chriki, S., Ellies-Oury, M.-P., and Hocquette, J.-F. (2020). L'élevage : pour l'agroécologie et une alimentation durable. France Agricole. Paris - France : https://www.editions-france-agricole.fr/site/gfaed/AGRO_gfaed.4464.42722_fr/boutique/produit.html
- ❑ Birlouez, E. (2019). L'évolution de la perception de la qualité alimentaire au cours des âges. INRAE Prod. Anim. 32, 25–36.
- ❑ Prache, S., Adamiec, C., Astruc, T., Baéza-Campone, E., Bouillot, P. E., Clinquart, A., et al. (2022). Review: Quality of animal-source foods. Animal 16, 100376
- ❑ INRAE. (2020). Qualité des aliments d'origine animale selon les conditions de production et transformation. <https://www.inrae.fr/actualites/qualite-aliments-dorigine-animale-conditions-production-transformation>



Plan

A- Introduction générale

- 1- Contexte et défis de l'élevage
- 2- Faut-il produire moins ?
- 3- Consommation de la viande

B- Viande de culture

C- Analogues végétaux

D- Insectes comestibles

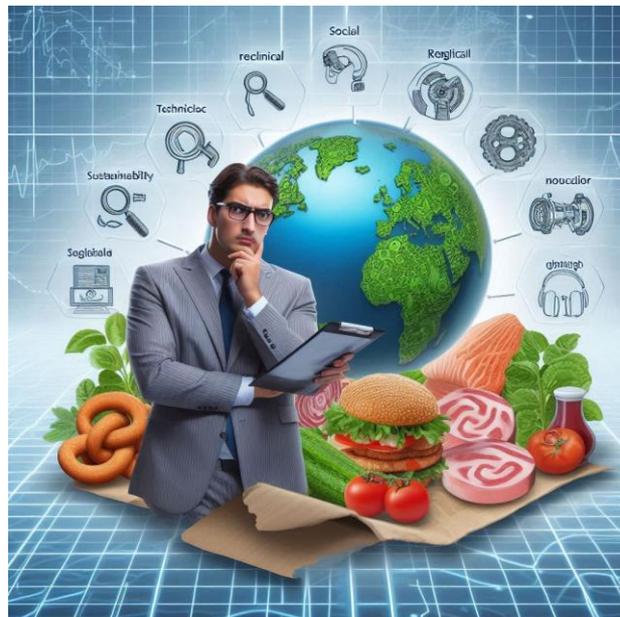




Pourquoi ?

Contexte

Cf. Introduction générale





Et alors ?

Plusieurs Substituts/Alternatives

Plant

- Soya**
 - Tofu
 - Tempeh
- Wheat**
 - Seitan
 - Wheat and yellow pea
- Fungal**
 - Quorn
- Algal**
 - Spirulina
- Invertebrates**
 - insects
- Arrum**
 - tivall
 - BirdsEye



« La viande de culture » : une solution possible pour répondre aux enjeux de l'élevage ?



142 grammes - 250.000 euros
dégustation le lundi 5 août 2013 à Londres

deux goûteurs assermentés :

une Autrichienne « chercheuse en tendances culinaires »
et l'auteur américain d'un livre sur « les goûts de demain »

LE FAIT DU JOUR 03

Un steak... sans viande

ET si dans trois ans nous pouvions manger sans souci de la viande ? Invoquée à la conscience et à une bonne santé, sans avoir besoin d'élever ? Cela pourrait être possible d'ici une dizaine d'années... Un chercheur hollandais, Mark Post, de l'université de Maastricht (Pays-Bas), travaille sur un projet de viande « sans viande ». Il a présenté une première version de son invention en août 2013, et, selon des acheteurs, les derniers jours à l'Exposition universelle de Milan, il s'agit de montrer prochainement une nouvelle version de sa découverte. De quoi s'agit-il ? A partir de quelques cellules souches de viande, il les développe à l'état in vitro, et produit « autre chose que de la viande ». Le résultat comprend des nutriments, des glucides, des acides aminés, et ajoute du collagène pour créer du lait, pour que l'ensemble ressemble à du muscle de bœuf. Bon appétit ! En fait, ce steak nouvelle génération a été goûté par un critique gastronomique britannique, après avoir été passé à la poêle, et on lui a trouvé « un goût assez intense, proche de celui de la viande ». Le professeur Post doit toutefois encore régler le problème du goût, car sa trouvaille convient pour l'instant à la « modeste » somme de 290.000 €. Les 142 g de Mark Post ont été mangés à l'Exposition, ce à l'initiative du soutien financier de Sergio Bertin, le fondateur de Google, propriétaire de son équipe collabore en termes de bio-tech.

La société protectrice des animaux aux États-Unis, la Peta, a offert 1 M\$ à celui qui arrivera à produire de façon régulière du steak in vitro. Une véritable course contre la montre est en cours, mais la viande non animale dans ce domaine est déjà commercialisée en Espagne, au Japon, en Italie, en France, en Australie et en Chine. En France, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) mène aussi des recherches mais ne souhaite pas aller jusqu'à la fabrication de cette nouvelle viande, probablement par souci de ne pas vouloir concurrencer les éleveurs, nous l'explique Hugues Hacquart, directeur de recherche à l'Inra, dans l'équipe Animal muscle viande, et précise : « Nous avons mené des études sur la viande in vitro à l'Inra. Nous aurions la capacité technique de le faire. Beaucoup de gens s'y intéressent », mais il ne croit pas à la possibilité de le faire. Le public est prêt à manger de la viande de laboratoire, mais il faut encore travailler sur l'aspect gustatif.

Et aussi
L'œuf est un produit riche en protéines et en vitamines. Les œufs peuvent pousser sans qu'il y ait besoin d'un coq, et l'Inra travaille à un élevage de poules sans mâle. Dans un registre plus éthérique, un chercheur japonais, Mitsuhiko Ikeda, s'est intéressé aux boeufs. C'est un projet qui vise à créer une viande de bœuf sans tuer de bœuf. Il travaille sur cette thématique, ainsi qu'une firme israélienne à Tel-Aviv. En France, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) mène aussi des recherches mais ne souhaite pas aller jusqu'à la fabrication de cette nouvelle viande, probablement par souci de ne pas vouloir concurrencer les éleveurs, nous l'explique Hugues Hacquart, directeur de recherche à l'Inra, dans l'équipe Animal muscle viande, et précise : « Nous avons mené des études sur la viande in vitro à l'Inra. Nous aurions la capacité technique de le faire. Beaucoup de gens s'y intéressent », mais il ne croit pas à la possibilité de le faire. Le public est prêt à manger de la viande de laboratoire, mais il faut encore travailler sur l'aspect gustatif.

L'Libération WEEK-END

ent de créer une viande de to

A la poursuite d'un vieux rêve de SF, plusieurs chercheurs tentent de créer une viande de toutes pièces.
Carne in vitro: l'avenir incarné?

Les BIOTECHS, nouveau cauchemar des Carnivores

Des petits génies de l'agroalimentaire et des biotechnologies explorent des alternatives à la viande, accusée de nuire à notre santé et à la planète.

La viande est un produit riche en protéines et en vitamines. Les œufs peuvent pousser sans qu'il y ait besoin d'un coq, et l'Inra travaille à un élevage de poules sans mâle. Dans un registre plus éthérique, un chercheur japonais, Mitsuhiko Ikeda, s'est intéressé aux boeufs. C'est un projet qui vise à créer une viande de bœuf sans tuer de bœuf. Il travaille sur cette thématique, ainsi qu'une firme israélienne à Tel-Aviv. En France, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) mène aussi des recherches mais ne souhaite pas aller jusqu'à la fabrication de cette nouvelle viande, probablement par souci de ne pas vouloir concurrencer les éleveurs, nous l'explique Hugues Hacquart, directeur de recherche à l'Inra, dans l'équipe Animal muscle viande, et précise : « Nous avons mené des études sur la viande in vitro à l'Inra. Nous aurions la capacité technique de le faire. Beaucoup de gens s'y intéressent », mais il ne croit pas à la possibilité de le faire. Le public est prêt à manger de la viande de laboratoire, mais il faut encore travailler sur l'aspect gustatif.

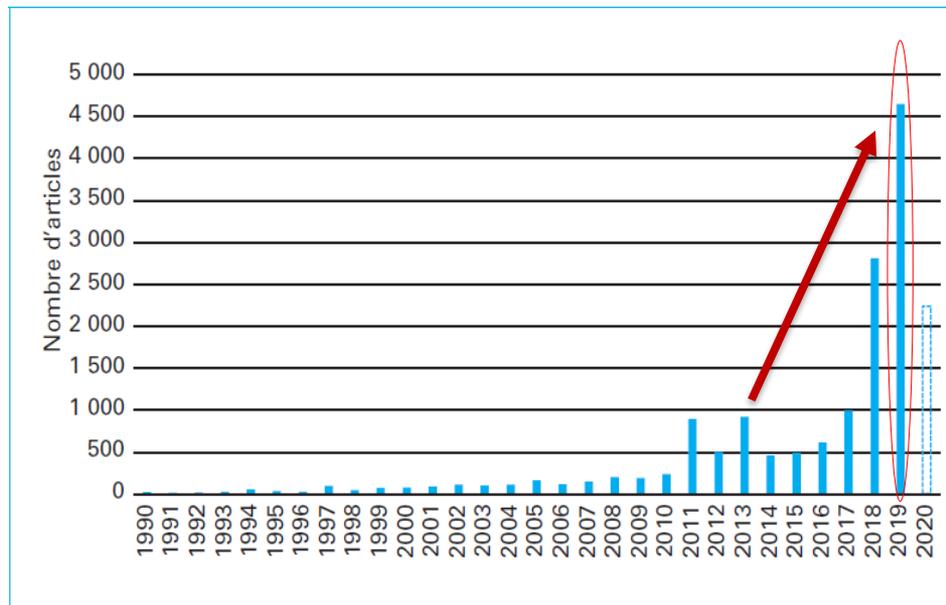


Un fort engouement des médias...



Nombre d'article de presse sur la « viande de culture »

Analyse de 13 000 articles de presse (jusqu'à 2019)



*pour 2020, fin de l'extraction au mois d'Avril

(Chriki et al., 2020. Techniques de l'ingénieur)



Nombre de publications scientifiques sur la « viande de culture »

Analyse d'environ 1000 publications du Web of Science



Source: GFI's [alternative protein literature library](#).

Avec un grand nombre de revues de synthèse...



Chronologie de la « viande de culture »

Année	Etape
1912	Démonstration de la possibilité de maintenir le muscle à l'extérieur du corps par le français Alexis Carrel.
1932	Propos de Winston Churchill critiquant « l'absurdité de faire croître un poulet entier pour en manger la poitrine ou l'aile » et la possibilité de faire « pousser ces parties séparément dans un milieu approprié ».
1999	Premier brevet pour produire de la viande de laboratoire déposé par Willem van Eelen.
2012	Création de Modern Meadow, société souhaitant produire du cuir et de la « viande de culture ».
2013	Présentation médiatisée à Londres du premier burger artificiel par le professeur Mark Post de de Maastricht.
2014	Création de New Harvest (organisation promouvant la « viande de culture ») et de Muufri et Clara Foods (entreprises envisageant respectivement de produire des produits laitiers et des œufs de culture) ainsi que de Real Vegan Cheese (association développant un projet de création de fromage de culture).
2019	Création de l'association Agriculture cellulaire France.
2020	Autorisation par l'État de Singapour de commercialiser de la viande produite en laboratoire.
2021	Création de l'association Agriculture cellulaire Europe.
2022	Avis favorable de l'agence américaine chargée de la sécurité alimentaire (Food and Drug Administration, FDA) pour la commercialisation de « poulet cultivé » de la société Upside Foods (anciennement Memphis Meat) dans le cadre d'un « processus de consultation préalable à la commercialisation ».
2024	Autorisation en Israël à Aleph Farms pour la commercialisation de sa « viande cultivée ».
2024	Une douzaine de pays européens (dont l'Italie, la France et l'Autriche) ou quelques États américains (Alabama, Floride) souhaitent interdire la « viande cultivée ».



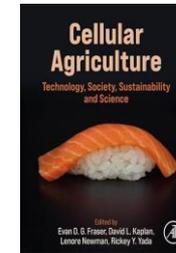
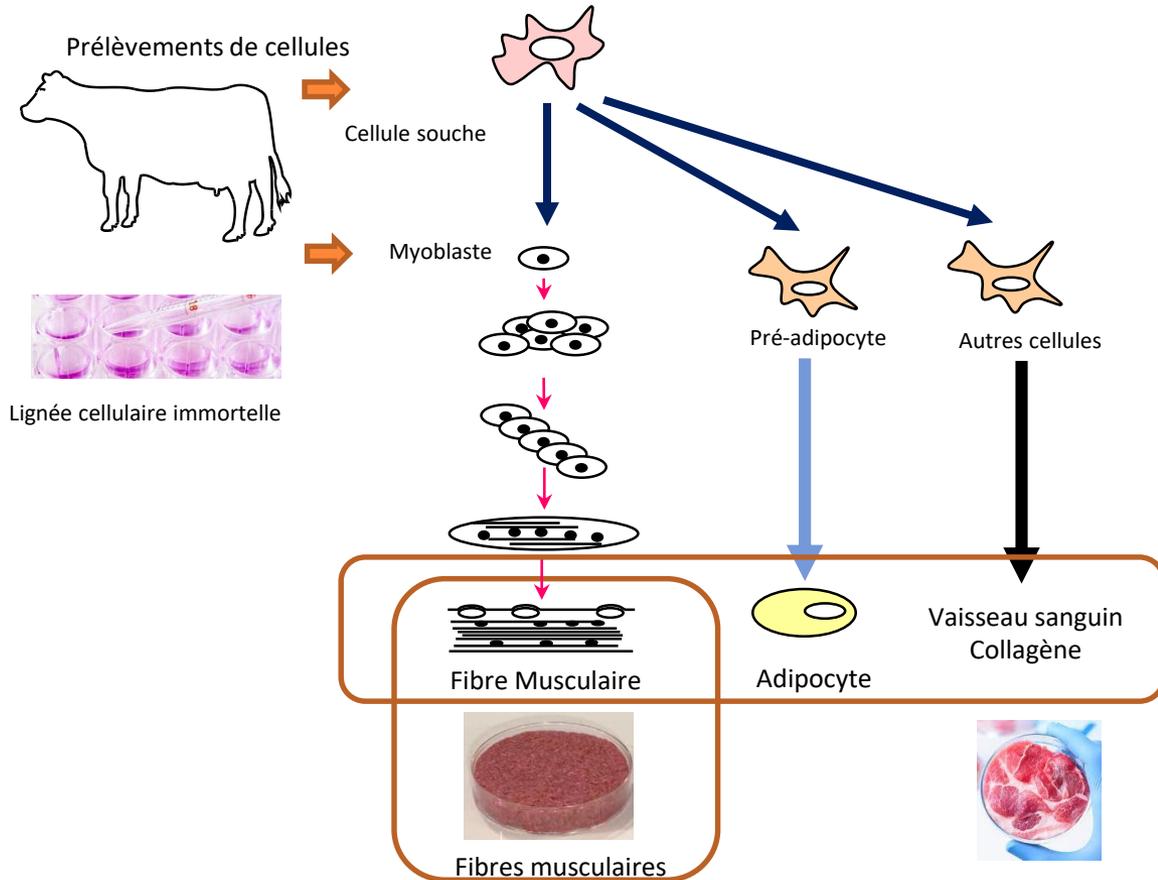
Comment ?

Techniques

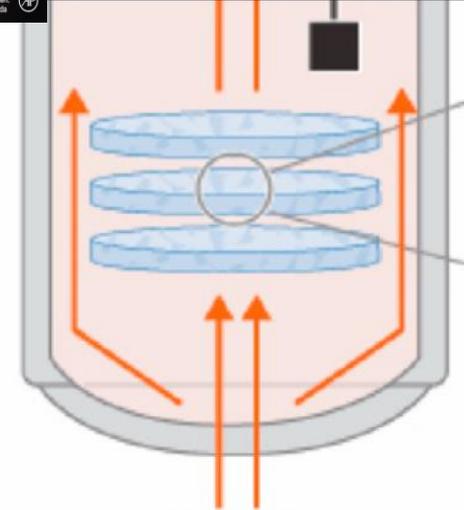




Production d'aliments cellulaires dans des bioréacteurs



CHAPTER	
What should the properties of cultivated meat be?	5
S. Chikri ^{1,2} , M.P. Elies-Dary ^{1,3} and J.F. Hocquette ¹	
¹ INRAE, Clermont University, VetAgro Sup, Saint Genès Champanelle, France; ² Paris, France; ³ Bordeaux Sciences Agro, Chalosse, France	
Chapter objectives	
<ul style="list-style-type: none"> • To explore the latest advancements concerning the safety, nutritional value, and sensory/organoleptic properties of cultivated meat as described in the current published scientific literature. • To evaluate the potential and limits of this technology in the context of novel food production. 	



Milieu de culture
(avec ou sans sérum de veau foetal)



Qui ?

Producteurs/Acteurs



**Le Journal
du Dimanche**

SOCIÉTÉ

TRIBUNE. « Viande de culture : la France doit être leader »

Nicolas Morin-Forest (Gourmey) et Étienne Duthoit (Vital Meat) appelle la France à soutenir les entreprises de viande de culture pour devenir un leader du marché.

Nicolas Morin-ForestÉtienne Duthoit
11/03/2023 à 19:56, Mis à jour le 12/03/2023 à 13:07



Entreprises travaillant dans ce secteur

Figure 2 : Entreprises du secteur de la viande et des fruits de mer cultivés, par année de création

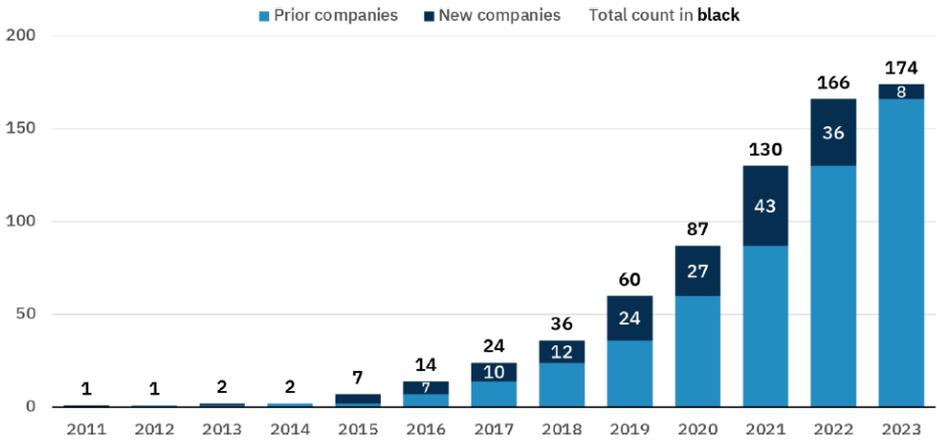
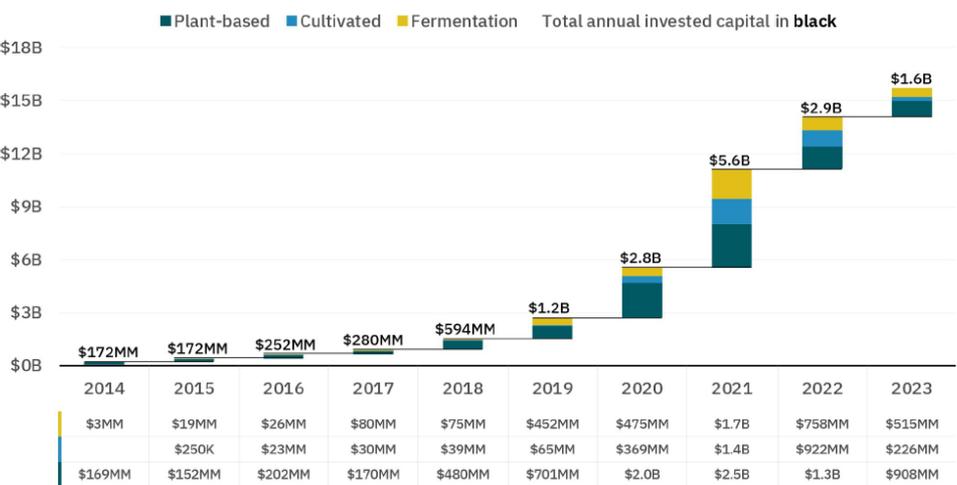


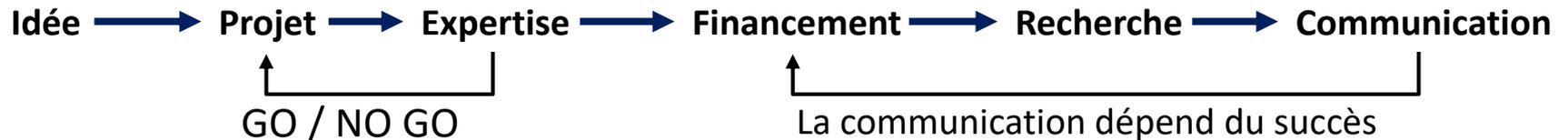
Figure 12 : Capital investi cumulé et annuel dans les protéines alternatives, par pilier





Une « logique de recherche scientifique » inversée

Le processus de recherche normal



La logique de recherche a été inversée



« Nous avons besoin d'une expertise collective et transparente par des organismes tiers indépendants qui doivent avoir accès aux résultats existants. En attendant, le principe de précaution doit s'appliquer » (Tribune du Monde de 2023).



Quelle qualité ?

Plusieurs incertitudes

DÉBATS • TRIBUNES

TRIBUNE

Collectif



« L'essor de la “viande de synthèse” repose sur peu de données scientifiques »

Face à la faiblesse des évaluations en termes sanitaire, environnemental ou nutritionnel, il serait très prématuré de commercialiser les produits issus de « cellules musculaires cultivées », alerte, dans une tribune au « Monde », un collectif d'une soixantaine de scientifiques et de membres de sociétés savantes.

Publié le 25 février 2023 à 10h00 | Lecture 4 min.

Le Monde





La qualité **sanitaire** : un défi à relever



Avantages potentiels

- Moindres risques de prolifération d'agents pathogènes comme *Salmonella* ou *Escherichia coli*
- Limitation des épidémies (environnement contrôlé)
- Réduction des vaccinations et de l'utilisation d'antibiotiques



Risques potentiels

- Contaminations accidentelles à écarter (via l'utilisation d'antibiotiques)
- Développement d'une instabilité génétique au cours de la prolifération cellulaire

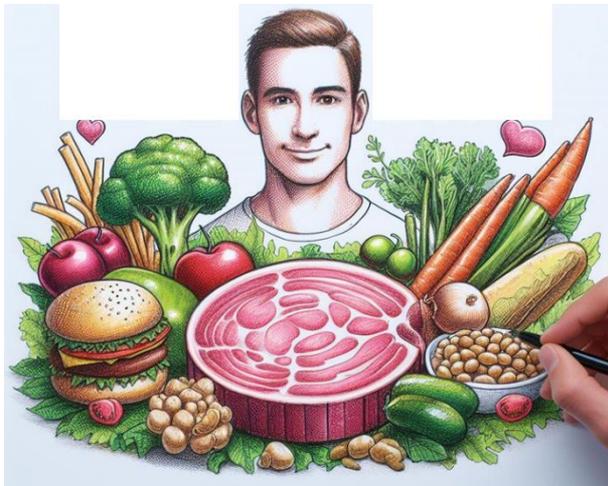


Priorités de recherche (expertise FAO de novembre 2022)

- Normes des niveaux de résidus des intrants
- Concentrations des intrants (facteurs de croissance, antibiotiques, nouvelles molécules)
- Recyclage des milieux pouvant concentrer des molécules dangereuses
- Conséquences des modifications génétiques
- Evaluation du produit final



Des produits dont la qualité **nutritionnelle** est inconnue





Des produits dont la qualité **nutritionnelle** est inconnue

Les aliments cellulaires se distinguent actuellement de la viande par leurs propriétés technologiques, sensorielles et nutritionnelles : ils ont une **couleur pâle en raison de l'absence de myoglobine et une faible teneur en fer.**

(Fraeye et al., 2020, Frontiers in Nutrition 7:35).

Nutrition Profile	Soy base	Cultured chicken	Chicken breast
Energy (kcal 100 g ⁻¹)	157.0	137.0	106.0
Protein (g 100 g ⁻¹)	22.5	19.1	19.8
Fat by hydrolysis (g 100 g ⁻¹)	4.7	4.5	2.9
Saturated fat (g 100 g ⁻¹)	0.4	0.7	0.9
Cholesterol (mg 100 g ⁻¹)	0.0	56.9	89.8
Carbohydrates (g 100 g ⁻¹)	1.0	0.8	0.1
Sodium (mg 100 g ⁻¹)	399.0	341.2	157.0
Ash for minerals (g 100 g ⁻¹)	1.0	0.9	1.2

Les aliments à base de cellules ont été analysés une fois :

- Même teneur en protéines,
- Les vitamines, les minéraux et le profil des acides aminés sont comparables,
- Moins de graisses saturées et de cholestérol
- Davantage de sodium

<https://www.linkedin.com/pulse/pour-clarifier-le-d%C3%A9bat-sur-la-viande-cultiv%C3%A9e-c%C3%A9line-laisney/>



Des produits dont la qualité **nutritionnelle** est inconnue

Une seule étude \Rightarrow **Manque de résultats scientifiques**

Prototypes actuellement non disponibles pour une évaluation indépendante (Fraeye et al., 2020)

Absence de comparaison indépendante (composition ; biodisponibilité et digestibilité des différents constituants (Broucke et al., 2022)).

De larges segments de recherche restent donc encore à explorer...



Nécessité de :

- fournir un produit à haute valeur nutritionnelle \Rightarrow nécessité d'optimiser le profil en Acides Aminés (Olenic & Thorrez, 2023)
- ajuster le contenu en lipides et la composition en acides gras (Chriki et al., 2020)
- ajouter des antioxydants exogènes
- augmenter la teneur en myoglobine et oligoéléments
- compléter en micronutriments
- vérifier les propriétés de ces éléments (le milieu de culture ou les biomatériaux utilisés pourraient inhiber certains de leurs effets bénéfiques) (Lecerf & Legrand, 2015)





Quelle qualité **sensorielle** pour ces produits ?

Avoir la même composition n'est pas suffisant !!

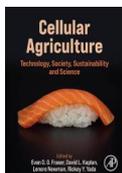


Différents descripteurs importants pour juger les produits carnés :

- La couleur
- La saveur et le goût associés aux réactions de Maillard entre les acides aminés et les sucres permises à la cuisson par la maturation
- L'arrière-goût (risque de rancissement selon la composition lipidiques du produit)

Possibilité de proposer un produit aussi complexe biologiquement que la viande ?

Nécessite de **cultiver ensemble différents types de cellules** (myoblastes, adipocytes, fibroblastes) pour produire un morceau d'une apparence proche de celle d'un muscle





Des avantages sur le plan environnemental discutables





Des avantages sur le plan environnemental discutables

Un avantage pour la « viande de culture » dans l'étude de 2011, contredite en 2015



Tuomisto H. L. *et al* 2011. Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental science and technology*, **45**, 6117-6123

Mattick C. S. *et al* 2015. Anticipatory lifecycle analysis of in vitro biomass cultivation for cultured meat production in the United States. *Environmental science and technology* **49**, 11941-11949

Lynch J., PierreHumbert R. 2019. Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Frontiers in sustainable food systems*, **3**, 5.



Des avantages sur le plan environnemental discutables

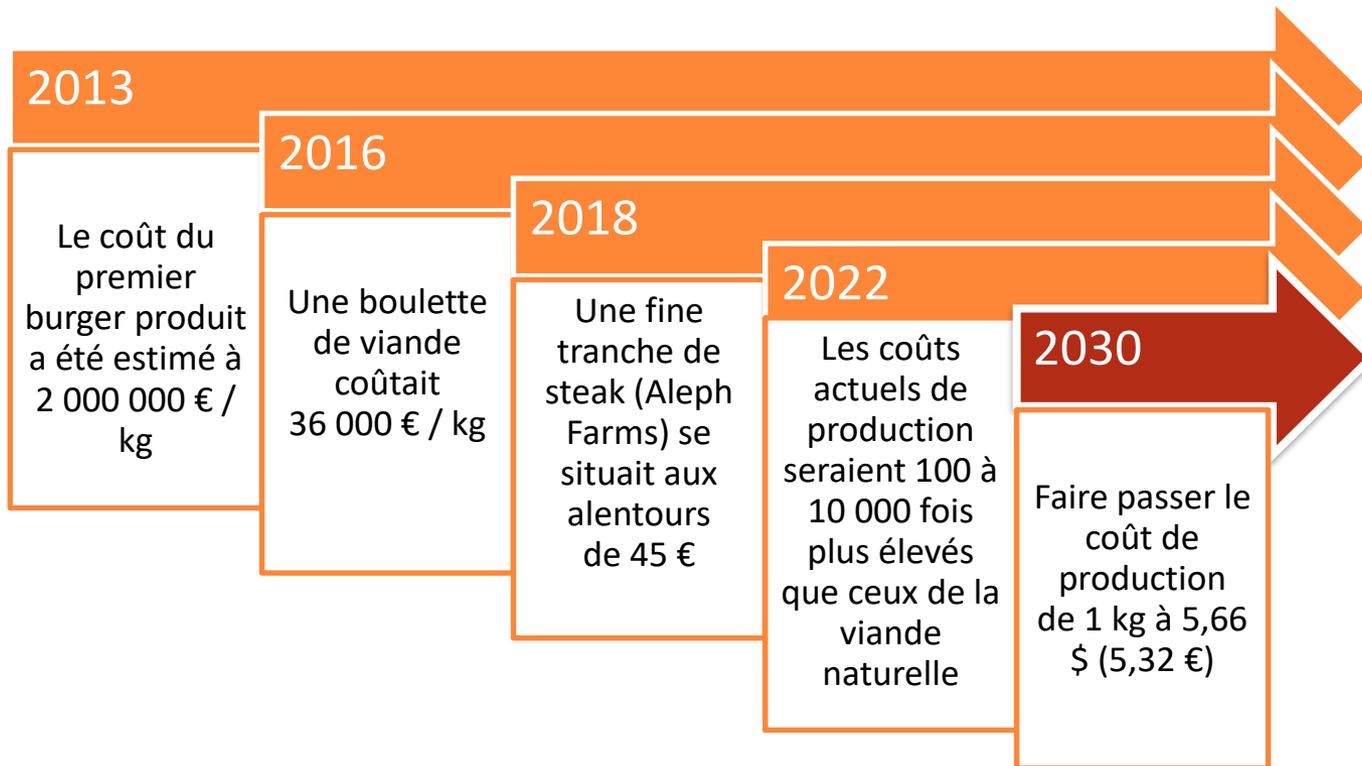
Tout dépend du type de gaz à effet de serre (CO₂ ou CH₄) selon une étude de 2019
 Beaucoup d'étapes sont oubliées dans le calcul...

	Tuomisto and Teixeira de Mattos (2011)	Tuomisto et al. (2014)	Smetana et al. (2015)	Mattick et al. (2015)
Cell collection	–	–	–	–
Growth factors production	–	–	–	–
Scaffold production	–	–	–	+
Bioreactor's production	+	+	+	+
Cleaning bioreactor	–	–	–	+
Culture media recycling	–	–	–	–
Scaffold removal/recovery	–	–	–	–
Wastewater treatment	–	–	–	–

Rodríguez Escobar et al. (2021). Foods 2021, 10, 2941. <https://doi.org/10.3390/foods10122941>

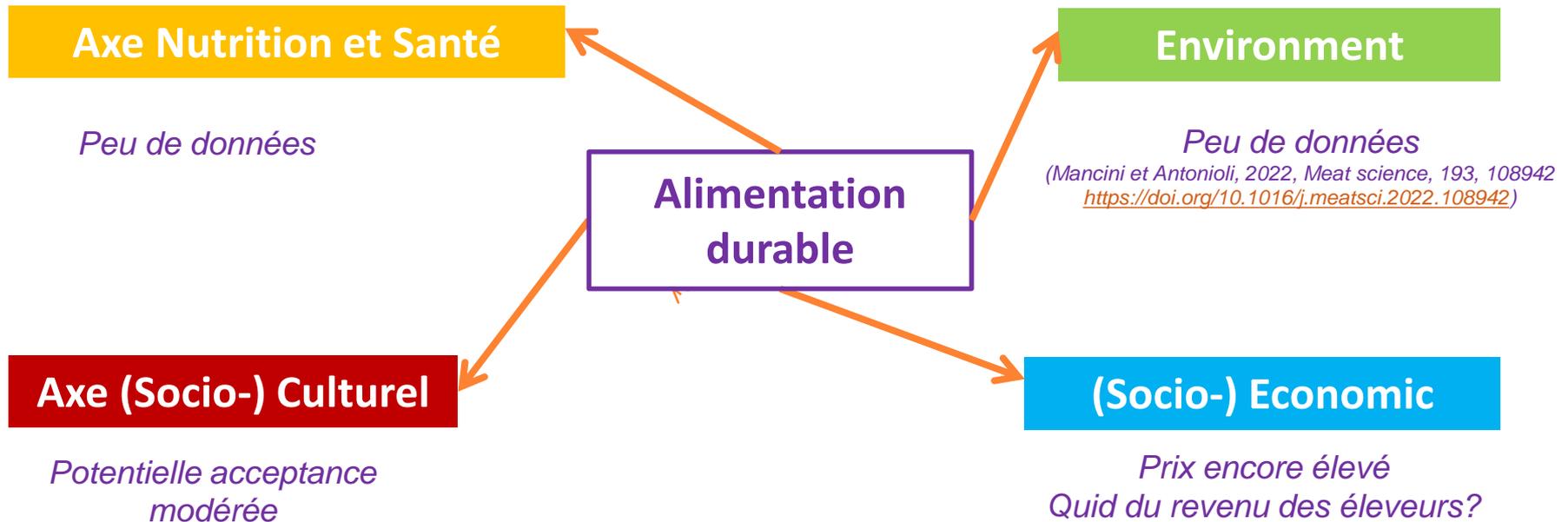


Le prix des produits est encore non compétitif mais diminue





La « viande de culture » est-elle un aliment durable ?



Selon la FAO-WHO (2019) : Les aliments durables sont décrits comme :

« sains et ayant de faibles impacts sur l'environnement, socio-culturellement acceptables et accessibles à tous sur le plan économique »

<http://www.fao.org/3/ca6640en/CA6640EN.pdf>



Une dénomination appropriée à trouver...





Une dénomination appropriée à trouver

Le nom utilisé a son importance, car il reflète la perception du produit par ceux qui l'emploient.

Ce n'est pas de la viande pour les bouchers (pas de maturation), la législation européenne, et la majorité des consommateurs brésiliens (Chriki *et al.*, 2021).

Une **nomenclature appropriée, véridique et non trompeuse** ⇒ faciliter la prise de décision éclairée des consommateurs (Hastak et Mazis, 2011).

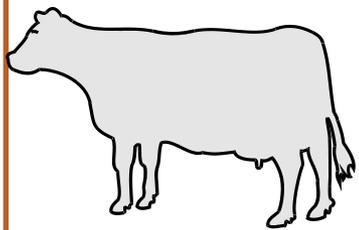
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc2241en>

Modifier term (1)	Sector			
	Authorities	Industry and developers	Academia	Media
animal-free			X	X
artificial			X	X
cell-based	X	X	X	X
cell-cultivated (2)			X	
cell-cultured	X	X	X	X
cellular			X	X
clean		X		X
cruelty-free				X
cultivated	X	X	X	X
cultured	X	X	X	X
fake			X	X
Frankenmeat				X
healthy		X		X
imitation				X
<i>in vitro</i>			X	X
lab-grown			X	X
made				X
Meat 2.0 (3)				X
Shmeat				X
slaughter-free				X
synthetic			X	X
test tube				X
vat-grown				X

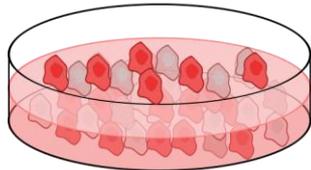


Est-ce vraiment de la viande ?

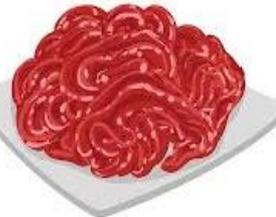
Production d'aliments cellulaires



Biopsie



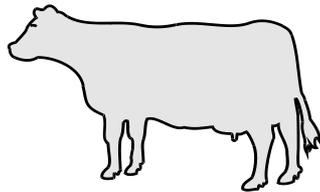
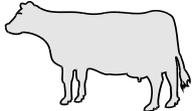
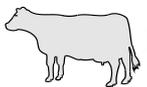
Multiplication cellulaire



Fibres musculaires

Y-a-t-il vraiment maturation ?
Ajout des nutriments absents
Pas d'études de digestibilité

Multiplication cellulaire chez l'animal



Muscle



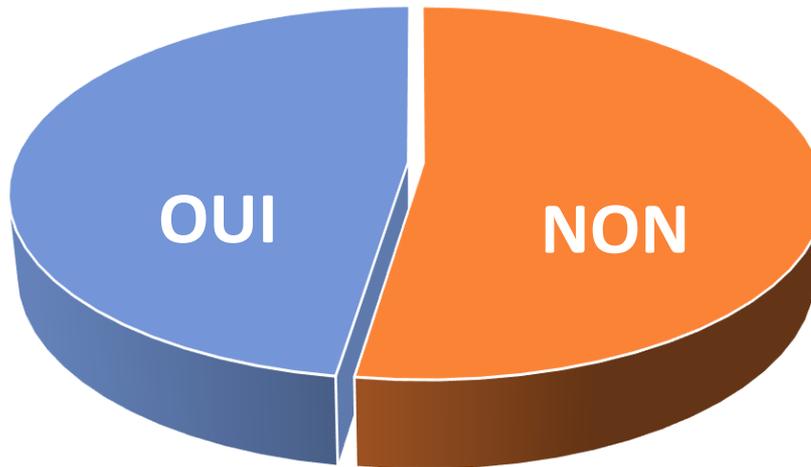
Viande

Maturation

(10-30 jours pour le boeuf)



Est-ce de la viande selon les consommateurs ?



Rappel: selon la législation européenne, les produits alimentaires doivent être correctement étiquetés pour ne pas tromper les consommateurs

Moyenne de plus de 10000 réponses de consommateurs du Brésil (*Chriki et al., 2021. Foods, 10,11, 2588* <https://doi.org/10.3390/foods10112588>, de pays européens et du content américain (données non publiées)



Les facteurs déterminants de l'acceptation de la « viande de culture »

Facteurs d'acceptation	Tendances
Genre	↑ femmes ↓ hommes
Orientation politique	↑ libéraux ↓ conservateurs
Résidence	↑ urbains ↓ ruraux
Education	↑ éduqués ↓ non éduqués
Niveau socio-économique	↑ hauts revenus ↓ faibles revenus
Familiarité avec le produit	↑ très sensibilisés-informés ↓ peu sensibilisés-informés
Régime alimentaire	↑ faibles consommateurs de viande ↓ végétariens

Adapté de Siddiqui et al. (2022). Applied Sciences <https://doi.org/10.3390/app12178795>



Profil « type » des consommateurs potentiels



- Jeunes
- Femmes
- Haut niveau d'études
- Familiars avec le sujet
- Consommateurs de viande
- Prêts à réduire leur consommation de viande issue d'élevage
- De faibles revenus (*attente d'une viande moins cher, « bon marché »*)

Pour aller plus loin...



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Réf. : F6520 V1

Viande in vitro - Intérêts, enjeux et perception des consommateurs

Date de publication :
10 décembre 2020

Cet article est issu de : Procédés chimie - bio - agro | Agroalimentaire

par Sghaier CHRIKI, Marie-Pierre ELLIES-OURY
Jean-François HOCQUETTE

Feature Article

Is "cultured meat" a viable alternative to slaughtering animals and a good compromise between animal welfare and human expectations?

Sghaier Chriki,¹ Marie-Pierre Ellies-Oury,^{1,2} and Jean-François Hocquette¹

¹ISARA, Agroecology and Environment Unit, Lyon, France

²Bordeaux Sciences Agro, Gradignan, France

³INRAE, University of Clermont Auvergne, Vetagro Sup, UMR Herbivores, Saint-Genès-Champagnelle, France



Brazilian Consumers' Attitudes towards So-Called "Cell-Based Meat"

Sghaier Chriki^{1,*}, Vincent Payet¹, Sérgio Bertelli Pflanzler², Marie-Pierre Ellies-Oury^{3,4}, Jingjing Liu³, Elise Hocquette¹, Jonatã Henrique Rezende-de-Souza² and Jean-François Hocquette⁴



Chinese Consumers' Attitudes and Potential Acceptance toward Artificial Meat

Jingjing Liu^{1,*}, Elise Hocquette², Marie-Pierre Ellies-Oury^{1,3}, Sghaier Chriki⁴ and Jean-François Hocquette^{1,*}

Le Déméter 2023

Agriculture et alimentation : la durabilité à l'épreuve des faits

UNE ALIMENTATION SANS AGRICULTURE DEMAIN : LA « VIANDE » PRODUITE EN LABORATOIRE

Jean-François Hocquette

Ingénieur agronome, directeur de recherche à l'Institut national pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).

Sghaier Chriki

Enseignant-chercheur en zootechnie à l'Institut supérieur d'agriculture Rhône-Alpes (ISARA) et chercheur associé à l'Institut national pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).

Marie-Pierre Ellies-Oury

Professeure des universités en Sciences Animales à l'École nationale supérieure vétérinaire de Bordeaux (Bordeaux Sciences Agro) et chercheuse associée à l'Institut national pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE).

Analysis of Scientific and Press Articles Related to Cultured Meat for a Better Understanding of Its Perception

Sghaier Chriki^{1*}, Marie-Pierre Ellies-Oury^{2,3}, Dominique Fournier⁴, Jingjing Liu³ and Jean-François Hocquette^{2*}

¹ISARA, Agroecology and Environment Unit, Lyon, France, ²Bordeaux Sciences Agro, Gradignan, France, ³INRAE, Clermont-Ferrand, VetAgro Sup, Saint-Genès-Champagnelle, France, ⁴INRAE, SDAR, Montpellier, France



La revue scientifique

Viandes & Produits Carnés
Référence de l'article : VPC-2021-3745
Date de publication : 13 décembre 2021
www.viandesetproduitscarnes.com



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 Allo¹, Hervé This⁵



La revue scientifique
Viandes & Produits Carnés
Référence de l'article : VPC-2021-37-2-1
Date de publication : 17 mars 2021
www.viandesetproduitscarnes.com



Que pensent les Français de la culture de cellules musculaires pour produire de la viande ?

Avis, perception et attitudes des consommateurs Français face à la nouvelle biotechnologie consistant à produire de la viande par la culture de cellules musculaires.

Mots-clés : enquête, consommateurs, perception, agriculture cellulaire, viande artificielle, élevage

Auteur : Elise Hocquette¹, Jingjing Liu², Marie-Pierre Ellies-Oury³, Sghaier Chriki⁴, Jean-François Hocquette²

doi: 10.3389/fnut.2020.00007



The Myth of Cultured Meat: A Review

Sghaier Chriki^{1*} and Jean-François Hocquette^{2*}

¹ISARA, Agroecology and Environment Unit, Lyon, France, ²INRAE, University of Clermont Auvergne, Vetagro Sup, UMR Herbivores, Saint-Genès-Champagnelle, France

Pour aller plus loin...

Cahiers de nutrition et de diététique 59 (2024) 47–56



Disponible en ligne sur
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



ALIMENTATION DURABLE

La « viande de culture » : ce que nous savons et ce qu'il faudrait savoir. Volet B : qualités extrinsèques



Meat and Muscle Biology™



Technological Aspects of Bridging the Gap Between Cell-Based Food and Conventional Meat

Minsu Kim^{1,2}, Hyun Young Jung¹, Marie-Pierre Ellies-Oury^{3,4}, Sghaier Chriki^{3,5}, Jean-François Hocquette^{3*}, and Cheorun Jo^{1,2,6*}

Animal xxx (xxxx) xxx



Contents lists available at ScienceDirect

Animal

The international journal of animal biosciences



Cahiers de nutrition et de diététique 58 (2023) 389–398



Disponible en ligne sur
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



ALIMENTS

La « viande de culture » : ce que nous savons et ce qu'il faudrait savoir. Volet A : principes et qualités intrinsèques



Review: Will “cultured meat” transform our food system towards more sustainability?

Jean-François Hocquette^{a,*}, Sghaier Chriki^{a,b}, Dominique Fournier^c, Marie-Pierre Ellies-Oury^{a,d}

^a INRAE, Université de Clermont-Ferrand, VetAgroSup, Saint Genès Champanelle, France

^b ISARA, Lyon, France

^c INRAE, SDAR, Montpellier, France

^d Bordeaux Sciences Agro, Gradignan, France

Food of the future: Meat and dairy alternatives

Edited by

Antti Knaapila, Sghaier Chriki, Fang Fang,
Jean-Francois Hocquette and Marie-Pierre Ellies-Oury

Coordinated by

James Ledo

Published in

Frontiers in Nutrition



Plan

A- Introduction générale

- 1- Contexte et défis de l'élevage
- 2- Faut-il produire moins ?
- 3- Consommation de la viande

B- Viande de culture

C- Analogues végétaux

D- Insectes comestibles

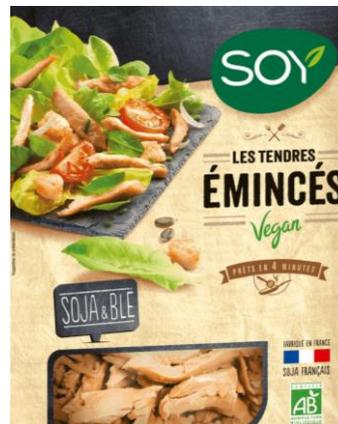


Exemple avec un succédané ou analogue de viande

« steak végétal », « viande végétale », « burger végétal »

Liste des ingrédients :

Protéines végétales réhydratées (eau, protéines de soja, protéines de blé, bouillon (eau, herbes de Provence 0,5%)), protéines de pois, amidon, protéines de soja, poudre de blanc d'œuf, sel...



En théorie on ne devrait pas appeler ça un steak puisqu'il n'y a pas de viande au point même que les fabricants précisent sur l'emballage « sans viande ».

Sans Viande

Cayot, 2020

Exemples d'analogues traditionnels et modernes

Analogues traditionnels de viande ou fromage

- Tofu (texture d'une mozzarella sans fibre)



- Sufu (équivalent d'un fromage fermenté)



- Tempeh-natto



- Seitan



- houmous



Analogues modernes

- Protéines Végétales Texturées



- Soyourt



- Boulettes de protéines végétales



- Tofu émietté façon « Bolognaise »



- Haché végétal



Le tofu : sorte d'analogue de la « mozzarella » (≠ Touffu dans Harry Potter !)

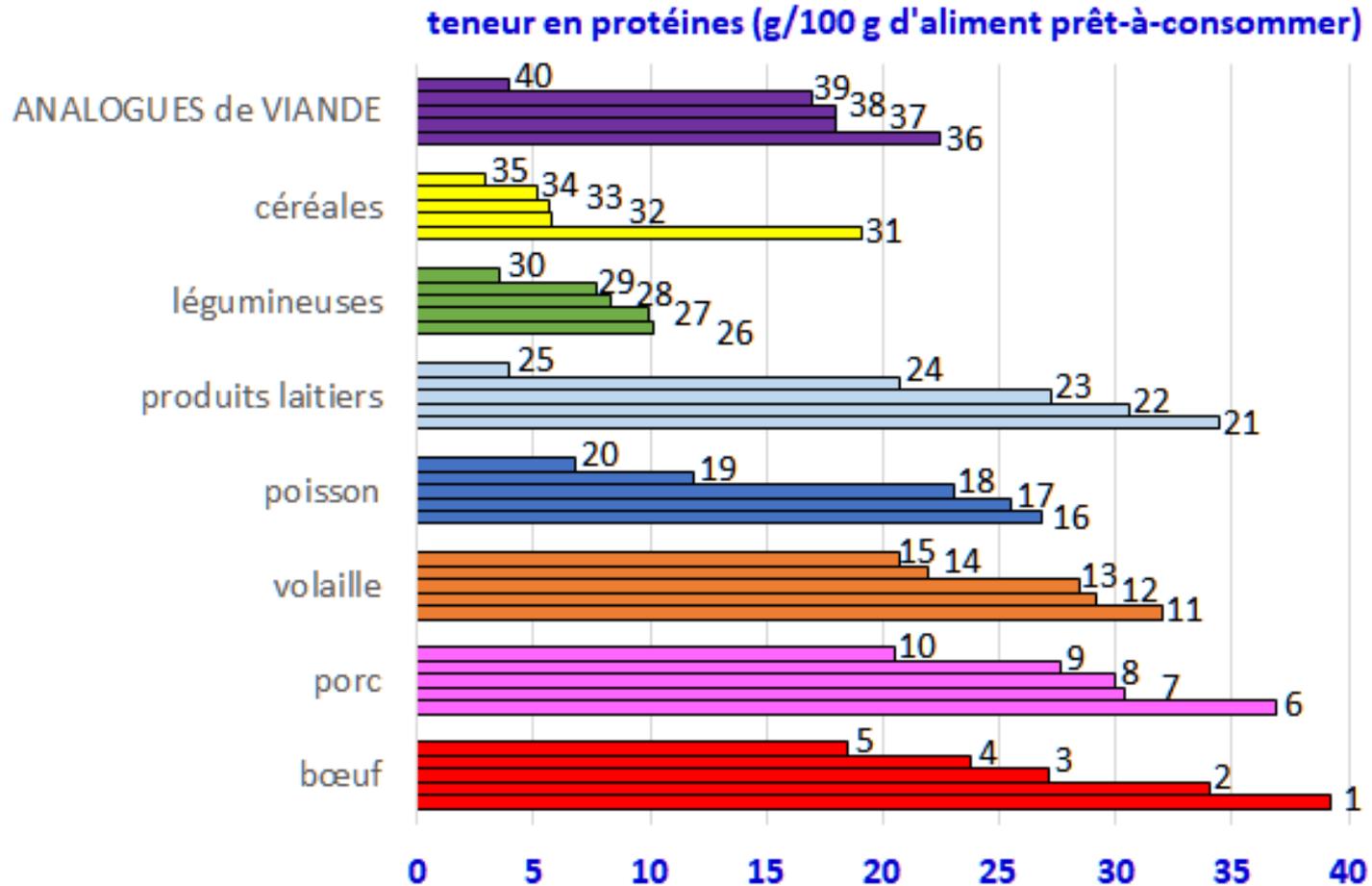
Sufu : un analogue de fromage affiné « végétal »

Tempeh à la mode d'un steak sauté et natto à l'image d'un fromage coulant très fort

Le seitan (boule de gluten) pour un repas analogue aux viandes en sauce

Falafel et houmous : Des succédanés de boulette de viande et de pâté venus du Proche-Orient

Quelle qualité nutritionnelle des analogues végétaux ?



Les analogues végétaux possèdent des teneurs en protéines très inférieures aux produits animaux

Mesures des protéines des légumineuses crues et cuites

Pourquoi pense-t-on que les légumineuses sont riches en protéines ?

Teneur en protéine (g/ 100 g)	Légumineuses sèches	Après cuisson (à l'eau), prêt-à-consommer
LENTILLES	25	10
HARICOTS BLANCS	19	6,75
HARICOTS ROUGES	22,5	9,6
POIS CHICHE	20,5	8,3
SOJA	34,5	12 *
POIS CASSÉS	22,8	8,6
Quinoa (pseudo-céréales)	13,2	4,7

*FoodData Central USDA
<https://fdc.nal.usda.gov>

Données Ciqual
<https://ciqual.anses.fr/>

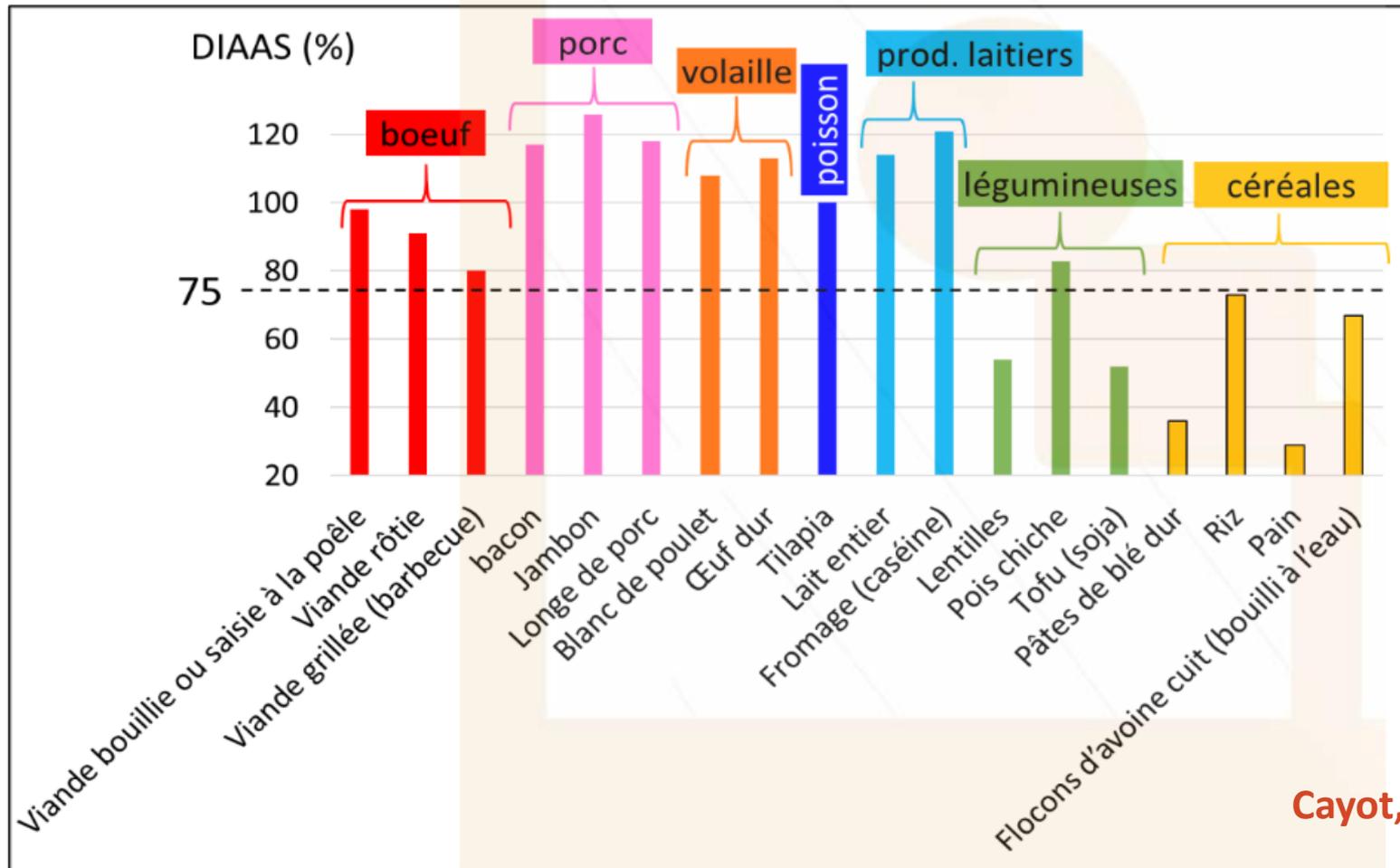
Il faut raisonner en « aliments prêts à consommer »

Non seulement les protéines sont beaucoup moins présentes dans les végétaux mais leur taux se réduit encore après cuisson

Quelle **digestibilité** des analogues végétaux ?

- ❑ **La quantité de protéines** apportée par un aliment ne peut constituer seule un critère de qualité des protéines
- ❑ Il faut, pour qualifier une protéine, s'intéresser à **la quantité d'acides aminés essentiels** que peut apporter en théorie une protéine (indice chimique) et son **aptitude à être hydrolysée (digérée)** et donc à libérer ces acides aminés essentiels
- ❑ La FAO a défini un critère absolu de qualité nutritionnelle d'une protéine (**DIAAS** : Digestible Indispensable Amino Acid Score = le score en acides aminés essentiels corrigé par la digestibilité au niveau de l'Iléon, avant le colon)

Quelle digestibilité des analogues végétaux ?



Cayot, 2020

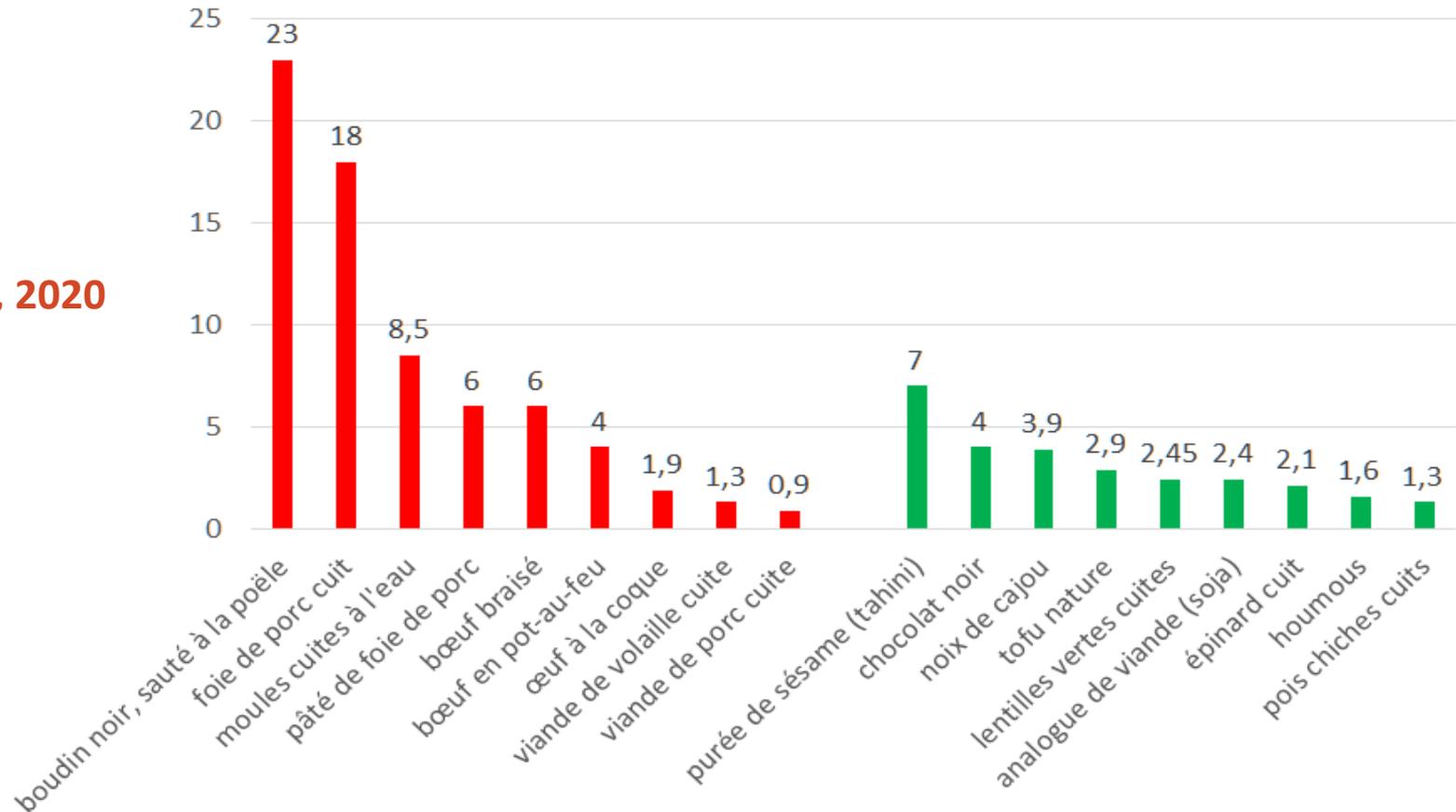
DIAAS des végétaux < 100 → ils n'apportent pas suffisamment d'acide aminés pour leur assimilation optimale

Malheureusement on ne trouve pas le DIAAS sur les aliments modernes
C'est une analyse très difficile

Quel apport en Fer des analogues végétaux ?

teneur en fer (mg/100 g)

Cayot, 2020



Malnutrition protéique et carence en fer = problématiques majeures dans le monde
Cela touche en particulier les populations féminines même si certains hommes sont aussi concernés par cela

Les teneurs en fer sont plus faibles dans les produits végétaux

En bref...

- ❑ **La qualité nutritionnelle des produits animaux**, qui porte sur des critères comme l'apport d'acides aminés essentiels, la biodisponibilité du fer et de la vitamine B12, **est très supérieure** à celle des analogues de viandes, anciens et nouveaux.
- ❑ Il n'y a pas d'aliment idéal, miracle. Il convient de manger varié...
- ❑ Cette excellente qualité nutritionnelle des produits animaux permet de ne pas en abuser et justement de varier avec d'autres aliments, fruits, légumes, légumineuses et céréales, qui apportent d'autres nutriments essentiels pour l'Homme : vitamine C, antioxydants type polyphénols, fibres, minéraux ...

Bibliographie

- ❑ Cayot P., 2020. Les analogues végétaux de viande et de produits laitiers : comparaison sur quelques indicateurs nutritionnels. In : L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable. Éditions France Agricole. Paris, France. 197-214.
- ❑ Cayot P., 2021. Substituts à la viande : formulations et analyse comparée. Viandes et Produits Carnés. Référence de l'article : VPC-2021-3736.
- ❑ BOURDREZ V., CHRICKI S., 2022. Qualités nutritionnelle, organoleptique et disposition à payer pour les alternatives à la viande : cas des analogues végétaux, de la « viande in vitro » et des insectes. INRAE Prod. Anim., 35, 217-236 <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2022.35.3.7265>



Plan

A- Introduction générale

- 1- Contexte et défis de l'élevage
- 2- Faut-il produire moins ?
- 3- Consommation de la viande

B- Viande de culture

C- Analogues végétaux

D- Insectes comestibles





En bref...

- ❑ Pratiquée dans de nombreuses cultures dans le monde entier depuis de nombreuses décennies, **l'entomophagie désigne le fait de manger des insectes**.
- ❑ Les coléoptères, les larves de lépidoptères ou encore les guêpes, mouches et abeilles, sont les insectes les plus couramment consommés.
- ❑ La consommation d'insectes peut contribuer à **améliorer la sécurité alimentaire** dans le monde.
- ❑ La **valeur nutritionnelle** des insectes comestibles est très **variable**, notamment en raison de la grande diversité des espèces.
- ❑ Il y a **plusieurs risques pour la santé humaine** associés à leur consommation.
- ❑ Les insectes constituent **une piste prometteuse dans le traitement des déchets**.
- ❑ Quid du **bien-être des insectes** ?!

Bibliographie

- ❑ GHNIMI S., ELLIES-OURY MP., CHRIFI S., 2024. Insectes dans l'alimentation humaine - Transformation et qualité. Techniques de l'ingénieur, F9502 v1, <https://doi.org/10.51257/a-v1-f9502>
- ❑ CHRIFI S., ELLIES-OURY MP., GHNIMI S., 2023. Les insectes dans l'alimentation animale - Une voie prometteuse pour un élevage plus durable. Techniques de l'ingénieur, F9500 v1, <https://doi.org/10.51257/a-v1-f9500>
- ❑ BOURDREZ V., CHRIFI S., 2022. Qualités nutritionnelle, organoleptique et disposition à payer pour les alternatives à la viande : cas des analogues végétaux, de la « viande in vitro » et des insectes. INRAE Productions animales, 35, 217-236 <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2022.35.3.7265>



Merci !

schriki@isara.fr

