



ALIMENTATION OMNIVORE VS VÉGÉTALIENNE/VÉGANE, IMPACT CLIMATIQUE ET ENJEUX MONDIAUX DE SANTÉ PUBLIQUE

ALIMENTATION OMNIVORE VS VÉGÉTALIENNE/VÉGANE, IMPACT CLIMATIQUE ET ENJEUX MONDIAUX DE SANTÉ PUBLIQUE

Novembre 2025

Jean-François Lesgards, Ph.D.



TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION ET CONTEXTE : CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ELEVAGE.....	5
2. QUANTITÉ ET QUALITÉ DES PROTÉINES ALIMENTAIRES ANIMALES ET VÉGÉTALES	10
2.1. POURQUOI LES PROTÉINES SONT-ELLES ESSENTIELLES À L'ORGANISME ET À LA SANTÉ ?.....	10
2.2. QUANTITÉ DE PROTÉINES DANS LES MATRICE ALIMENTAIRES ANIMALES ET VÉGÉTALES.....	10
2.3. PROFIL EN ACIDES AMINÉS DES PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES	12
2.4. DIGESTIBILITÉ ET BIODISPONIBILITÉ DES PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES	15
2.4.1 <i>Digestibilité et Echelles Internationales de Digestibilité des Protéines</i>	15
2.4.2 <i>Facteurs « anti-nutritionnels » dans les végétaux</i>	17
Acide phytique/phytates.....	17
Lectines	18
Saponines.....	18
Tanins	18
3. ALIMENTATION VÉGÉTARIENNE ET VÉGÉTALIENNE STRICTE À L'ECHELLE GLOBALE : CARENCES, TOXICITÉ ET CONSÉQUENCE SUR LA SANTÉ HUMAINE.....	19
3.1. CARENCES EN PROTÉINES.....	19
3. 2. CARENCES EN ACIDES AMINÉS ESSENTIELS (EAAs).....	23
3.3. CARENCES EN VITAMINES ET SELS MINÉRAUX	25
3.3.1 <i>Carences en Vitamines</i>	26
3.3.2. <i>Carences en sels minéraux</i>	29
3.3.2.1 La particularité du fer	30
3.4. LES LIPIDES	36
3.4.1. <i>Acides gras, acides gras saturés et cholestérol</i>	36
3.4.2. <i>Déficience en acides gras oméga-3</i>	37
3.4.3 <i>Ratio Oméga3 - oméga6</i>	39
3.5. PRODUITS TOXIQUE ENDOGÈNES ET EXOGENES : PERTURBATEUR ENDOCRINIENS, OGM ET PESTICIDES .	40
4. PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES DANS L'ALIMENTATION DES BÉBÉS	40
4.1. LES LIPIDES.....	41
4.2. LES PROTÉINES	46
4.3. LES SUCRES	48
4. 4. PRÉBIOTIQUES ET PROBIOTIQUES	49
5. VIANDE ARTIFICIELLE ET INSECTES.....	49
5.1. MILIEUX DE CULTURE POUR LA VIANDE CULTIVÉE : COMPOSITION ET ENJEUX	51
5.2. PROCESS ET DIFFICULTÉS TECHNIQUES.....	53
5.3. IDENTIFICATION DES RISQUES DE TOXICITÉ ET PROBLÈMES DE CARENCES ET DE TEXTURE DANS LES PRODUITS CARNÉS FABRIQUÉS À PARTIR DE CELLULES ANIMALES CULTIVÉES	54
5.4. ACCEPTABILITÉ ET QUESTION PHILOSOPHIQUES, ÉTHIQUES ET RELIGIEUSES.....	55
5.5. COMMERCIALISATION DE LA VIANDE DE LABORATOIRE (LAB-GROWN MEAT)	57
5.6. RÉGIME À BASE D'INSECTES : INTÉRÊTS ET RISQUES	57
5.7. PROTÉINES ET ACIDES GRAS DANS LES INSECTES	58



5.8. CONTAMINANTS, GERMES ET ALLERGÈNES	60
5.8.1. Contamination chimique (pesticides, métaux lourds, mycotoxines etc.)	60
5.8.2. Plus de 239 substances allergisantes (asthme à choc anaphylactique)	61
5.8.3 Contamination bactéries dont Salmonella, virus dont coronavirus, champignons.....	61

6. DISCUSSION ET CONCLUSION : ALIMENTATION, SCIENCE ET IDÉOLOGIE, LA NÉCESSAIRE RÉCONCILIATION..... 62

6.1. LES CARENCES EN MACRONUTRIMENTS : FRAGILITÉS DU RÉGIME VÉGÉTALIEN À LONG TERME ET À UNE ECHELLE GLOBALE	63
6.2. LES CARENCES EN MICRONUTRIMENT : INVISIBLES MAIS LOURDES DE CONSÉQUENCES	64
6.3. ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES : L'ACCESSIBILITÉ DES SUPPLÉMENTS ET L'IMPACT SUR LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT	65
6.4. LES « PROTÉINES ALTERNATIVES » : MIRAGE TECHNOLOGIQUE ET FAUSSE SOLUTION ÉCOLOGIQUE	66
6.5. CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES : BIEN-ÊTRE ANIMAL DANS L'ÉLEVAGE VS. VIANDE DE LABORATOIRE	67
6.6. ENTRE IDÉOLOGIE CLIMATIQUE ET PERTE DE BON SENS : CONSÉQUENCES SUR L'ÉLEVAGE ET LES ÉLEVEURS.....	68
6.7. CULTURE, ÉTHIQUE, ÉGALITÉ ET LIBERTÉ : L'ALIMENTATION EST AUSSI UNE QUESTION DE BON SENS, CIVILISATIONNELLE ET HUMAINE	70
6.8. CONCLUSION OUVERTE.....	73

RÉFÉRENCES 75



REMERCIEMENTS

Ce rapport a été financé par l'association BonSens.org

Merci à OF, JYC, GG, XA et CR pour leurs relectures attentives.

Images d'illustration - Licence Envato pour BonSens.org



1. INTRODUCTION ET CONTEXTE : CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ELEVAGE

Lors de la COP 28 (30 nov. 2023 – 13 déc. 2023 à Dubaï), la consommation de viande s'est retrouvée au cœur des débats. Tedros Adhanom Ghebreyesus, président de l'OMS, a souligné que « *le système alimentaire actuel [nuisait] à la santé des populations* » en contribuant à plus de 30 % des émissions de gaz à effet de serre et aux maladies mondiales (Vegconomist, 2024). Il a plaidé pour une réduction de la consommation de viande au profit d'une alimentation végétale, estimant qu'une telle transition pourrait « *sauver jusqu'à huit millions de vies chaque année* ». Le président de l'OMS appelle à une transition vers une alimentation à base de plantes pour « *protéger et promouvoir la santé des populations et de la planète* ». (Vegconomist, 2024).

Cette prise de position a suscité la colère des lobbyistes de l'industrie de la viande, comme le Meat Institute (précédemment North American Meat Institute (NAMI)) ¹ qui ont dénoncé une « *stratégie anti-bœuf* » et ont diffusé un « *message pro-viande* » vantant l'élevage et les régimes traditionnels (Meat Institute, 30 November, 2023) notamment avec le Protein PACT ². Le Meat Institute, principale association américaine du secteur, représente plus de 350 entreprises assurant 95 % de la production nationale de viande. Le Protein PACT réunit des partenaires mondiaux pour accélérer les progrès vers les objectifs de développement durable, en fixant des cibles ambitieuses et en assurant un suivi transparent.

Le directeur général de l'Institut interaméricain de coopération pour l'agriculture (IICA), le Dr. Manuel Otero a aussi rappelé : « *Comme l'a conclu la Food and Agriculture Organization (FAO), la viande, les œufs et le lait constituent des sources essentielles de nutriments essentiels, difficiles à obtenir par d'autres moyens. Leur production contribue aux moyens de subsistance de millions de personnes dans les Amériques et dans le monde entier. L'élevage est donc au cœur de toutes les solutions de développement durable, qu'elles soient environnementales, économiques ou sociales. L'IICA et ses États membres continueront de défendre, lors de la COP28 et au-delà, le rôle crucial de l'agriculture durable des Amériques, y compris l'élevage, dans la réalisation des objectifs mondiaux.* »

A cela, l'ONG ProVeg International ³, qui a obtenu le statut d'observateur permanent à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et présent à la COP depuis 2019, a surenchéri en disant qu'il s'agissait d'une nouvelle forme de « *déni de l'alimentation face au changement climatique* ». Finalement, plus de 130 pays ont signé la Déclaration des Émirats sur le climat et la santé **COP28 UAE Declaration On Climate And Health** ⁴, qui encourage explicitement la réduction de la consommation de viande et, pour la première fois, place la restauration à base de plantes au centre des discussions climatiques.

En parallèle, le Forum économique mondial (WEF) créé par Klaus Schwab appelle, par l'intermédiaire de Jim Hagemann Snabe (président de Siemens AG et Membre du conseil d'administration WEF), « *un milliard de personnes à arrêter de manger de la viande* » pour « *lutter contre le changement climatique* » (London Daily, 2025). Jim Hagemann Snabe a déclaré : « *Et donc, j'ai arrêté de manger de la viande* », expliquant avoir été inspiré par sa fille de 24 ans qui questionnait sa cohérence entre la défense des chaînes de valeur zéro carbone et sa consommation de viande. Il a ajouté que ce geste individuel ne compenserait qu'un vol

¹ <https://www.desmog.com/meat-institute/>

² https://www.meatinstitute.org/Protein_PACT

³ <https://proveg.com/be/fr/>

⁴ <https://www.cop28.com/en/cop28-uae-declaration-on-climate-and-health>



pour la Thaïlande en 11 ans, mais que « *si des milliards de personnes faisaient de même, cela provoquerait un changement radical* ». Selon lui, cette transition aurait un impact considérable sur le système alimentaire et stimulerait l'innovation

Or une étude du CE Delft, commandée par Greenpeace, montre qu'en 2022, les vols en jet privé liés au Forum de Davos ont doublé, générant autant de CO₂ que 350 000 voitures. Plus de la moitié (53 %) étaient des vols de moins de 750 km, dont 38 % de moins de 500 km, avec un minimum de 21 km. L'Allemagne, la France et l'Italie figurent parmi les pays les plus concernés (CE Delft ; Faber J and Sander R, 2022) (Gysin R, 2022). Il y a donc un manque de cohérence chez les acteurs et les participants du WEF.

Le WEF prétend aussi (par l'intermédiaire de recherches de l'Oxford Martin School) que remplacer la viande, surtout le bœuf, pourrait fortement bénéficier non seulement à l'environnement, mais aussi à la santé (WEF, 2019) (AFP, 2019). D'après cette étude, « *2,4 % des décès liés à l'alimentation dans le monde pourraient être évités en abandonnant le bœuf* », et jusqu'à 5 % dans les pays riches. Mais ce document sur les « *Protéines Alternatives* » est vague et ne détaille pas le nombre exact de décès ou les maladies concernées alors que le WEF continue d'affirmer pourtant, que l'abandon de la viande « *pourrait éviter des millions de décès inutiles chaque année* ».

Il est légitime d'avoir des doutes sur cette étude et ces chiffres étant donné l'intérêt nutritionnel et pour la santé que présentent les viandes, les poissons et les produits laitiers développés dans ce rapport, notamment en regard des limites nutritionnelles des végétaux. Le titre de l'article du WEF et son contenu font l'apologie non seulement des protéines contenues dans les végétaux mais aussi des protéines de viande fabriquées en laboratoire (« *lab-grown meat* »), appelés globalement « *protéines alternatives* ».

On peut noter que le WEF et d'autres acteurs très agressifs sur les questions du climat, présentent toujours les animaux d'élevage comme un problème, sans montrer d'humanité ni de respect pour ces animaux qui ont accompagné l'Humanité de manière essentielle. Il faut rappeler que la base du développement des premières grandes civilisations connues, de 10 à 12 000 ans avant Jésus-Christ avec la sédentarisation des chasseurs-cueilleurs, et jusqu'à nos jours, n'a été possible que sur la base du développement de l'agriculture et de l'élevage (Mazoyer M et Roudart L, 1993). On retrouve cette froideur dans des textes et discours de plus en plus nombreux, « *Pourquoi manger moins de viande est le meilleur moyen de lutter contre le changement climatique* » (WEF, 2015): « *De plus, l'élevage consomme un tiers des ressources en eau utilisées par l'agriculture (qui représentent 71 % de la consommation mondiale d'eau), ainsi que plus de 40 % de la production mondiale de blé, de seigle, d'avoine et de maïs [utilisation des céréales pour les animaux]. L'élevage utilise également 30 % de la surface terrestre autrefois abritant la faune sauvage, jouant ainsi un rôle crucial dans la perte de biodiversité et l'extinction des espèces. À tout moment, le cheptel mondial s'élève à plus de 150 milliards d'animaux, contre seulement 7,2 milliards d'êtres humains. L'élevage a donc une empreinte écologique directe plus importante que la nôtre. L'élevage est responsable de près de 14,5 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre et contribue significativement à la pollution de l'eau.* »

Les animaux d'élevage ne sont donc présentés que comme des sources de pollution et de modification du climat. Bill Gates va jusqu'à oser prétendre qu'il faut « *réparer* » les vaches (« *We have to fix the cows* ») pour qu'elles n'émettent plus de méthane (CH₄) ou « *faire du bœuf sans vaches* » c'est à dire les remplacer par de la viande synthétique⁵ ou végétale (Bloomberg, 2019). Pourtant, même si le méthane est un gaz à

⁵ <https://x.com/DefiantLs/status/1960718961978351926>



effet de serre, la production par les vaches et autres animaux n'a pas été clairement démontrée comme étant responsable du réchauffement climatique (Gervais F, 2025) (Koonin EK, 2022). De plus, dans des systèmes conventionnels, les prairies permanentes utilisées pour le pâturage peuvent séquestrer suffisamment de carbone dans le sol pour compenser totalement les émissions de gaz à effet de serre (CH_4 , N_2O) ainsi que le CO_2 biogénique produit par les animaux et les plantes (McPhillips LJ et al., 2022). Autrement dit, ce système présente un bilan carbone net nul ou négatif (puits de carbone).



Bill Gates affirmait aussi au MIT Technology Review en 2023, que les pays riches qui en avaient les moyens « devraient passer à du bœuf 100 % synthétique » afin de réduire significativement les émissions mondiales liées à l'élevage, avait-il déclaré au MIT Technology Review (Euronews, 2023) (CNBC, 2023). « On peut s'habituer à la différence de goût, et on prétend qu'ils vont l'améliorer encore avec le temps. »

Bill Gates soutient financièrement des entreprises de viande végétale ou cultivée en laboratoire (Impossible Foods, Beyond Meat, Upside Foods), afin de réduire l'impact climatique de l'élevage.

En France, un rapport du 22 mai 2023 de la cour des comptes sur « Les soutiens publics aux éleveurs de bovins » appelle à la diminution du cheptel de vaches français (Cour des comptes, 2023). La raison évoquée est que la Stratégie nationale bas carbone (SNBC2), adoptée par décret n°2020-457, prévoit de réduire les émissions de méthane de 53 à 45 Mt CO_2eq entre 2020 et 2030, soit une baisse de 15 % en dix ans. Avec le « Global Methane Pledge »⁶, la France s'engage aussi à doubler ses efforts de réduction par rapport à la SNBC2. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie, 65 % des émissions françaises de méthane (CH_4) proviennent de l'agriculture, dont 87 % sont liées à l'élevage bovin, tandis que les déchets représentent 26 % des émissions. Il apparaît donc difficile d'atteindre l'objectif de -30 % d'ici 2030 sans une diminution du cheptel bovin (voir le tableau n° 8 de ce rapport, plus bas, sur les prévisions). D'après le

⁶ <https://www.globalmethanepledge.org/>



Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), 93,6 % des émissions bovines proviennent de la fermentation entérique, contre 6,4 % issues des déjections animales.

Tableau n° 8 : Évolution du cheptel bovin prévue dans le scénario AMS de la SNBC 2 (effectif total de bovins, en milliers de têtes)

2015	2025	2035	2050
19 321	17 117	15 239	13 451

Source : MASA

Les auteurs du rapport de la cour de compte rappellent, quand même, que « *l'élevage bovin est producteur de services environnementaux et sociétaux considérables* », et qu'il « *valorise des terres non arables* ».

La conséquence de ces politiques est déjà que 25% de la viande bovine en France est importée. Réduire les cheptels, c'est juste déplacer le problème selon des agriculteurs. « *Non, la baisse du cheptel n'est pas une fatalité ! Non, un scénario à la néerlandaise n'est pas inéluctable ! Oui nous avons besoin d'un élevage laitier en France !!* », a tweeté lundi le directeur général de la Fédération Nationale de l'Industrie Laitière (Fnil), François-Xavier Huard.

Ces débats et considérations pourraient-ils avoir un lien avec les mesures excessives et inutiles d'abattage dans la crise de la dermatose nodulaire chez la vache, ainsi que la cruauté qui accompagne ces mesures (Article 521-1 code pénal), comme exposé dans notre dossier sur le sujet avec Hélène Banoun et Olivier Frot : " *Dermatose Nodulaire Contagieuse de la Vache (DNC): l'Abattage « Inutile » d'Animaux par la France ?* " (BonSens.org, 2025 ⁷) ?

Par ailleurs DSM-Firmenich qui vend le produit Bovaer, un ingrédient (le 3-nitrooxypropanol ou 3-NOP) qui, ajouté à l'alimentation des bovins, permet de réduire leurs émissions de méthane ⁸ est associée à Meatable, une compagnie de viande synthétique qui a reçu des financements grâce au Dr Rick Klausner, ancien directeur de l'Institut national du cancer des États-Unis et ancien directeur exécutif de la santé mondiale à la Fondation Bill & Melinda Gates (New Hope, 2025). Ce produit mis dans la nourriture des animaux, pourrait diminuer la fertilité (FSCJ, 2024).

Enfin, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ou GIEC (en anglais *Intergovernmental panel on climate change* ou IPCC) s'est aussi exprimé sur le sujet: « *Les régimes alimentaires équilibrés, comprenant des aliments d'origine végétale, tels que ceux à base de céréales secondaires, de légumineuses, de fruits et légumes, de noix et de graines, ainsi que des aliments d'origine animale produits dans des systèmes résilients, durables et à faibles émissions de gaz à effets de serre (GES), présentent des opportunités majeures d'adaptation et d'atténuation tout en générant des co-bénéfices significatifs en termes de santé humaine.* » (IPCC, 2019)

Dans un autre rapport ils ajoutent, à l'instar de Bill Gates : « *Les analogues de la viande tels que la viande d'imitation (issue de produits végétaux), la viande cultivée et les insectes peuvent contribuer à la transition*

⁷ <https://bonsens.info/dermatose-nodulaire-contagieuse-de-la-vache-dnc-labattage-inutile-danimaux-par-la-france/>

⁸ <https://www.dsm-firmenich.com/anh/products-and-services/products/methane-inhibitors/bovaer.html>



vers des régimes alimentaires plus sains et plus durables, bien que leur empreinte carbone et leur acceptabilité soient incertaines. » (Mbow CC et al., 2019)

Nous présentons dans ce rapport, ce qui est connu objectivement par les sciences de la nutrition, en regard de ces déclarations, assertions et textes. Est-ce que des changements de cap aussi importants sont réellement dans l'intérêt de la santé et de la liberté des peuples et permettent de mieux lutter contre les discriminations, ou peuvent au contraire agir à l'inverse ?

Dans ce rapport nous détaillons l'intérêt nutritionnel exceptionnel pour la santé que présentent les produits carnés et laitiers, notamment en ce qui concerne les protéines, en regard de leur quantité dans les matrices alimentaires, **de leur qualité en termes de profil d'acides aminés** (AAs) notamment des Acides Aminés Essentiels (EAAs) non synthétisés par le corps **et de leur digestibilité optimale**. Les protéines constituent la matière noble de notre organisme et si l'organisme ne peut pas digérer, absorber et utiliser les AAs contenus dans les protéines de façon optimale, alors les protéines sont moins utilisables par l'organisme (moins biodisponibles). Les produits carnés et laitiers sont également des sources inestimables de lipides de qualité, de vitamines et de sels minéraux, aussi bien pour les adultes que pour les enfants en bas âge et en développement. Les vitamines et sels minéraux ne sont pas l'apanage des végétaux qui ont aussi leurs limites concernant ces composés bien qu'ils en soient riches.

L'Humanité ne s'est pas développée par hasard grâce à cette synergie entre les aliments d'origine animale et végétale.



Des régimes alimentaires à base d'insectes et de viande fabriquée en laboratoire sont aussi décrits, avec leurs intérêts nutritionnels mais aussi les problèmes de carences et de toxicité qu'ils peuvent impliquer.

Ces questions doivent être débattues sur des bases scientifiques objectives et sans dogmatisme ni affolement, comme on l'observe trop souvent notamment chez les autorités de santé, certains partis politiques en



particulier écologistes, le tout amplifié par les médias et qui ne permet pas au public d'avoir suffisamment d'éléments scientifiques et de bon sens pour se faire sa propre opinion.

2. QUANTITÉ ET QUALITÉ DES PROTÉINES ALIMENTAIRES ANIMALES ET VÉGÉTALES

2.1. POURQUOI LES PROTÉINES SONT-ELLES ESSENTIELLES À L'ORGANISME ET À LA SANTÉ ?

Les protéines sont vitales pour l'organisme, comme le souligne l'étymologie du mot : « *proteios* » signifie « *de première importance* ». Les protéines sont la matière noble de notre corps et représentent environ 16 % de sa masse.

Elles sont essentielles à sa structure : peau, cheveux (kératine), cartilage, muscles, tendons et ligaments (collagène). Les protéines existent également sous forme de milliers d'enzymes qui effectuent des réactions vitales à l'intérieur et à l'extérieur de nos cellules, permettant la réplication de l'ADN et des cellules, l'adaptation à notre environnement et le maintien de tous les équilibres et systèmes de l'organisme. D'autres protéines transportent également des molécules comme l'oxygène et le dioxyde de carbone pour l'hémoglobine ou le cholestérol pour les lipoprotéines. Les hormones (messagers qui régulent notre physiologie et notre comportement) sont souvent dérivés d'Acides Aminés (**AAs**) et les anticorps ou immunoglobulines (immunité) sont également des protéines.

2.2. QUANTITÉ DE PROTÉINES DANS LES MATRICE ALIMENTAIRES ANIMALES ET VÉGÉTALES

Les protéines doivent être apportées par notre alimentation, car nous ne pouvons pas les stocker comme les sucres ou les graisses. Nous avons besoin d'environ 0.75-1 g de protéines par kg de poids corporel (kg pc) et par jour (ce qui signifie qu'une personne qui pèse 60 kg a besoin d'environ 55-60 g de protéines par jour) (FAO/WHO/UNU, 2007) (Trumbo, P et al. 2002). Pour les séniors et personnes âgées, notamment pour éviter la sarcopénie (fonte musculaire) après 65 ans, les apports recommandés sont de 1 à 1,3 g/kg pc par jour (g/kg pc/j) de protéines de qualité (Nowson C and O'Connell S, 2015) et pour les sportifs, notamment avec une activité intense ou de haut niveau, entre 1,2 à 2 g/kg pc/j ou plus, de protéines de haute qualité (Phillips, S. M et al., 2016) (Wu G, 2016) (Jäger, R. et al., 2017). Pour les femmes enceintes ou allaitantes, les apports recommandés sont de 1,1 g de protéines/kg pc/j pendant la grossesse contre 0,8 g de protéines/kg/j après accouchement (Kominiarek MA, Rajan P, 2016).

De nos jours, il est parfois difficile d'atteindre cet apport sans trois repas équilibrés par jour et surtout sans apport en viande ou poissons, œufs, produits laitiers. Ceci est encore plus vrai pour les personnes qui ne font qu'1 ou 2 repas par jour, en particulier dans les pays en voie de développement dont les philanthropes prétendent se préoccuper.



Les viandes et les poissons contiennent naturellement entre 2 et 50 fois plus de protéines que les végétaux et les légumes et ceci est accentué par la cuisson (tableau 1).



La viande rouge crue apporte environ 20 à 25 g de protéines pour 100 g, tandis que la viande rouge cuite en contient environ 28 à 36 g. Cette augmentation est due à la perte d'eau pendant la cuisson (20–30 % du poids), qui concentre les nutriments. Par conséquent, le pourcentage de protéines dans les produits carnés augmente après la cuisson (Schönfeldt HC et al., 2).

En comparaison, les lentilles sèches (cruées, avant cuisson) contiennent 24 à 26 g de protéines/100 g, donc environ 25 % de protéines mais seulement 8 à 9 g de protéines/100 g une fois cuites (après absorption d'eau) car le poids triple environ pendant la cuisson.

VÉGÉTAUX ET PRODUITS DÉRIVÉS	PROTÉINES EN G / 100 G CONSOMMÉ CRU	PROTÉINES EN G / 100 G CONSOMMÉ CUIT
Tomate	0,5	0,88
Carotte	0,63	0,55
Aubergine	1,12	1,33
Chou-fleur	1,81	1,6
Haricots verts	1,85	1,75
Pomme de terre	2,16	1,96
Champignons crus	2,37	4,44
Épinard	2,62	3,38
Brocoli	3,95	2,1
Petits pois	5,84	6,38
Riz blanc	7,04	2,92



Germes soja (Haricot mungo)	7,54	
Blé germé	8,03	
Maïs doux, appertisé, égoutté	8,1	2,82
Quinoa	13,2	5
Tofu		14,7
Noix séchées, cerneaux	15,7	
Avoine	16,9	
Pois chiches cuits	20,5	8,31
Haricots rouges	22,5	9,63
Lentilles verte	25,1	10,1
Cacahuètes ou Arachides	26,1	
Nuggets soja et blé		14,1
Steak à base de soja		14,2-16,5

Tableau 1 : Quantités de protéines dans végétaux communs avant et après cuisson (légumes, céréales, noix et produits dérivés). ⁹

2.3. PROFIL EN ACIDES AMINÉS DES PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES

La qualité d'une protéine alimentaire est liée à son équilibre dans la composition de ses **acides aminés (AAs)** et notamment de ses **acides aminés essentiels (AAEs)** que le corps ne peut synthétiser, et qui doivent être apportés par l'alimentation. Le tableau 2 montre que les viandes, les poissons et les protéines laitières présentent un excellent profil en AAEs (en bleu) par rapport aux protéines végétales en particulier, qui contiennent souvent moins de certains AAEs, ce qui en fait des protéines moins efficaces et moins intéressantes pour l'organisme.

⁹ <https://ciqua.anses.fr/>



Acides Aminés	Bœuf	Porc	Poulet	Poisson	Lait	Œufs	Soja	Riz	Pois	Lentilles
Alanine	6,4	6,3	6	6,5	3	6,1	4,3	5,7	4,3	5,8
Arginine	6,6	6,4	6,5	6,6	2,8	6,1	7,4	8	8,6	9,2
Acide	8,9	8,9	9,3	9,9	7,5	10,6	11,5	9	11,6	9,8
Cystéine	1,4	1,3	1,3	1,0	0,9	1,9	1,4	2	1,0	1,1
Acide	14,6	14,5	17	14,3	20,2	12,7	19	17,5	17,3	11,6
Glycine	7,1	6,1	5,5	7,4	1,7	3,4	4,3	5,1	4,1	7,4
Histidine	3,1	3,2	3,1	3,0	2,6	2,6	2,5	2,4	2,5	5,2
Isoleucine	5,1	4,9	4,8	4,4	4,9	5,8	4,7	4,2	4,8	3,6
Leucine	8,4	7,5	7,7	7,7	10,1	8,3	7,8	8,4	8,4	6,5
Lysine	8,5	7,8	9,3	9,3	7,7	6,2	6,2	3,8	7,4	7,7
Méthionine	2,5	2,5	2,5	1,8	2,4	3,2	1,3	2,3	1,0	1,6
Phénylalanine	4	4,1	4,6	4,4	4,9	5,8	5,2	5,4	5,5	5,7
Proline	5,4	4,6	4,3	4,6	9,9	3,8	5,2	4,7	4,4	4,4
Sérine	3,9	4	4,1	4,6	5,2	6,7	5,4	5,3	5,1	5,6
Thréonine	4,2	5,1	4,3	5,0	4,1	4,5	3,9	4	3,7	2,8
Tryptophane	1,3	1,3	1,1	0,9	1,4	1,6	1,3	1,2	0,9	0,9
Tyrosine	3,2	3,0	3,6	3,5	5	3,9	3,7	5	4,1	4,9
Valine	5,5	5	5	5,1	6,2	6,8	4,9	6	5,2	4,6



% AAEs dans	39,5	41,4	39,3	38,6	41,7	42,2	35,3	35,3	37,0	33,4
% BCAAs	19,0	17,4	17,5	17,2	21,2	20,9	17,4	18,6	18,4	14,7

Tableau 2 : Compositions en acides aminés (AAs) en % dans des aliments issus de sources animales et végétales exprimés en g pour 100 g de protéines. En gras : acide aminés essentiels (AAEs) et % en AAEs de la composition totale. AABs (Isoleucine, Leucine, Valine): acides aminés branchés (activateur de synthèse protéique et de formation des muscles). Moyenne des données extraites de (FAO/Bender A, 1992) (Elias Masiques, N et al., 2024) (Dalle Zotte et al., 2020) (Lall S.P et al., 2005) (Khazaei, H. et al., 2019) (Ramakrishnan, V.V et al., 2024) (Babault, N et al., 2015) (Lenders CM et al., 2009) (Rasmussen CJ, 2008).

Une large bibliographie scientifique le confirme comme cette étude de Gorissen SHM et al. (2018) où les teneurs AAEs étaient plus faibles dans les protéines d'origine végétale (26 ± 2 % des protéines totales) par rapport aux protéines d'origine animale (37 ± 2 % des protéines totales) et aux protéines du muscle squelettique humain (38 % des protéines totales) (Gorissen SHM et al., 2018). Les teneurs en acides aminés essentiels des protéines d'origine végétale telles que l'avoine (21 %), le lupin (21 %), le blé (22 %), le chanvre (23 %) et les microalgues (23 %) sont inférieures aux besoins en acides aminés de l'OMS/FAO/UNU (WHO/FAO/UNU, 2007).

En ce qui concerne les acides aminés à chaîne ramifiée (BCAA), responsables de la synthèse protéique, notamment de la formation musculaire, ainsi que de l'amélioration de la masse maigre et du contrôle du poids, les protéines issues de source animale affichent également une supériorité.

En moyenne, les protéines animales contiennent respectivement 12 % AAEs et 5 % de BCAAs en plus que les sources végétales.

En fait, il existe de grandes différences de teneur et de composition en acides aminés entre les différentes sources de protéines végétales contrairement aux protéines animales. Des combinaisons de diverses sources de protéines végétales sont nécessaires pour donner des caractéristiques protéiques proches de celles des protéines animales.

En plus de la variété nécessaire des sources pour les végétariens, la conséquence de la pauvreté en protéines dans les végétaux et de leur plus faible contenu en AAEs est qu'il faut en consommer une grande quantité journalière pour atteindre les besoins de l'organisme.

Si on prend l'exemple de la méthionine par exemple, à partir des données des tableaux 1 et 2, on obtient cette quantité en g/100 g de produit cuit (tableau 3 ci-dessous).

Bœuf	Porc	Poulet	Poisson	Lait	Œufs	Steak Soja	Riz	Pois	Lentilles
0,69	0,73	0,72	0,42	0,08	0,43	0,21	0,08	0,07	0,16

Tableau 3 : Quantité de méthionine en g/100 g de produit cuit (tableau 3)



Il faut donc consommer environ 1 kg de petits pois, 900 g de riz, ou 450 g de lentilles pour fournir à l'organisme autant de tryptophane que dans 100 g de viande (poulet ou autre).

Or la méthionine est un acide aminé essentiel à la synthèse des protéines et à la croissance tissulaire. Elle agit comme principal donneur de groupements méthyle (via la S-adenosyl-L-homocystéine/SAM) pour la synthèse de l'ADN, de la créatine (réservoir d'énergie cellulaire) et de la phosphatidylcholine (phospholipide structural des membranes et du foie), soutenant la régulation épigénétique et le métabolisme énergétique. Par la transsulfuration, elle produit la cystéine, précurseur du glutathion (L-glutathion réduit ou GSH), antioxydant majeur qui régénère les vitamines E et C et détoxifie médicaments, pesticides et métaux lourds (Pastore A et al., 2003) (Ulrich K, Jakob U, 2019). Un apport adéquat en méthionine favorise la synthèse du glutathion, tandis qu'une carence l'altère et compromet la fonction cellulaire (Bianchi, G et al., 2000). Le GSH intervient aussi dans la signalisation cellulaire, régulant l'expression génique, l'apoptose et la prolifération (Schafer FQ, Buettner GR, 2001). Des perturbations de sa concentration sont associées à de nombreuses pathologies chroniques : diabète, cancer, SIDA, maladies neurodégénératives et hépatiques (Franco R. et al., 2007) (Damy T. et al., 2009) (Schulz J.B. et al., 2000).

Donc une carence en méthionine peut se révéler très préjudiciable chez les végétaliens/végans. Une étude a montré que comparativement aux omnivores, les végétaliens présentaient un apport médian inférieur de 51,9 % en méthionine (Dietrich S et al., 2022).

En plus de la quantité de protéines d'un aliment et de leur profil en AAs, **un facteur clé est la digestibilité des protéines** en fonction de la matrice alimentaire dans laquelle elles sont intégrées. **Et les protéines des végétaux sont moins bien digérées que celles provenant de sources animales.**

2.4. DIGESTIBILITÉ ET BIODISPONIBILITÉ DES PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES

Le deuxième facteur important pour déterminer la qualité des protéines, en plus de leur contenu en AAes et BAAs (profil en AAs) est leur digestibilité. Si le corps ne peut pas digérer, absorber et utiliser les acides aminés contenus dans les protéines, y compris les protéines complètes, ces protéines sont moins utilisables par l'organisme.

2.4.1 DIGESTIBILITÉ ET ECHELLES INTERNATIONALES DE DIGESTIBILITÉ DES PROTÉINES

La digestibilité a été définie par des facteurs FAO/OMS appelés score d'acides aminés corrigé pour la digestibilité des protéines (PDCAAS/ *Protein digestibility corrected amino acid score*) et, plus récemment, score d'acides aminés indispensables digestibles (DIAAS/ *Digestible indispensable amino acid score*) (WHO/FAO/UNU, 2007) (FAO, 2011) (Rutherford SM et al., 2015).



Le score PDCAAS (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*) est une méthode d'évaluation de la qualité des protéines, avec un score maximal de 1,0. Les viandes animales comme le bœuf ont un score d'environ 0,9, contre des valeurs de 0,5 à 0,7 pour la plupart des aliments végétaux (Schaafsma G, 2000).

Le PDCAAS sert à mesurer la qualité d'une protéine alimentaire. Il tient compte à la fois de la quantité et du profil en acides aminés essentiels, corrigés par la digestibilité totale des protéines (mesurée dans les selles). La valeur est comparée aux besoins en acides aminés de l'organisme. Un PDCAAS de 1 signifie que cette protéine couvre entièrement les besoins en acides aminés essentiels si elle est consommée à hauteur des besoins moyens en protéines. Le PDCAAS a été utilisé pendant des décennies pour évaluer la qualité des protéines dans les aliments humains (FAO/WHO, 1991), mais la procédure PDCAAS présente des limites car les valeurs sont calculées à partir de la digestibilité totale des protéines brutes et ces calculs sont basés sur l'hypothèse que tous les acides aminés (AAs) ont la même digestibilité.

De plus, on sait que la digestibilité des AAs doit être mesurée à la fin de l'intestin grêle (iléon), car leur absorption se fait uniquement dans cette partie (Sauer WC and Ozimek L, 1986). Ainsi, la digestibilité iléale (dans l'iléon) reflète mieux la biodisponibilité réelle des AAs que la digestibilité totale ou fécale (basée sur le calcul de la différence entre les quantités ingérées et celles retrouvées dans les fèces de l'élément recherché). Ce score PDCAAS, par exemple, ne tient pas correctement compte de la présence des « *anti-nutriments* » contenus dans certains aliments qui inhibent la digestion des protéines. Des études montrent que le PDCAAS du soja ou du pois pourrait être diminué de 50% (Gilani GS et al., 2005).

Le score d'acides aminés digestibles indispensables (DIAAS) est une méthode de mesure de la qualité des protéines proposée en mars 2013 par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) afin de remplacer la norme de référence de classement des protéines qui était le PDCAAS. (FAO, 2013). Le DIAAS mesure la qualité d'une protéine en fonction de la quantité d'acides aminés essentiels (EAAs) qu'elle apporte et de ce que notre corps peut réellement digérer et utiliser. Cela reflète mieux l'utilisation réelle des protéines par l'organisme. Le DIAAS montre quelle part des besoins journaliers en acides aminés est couverte par l'EAA le plus faible dans une protéine, quand on en consomme la quantité correspondant aux besoins moyens en protéines (Wolfe RR et al., 2016) (Mathai JK et al., 2017) (Bailey HM, Stein HH, 2019). Le DIAAS peut être inférieur ou supérieur à 100 % selon la qualité de la protéine.

Par exemple, un DIAAS de 110 % signifie qu'en mangeant assez de cette protéine pour couvrir les besoins moyens journaliers en protéines, on apporte 110 % de l'acide aminé essentiel le plus limitant, et encore plus que 110 % pour tous les autres acides aminés essentiels. Si un aliment présente une valeur DIAAS égale ou supérieure à 100, il peut être considéré comme une source de protéines d'« *excellente* » qualité pour la tranche d'âge concernée. Un aliment peut être considéré comme une source de protéines de « *bonne* » qualité si sa valeur DIAAS est comprise entre 75 et 99. Ces valeurs sont souvent rapportées à 1 (100% = 1).

Les données relatives à la digestion de différentes protéines de sources animales et végétales sont présentées dans le tableau 3 (PDCAAS et DIAAS) avec des valeurs pour aliments cuits (Mathai JK et al., 2017) (Phillips SM, 2016) (Phillips SM, 2017) (Rutherford SM et al., 2015) (Ertl, P et al., 2016) (Ruales J et al., 2002) (Nosworthy MG et al., 2018) (Herreman, L et al., 2020) (Suárez López et al., 2006) (Hoffman JR and Falvo MJ, 2004) (House JD et al., 2010) (Zarkadas CG et al., 1995).



Acides Aminés (AAs)	Viandes	Poisson	Œufs	Lait entier	Soja	Riz	Pois	Haricots rouges	Orge
Score AAs corrigé de la digestibilité des protéines (PDCAAS)	1	1	1	1	1	0,61	0,71	0,68	0,51
Score d'acides aminés indispensables digestibles (DIAAS)	1,17	1,2	1,01	1,32	0,91	0,60	0,64	0,51	0,58

Tableau 3 : Digestibilité du lactosérum comparées à d'autres sources dont végétales selon le PDCAAS et le DIAAS

On voit donc clairement que les végétaux ont une digestibilité moins élevée, voire bien moins élevée que les aliments issus de sources animales dont la digestibilité est optimale. Nous ne sommes pas de purs herbivores. Ceci peut être expliqué notamment par certains composés contenus dans les végétaux qui inhibent la digestion et la biodisponibilité des protéines pour notre organisme.

2.4.2 FACTEURS « ANTI-NUTRITIONNELS » DANS LES VÉGÉTAUX

De nombreuses protéines végétales sont mal absorbées par l'intestin humain, cuites ou crues, en raison de substances/molécules appelées « anti-nutriments » qui bloquent l'absorption intestinale (Fredrikson M et al., 2001). Ces "anti-nutriments" sont couramment présents dans les céréales dont le riz, dans le soja, les pois, les haricots, les graines et les noix, et il a été démontré qu'ils bloquent l'absorption des nutriments bien que des procédés soient à l'étude pour diminuer ce type de composés « antinutritionnels » (Fredrikson M et al., 2001) (Okubo L et al., 1975) (Hartman GH, 1979) (Sørensen AD et al., 1998). Il existe quatre grandes familles de ces composés : l'acide phytique/phytates, les saponines, les lectines et les tanins.

Acide phytique/phytates

De nombreuses protéines végétales ne sont pas bien absorbées par l'intestin humain, cuites ou crues, en raison de substances telles que l'acide phytique qui séquestre le phosphore mais aussi le zinc, le fer et le calcium pouvant entraîner des carences en minéraux aux conséquences néfastes pour la santé (Hurrell RF, 2013) (Hotz C and Gibson RS, 2001). L'acide phytique réduit le taux de digestion et d'absorption des protéines principalement en raison de sa forte charge négative, qui facilite la formation de complexes binaires ou ternaires avec des protéines et des ions minéraux (Pei, Y et al., 2024). L'acide phytique, en particulier, est naturellement présent en concentrations relativement élevées (0,5 à 5 % p/p) dans certaines céréales, légumineuses et graines oléagineuses (Darby, S.J et al., 2017).



Lectines

Les lectines sont des protéines retrouvées en grandes quantités dans les céréales, les légumineuses, les pommes de terre mais aussi à la surface de certaines bactéries et en quantités infimes dans certains fruits et légumes. Leur rôle biologique exact chez les plantes n'est toujours pas parfaitement compris. On considère cependant qu'elles jouent un rôle dans la croissance et la défense des végétaux face aux pathogènes comme des insecticides naturels. Certaines sont très toxiques : l'exposition à moins de 2 mg de ricine (lectine du ricin dont on tire l'huile de ricin) par inhalation ou injection provoque la mort (6000 fois plus toxique que le cyanure). Les lectines ne sont pas complètement détruites à la cuisson ni par nos enzymes digestives et peuvent passer dans le sang (Wang Q et al., 1998) ou peuvent perturber les villosités intestinales, augmenter la perméabilité et induire différentes pathologies et inflammations des voies digestives.

Localement, les lectines peuvent abîmer la paroi intestinale, gêner la digestion et l'absorption des nutriments, modifier la flore bactérienne et influencer l'immunité digestive (Vasconcelos IM and Oliveira JT et al., 2004). Dans tout l'organisme, elles peuvent perturber le métabolisme (lipides, glucides, protéines), modifier la taille de certains organes et dérégler l'équilibre hormonal et immunitaire. Au niveau des voies respiratoires les lectines rendraient perméables les muqueuses ce qui faciliterait la survenue d'infections respiratoires (bronchites, sinusites, rhinopharyngites, etc.) (Hamid R and Masood A, 2009). La germination ne semble pas permettre d'éliminer les lectines du riz (l'agglutinine) (c'est différent pour les légumineuses), les études montrent qu'elle n'a soit aucun effet soit qu'elle en diminue un peu la teneur mais pas de manière suffisante (Morris PC et al. ; 1985) (Mishkind M et al., 1980).

Saponines

Les saponines sont d'autres anti-nutriments présents dans toutes les légumineuses. Les études menées sur des souris ou des cellules humaines concluent que les saponines perturbent la barrière intestinale (Francis G et al., 2002). Ce processus est la première étape vers l'apparition de maladies auto-immunes et inflammatoires. Mais la toxicité des saponines n'est pas immédiate : elle dépend de la dose ingérée et de la durée de la cuisson (Ruiz RG et al., 1996). Alors que des lentilles ou du tofu contiennent entre 1 à 4 mg de saponines par kg, les protéines de soja en poudre qui ne sont presque pas cuites en contiennent plus de 10 mg par kilo (Venesson J, 2014).

Les saponines sont mal absorbées et restent longtemps dans l'intestin. Elles inhibent les enzymes digestives, modifient aussi la perméabilité intestinale, perturbant la digestion des protéines et d'autres nutriments (Navarro del Hierro J et al., 2018).

Tanins

Les tanins végétaux sont des polyphénols hydrosolubles présents dans de nombreux aliments végétaux et reconnus pour leur activité antioxydante et anti-inflammatoire. Cependant, ils sont également considérés comme indésirables sur le plan nutritionnel, car ils peuvent précipiter les protéines dans certaines conditions, inhiber les enzymes digestives et affecter l'utilisation des vitamines et des minéraux (Chung KT et al., 1998) (Wu G et al., 2018). Ils seraient responsables de diminutions de la consommation alimentaire, du taux de croissance, de l'efficacité alimentaire, de l'énergie métabolisable nette et de la digestibilité des



protéines chez les animaux de laboratoire. Les tanins pourraient également diminuer l'efficacité de la conversion des nutriments absorbés en nouvelles substances corporelles (Chung KT et al., 1998).

Tous ces facteurs antinutritionnels présents dans certaines sources de protéines telles que le tourteau de soja, les pois, les haricots et les fèves, peuvent augmenter les pertes protéiques endogènes dans l'intestin (iléon terminal) (Salgado et al., 2002). Dans les concentrés de protéines végétales, ces facteurs antinutritionnels peuvent également être concentrés lors du processus de fabrication des concentrés de protéines végétales.

La conséquence est que les végétaliens/végans sont très souvent carencés en protéines et surtout en AAEs clés pour la santé. Les végétariens peuvent, eux, beaucoup mieux compenser avec les laitages et les œufs.

Le régime végétalien semble donc difficilement applicable à une échelle globale/mondiale, comme souhaité par l'OMS, le WEF et des partis politiques engagés sur ce sujet, sans entraîner de carences en acides aminés clés.

3. ALIMENTATION VÉGÉTARIENNE ET VÉGÉTALIENNE STRICTE À L'ECHELLE GLOBALE : CARENCES, TOXICITÉ ET CONSÉQUENCE SUR LA SANTÉ HUMAINE

3.1. CARENCES EN PROTÉINES

Il est nécessaire de rappeler ici que **notre organisme a besoin d'environ 0,75 à 1 g de protéines par kg de poids corporel et par jour** (ce qui signifie que si vous pesez 60 kg, vous aurez besoin d'environ 60 g de protéines par jour), voire 1,2 g/kg pc/j pour les personnes âgées, et qu'il est parfois difficile d'atteindre cet apport sans trois repas équilibrés par jour. En France et dans de nombreux pays dans le monde, une partie de la population est carencée en protéines, en particulier à partir de 60 ans et un peu plus chez les femmes comme l'indique la figure 1 (Hébel, 2010).

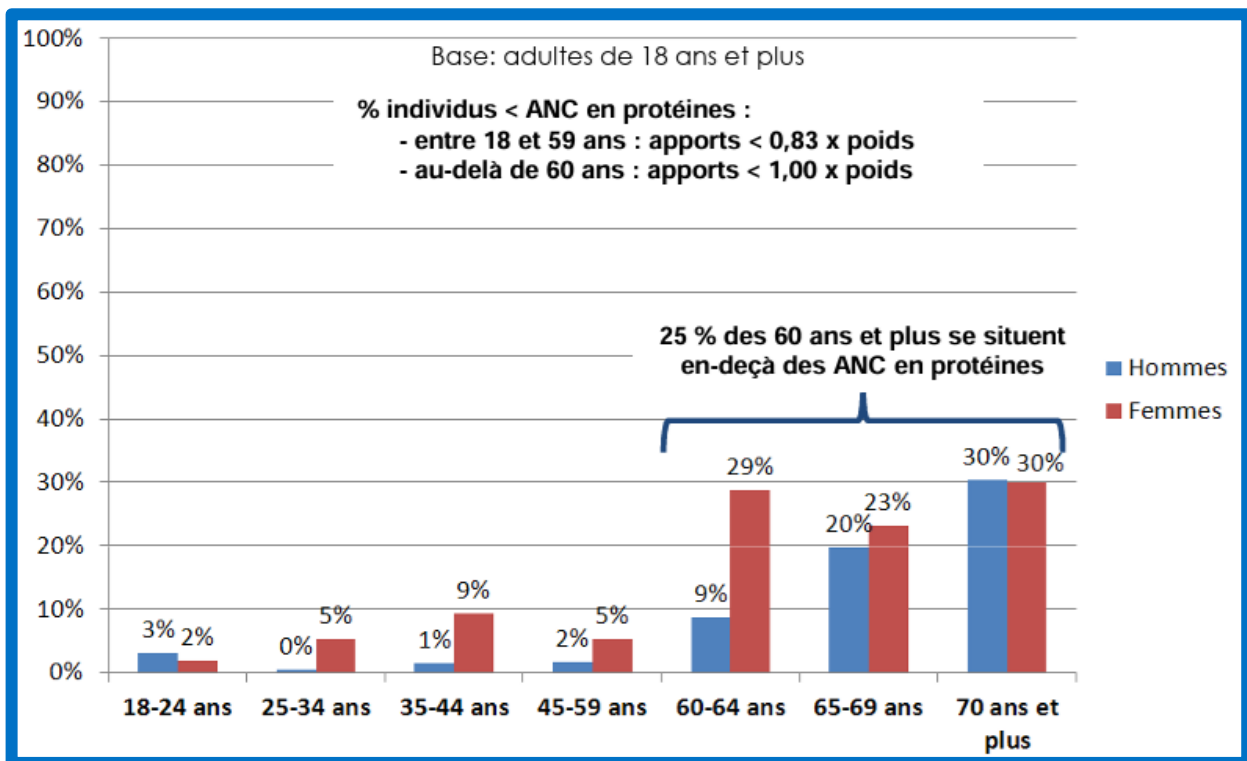


Figure 1 : Pourcentage d'individus dont les apports en protéines sont inférieurs aux Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) chez les adultes, selon le sexe et l'âge (Hébel, 2010). Source : CREDOC. Enquête CCAF 2010

En effet, **plus de 23 %** (jusqu'à 30% après 70 ans) **des femmes de plus de 60 ans n'ont pas les apports journaliers suffisants conseillés en protéines**, et de 9% (après 60 ans) jusqu'à 30% aussi chez les hommes après 70 ans.

C'est donc particulièrement préoccupant chez les seniors et personnes âgées et à des conséquences sur leur santé et leur qualité de vie, notamment pour éviter la sarcopénie. La sarcopénie est le déclin de la masse et de la force musculaire (fonte musculaire) lié à l'âge, touchant 25 à 50 % des personnes de plus de 65 ans. Elle résulte d'un déséquilibre de la balance protéique :

Protéines synthétisées <=> Protéines dégradées
Anabolisme <=> Catabolisme

Chez les sujets sarcopéniques, la synthèse protéique postprandiale (dans les 4 h suivant un repas) diminue, tandis que la dégradation protéique post-digestive est accentuée. Ce déséquilibre est associé à un stress oxydant et une inflammation accrue avec l'âge (Meng SJ and Yu LJ, 2010) (Balage M et al., 2010). Il conduit à une atrophie musculaire, une perte de fibres et une fragilisation osseuse. Des études de



l'INRA Clermont-Ferrand–Theix ont montré que les acides aminés branchés (BCAAs), notamment la leucine, stimulent la synthèse postprandiale et diminuent la dégradation protéique post-absorptive, rééquilibrant ainsi la balance protéique (Rieu I et al., 2006). Un régime riche en leucine, seul ou associé à d'autres acides aminés ou dans des extraits protéiques comme le lactosérum, améliore l'anabolisme musculaire et peut aider à lutter contre la sarcopénie (Dardevet D et al., 2004) (Rieu I et al., 2007).

Or le problème majeur avec les protéines d'origine végétale est qu'elles sont moins anabolisantes (synthèse de protéines et de muscle) que les protéines animales. La réponse anabolique à un aliment complet dépend de sa matrice, qui influence la digestion et l'absorption des acides aminés (AAs) comme évoqué précédemment dans ce rapport. Une étude a comparé la synthèse protéique musculaire après un repas omnivore (100 g de bœuf) et un repas végétalien isonitrogénique (apportant la même quantité de protéines) chez 16 adultes âgés (photo 1) (Pinckaers, P. J et al., 2024). Le repas à base de viande a entraîné des concentrations plasmatiques en acides aminés essentiels plus élevées que le repas végétalien. La synthèse protéique musculaire postprandiale était environ 47 % plus élevée après le repas omnivore (bœuf haché maigre, haricots verts, pommes de terre, compote de pommes et beurre aux herbes) que végétalien (quinoa, soja, pois chiches et fèves), avec pourtant la même quantité de protéines. Ces résultats indiquent qu'un repas contenant des protéines animales stimule davantage la synthèse protéique musculaire chez les personnes âgées, même à quantité de protéines équivalente.



Photo 1 : Les images affichées représentent les repas pour les individus ayant une masse corporelle de 75 à 84 kg, fournissant 36 g de protéines. Bœuf haché maigre, haricots verts, pommes de terre, compote de pommes et beurre aux herbes à droite, versus quinoa, soja, pois chiches (en verre) et fèves, à gauche. D'après (Pinckaers, P. J et al., 2024)

Une consommation journalière moyenne de viandes, poisson etc., tout à fait raisonnable et recommandée, notamment au niveau protéique, est d'environ 100-150 g/jour par personne soit 25 - 38 g protéines/jour par personne.



En France, la consommation moyenne de viande par habitant a augmenté de 0,5 % en 2022, passant de 84,9 kg équivalent-carcasse (**kgec**) par habitant en 2021 à 85,2 kgec par habitant. Cette consommation demeure cependant légèrement inférieure à la moyenne 2015-2019 des années d'avant COVID. La viande de porc est la viande la plus consommée (32,1 kgec/an) suivie par celle de bœuf et de veau (22,2 kg équivalent-carcasse kgec/an), de volaille (28,1 kgec/an), de mouton (2,3 kgec/an) et enfin de cheval (0,6 kgec/an) pour total, pour la somme de tous les types de viande consommées, de 85,2 kg de viande/personne par an (Agreste, 2023).

La viande en général et la viande porcine (la plus consommée) couvrent une proportion importante des apports nutritionnels conseillés en protéines et certains nutriments (100 g de viande couvre environ 1/3 des apports recommandés en fer, en zinc et en vitamines B2, B3, B6 et B12). Le porc possède des milliers de gènes qui fabriquent des protéines. Pour la plupart de ces gènes (70–80 %), il existe un gène équivalent chez l'homme, qui code pour une protéine très similaire et joue un rôle comparable (Groenen, M. A et al., 2012) (Summers KM et al., 2020). Cela signifie que beaucoup des fonctions biologiques du porc sont proches de celles de l'humain, ce qui explique pourquoi le porc est souvent utilisé comme modèle pour étudier la nutrition, la physiologie et même certains traitements médicaux. Chez la vache cette similarité est de 75 % (Elsik CG et al., 2009).

C'est pourquoi, les protéines animales, par leur proximité avec celles de l'homme, contrairement à celles des plantes, fournissent à l'organisme humain après digestion, des peptides et des acides aminés (AAs) qui ont un ratio idéal d'AAs nécessaires à la fabrication de nouvelles protéines et pour construire du muscle humain par exemple (Pinckaers, P. J et al., 2024).

Les produits laitiers aussi sont supérieurs aux végétaux en termes de profil d'AAs et de digestion comme évoqué plus tôt dans ce rapport. Des études ont montré que la supplémentation en protéines de lactosérum, qui provient du lait, augmentait considérablement les niveaux d'immunoglobulines G (Bumrungpert A et al., 2018) (Gauthier SF et al., 2006). Le lait contient, par exemple, des immunoglobulines qui sont des anticorps, molécules essentielles de l'immunité, alors que les végétaux ne contiennent pas d'immunoglobulines.

La viande de porc a une forte teneur en protéine : 19 à 28 g/100 g dans la viande et de 11 à 28 g/100g dans la charcuterie avec des protéines facilement assimilables (digestibilité vraie > 90 %) et un équilibre en acides aminés essentiels ou Indispensables (AAEs ou AAI) (non synthétisés par l'organisme) qui sont très proches des besoins pour l'homme.

Le bœuf est aussi particulièrement riche en protéines de qualité dans toutes les pièces de viande : entre 19 et 24 g de protéines pour 100 g (crue) et 26–30 g/100 g (cuite) comme exposé dans le tableau 4 (Bauchart D et Picard B, 2010) (Wyness L, 2016).





	Faux-filet	Entrecôte	Tende de tranche	Plat de côtes	Paleron	Macreuse	Bavette	Joue	Hampe
Nutriments majeurs									
Matière sèche (g)	29,0-29,9	30,1-31,5	25,6-25,1	28,9-29,2	28,4-26,9	25,6-25,3	26,1-26,5	27,4-26,2	29,9-27,2
Protéines (g)	22,6-22,1	21,5-20,1	23,3-22,8	21,3-21,1	21,4-21,0	22,5-21,2	20,7-20,1	22,7-21,9	19,1-19,0
Lipides (g)	6,2-7,3	7,6-9,8	2,4-2,3	7,4-7,7	7,1-6,0	3,1-3,7	5,1-6,2	4,9-5,2	9,8-7,4

Tableau 4 : Quantité de protéines en g/100 g selon la pièce de bœuf (crue). D'après (D Bauchart D et Picard B, 2010)

Dans le rapport de l'ANSES (2012), « *Disparités socioéconomiques et apports alimentaires et nutritionnels des enfants et adolescents* », le Tableau 2 (Liste des familles d'aliments faisant l'objet de recommandations du PNNS 2 et correspondance avec les groupes et sous-groupes établis pour INCA 2) ¹⁰ recommande de consommer « *Viande, volaille, gibier, abats, charcuterie, poissons et crustacés, œufs : 2 fois par jour* » correspond aux recommandations pour les enfants et adolescents pour une croissance et santé satisfaisante (ANSES, 2012).

3. 2. CARENCES EN ACIDES AMINÉS ESSENTIELS (EAAS)

De plus, dans les protéines végétales, certains EAAs comme la lysine et la méthionine sont moins abondants (cf 2.3. Profil en Acides Aminés des Protéines Animales et Végétales). Chez les personnes végétaliennes, leur apport est environ deux fois plus faible que chez les personnes qui consomment de la viande (Schmidt JA et al., 2016) (Krajcovicová-Kudláčková, M et al., 2000).

Une étude a montré que comparativement aux omnivores, les végétaliens présentaient un apport médian inférieur en EAAs: de 33,4 % en isoleucine, de 34,4 % en leucine, de 48,0 % en lysine, de 51,9 % en méthionine, de 26,6 % en tryptophane, de 32,6 % en thréonine, de 35,5 % en valine, de 37,5 % en histidine. Également de 27,0 % en proline et 37,2 % en tyrosine (Dietrich S et al., 2022).

Chez les végétaliens, la concentration plasmatique médiane de lysine était inférieure de 25 % à celle des omnivores. Pour le tryptophane, une tendance à la baisse de 12,7 % a également été observée chez les végétaliens.

La teneur en acides aminés soufrés (cystéine et méthionine) des aliments végétariens est inférieure aux aliments de source animale et ceci se retrouve dans la concentration dans le sang et ce qui est distribuée dans l'organisme (Jason M et al., 2006) (Aaslyng MD et al., 2023) (Schmidt JA et al., 2016). Une étude dans une population végane a montré que 67,5 % des participants n'atteignaient pas les besoins nécessaires en acides aminés soufrés (Aaslyng MD et al., 2023).

Or les acides aminés soufrés sont essentiels à la santé et à la protection contre les maladies chroniques et infectieuses. En effet, ces AAs permettent à l'organisme de fabriquer le glutathion (GSH), un peptide constitué de 3 AAs, qui est l'antioxydant et le détoxiquant central de l'organisme. En effet, il lutte contre

¹⁰ <https://www.anses.fr/fr/content/lanses-met-disposition-ses-donnees-de-consommation-alimentaire>



l'oxydation dans les cellules et régénère la vitamine E et C quand celles-ci ont été oxydées (Schafer FQ Buettner GR, 2001) (Pastore, A et al., 2003) (Ulrich K, Jakob U, 2019). Le glutathion élimine aussi des produits toxiques que nous consommons malgré nous, comme les pesticides, des produits cancérigènes et des métaux toxiques (Vašková, J et al., 2023) (Vaish S et al., 2020) (Pastore, A et al., 2003). En principe, toutes les cellules du corps ont la capacité de produire du glutathion. Il est toutefois principalement formé dans le foie, où cette substance vitale joue un rôle central. On sait qu'un apport adéquat en méthionine stimule la synthèse de glutathion, tandis qu'une carence en méthionine peut entraîner une diminution de cette synthèse et affecter la fonction cellulaire (Bianchi, G et al., 2000).

Des chercheurs, conscients de ce problème dans le cadre d'une nutrition végétale à l'échelle globale pour des raisons climatiques, tentent de modifier génétiquement en conséquence les végétaux et céréales, comme le riz, pour augmenter le taux de ces AAs soufrés vitaux (Whitcomb SJ et al., 2020). Cette équipe a reçu un financement de la Max Planck Society (Allemagne), du Rothamsted Research et du Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC), un organisme qui reçoit des financements de Bill Gates.¹¹

« Les cultures de base de l'alimentation humaine et animale souffrent de carences en certains acides aminés » essentiels », dont la méthionine. Pour augmenter la méthionine dans le riz, les scientifiques ont créé des plantes génétiquement modifiées avec deux actions combinées.

Ils ont ajouté une protéine du tournesol riche en méthionine dans les graines. Ils ont aussi inséré une enzyme qui aide la plante à fabriquer plus de méthionine ou de cystéine.

Aussi, chez les végétariens, le taux moyen de carnitine est nettement plus bas, avec une carence observée chez 52,9 % d'entre eux (Krajcovicová-Kudláčková M et al., 2000). La carnitine, dérivée de la lysine et de la méthionine, transporte les acides gras à longue chaîne vers les mitochondries pour leur oxydation et la production d'énergie. Elle est cruciale pour le cœur et les muscles squelettiques, et aide aussi à éliminer certains déchets du métabolisme. Produite par l'organisme mais surtout apportée par la viande, une carence peut provoquer fatigue, faiblesse musculaire et troubles cardiaques.

Le tryptophane est aussi un EAA très important qui est en quantité significativement plus faible dans les végétaux (cf 2.3. Profil en Acides Aminés des Protéines Animales et Végétales) et dans l'organisme, chez les végétariens (Schmidt JA et al., 2016) (Bjørke-Monsen AL et al., 2023). Le tryptophane, acide aminé essentiel, est indispensable à la synthèse de la sérotonine et de la mélatonine, deux hormones clés (Nayak BN et al., 2019) (Soh NL, Walter G, 2011). La sérotonine régule l'humeur, la gestion du stress, le cycle biologique, tandis que la mélatonine favorise un sommeil réparateur. Ces hormones jouent un rôle clé dans la gestion du stress et de la qualité du sommeil. Une revue de 18 études (160 257 participants) montre que les personnes qui évitent la viande présentent généralement un risque plus élevé de dépression et d'anxiété (Dobersek U et al., 2021). Une autre méta-analyse de 13 études regroupant 49 889 participants (8 057 végétariens et 41 832 non-végétariens) a examiné le lien entre régime végétarien et scores de dépression (Ocklenburg S and Borawski, 2021). Le modèle à effets fixes a montré des scores de dépression plus élevés chez les végétariens.

¹¹ <https://www.gatesfoundation.org/about/committed-grants?q=Max%20Planck%20Society>
<https://medium.com/@BBSRC/a-meeting-with-bill-gates-884a67cc89c9>
<https://www.gatesfoundation.org/about/committed-grants?q=Rothamsted%20Research>



Ces résultats suggèrent une tendance à des niveaux de dépression plus élevés chez les végétariens, mais avec une variabilité importante selon les études.



Cela pourrait être lié aux niveaux de tryptophane mais aussi à d'autres carences, comme en vitamine B12 (développé plus bas dans ce rapport) qui joue aussi un rôle crucial dans le fonctionnement du système nerveux et dans la synthèse de neurotransmetteurs impliqués dans l'humeur (sérotonine, dopamine et noradrénaline) (Ogawa, S et al., 2014). S'il ne semble pas que la déplétion en tryptophane seule entraîne une baisse significative de l'humeur chez les sujets sains sans facteurs de risque de dépression (Ruhé et al., 2007), en revanche, chez les personnes rétablies d'un épisode dépressif, cette déplétion induit une rechute de l'humeur (Ruhé et al., 2007) (Moncrieff et al., 2022). Aussi, une carence en vitamine B12 peut favoriser ou aggraver la dépression (Sahu, P et al., 2022).

La taurine est l'un des acides aminés les plus importants dans les tissus consommant une quantité importante d'énergie, notamment le cerveau, la rétine et les muscles. Les régimes alimentaires à base de plantes n'en contiennent pas (Laidlaw, S.A. et al., 1990).

Les analyses des taux de taurine chez les végétaliens ont montré qu'ils étaient légèrement inférieurs, jusqu'à la moitié, à ceux des omnivores (Rana SK et Sanders TA, 1986). La taurine est essentielle au développement neurologique et à la protection neurodégénérative.

De plus, la viande contient des peptides (polymères d'acides aminés beaucoup plus court que les protéines) d'intérêt pour la santé comme la carnosine (dipeptide) qui améliore le pouvoir tampon du sang, est antioxydant, vasodilatateur, facilite la récupération de la fatigue musculaire, accélère la cicatrisation, prévention contre diabète et maladies neurodégénératives (Boldyrev AA et coll., 2013).

3.3. CARENCES EN VITAMINES ET SELS MINÉRAUX

Les vitamines et les sels minéraux sont connus pour être bien représentés dans les végétaux mais les viandes contribuent aussi à un apport très significatif de ces composés, même si cette idée peut être moins présente dans l'esprit du public.

D'autre part certains éléments ne sont pas ou très peu présents ou moins biodisponibles dans les végétaux, quelques exemples :



- La **vitamine B12** est uniquement animale ; nécessite une supplémentation si régime 100 % végétal.
- Le **Fer** est présent dans les végétaux (mais ce fer est non héminique contrairement aux viandes et muscle), et il est moins bien absorbé que le fer héminique (la vitamine C augmente l'absorption).
- **Zinc et Iode** sont disponibles dans les céréales complètes, légumineuses, algues, mais leur absorption est parfois plus faible.
- **Calcium** : son apport est bien couvert si les produits laitiers sont conservés (végétariens), sinon il peut être apporté par des boissons végétales enrichies, les légumes verts, le sésame, ou les amandes.

Or les viandes apportent aussi une quantité importante de vitamines essentielles qui complètent très bien celles des végétaux et comblent ces carences, notamment en vitamines B12, en fer, zinc, etc.

3.3.1 CARENCES EN VITAMINES

Les végétaux sont connus pour être riches en vitamines bien qu'ils n'apportent pas tous ces composés, comme évoqué pour la vitamine B12. Les principaux antioxydants apportés par les végétaux sont la vitamine C (surtout présente dans les agrumes), la vitamine E (huiles végétales: tournesol, maïs, amandes, noix, noisettes), le bêta-carotène (fruits et légumes tels que carottes, melon, tomate), les polyphénols.

Les polyphénols sont une vaste famille de composés présents dans les légumes à feuilles (choux, épinards, poireaux, laitues, persil), dans les tubercules (oignons, ail) et les fruits (cassis, myrtilles, cerises, prunes, abricots, pommes). On les retrouve également dans les boissons (jus de fruits, cidre, vin, thé), dont ils font pour une grande part la saveur et la qualité nutritionnelle. Les vitamines B6 et B9 (brocoli, fèves, haricots, lentilles, petits pois et fruits secs) jouent aussi un rôle dans ces défenses antioxydantes (Lesgards JF et al., 2005) et leur importance est reconnue en particulier au niveau de la protection cardiovasculaire (Fairfield KM and Fletcher, RH 2002).

Cet apport d'antioxydant par les fruits, les légumes, les céréales, des huiles riches en polyphénols (huile d'olive) concorde bien avec ce qu'on appelle le régime méditerranéen (Trichopoulou A et coll., 2003) et est essentiel pour la santé et la prévention contre les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives et les cancers (Aune D, 2019) (Parmenter BH et al., 2025). Le régime méditerranéen est considéré par les nutritionnistes comme probablement un des plus sains et le plus bénéfique pour la santé humaine, associe également une consommation importante de poisson (apport de « **bons acides gras oméga-3** » anti-inflammatoires) et une consommation raisonnable de viandes rouges (plus riches en acides gras oméga-6). Le vin est la boisson privilégiée des personnes vivant dans ces régions.

Les viandes sont d'excellentes sources de vitamines du groupe B notamment de la vitamine B12, absente chez les végétaux. C'est vrai en particulier pour la viande de porc (tableau 5) :

- **Vit B1 (Thiamine):** 1 mg/100 g soit 91 % des Apports Quotidiens de Référence (AQR)
- **Vit B2 (Riboflavine):** 0.2 à 0.4 mg/100 g soit 14-28 % des AQR
- **Vit B3 (Niacine):** 4 à 8 mg/100 g soit 25-50 % des AQR
- **Vit B6 (Pyridoxine) :** 0.45 à 0.6 mg/100 g soit 32-43 % des AQR
- **Vit B12 (Cobalamine) :** 0.7 à 1.2 µmg/100 g soit 29-48 % des AQR Source : Inaporc (IFIP, 2008)



Ces valeurs étant supérieures à 15 % des Apports Quotidiens de Référence (AQR) par 100 g de produit (tableau 5, AQR des Vit B1, B2, B3, B6, B12 encadrés en rouge), ces valeurs élevées permettent de reconnaître à la viande de porc, des allégations santé relatives à ces 2 composés, selon le Règlement (UE) No 432/2012 (liste des allégations de santé autorisées – COMMISSION du 16 mai 2012)¹², et en conformité avec le règlement INCO n°1169/2011 concernant l'information du consommateur sur les denrées alimentaires « INCO »¹³

ANNEXE XIII			
APPORTS DE RÉFÉRENCE			
PARTIE A – APPORTS QUOTIDIENS DE RÉFÉRENCE EN VITAMINES ET EN SELS MINÉRAUX (ADULTES)			
1. Vitamines et sels minéraux pouvant être déclarés et valeurs nutritionnelles de référence (VNR)			
Vitamine A (µg)	800	Chlorure (mg)	800
Vitamine D (µg)	5	Calcium (mg)	800
Vitamine E (mg)	12	Phosphore (mg)	700
Vitamine K (µg)	75	Magnésium (mg)	375
Vitamine C (mg)	80	Fer (mg)	14
Thiamine (mg)	1,1	Zinc (mg)	10
Riboflavine (mg)	1,4	Cuivre (mg)	1
Niacine (mg)	16	Manganèse (mg)	2
Vitamine B6 (mg)	1,4	Fluorure (mg)	3,5
Acide folique (µg)	200	Sélénium (µg)	55
Vitamine B12 (µg)	2,5	Chrome (µg)	40
Biotine (µg)	50	Molybdène (µg)	50
Acide pantothénique (mg)	6	Iode (µg)	150
Potassium (mg)	2 000		

Tableau 5 : ANNEXE XIII. Apports Quotidiens de Référence (AQR) en Vitamines et en Sels Minéraux (adultes) selon le Règlement (UE) n°1169/2011 concernant l'information du consommateur sur les denrées alimentaires « INCO ». Règlement publié au Journal Officiel de l'Union Européenne le 22 novembre 2011, en vigueur depuis le 13 décembre 2011, Fait suite à REGULATION (EC) N°1924/2006

Les allégations liées à ces vitamines dont la viande de porc peut prétendre être une « source » ou être « riche en », sont les suivantes :

- **Vitamine B1** (4 allégations) : la thiamine contribue à un métabolisme énergétique normal, contribue au fonctionnement normal du système nerveux, à des fonctions psychologiques normales, à une fonction cardiaque normale
- **Vitamine B2** (9 allégations) : la riboflavine contribue à un métabolisme énergétique normal, fonctionnement normal du système nerveux, maintien de muqueuses normales, maintien d'une peau normale, maintien d'une vision normale, maintien de globules rouges normaux, contribue au métabolisme normal du fer, contribue à protéger les cellules contre le stress oxydatif, réduire la fatigue

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0432>

¹³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20180101>



- **Vitamine B3** (6 allégations) : la niacine contribue à un métabolisme énergétique normal, fonctionnement normal du système nerveux, fonctions psychologiques normales, maintien de muqueuses normales, maintien d'une peau normale, réduire la fatigue
- **Vitamine B6** (10 allégations) : la vitamine B6 contribue à la synthèse normale de la cystéine, métabolisme énergétique normal, fonctionnement normal du système nerveux, métabolisme normal de l'homocystéine, métabolisme normal des protéines et du glycogène, fonctions psychologiques normales, formation normale de globules rouges, fonctionnement normal du système immunitaire, réduire la fatigue, réguler l'activité hormonale
- **Vitamine B12** (8 allégations) : la vitamine B12 contribue à un métabolisme énergétique normal, fonctionnement normal du système nerveux, métabolisme normal de l'homocystéine, fonctions psychologiques normales, formation normale de globules rouges, fonctionnement normal du système immunitaire, réduire la fatigue, processus de division cellulaire

Ces allégations, en fonction des quantités, varient selon la pièce de viande (tableau 6).

	Côte échine	Côte première	Escalope jambon	Filet mignon	Poitrine fraîche	Rôti épaule	Rôti filet	Rôti pointe	Travers
Vitamine B1 (thiamine)	Riche	Riche	Riche	Riche	Riche	Riche	Riche	Riche	Riche
Vitamine B2 (riboflavine)	Source	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Source	Pas d'allégation	Source	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Pas d'allégation
Vit B3-PP (niacine)	Source	Riche	Riche	Riche	Source	Riche	Riche	Riche	Riche
Vit B6 (pyridoxine)	Source	Riche	Riche	Riche	Source	Riche	Riche	Riche	Source
Vit B12 (cobalamines)	Source	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Pas d'allégation	Source

Tableau 6 : Différentes allégations santé permises en fonction de la partie du porc consommée

Pour la viande de bœuf, des allégations sont pour les vitamines suivantes (parce que 100 g représentent plus de 15 % des apports quotidiens de référence (AQR)):

- **Vit B3** : 4 à 6 mg/100 g dans la viande bovine soit 25 – 37.5 % des apports quotidiens de référence
- **Vit B6** : 0.25 à 0.55 mg/100 g soit 17.5 – 39 % des apports quotidiens de référence
- **Vit B12** : 1 – 7 µmg/100 g soit 40 – 280 %

Pour le détail, le tableau 7 montre les quantités de vitamines B3, B6 et B12 en mg/100 selon la pièce de bœuf.

	Faux-filet	Entrecôte	Tende de tranche	Plat de côtes	Paleron	Macreuse	Bavette	Joue	Hampe
Vitamines du groupe B									
B 3 (mg)	5,9-5,7	4,6-4,2	5,3-5,1	5,1-4,7	3,7-3,6	4,4-4,4	4,2-4,2	4,6-4,7	4,0-3,9
B 6 (mg)	0,44-0,51	0,30-0,38	0,47-0,53	0,31-0,40	0,26-0,26	0,42-0,46	0,24-0,28	0,15-0,15	0,24-0,32
B 12 (µg)	1,15-1,23	1,56-1,60	1,02-1,30	1,84-1,77	2,82-2,73	1,81-1,97	3,16-3,08	7,80-6,68	4,38-4,83



	Faux-filet	Entrecôte	Tende de tranche	Plat de côtes	Paleron	Macreuse	Bavette	Joue	Hampe
Minéraux majeurs									
Fer total (mg)	2,38-2,16	2,39-2,62	2,74-2,64	2,30-2,04	2,49-2,51	2,72-2,99	3,39-3,21	3,28-3,08	3,59-3,77
Fer héminique (mg)	1,75-1,38	1,83-1,69	1,78-1,71	1,58-1,41	1,89-1,84	1,94-1,86	2,39-2,14	2,09-2,04	2,46-2,33
Zinc (mg)	3,56-2,95	5,23-5,13	3,67-3,25	5,23-4,67	4,45-5,48	4,56-4,62	7,04-6,55	2,87-2,53	4,52-4,49
Sélénium (μg)	10,8-10,5	9,8-10,4	9,8-10,3	10,4-10,5	10,0-10,4	10,5-10,8	11,1-11,1	14,2-14,6	11,5-12,0

Tableau 7 : Quantité de vitamines B3, B6 et B12 en mg/100 selon la pièce de bœuf. D'après (D Bauchart D et Picard B, 2010)

"La consommation de viande constitue donc un apport extrêmement significatif en vitamines du groupe B, notamment en vitamine B12, absente chez les végétaux et contribuant « à un métabolisme énergétique normal, fonctionnement normal du système nerveux, métabolisme normal de l'homocystéine, fonctions psychologiques normales, formation normale de globules rouges, fonctionnement normal du système immunitaire, réduire la fatigue, processus de division cellulaire".



3.3.2. CARENCES EN SELS MINÉRAUX

Les sels minéraux sont très importants aussi pour la santé (co-facteurs d'une multitude d'enzymes dans toutes les fonctions du corps humain): en particulier le fer, le zinc, le cuivre, le sélénium ou encore le manganèse.

La viande de porc et le jambon par exemple, sont particulièrement riches en zinc, sélénium et fer :

- **Zinc** : 2 à 4.5 mg/100g soit 20 – 45 % des apports quotidiens de référence (AQR),
- **Sélénium** : 8-15 μg/100g (14 – 27 % AQR)
- **Fer** : 0.7 à 1.7 mg/100g soit 5–12 % des AQR.



Tableau 7 : Quantité de vitamines Fer, fer héminique, zinc et sélénium en mg et mg/100 g (µg pour sélénium) selon la pièce de bœuf. D'après (D Bauchart D et Picard B, 2010)

Pour la viande de bœuf, les sels minéraux suivants (parce que 100 g représentent plus de 15 % des apports quotidiens de référence (AQR)) ont une allégation santé :

- **Fer** : 2 à 4 mg/100 g soit 14.3-28.6 % des AQR
- **Zinc** : 3.5 à 5.3 mg/100 g soit 35-53 % des AQR
- **Sélénium** : 9 à 12 µmg/100 g soit 16-22 % des AQR

Aussi, 100 g de viande de bœuf contribuent de 20 % à 30 % des ANC (des apports nutritionnels conseillés) en Fer, Zinc et Sélénium, phosphore (AFSSA-CNERNACNRS-ANC, 2001).

Allégation pour le fer, le zinc et sélénium :

- **Fer** (4 allégations): Le fer contribue au transport normal de l'oxygène, au fonctionnement normal du système immunitaire, rôle dans le processus de division cellulaire, contribue à réduire la fatigue.
- **Zinc** (18 allégations): Le zinc contribue à un métabolisme acido-basique normal, à un métabolisme glucidique normal, à une fonction cognitive normale, à la synthèse normale de l'ADN, à une fertilité et une reproduction normales, au métabolisme normal des macronutriments, au métabolisme normal des acides gras, au métabolisme normal de la vitamine A, à une synthèse protéique normale, au maintien d'une ossature normale, au maintien de cheveux normaux, contribue au maintien d'ongles normaux, au maintien d'une peau normale, au maintien d'un taux normal de testostérone dans le sang, au maintien d'une vision normale, au fonctionnement normal du système immunitaire, à protéger les cellules contre le stress oxydatif, rôle dans le processus de division cellulaire
- **Sélénium** : Sélénium (6 allégations): Le sélénium contribue à une spermatogénèse normale, fonctionnement normal du système immunitaire, fonction thyroïdienne normale, contribue au maintien d'ongles normaux, au maintien de cheveux normaux, protéger les cellules contre le stress oxydatif

3.3.2.1 La particularité du fer

Les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) en fer ont été fixés de manière à assurer des réserves convenables. Ils ont été estimés à 9 mg/j pour l'homme et à 16 mg/j pour la femme non ménopausée. Ils varient de 7 à 14 mg/jour chez les enfants de 3 à 17 ans. Dans l'étude INCA 2, les apports moyens en fer



étaient de 14,7 mg/j chez les hommes adultes et de 11,6 g/j chez les femmes adultes et d'environ 10 g/j chez les enfants.^{14, 15}

Les produits carnés (viandes rouges et blanches, abats et charcuteries) constituent la principale source alimentaire de fer. Ils représentent respectivement 20% et 16% du fer ingéré par les adultes et les enfants. Chez les adultes, les autres aliments contribuant à l'apport en fer sont le pain (10%) et les légumes (9%). Chez les enfants, les céréales de petit-déjeuner contribuent également à 11% du fer consommé.

Certains produits de charcuterie sont aussi particulièrement riches en fer : le boudin 22 mg/kg (157 % des AQR), les andouillettes 2.4 mg/kg (17 % AQR), le chorizo sec 2.8 mg/kg (20 % AQR).

SELECTION PRODUITS (Cuits si cuisson)	POIDS PORTION MOYENNE g	FER mg		ZINC mg		SÉLÉNIUM µg	
		100 g	Portion	100 g	Portion	100 g	Portion
Jambon sec, découenné, dégraissé	30	1,40	0,42	2,38	0,71	7,00	2,10
Jambon cuit supérieur	45	0,75	0,34	1,90	0,86	10,00	4,50
Boudin noir poêlé	125	22,80	28,50	0,70	0,88	11,00	13,75
Boudin blanc poêlé	125	1,90	2,38	1,30	1,63	0,00	0,00
Chorizo sec	30	2,80	0,84	2,30	0,69	4,90	1,47
Andouille	40	2,40	0,96	3,40	1,36	24,00	9,60
Andouillette poêlée	125	2,30	2,88	4,30	5,38	19,00	23,75
Filet mignon cuit au four	100	1,10	1,10	2,00	2,00	10,00	10,00
Rôti en filet cuit au four	100	0,59	0,59	2,20	2,20	11,00	11,00
Côte d'échine cuite poêlée	100	1,59	1,59	4,40	4,40	12,00	12,00
Rôti d'épaule cuit au four	100	1,76	1,76	4,60	4,60	10,00	10,00
Escalope de jambon cuite poêlée	100	0,87	0,87	2,30	2,30	13,00	13,00

Tableau 8 : Quantité de vitamines Fer, fer héminique, zinc et sélénium en mg et mg/100 g (µg pour sélénium) selon la pièce de bœuf. Source : Inaporc (étude nutritionnelle viande fraîche réalisée par l'IFIP en 2008)

Le Fer dans bœuf :

Dans le bœuf il y a 1,5 à 4 mg de fer pour/100g de viande fraîche, essentiellement sous forme héminique (65 % à 75 % du fer total) très bien assimilé à 25 %, vs 10 % ou moins pour le fer des végétaux (figure 2) (FAO/WHO, 2001). La concentration en fer dépend du morceau (55 % de la variance totale) et très peu de la race (4-6 % de la variance), et est variable d'un individu à un autre (37 % à 47 % de la variance) (tableau 8).

Le fer présent dans les aliments d'origine animale est plus biodisponible que celui d'origine végétale, en raison de sa forme chimique. En effet, dans les produits carnés, une proportion importante du fer est liée à la myoglobine ou à l'hémoglobine sous forme héminique, dont la biodisponibilité est élevée : environ 15

¹⁴ <https://www.anses.fr/fr/content/lanses-met-disposition-ses-donnees-de-consommation-alimentaire>

¹⁵ <https://www.data.gouv.fr/datasets/donnees-de-consommations-et-habitudes-alimentaires-de-letude-inca-2-3/>



à 40 % du fer héminique ingéré est absorbé au niveau intestinal. À l'inverse, le fer des aliments d'origine végétale est exclusivement non héminique (ionique), dont l'absorption est beaucoup plus faible, comprise entre 1 et 15 %, et fortement influencée par la présence d'inhibiteurs (phytates, polyphénols) ou de promoteurs (vitamine C) (figure 2).

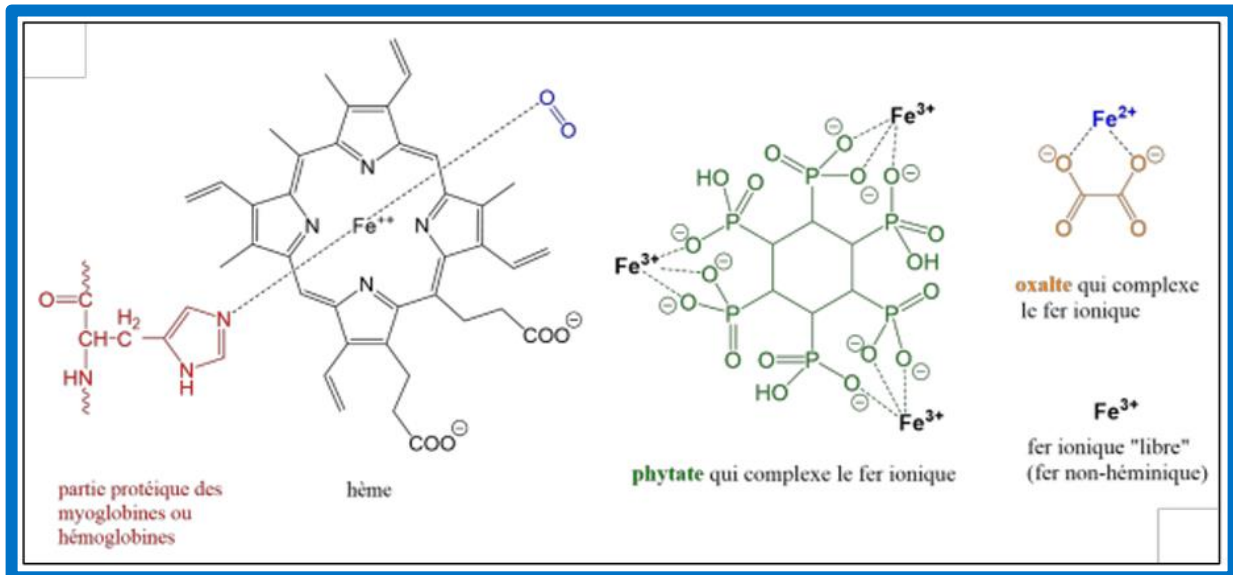


Figure 2 : État chimique simplifié du fer dans les aliments. A gauche, Fer héminique (fer inséré dans l'hème de la myoglobine de la viande ou l'hémoglobine du boudin noir). A gauche, le fer non-héminique, « libre » (Fe^{3+}) et le fer ionique piégé soit par le poly-anion phytate, soit par l'ion oxalate (tous deux présents dans les végétaux). D'après Cayot P (2022a) et Cayot P (2022b).

Citons ici la FAO et l'OMS qui reconnaissent eux-mêmes en 2001, en des temps où le changement climatique n'était pas une obsession, que les apports en fer et zinc sont trop faibles dans un régime végétan : « Les minéraux tels que le fer et le zinc sont présents en faibles quantités dans les régimes alimentaires à base de céréales et de tubercules, mais l'ajout de légumineuses peut légèrement améliorer leur teneur en fer. Toutefois, la biodisponibilité de ce fer non héminique reste faible. »

Leur conclusion et recommandation est donc d'y ajouter de la viande ou du poisson, au risque de ne pas atteindre les apports journaliers en fer et zinc recommandés pour une bonne santé, en particulier pour (cf allégations santé pour ces composés) que chaque être humain bénéficie d'une fonction normale de capacités aussi importantes que la cognition, la synthèse de l'ADN, la reproduction, la synthèse des protéines, le maintien de l'ossature, des cheveux et des ongles, le taux de testostérone et le système immunitaire :

« Ainsi, il n'est pas possible d'atteindre les apports recommandés en fer et en zinc avec des régimes essentiellement composés d'aliments de base, à moins d'y inclure de la viande, de la volaille ou du poisson. Par exemple, l'ajout d'une petite portion (50 g) de viande, de volaille ou de poisson augmente non seulement la teneur totale en fer mais aussi la quantité de fer biodisponible. Pour le zinc, la présence d'une petite portion (50 g) de viande, de volaille ou de poisson permet d'assurer des apports suffisants dans la plupart des régimes de base. Enfin, la consommation concomitante d'acide ascorbique (vitamine C) avec des aliments riches en fer améliore son absorption. »



La carence en fer, ou carence martiale (sidéropénie), correspond à une diminution des réserves corporelles en dessous des valeurs normales. Elle peut être liée à des affections intestinales ou à des troubles digestifs chroniques. Ses manifestations incluent fatigue et troubles du sommeil (Leung W et al., 2020), ainsi qu'une fatigue accrue chez les adolescentes présentant des règles abondantes (Wang W et al., 2011). Chez la femme enceinte, elle augmente le risque de naissance prématurée et de déficits neurocognitifs chez l'enfant (Georgieff MK, 2020). Souvent sous-diagnostiquée (Fehr J et al., 2009), la sidéropénie peut aussi se manifester par des signaux d'alerte comme une candidose buccale (Lu SY, 2019).

En excluant les maladies causant une anémie, les femmes entre 12-19 (17,4%) et 20-59 (14,0%) sont particulièrement exposées à l'anémie, comme c'est le cas aux USA (figure 3) (Williams AM et al.-NCHS/CDC, 2024). Les données du CDC aux USA montrent que cela impacte aussi les hommes en particulier après 60 ans. En France, les femmes en âge de procréer représentent 80 % des DALYs liées à cette anémie, principalement à cause des menstruations (De Oliveira Mota J et al., 2019). L'étude SUVIMAX a montré que 22, 7 % des femmes menstruées étaient en manque important de fer et 4,4 % anémiées et que c'était inversement corrélé à la consommation de viande (Galan P et al, 1998).

Les sportifs d'endurance (marathoniens, trailers, marcheurs > 50 ans) présentent également un risque élevé en raison de pertes de fer accrues. Ces pertes sont liées à la sueur, l'urine (hématurie), des saignements digestifs et l'hémolyse induite par l'effort (Dine G et al., 1988).



En plus du déficit chronique en fer, une anémie peut aussi résulter du déficit en vitamine B12 qui est présente uniquement dans les produits animaux (Cayot, 2021). Les végétaliens doivent en être conscients. Les anémies liées à la B12, appelées « anémies pernicieuses », s'installent lentement et sont difficiles à diagnostiquer et à corriger.

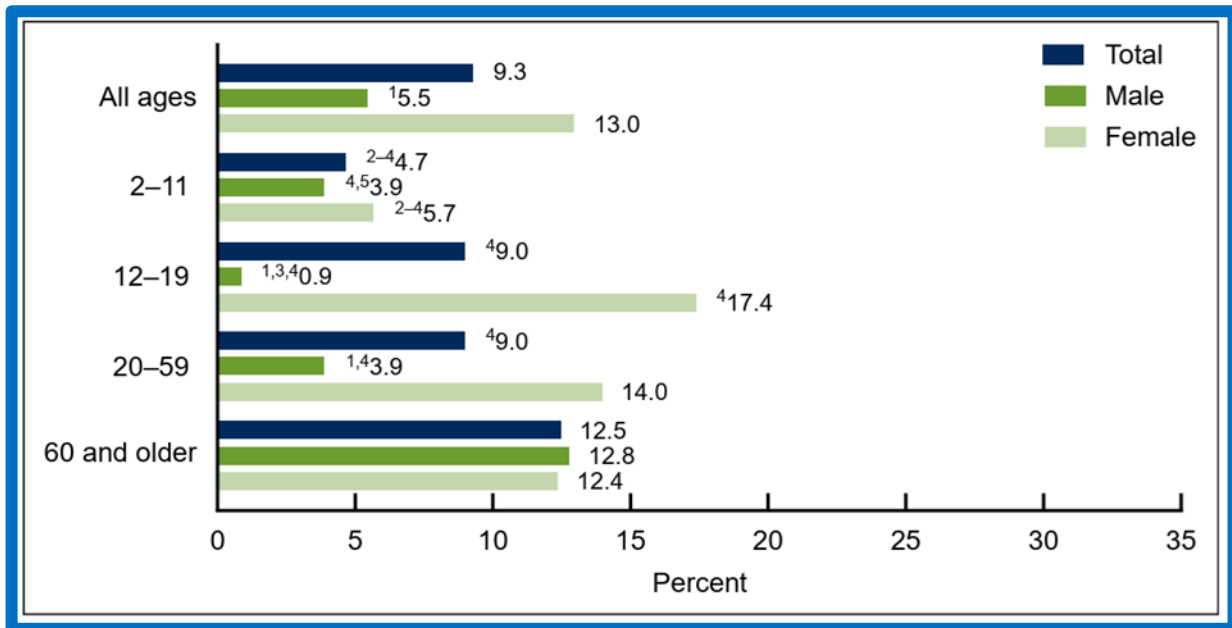


Figure 3 : Prévalence de l'anémie chez les personnes âgées de 2 ans et plus, par groupe d'âge et par sexe : États-Unis, août 2021-août 2023 (en %)

- 1 - Significativement différent de celui des femmes.
- 2 - Significativement différent de celui des 12 à 19 ans.
- 3 - Significativement différent de celui des 20 à 59 ans.
- 4 - Significativement différent de celui des 60 ans et plus.
- 5 L'estimation ne respecte pas les normes de présentation du Centre national des statistiques de santé ; voir " Normes de présentation des données du Centre national des statistiques de santé pour les proportions " ¹⁶

REMARQUES : L'anémie est définie par un taux d'hémoglobine (Hb)

- inférieur à 11,0 g/dl pour les enfants de 2 à 4 ans ;
- inférieur à 11,5 g/dl pour les enfants de 5 à 11 ans ;
- inférieur à 12,0 g/dl pour les enfants de 12 à 14 ans et les femmes non enceintes de 15 ans et plus ;
- inférieur à 13,0 g/dl pour les hommes de 15 ans et plus.

Les valeurs d'Hb ont été ajustées en fonction du tabagisme conformément aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé de 2024. SOURCE : Centre national des statistiques de santé, Enquête nationale sur la santé et la nutrition, août 2021-août 2023. D'après (Williams AM et al.- NCHS/CDC, 2024)

Au niveau global/mondial, la carence en fer alimentaire est la principale carence nutritionnelle selon l'indicateur DALYs (*disability-adjusted life years*) (De Oliveira Mota J et al., 2019), qui mesure les années de vie en bonne santé perdues. Le DALE (*disability-adjusted life expectancy*) en est dérivé et correspond à l'espérance de vie corrigée des années vécues avec une incapacité ou une maladie, autrement dit le nombre d'années vécues en bonne santé (Salomon JA, 2014). En France, les maladies cardiovasculaires représentent 21 % des DALYs et les cancers 13 % (WHO, 2019). Les anémies ferriprives comptent pour

¹⁶ <https://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db519.pdf>



6,3 % des DALYs en Europe, mais leur impact est plus important ailleurs : 40 % en Asie du Sud-Est, 19 % dans le Pacifique Ouest, 17 % en Afrique et 8,1 % en Amérique (Lewis SM and Emmanuel JC, 2010).

Au niveau socio-économique, les carences en fer sont surtout présentes dans les communautés les moins aisées dans les pays développés comme les USA, par exemple, notamment les communautés noire (22.0%), asiatique (11.8%) et hispanique (10.9%) en comparaison de la communauté blanche (6.1%) (figure 4) (Williams AM et al.- NCHS/CDC, 2024). La prévalence de l'anémie chez les femmes noires est de 31.4% contre 8.3% chez les femmes blanches.

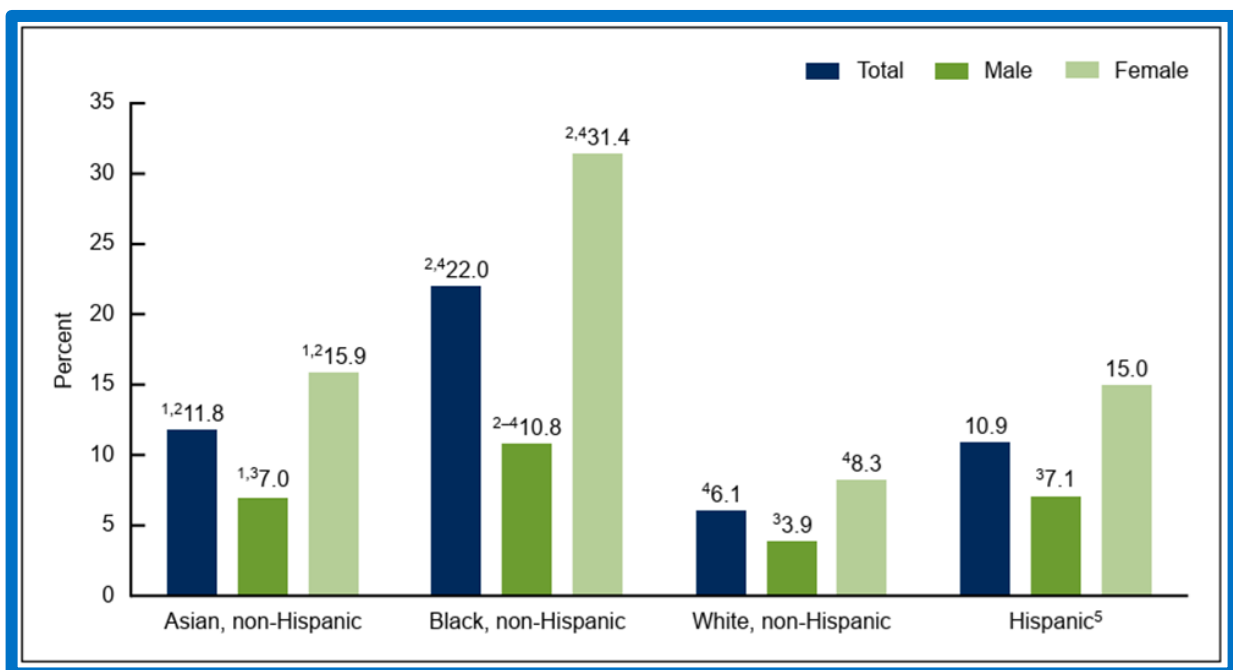


Figure 4 : Prévalence de l'anémie chez les personnes âgées de 2 ans et plus, selon la race, l'origine hispanique et le sexe : États-Unis, août 2021 - août 2023

¹ Significativement différent des Noirs non hispaniques.

² Significativement différent des Blancs non hispaniques.

³ Significativement différent des femmes.

⁴ Significativement différent des Hispaniques.

⁵ Les personnes d'origine hispanique peuvent être de toute origine ethnique.

Les valeurs d'Hb ont été ajustées en fonction du tabagisme conformément aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé de 2024. SOURCE : Centre national des statistiques de santé, Enquête nationale sur la santé et la nutrition, août 2021-août 2023. D'après (Williams AM et al.- NCHS/CDC, 2024)

De façon logique, la prévalence de l'anémie diminue avec l'augmentation du revenu : elle est de 14,1 % chez les personnes dont le revenu familial est inférieur à 130 % du seuil de pauvreté, de 9,8 % pour celles dont le revenu se situe entre 130 % et 349 %, et de 5,7 % chez celles dont le revenu atteint 350 % ou plus du seuil de pauvreté (figure 5).

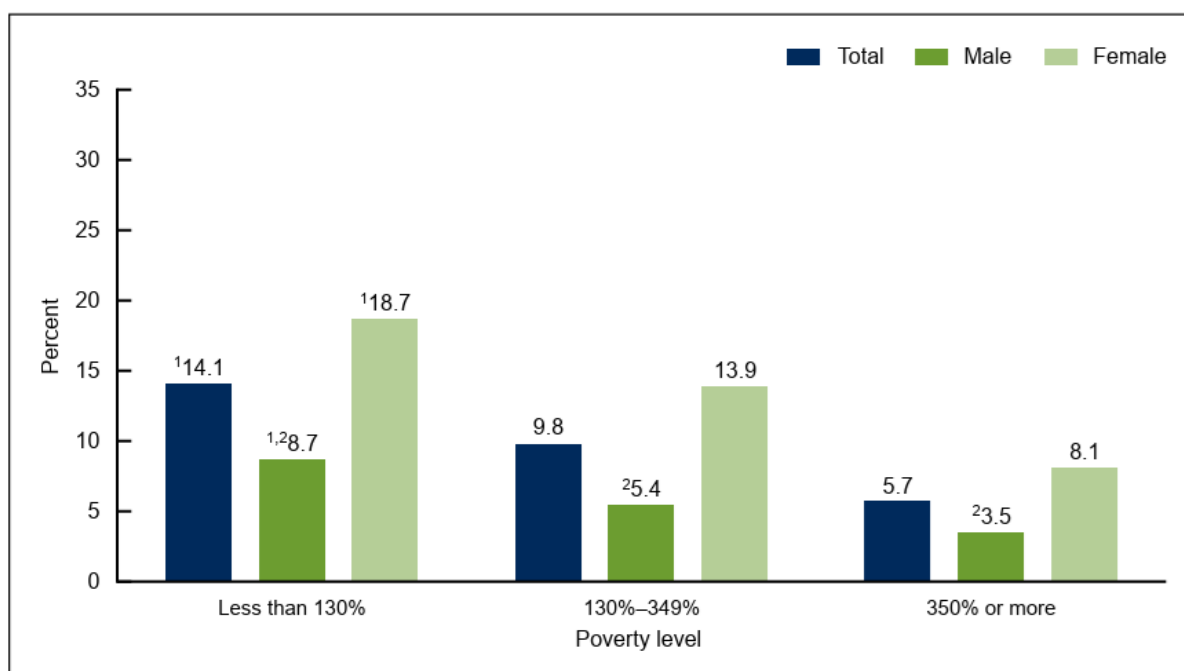


Figure 5 : Prévalence de l'anémie chez les personnes âgées de 2 ans et plus, selon le revenu familial et le sexe: États-Unis, août 2021 – août 2023

- 1- Tendance linéaire significative selon le revenu familial.
- 2- Significativement différent de celui des femmes.

Les valeurs d'Hb ont été ajustées en fonction du tabagisme conformément aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé de 2024. SOURCE : Centre national des statistiques de santé, Enquête nationale sur la santé et la nutrition, août 2021-août 2023. D'après (Williams AM et al.- NCHS/CDC, 2024)

Le niveau de pauvreté correspond au revenu familial total annuel divisé par le montant en dollars défini par les directives du ministère de la Santé et des Services sociaux des États-Unis en matière de pauvreté pour tenir compte de l'inflation et de la taille de la famille. SOURCE : Centre national des statistiques de la santé, Enquête nationale sur l'examen de la santé et de la nutrition, août 2021-août 2023. D'après (Williams AM et al.- NCHS/CDC, 2024)

3.4. LES LIPIDES

3.4.1. ACIDES GRAS, ACIDES GRAS SATURÉS ET CHOLESTÉROL

Il est nécessaire de rappeler que les lipides sont essentiels pour l'organisme et la santé, en particulier pour les fonctions cérébrales, hormonales et cardiovasculaires. Les graisses nocives pour le diabète et les maladies cardiovasculaires sont les graisses industrielles transformées et les graisses trans (ex. margarines, produits de boulangerie industriels, snacks salés) (de Souza RJ et al., 2015). Les « mauvaises graisses » comme le cholestérol ou les graisses saturées ont été exagérément dénoncées, alors qu'elles ont des rôles clés dans l'organisme.



Le cholestérol est nécessaire pour la synthèse des hormones stéroïdiennes [testostérone, œstrogènes, cortisol], la production de la vitamine D, la formation et la stabilité des membranes cellulaires, le fonctionnement du cerveau et du système nerveux, la production de bile nécessaire à la digestion des graisses, le transport des lipides dans le sang, la protection contre certaines infections, le maintien de la structure des lipoprotéines. Le cholestérol participe à des fonctions essentielles du cerveau, et des dysfonctions de son métabolisme sont observées dans plusieurs maladies neurodégénératives (Kacher, R et al., 2019). Certains cancers (côlon, cerveau, poumon, maladies malignes du sang), ont été corrélés à une baisse du taux de cholestérol qui précède parfois de plusieurs années le diagnostic du cancer (Parsa N et al., 2018) (Tanne JH, 2007) (Xiu W et al., 2024) même si la relation entre la concentration de cholestérol plasmatique et la mortalité est complexe (Kritz, H et al, 1996).

La diabolisation des graisses saturées provient de l'étude des sept pays d'Ansel Keys (1958–1983), fondée sur une sélection biaisée des données, ignorant 16 nations contredisant son hypothèse. Cette approche a injustement accusé les graisses saturées de causer les maladies cardiovasculaires, alors que les huiles végétales riches en acide linoléique ont favorisé obésité, inflammation et troubles métaboliques. Des travaux récents montrent même que leur substitution augmente la mortalité cardiovasculaire (Ramsden CE et al., 2013). Ces constats ont conduit à de nouvelles orientations proposées par Robert Kennedy dans le rapport 2025 du Dietary Guidelines Advisory Committee (DGAC), préparant les recommandations américaines 2025–2030 (DGAC, 2025).

Au contraire, les effets néfastes du sucre sur la santé ont été largement sous-estimés depuis des décennies en grande partie à cause des campagnes de lobbying, notamment par la Sugar Research Foundation (SRF) (Kearns CE et al., 2016). L'industrie sucrière a ainsi financé (centaines de millions de dollars) des études biaisées depuis les années 1950 pour détourner l'attention de ses effets, c'est un fait établi, comme l'a rapporté le *New York Times* (Hass HB, 1954) (O'Connor A, 2016).

Les aliments d'origine animale comme végétale sont de très bonnes sources de lipides totaux. Après ingestion, les graisses sont digérées, absorbées très efficacement ($\approx 95\%$) et transportées dans le sang veineux par les chylomicrons, de petites particules qui véhiculent les graisses vers les tissus (Jones PJH and Rideout T, 2014) (Lichtenstein AH and Jones PJH, 2012).

3.4.2. DÉFICIENCE EN ACIDES GRAS OMÉGA-3

Les végétaux manquent d'acides gras oméga-3 qui sont essentiels pour les membranes cellulaires du cerveau, de la rétine et des spermatozoïdes, participent également à la régulation de l'inflammation et à la santé cardiovasculaire (Jones PJH and Rideout T, 2014) (Anderson BM and Ma DW, 2009).

Ces acides gras polyinsaturés (plusieurs doubles liaisons dans la molécule) sont des acides gras essentiels car ils sont nécessaires pour l'organisme, qui ne peut pas les synthétiser, et doivent donc être apportés par l'alimentation (comme les acides aminés essentiels AAes).

Les principaux acides gras du groupe oméga-3 sont :

- l'acide alpha-linolénique (ALA)
- l'acide eicosapentaénoïque (EPA)
- l'acide docosahexaénoïque (DHA).



L'EPA et le DHA sont les plus utiles pour la santé humaine et ils n'existent pas chez les végétaux qui contiennent uniquement de l'ALA. L'ALA peut être converti en EPA puis en DHA, mais cette conversion (qui se produit principalement dans le foie) est très limitée, avec des taux rapportés inférieurs à 15 % (Harris WS, 2010). **Par conséquent, la consommation d'EPA et de DHA directement à partir d'aliments et/ou de compléments alimentaires est le seul moyen pratique d'augmenter les niveaux de ces acides gras dans l'organisme chez les végétaliens/végans.**

Les apports journaliers recommandés (AJR ou AQR) en **EPA et DHA se situent entre 250 mg et 2 g par jour** (EFSA, 2012) (EFSA, 2019) (Trumbo, P et al., 2002). Pour les allégations santé, « *l'acide docosahexaénoïque (DHA) contribue au fonctionnement normal du cerveau, au maintien d'une vision normale, à une fonction cardiaque normale* » et « *l'acide alpha-linolénique (ALA) contribue au maintien d'une cholestérolémie normale* ».



Alors que les apports en acide gras oméga-3 ALA sont similaires chez les végétariens et les non-végétariens, **les apports en EPA et en DHA sont faibles chez les végétariens** (~ 60 %) (Craddock JC et al., 2017) et pratiquement inexistants chez les végétariens (Saunders AV et al., 2013). Une revue montre que, chez les femmes végétariennes enceintes, le statut en EPA et DHA est plus faible que chez les omnivores (- 69%), soulignant l'importance de la conversion de l'ALA en EPA/DHA (Burdge G et al., 2017). Ainsi, les sources animales et marines sont considérées plus efficaces pour couvrir les besoins physiologiques en oméga-3 EPA et DHA (Brenna JT et al., 2009) (Plourde M and Cunnane, SC 2007). Une supplémentation de 200–300 mg/j de DHA et EPA grâce à des extraits de micro-algues pourrait être utilisée pour réduire les effets potentiellement néfastes de cette déficience (Saunders AV et al., 2013) (Sarter, B et al., 2015) (Craddock JC et al., 2017). L'extrême richesse en EPA et DHA des poissons provient des microalgues qu'ils consomment (Harris WS, 2010).

Les risques d'une carence en oméga-3 pour la santé sont, entre autres, l'anémie, l'ostéoporose et des troubles neurologiques (Malhotra A and Lakade A, 2025). Dans une étude menée auprès de 80 participants (51 végétaliens et 29 non végétaliens), on a constaté que les végétaliens présentaient des carences en certains nutriments, tels que les acides gras polyinsaturés à longue chaîne oméga-3, la vitamine D, le calcium, le sodium et l'iode (Jakše B et al., 2021).



Les carences en nutriments essentiels tels que la vitamine B12, le DHA, l'EPA, l'iode et le fer ont été systématiquement associées à un risque accru de déclin cognitif, de troubles de l'humeur, de maladies neurodégénératives et pouvant conduire aussi à une hypothyroïdie (affection caractérisée par une production insuffisante d'hormones thyroïdiennes, entraînant fatigue, prise de poids, frilosité et ralentissement général du métabolisme) (Clemente-Suárez VJ et al., 2025) (Péneau, S et al., 2008) (Candussi, C.J et al., 2025) (Světnička, et al., 2023) (Péneau S et al., 2008).

3.4.3 RATIO OMÉGA3 - OMÉGA6

D'autres acides gras essentiels et polyinsaturés sont les oméga-6, impliqués dans la croissance, l'immunité et l'inflammation. Ils doivent donc être aussi apportés par l'alimentation mais leur équilibre avec les oméga-3, exprimé par le ratio oméga-6/oméga-3, est crucial pour maintenir une santé métabolique et cardiovasculaire optimale.

Un rapport sain entre les acides gras oméga-6 et oméga-3 semble se situer entre 1/1 et 4/1, mais les études suggèrent que les personnes suivant un régime occidental typique peuvent consommer un rapport compris entre 15/1 et près de 20/1 (Simopoulos AP, 2002) (Patterson E et al. 2012) (Ponnampalam EN et al., 2021). Un rapport oméga-6/oméga-3 trop élevé favorise le développement de nombreuses maladies (cardiovasculaires, cancers, inflammatoires, auto-immunes (Simopoulos AP, 2002). A l'inverse, un rapport faible en faveur des oméga-3 exerce des effets protecteurs. Un rapport 4/1 réduit la mortalité cardiovasculaire de 70 %, et 2,5/1 diminue la prolifération cellulaire dans le cancer colorectal. Chez les femmes atteintes de cancer du sein, un rapport inférieur à 4/1 est associé à une réduction significative du risque tumoral. Des ratios de 2–3/1 améliorent l'inflammation (polyarthrite) et 5/1 aide dans l'asthme, tandis qu'un 10/1 aggrave les symptômes.

Or le régime végétarien, avec un rapport moyen oméga-6/oméga-3 >10/1, favorise une diminution des acides gras oméga-3 dans les tissus. Pour garantir une bonne santé physique, mentale et neurologique, les végétariens doivent réduire ce rapport oméga-6/oméga-3 en consommant des sources directes d'EPA et de DHA, quel que soit l'âge ou le sexe (Kornsteiner, M et al., 2008).

Au contraire, les poissons gras (rapport oméga-6/oméga-3 de 2–12/1) et les viandes issues d'animaux nourris à l'herbe ($\approx$ 2/1) offrent les rapports les plus favorables. Les viandes issues d'animaux nourris aux céréales ont un rapport intermédiaire ($\approx$ 4/1, variant de 3 à 8 selon la nourriture des animaux), beaucoup plus favorable que les végétaux (>10/1) qui contiennent, en plus, principalement de l'ALA (Strobel C et al., 2012) (Simopoulos AP, 2002) (Patterson E et al. 2012) (NIH, 2025) (Ponnampalam EN et al., 2021) (Butler G, et al., 2021) (Kaur L et al., 2023).

Afin optimiser l'apport en oméga-3 et réduire les risques liés à un excès d'oméga-6, il est donc essentiel de considérer à la fois la quantité et la qualité des acides gras dans l'alimentation, en privilégiant les poissons gras, les viandes issues d'animaux nourris à l'herbe, ou des sources végétales riches en ALA avec un ratio plus équilibré. **Pour les végétariens, il faut ajouter des compléments alimentaires, ce qui rend ce régime difficilement applicable, notamment à une échelle globale et a fortiori pour des populations défavorisées, et ce qui ne colle pas trop à une philosophie de vie naturelle.**



3.5. PRODUITS TOXIQUE ENDOGÈNES ET EXOGÈNES : PERTURBATEUR ENDOCRINIENS, OGM ET PESTICIDES

Les pesticides et les organismes génétiquement modifiés (OGM), notamment pour le soja, peuvent se retrouver directement dans les végétaux, mais de façon plus indirecte dans les protéines animales (traces venant de la consommation des plantes, après digestion et passage dans le lait pour le cas du lactosérum). Concernant les pesticides, la consommation de pesticides aux USA par ex, sur le soja, augmente régulièrement (Coupe RH and Capel PD, 2016) : l'utilisation de glyphosate pour, le soja seul, est passée de 1 à 43,7 millions de kg entre 1992 et 2009. Le glyphosate et l'acide aminométhylphosphonique (AMPA) ont été quantifiés respectivement à 0,105 et 0,210 µg/g dans des isolats de protéines de soja et entre 0,850 et 2,71 µg/g dans des concentrés de protéines de soja respectivement, tous deux dérivés de protéines génétiquement modifié. Aucun résidu n'a été détecté dans le lait de soja, l'huile de soja, l'huile de maïs, la maltodextrine, le saccharose, le lait de vache, la poudre de lait entier ou le lait maternel.

Aussi, des végétaux comme le soja contiennent des substances connues pour être des perturbateurs endocriniens dont la génistéine et la daïdzéine (Jargin SV, 2018) (Doerge DR et Sheehan DM, 2002). Une étude japonaise (Todaka E et al., 2005) révèle, à partir de 51 césariennes, que les niveaux de génistéine et de daïdzéine sont nettement plus enlevés dans le cordon ombilical que dans le sérum maternel (pour la génistéine, la moyenne est de 19,4 ng/ml, contre 7,2 ng/ml). L'équipe démontre ainsi que les phytoestrogènes du soja, qui sont transférés très facilement de la mère au fœtus, ont tendance à s'accumuler davantage du côté fœtal que du côté maternel.

Concernant les produits carnés, la corrélation possible entre niveau élevé de consommation de viande et la prévalence de certaines maladies (principalement cancer du côlon) n'a pas établi de lien de cause à effet (Norat et al., 2005).

4. PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES DANS L'ALIMENTATION DES BÉBÉS

La nutrition précoce joue un rôle prédominant dans la santé et le bien-être du nouveau-né et dans plus tard dans la vie en modulant son métabolisme. Les bébés peuvent être classés en fonction de leur âge: nourrissons entre 0 et 12 mois et enfants en bas âge, de 1 à 3 ans.

Améliorer les effets fonctionnels des formules infantiles (FIs), en particulier des formules végétales, pour réduire l'écart avec la composition du lait maternel, est le sujet de nombreuses recherches. De nombreuses questions restent à préciser par plus de résultats scientifiques et d'études cliniques concernant les composants qui doivent être ajoutés aux FIs et en quelle quantité, en fonction de leur devenir métabolique.

Cette amélioration devrait consister à moduler tous les macronutriments et éléments essentiels à la santé des bébés : les protéines (moduler leur quantité et améliorer leur qualité), les lipides (pour ressembler à la taille, structure et composition du globule gras du lait maternel ; tenir compte du cholestérol, du rapport en acides gras insaturés oméga-3/oméga-6 (« oméga » ou « ω », ou aussi « n ») le plus équilibré et à compléter par des prébiotiques, des probiotiques ou symbiotiques.



La réglementation actuelle garantit-elle une nutrition optimale pour la santé des enfants et en particulier pour la santé des enfants de 0 à 1 an ? Force est de constater que la réponse est plutôt non. Voici pourquoi.

4.1. LES LIPIDES

Le lait maternel reste la référence en matière de nutrition pour le nouveau-né et jusqu'à 6 mois, puis comme nourriture principale ou accompagnante d'un régime plus complet (plus de 6 mois et en particulier entre 1 an et 3 ans). De nombreuses **formules infantiles (FIs)** sont pourtant développées et vendues, à base d'huiles végétales ainsi que de mélanges laitier/végétal.

Pour ce qui est des lipides (Delplanque B et al., 2019), les tableaux 9A (acides gras (AG) saturés et monoinsaturés) et 9B (acides gras (AG) polyinsaturés oméga-6 et oméga-3) montrent la composition du lait maternel en comparaison des formulations à partir de lait de vache ou d'huiles végétales ainsi que de mélanges laitier/végétal.

Les différents lipides sont :

- **les lipides saturés** (à un moment décriés pour leur implication éventuelle dans l'apparition de maladies cardiovasculaires), on sait aujourd'hui qu'ils **sont absolument essentiels pour nos cellules et leurs membranes** et bien d'autres fonctions) dont les acides gras à chaîne courte
- **les acides gras insaturés** avec l'importance très discutée du ratio « idéal » oméga-6/oméga-3
- **les autres lipides essentiels** à la vie et à la santé des jeunes enfants et essentiels pour leur futur : cholestérol, acide nervonique en particulier

		Lait maternel	Lait de vache	Mélange de lipides laitiers et végétaux	Formule végétale (Palme)	Formule Végétale (huile de Coco)
AG Saturés	Formule					
Ac. Butyrique	C4:0	ND	2,6	0,6-0,7		ND
Ac. Caproïque	C6:0	0,03-0,79	1,9	0,6		0,1
Ac. Caprylique	C8:0	0,08-0,61	1,2	0,4		1,0-1,5
Ac. Caprique	C10:0	0,72-1,71	2,9	1,1-1,2		0,9-1,3
Ac. Laurique	C12:0	2,31-6,74	3,5	1,3-1,6		7,8-11,5



Ac. Myristique	C14:0	3,98-8,67	10	5,0-5,5		4,0-5,5
Ac. Palmitique	C16:0	16,6-25	26-32	16,5-20,4	26,1-29,5	18,2-25,4
Ac. Stéarique	C18:0	3,39-6,89	10	5,4-6,1	3,3-4,1	3,5-4,0
AG Mono-Insaturés						
A Oléique	C18 :1 ω -9	26,5-35,6	19-23	39,1-41,2	42,3-45,5	28,4-40,8

Tableau 9A : Composition en acides gras (AG) saturés et monoinsaturés du lait humain, du lait de vaches et des formules infantiles (% des AGT totaux). Adapté de (Delplanque et al., 2015).

		Lait maternel	Lait de vache	Mélange de lipides laitiers et végétaux	Formule végétale (Palme)	Formule Végétale (huile de Coco)
AGPI ω -6	Formule					
Ac. Linoléique (LA)	C18:2 ω-6	10,1-24,3	1,8	15,6-16,3	16,8-17,8	13,3-18,5
Ac. Gamma-linolénique	C18:3 ω-6	0,06-0,23				
Ac. Arachidonique	C20:4 ω-6	0,45-0,86	0,1			
Ac. Adrénique	C22:4 ω -6	0,04-0,47	0,01			
AGPI ω -3						
Ac. Alpha-linolénique	C18:3 ω -3	0,67-1,9	0,4-0,8	2,4-2,5	1,9-3,4	1,6-2,4
Ac. Stéaridonique	C18:4 ω -3	0,23-0,68	0,12-0,16	0,04-0,08		
Ac. Eicosatriénoïque	C20:3 ω -3		0,05-0,4	0,01		
Ac. Eicosapentaénoïque	C22:5 ω -3	0,06-0,33	0,05-0,08	ND-0,1		
Ac. Docosapentaénoïque	C22:5 ω -3	0,16-0,54	0,09-0,12	0,03		



Ac. Docosahexaénoïque	C22:5 ω -3	0,09-1,03	0,01			
Ratio LA /ALA (18:2 ω -6/18:3 ω -3)		3,45-11,9	2,3-3,5	6,2-6,7	4,9-9,4 + DHA 0,2-0,3	5,5-10,6 + DHA 0,2-0,3

Tableau 9B : Composition en acides gras (AG) polyinsaturés ω -6 et ω -3 du lait humain, du lait de vaches et des formules infantiles (% des AGT totaux). Adapté de (Delplanque et al., 2015).

On observe clairement la carence en acides gras à chaîne courtes et moyennes (butyrique C4, caproïque C6, caprylique C8, caprique C10) dans les formules végétales et ces acides gras sont importants comme substrat métabolique et énergétique (tableau 9A). Ces acides gras sont digérés plus facilement que les acides gras plus longs, sans avoir besoin de sels biliaires et sont acheminés directement vers le foie via la veine porte (Mazzocchi A et al., 2018). De plus, ils ont été associés à une diminution de l'obésité chez les enfants (Prentice PM et al., 2019). Ils peuvent même se révéler salutaires chez des enfants souffrant de malabsorption des graisses comme dans le syndrome de l'intestin court, la mucoviscidose ou encore des maladies hépatiques sévères (Goulet O et al., 2013).

Pour ce qui est des acides gras insaturés, les huiles utilisées dans les FIs végétales en manquent aussi:

Pour les oméga-6, les acides gamma-linolénique et arachidonique manquent par exemple dans les huiles de palme et de coco (tableau 9B). Ces acides gras sont essentiels à la santé des cellules, des vaisseaux sanguins etc.

Pour les oméga-3, les acides eicosapentaénoïque ou EPA et docosahexaénoïque ou DHA manquent aussi dans ces huiles or ces acides gras sont primordiaux pour les neurones et le cerveau, pour la vision et ont des vertus anti-inflammatoires bien décrites (tableau 9B) (Courage ML et al., 1998) (Stanley I, 2007) (Domenichiello AF et al., 2015).

En général dans les FIs, se pose la question du meilleur ratio oméga-6/oméga-3 représenté en majorité par les acides linoléique (AL) et alpha-linolénique (ALA) respectivement. Naturellement dans le lait humain il est d'environ de 3,45 à 11,9 (12-15% AL vs 1.5-2.5 % ALA) quand il est seulement de 2,3 à 3,5 pour le lait de vache et 4,9 à 10,6 pour les compléments végétaux. La littérature scientifique a montré que ce ratio oméga-6/ oméga-3 est probablement trop élevé dans la nourriture moderne y compris dans celle des femmes allaitantes et ceci est dû à plusieurs décennies où l'on a promu la consommation d'acides gras oméga-6 (figure 6).

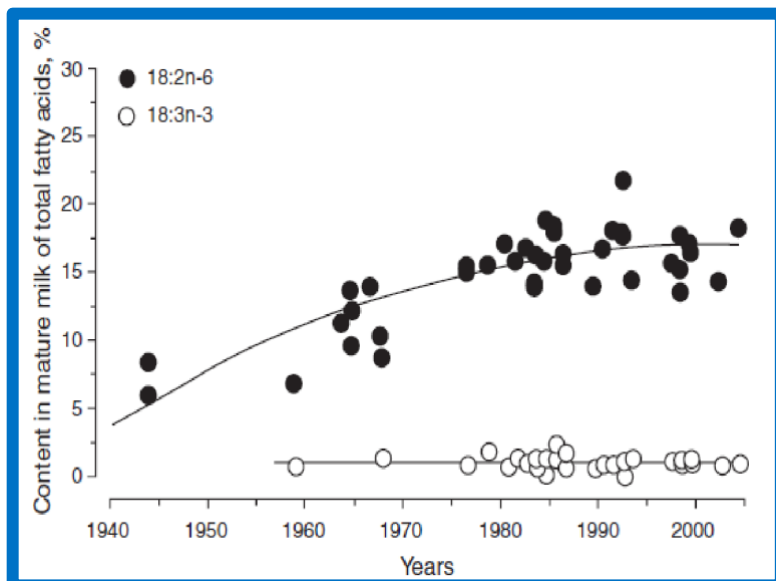


Figure 6 : Évaluation des AGPI du lait humain depuis 1930 aux USA. LA (C18: 2 ω -6, cercles noirs) et ALA (C18: 3 ω -3, ouvert cercles)

Certains spécialistes proposent de réduire les apports d'AL et d'augmenter les apports d'ALA dans les FIs. L'acide docosahexaénoïque (DHA) est important pour le fonctionnement du cerveau et peut être obtenu directement à partir du régime alimentaire ou synthétisé dans le corps à partir d'acide α -linoléique (ALA). Des études ont montré que le mélange à base de lait et d'huiles végétales produisait plus de DHA dans le cerveau (chez des rats) que les huiles seules avec pourtant le même ratio oméga-6/oméga-3 (les acides gras courts présents dans le lait de vache et non dans les extraits végétaux protégeant potentiellement de l'oxydation l'ALA) (Delplanque B et al., 2019).

Il a été montré aussi qu'un régime 100% laitier versus de source végétale (colza) contenant pourtant 10 fois plus d'AL et d'ALA, produit des quantités égales de DHA cérébral montrant encore la supériorité des sources laitières par rapport aux sources végétales.

On peut penser qu'une FI « idéale » aurait un ratio oméga-6/ oméga-3 situé entre le lait humain et de vache (entre 10 et 3) et dans des quantités identiques au lait humain et de vache pour ce qui est des oméga-3 et peut être légèrement inférieures en oméga-6 au lait humain.

La réglementation permet des écarts conséquents à ce sujet qu'il est souhaitable de voir rediscutés.

Mais d'autres acides gras sont aussi essentiels à la santé.

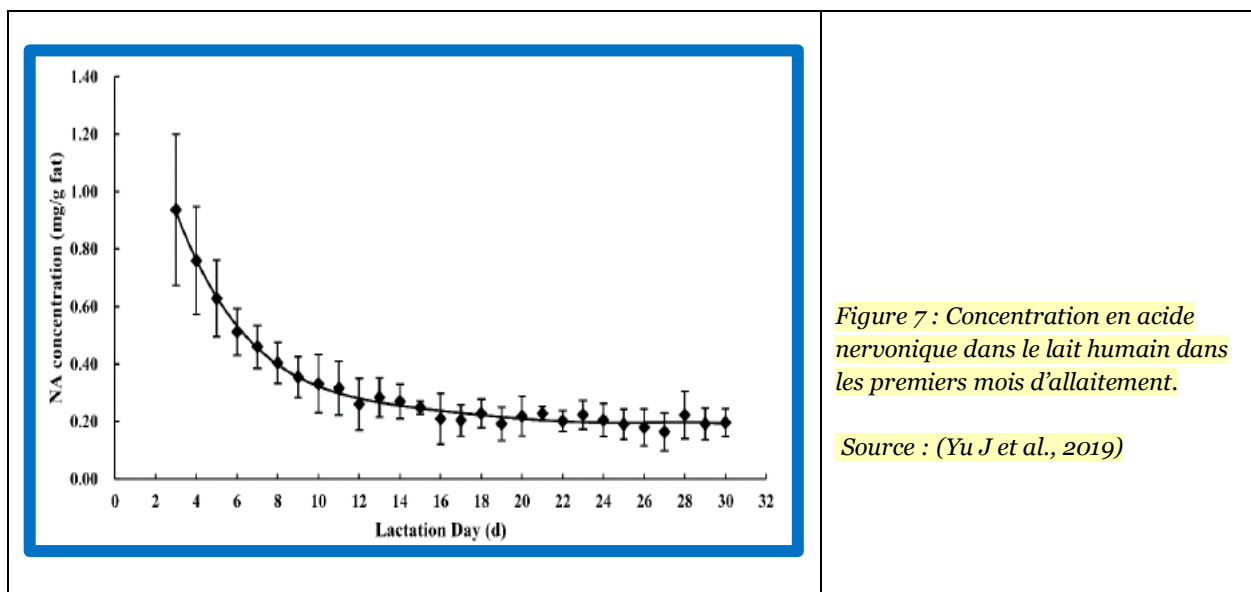
C'est le cas du cholestérol (nécessaire à la synthèse d'hormones essentielles, de sels biliaires, des membranes de la peau, de la synthèse de la vitamine D, nécessaire à des fonctions essentielles du cerveau) qui est présent en quantités plus importantes dans le lait humain et de vache que dans les formulations végétales. **Un souci important des formules végétales est qu'elles contiennent des phytostérols en quantités importantes, qui inhibent l'absorption du cholestérol ainsi que la digestion des protéines** (voir plus bas dans la partie *Les Protéines*) (Babawale EA et al., 2019) (Cruz, M. L et al., 1994). Le lait maternel contient environ 9 à 22,6 mg de cholestérol/100 g donc environ 9 à 23 mg



par litre (Hokkanen S et al., 2022). Les formules infantiles laitières (graisses bovines + huiles végétales) en apportent moins, soit 5,9 à 8,3 mg/100 g (Hokkanen S et al., 2022) et les formules purement végétales en contiennent très peu (1,6 à 2,8 mg/100 g) (Hokkanen S et al., 2022), et celles au soja quasiment aucun (Cruz, M. L et al., 1994). C'est préoccupant

L'acide nervonique impliqué dans la myélinisation qui est le processus de formation de la gaine de myéline autour des axones (sorte de "câble" qui part du neurone et transporte le message électrique jusqu'aux zones où le neurone communique avec d'autres cellules), permettant d'accélérer la transmission des signaux nerveux et d'assurer une communication efficace dans le système nerveux. Cet acide gras a donc un intérêt majeur au tout début du développement cérébral et dans la protection des neurones. Le lait de vache en contient un peu mais les huiles végétales utilisées chez les nourrissons n'en contiennent pas ou peu. Une étude sur 181 préparations pour nourrissons a montré que 97 seulement en contenaient (53,59%) (Yu J et al., 2019). C'est une carence préoccupante et non traitée par la réglementation.

Chez la femme allaitante, la concentration d'acide nervonique est la plus élevée dans le colostrum ($0,76 \pm 0,23$ mg/g de matières grasses) et diminue significativement ($p < 0,001$) dans le lait mature ($0,20 \pm 0,03$ mg/g de matières grasses) (figure 7) (Yu J et al., 2019). La teneur en acide nervonique de la plupart des FIs (étude sur 181 produits du marché) était inférieure à 16 % de celle trouvée dans le colostrum et inférieure à celle trouvée dans le lait maternel mature.



Autre manque des formules végétales : l'acide palmitique en position sn2 qui permet une meilleure absorption acides gras et calcium. (Miles EA and Calder PC, 2017)

Enfin la taille des globules de graisse des FIs végétales est différente de celle du lait (le lait est une solution colloïdale) et ne permet pas une absorption optimale des acides gras bien que cet aspect ait été étudié par les scientifiques et suivi par l'industrie agroalimentaire (Bourlieu C et al., 2015) (Hernell O et al., 2016) (Hernell O et al., 2016) (Le Huërou-Luron I et al., 2018).

Concernant le développement des bébés, les carences présentées par la composition en lipides des formulations infantiles (FIs) végétales sont donc préoccupantes, voire dangereuses pour le développement physique et mental des bébés.



4.2. LES PROTÉINES

La protéine de lactosérum est majoritaire par rapport à la caséine dans le lait humain (70/30) alors que c'est le contraire chez la vache (20/80). Le lactosérum est plus digeste que la caséine (qui précipite en partie dans l'estomac à cause du pH bas avant d'atteindre l'intestin) (Martin CR et al ; 2016). Ce ratio caséine-lactosérum n'est donc pas optimal si on prend en considération ces éléments.

Des études ont montré la supériorité du lactosérum pour la prise de poids chez le nourrisson, un meilleur indice de masse corporelle et de masse maigre ont été observés sur des études clinique d'un an (Gridneva Z et al., 2018).

Des résultats suggèrent aussi que le ratio entre les caséines et les protéines de lactosérum joueraient un rôle important dans la capacité de sensibilisation du lait de vache, et sa modification pourrait être un moyen de réduire son allergénicité en le rendant plus proche du lait humain dans les FIs (Lara-Villoslada F et al., 2005).

Pour ce qui est des FIs contenant des protéines végétales, cela suscite des préoccupations étant donné les profils très différents en acides aminés (AAs) si l'on compare la composition du lactosérum et de la caséine à celle du soja par exemple (tableau 10). Le lactosérum et la caséine ont un profil plus intéressant que le soja (et bien plus intéressant que d'autres protéines végétales) si on considère les AAs essentiels (AAEs et les acides aminés branchés (AABs, synthèse du muscle en particulier) (Rasmussen CJ, 2008).

AAs	Lactosérum	Caséine	Soja
Alanine	5	2,7	4,3
Arginine	2,1	3,7	7,4
Aspartic acid	10,9	6,4	11,5
Cystéine	2,3	0,3	1,4
Acide Glutamique	16,7	20,2	19
Glycine	1,8	2,4	4,3
Histidine	2,2	2,8	2,5
Isoleucine	5,9	5,5	4,7
Leucine	10,4	8,3	7,8



Lysine	9,7	7,4	6,2
Méthionine	2,2	2,5	1,3
Phénylalanine	3,3	4,5	5,2
Proline	5,8	10,2	5,2
Sérine	4,8	5,7	5,4
Threonine	7,1	4,4	3,9
Tryptophane	2,1	1,1	1,3
Tyrosine	1,8	5,7	3,7
Valine	5,9	6,5	4,9
% AAes (AAs essentiels)	48,8	40,3	35,3
% AABs (AAs branchés)	22,2	20,03	17,4

Tableau 10 : Profil en acides aminés (AAs) du lactosérum versus protéine de soja. D'après (Rasmussen CJ, 2008).

Dans ces acides AAes on compte par exemple la méthionine (acide aminé soufré) qui permet la synthèse de la cystéine et du glutathion, le maître antioxydant dans l'organisme, mais aussi le détoxifiant le plus efficace de notre corps contre les pesticides, métaux lourds, aldéhydes et des milliers d'autres composés toxiques (déjà décrit dans la partie 3. 2. *Carences en Acides Aminés Essentiels (EAAs)*). Le glutathion participe aussi à l'immunité puisque les globules blancs en ont besoin pour fonctionner efficacement et débarrasser l'organisme des bactéries et autres corps étrangers.

On pourrait aussi citer le tryptophane, plus élevé aussi dans le lactosérum et qui permet la synthèse de la sérotonine (hormone de la bonne humeur, utile dans la thermorégulation) et de la mélatonine (hormone du sommeil).

De plus, les protéines végétales sont moins bien absorbées par l'intestin humain, cuites ou crues, à cause de substances que l'on peut qualifier d'« *anti-nutritionnelles* ». On les trouve couramment dans les céréales, notamment le riz, le soja, les pois, les haricots, les graines et les noix. Il existe 4 familles principales de ces composés : acide phytique/phytates, saponines, lectines et tanins (déjà décrit dans la partie 2.4. *Digestibilité et Biodisponibilité des Protéines Animales et Végétale Facteurs* « anti-nutritionnelle » *dans les végétaux*) (Gilani GS et al.; 2005) (Vasconcelos IM et Oliveira JT, 2004) (Chung KT et al., 1998) (Francis G et al., 2002) (Venesson J et al., 2014).



On peut donc douter du fait que les FIs à base de protéines végétales apportent suffisamment des AAs clés pour la défense et un développement optimal des fonctions du nourrisson. Concernant le développement des bébés, les carences présentées par la composition en protéines et leur digestibilité dans les formulations infantiles (FIs) végétales sont donc préoccupantes, voire dangereuses.

4.3. LES SUCRES

Dans les préparations infantiles végétales ou sans lactose, on utilise fréquemment des polymères de glucose comme la maltodextrine ou les solides de sirop de maïs, issus de l'hydrolyse d'amidon (Olson C et al., 2025). Ces sucres ont un index glycémique élevé (IG ≈ 110), bien supérieur à celui du lactose (IG ≈ 45) ou du glucose (IG = 100), et sont associés à inflammation intestinale et perturbations métaboliques (Arnold AR et al., 2019) (Regnault et al., 2013). De nombreux produits destinés aux nourrissons contiennent ces sucres ajoutés souvent supérieurs aux besoins nutritionnels et différents de ceux indiqués sur l'étiquette (Walker RW et al., 2015).

La Société européenne de gastroentérologie, d'hépatologie et de nutrition pédiatriques (ESPGHAN) recommande de privilégier l'allaitement exclusif jusqu'à environ 6 mois puis

d'éviter les sucres ajoutés et boissons sucrées après 6 mois (Fidler Mis N et al., 2017). Le lactose, principal sucre du lait maternel ($\approx 6,7$ g/100 mL), sucre majeur du lait de vache également, fournit du galactose essentiel au développement du cerveau et favorise la croissance harmonieuse du nourrisson (Mosca F and Gianni ML, 2017). Dans ce cas, le lactose fournit environ 40 % des calories et 90 % de l'énergie glucidique du nourrisson (Prado EL and Dewey KG, 2014) (Donovan SM and Comstock SS, 2016) (Greer FR, 2018). De plus, le lait humain contient également des oligosaccharides (HMO, pour human milk oligosaccharides) à forte concentration, qui nourrissent la flore intestinale, renforcent le système immunitaire et limitent l'inflammation (Coelho AI et al., 2015) (Chichlowski M et al., 2011) (Mills S et al., 2011) (Hickey RM, 2012). Les nourrissons allaités présentent une croissance plus lente et mieux régulée que ceux nourris aux formules, dont la prise de poids rapide et le rebond précoce de l'adiposité augmentent le risque d'obésité future (Dewey KG et al., 1992) (Johnson L et al., 2014) (Mihirshahi S et al., 2011) (Rzehak P et al., 2017) (Bell KA et al., 2017). Ainsi, l'apport énergétique et qualitatif des sucres en début de vie influence le métabolisme, le microbiote, le système immunitaire et le développement cérébral (Koletzko et al., 2012) (Goran et al., 2013).



Les formules végétales manquent de lactose et d'HMO naturels, remplaçant ces sucres par des glucides rapidement assimilables, comme le fructose, moins protecteurs, potentiellement pro-inflammatoires présentant des risques hépatiques et métaboliques même à faible index glycémique (IG) (Havel P, 2005) (Chung M et al., 2014) (Kelishadi R et al., 2014). Enfin, le sucre (glucose) stimule la dopamine et les récepteurs opioïdes, induisant des comportements addictifs et un effet « récompense » similaire à celui de substances psychoactives pouvant conduire à conditionner et créer des enfants et des



adolescents addicts au sucre (Mysels DJ & Sullivan MA, 2010) (Lewkowski MD et al., 2003) (Lewkowski MD et al., 2008) (Yamamoto T, 2003).

Pour la santé infantile, il serait donc préférable que les formules reproduisent les sucres du lait maternel, tout en limitant l'ajout de glucides rapides et potentiellement nocifs. La réglementation actuelle, influencée par l'industrie du sucre, autorise encore l'ajout de composés moins adaptés, particulièrement dans les formules végétales, compromettant le développement, la protection immunitaire et le métabolisme à long terme.

4. 4. PRÉBIOTIQUES ET PROBIOTIQUES

Peu d'études ont évalué l'effet du lait animal ou des boissons végétales sans prébiotiques ni probiotiques sur le microbiote humain. Les données disponibles indiquent que le lait animal favorise généralement un microbiote bénéfique, tandis que les formules végétales, bien que parfois positives, peuvent stimuler la croissance de bactéries potentiellement indésirables (Mondragon Portocarrero, A.d.C et al., 2024).

Le maintien d'un microbiome sain est essentiel pour favoriser l'homéostasie de l'intestin et d'autres organes. Les prébiotiques sont la troisième plus grande composante du lait maternel humain. Les préparations comprenant les galactooligosaccharides (GOS), les fructooligosaccharides (FOS), le 2'-fucosyllactose, le lacto-N-néo-tétraose sont des exemples de produits couramment utilisés et étudiés pour la supplémentation en préparations pour nourrissons (Miqdady M et al., 2020) (Moro G et Boehm G, 2012). En particulier, la combinaison GOS/FOS est la plus étudiée. Dans une étude observationnelle sur 214 nourrissons souffrant de coliques âgés de moins de 3 mois (Savino F et al, 2003) une étude a montré que la fréquence des coliques était réduite chez 79% des nourrissons ayant reçu une préparation contenant 90% de ScGOS, 10% de Lc-FOS, de l'acide palmitique sn-2 et des protéines partiellement hydrolysées.

De même le lait maternel contient des probiotiques essentiels (*Lactobacillus* et *Bifidobacterium* entre autres) qui contribuent à une bonne santé intestinale et immunité globale chez le nourrisson (Soto A et al., 2015).

Il faut donc s'assurer que différents éléments (prébiotiques et probiotiques) soient présents à des doses et variétés se rapprochant le plus possible du lait maternel pour les nourrissons puis pour les enfants à partir de 6 ans dans le cadre d'une nutrition globale. Les substituts végétaux ne constituent pas un remplacement optimal du lait pour le développement microbien.

5. VIANDE ARTIFICIELLE ET INSECTES

Comme déjà mentionné dans l'introduction, le Forum économique mondial (WEF) et Bill Gates promeuvent et travaillent sur des protéines de viande fabriquées en laboratoire (lab-grown meat), appelées globalement « protéines alternatives » (WEF, 2019).

Dans ce rapport, le WEF propose de remplacer le bœuf dans les régimes alimentaires régionaux par d'autres sources de protéines pour réduire les émissions de CO₂ de 7 à 26 %. Les plus faibles réductions concernent la viande cultivée en laboratoire (7 %, soit 0,5 GtCO₂-eq), suivie des mycoprotéines



(16 %) (extraites d'un champignon, *Fusarium venenatum* qui peut potentiellement produire des mycotoxines, composés potentiellement cancérogènes et pouvant endommager le foie, les reins, le système digestif et le système immunitaire. Les souches utilisées industriellement sont sélectionnées et contrôlées pour ne pas en produire, tandis que les autres alternatives végétales atteindraient presque le maximum théorique de réduction (23–26 %).

Ailleurs le site du WEF écrit « *L'alimentation du futur, à mesure que nous deviendrons de plus en plus urbains, continuera d'être de la viande, mais ce ne sera pas de la viande issue de l'élevage animal industrialisé* », a déclaré Bruce Friedrich, directeur exécutif du Good Food Institute, basé à Washington (WEF, 2017).

La viande de laboratoire se fabrique à partir de cellules animales prélevées, souvent des myoblastes qui sont des cellules souches responsables de la formation des muscles dans l'embryon ou lors de la réparation des muscles endommagés. Ces cellules sont multipliées dans des milieux de culture riches en nutriments et facteurs de croissance. Elles sont ensuite placées sur des « *échafaudages* » (scaffolds) qui leur donnent une structure tridimensionnelle proche du muscle. Des stimuli mécaniques ou chimiques favorisent leur différenciation et maturation en fibres musculaires. Enfin, le tissu ainsi formé est récolté pour obtenir un produit final imitant la viande traditionnelle.



Produire de la viande en laboratoire sans l'intervention d'animaux vivants est une prouesse technique majeure rendue possible par la quatrième révolution industrielle (Kadim, IT et al., 2015) (WEF, 2019). Ce n'est qu'au cours de la dernière décennie que les technologies ont suffisamment progressé pour rendre cela envisageable, avec des formes de viande susceptibles d'être utilisées dans des produits contenant traditionnellement de la viande hachée (comme les hamburgers). Ces développements sont très avancés et la disponibilité et la disponibilité pour le public est prévue dans les prochaines années. Depuis le premier « hamburger de laboratoire » en 2013 (photo 2) (Post M, 2014), les progrès ont été rapides. De plus, grâce à des recherches plus fondamentales sur la technologie des cellules souches et le développement musculaire, et ses applications médicales dans des domaines tels que la cicatrisation des plaies, il existe une réelle perspective de progrès rapides dans le secteur de la viande consommable au cours de la prochaine décennie (Post MJ, 2014). Outre la production de produits qui ressemblent à de la viande, certains « *futurologues de l'alimentation* » envisagent également de nouveaux produits en dehors de notre expérience sensorielle actuelle qui créeront de nouvelles cultures alimentaires (Gaye M, 2018). Mais à l'heure actuelle, il est impossible de recréer pleinement l'environnement *in vivo* (dans l'organisme) *in vitro* (en milieu artificiel) (Food Standards Agency, 2023). Le muscle animal est très complexe, composé de plus de 6500 protéines réparties dans différents types de fibres musculaires. On ne sait pas encore si le muscle cultivé ex vivo peut reproduire intégralement cette composition protéique.



5.1. MILIEUX DE CULTURE POUR LA VIANDE CULTIVÉE : COMPOSITION ET ENJEUX

La production de viande cultivée repose sur la croissance de cellules animales dans un milieu fournissant énergie, acides aminés, sels, vitamines et eau, ce qui conditionne viabilité, qualité et coût (Yao H and Asayama K, 2017) (Arora S, 2019). Le glucose fournit de l'énergie et du nicotinamide adénine dinucléotide phosphate (NADPH) qui permet des réactions de biosynthèse et contribue à la défense antioxydante des cellules, mais produit de l'acide lactique (Zagari A et al., 2013). Les acides aminés, souvent issus de fermentation microbienne, sont essentiels au métabolisme cellulaire et varient selon les espèces (Hosios AM et al., 2016) (Salazar M et al., 2016). La glutamine peut aussi apporter de l'énergie en soutien du glucose. Les sels maintiennent l'osmolarité et le potentiel membranaire (Bardy C et al., 2015) (Rubio N et al., 2019) et les vitamines hydrosolubles et liposolubles participent à la croissance et à la différenciation des cellules (Patani N, 2016) (Schnellbaeher A et al., 2019). Le pH est stabilisé par des tampons comme le bicarbonate ou de l'HEPES (Yao H and Asayama K, 2017).

Historiquement, le sérum animal, en particulier le sérum bovin fœtal (FBS), sérum issu du sang d'un veau mort, a été utilisé pour stimuler la croissance cellulaire grâce à ses hormones, protéines (albumine, fétuine, transferrine), lipides et facteurs de croissance (Puck T et al., 1958) (Francis M, 2010) (Kundranda M et al., 2005) (Baker D et al., 2003) (Morimoto Y et al., 2005). Ceci constitue un facteur limitant et n'est pas acceptable pour les végétariens ni les végétariens. De plus le FBS est coûteux, variable, contaminable et pose donc des questions éthiques (Baker D, 2016) (Drexler HG and Uphoff CC, 2002) (van der Valk J et al., 2018). En plus de venir du veau, donc d'animaux vus comme un problème aux yeux des écologistes, il soulève des préoccupations éthiques et représente environ 50 à 80 % des coûts de culture. Les alternatives sans FBS, bien qu'encore coûteuses, offrent un potentiel de réduction des coûts à long terme.

Pour remplacer le sérum, plusieurs alternatives sont explorées afin de fournir aux cellules les nutriments, hormones et facteurs de croissance nécessaires sans utiliser de produit animal (Weber T et al., 2025) (Good Food Institute, 2025).

Parmi ces alternatives, on retrouve des :

- **Lysats plaquettaires** : issus de plaquettes humaines, ces extraits contiennent protéines et facteurs de croissance qui stimulent la prolifération et l'attachement cellulaire. Ils permettent de soutenir la croissance des cellules, mais restent coûteux et difficiles à produire à grande échelle pour la viande cultivée (Dong W et al., 2023) (Dong W et al., 2024). Malgré leur efficacité, leur coût élevé (>1000\$/0,5 L) et l'offre limitée rendent leur usage peu viable pour la production de viande cultivée à grande échelle.
- **Médias conditionnés** : il s'agit de milieux récupérés après la croissance d'autres cellules, riches en facteurs de croissance et vésicules extracellulaires. Ces médias aident de nouvelles cultures à se développer en reproduisant certaines fonctions du sérum (Saad R et al., 2023).
- **Protéines uniques** : certaines protéines naturelles, comme la sérécine issue du cocon de vers à soie, peuvent favoriser l'attachement et la prolifération des cellules. Cette approche simple et économique permet de remplacer partiellement le FBS sans utiliser de produit animal (Lim T et al., 2024).
- **Remplacements chimiques définis** : il s'agit de mélanges de nutriments, vitamines, minéraux et facteurs de croissance recombinants, comme l'insuline, la transferrine et le sélénium. Ces milieux « définis » offrent un contrôle précis sur la composition et permettent d'éviter la variabilité et les



risques associés au FBS. Ils protègent aussi les cellules contre le stress oxydatif grâce au glutathion et au sélénium, et leur utilisation progressive aide les cellules à s'adapter à un environnement sans sérum (Chen L et al., 2011) (Kuo C et al., 2020) (Nikkhah M et al., 2023) (Radošević K et al., 2016).

En combinant ces approches, il devient possible de développer des milieux de culture adaptés à la production industrielle de viande cultivée. Les médias Beefy-9 et Beefy-R, à base d'albumine recombinante ou de protéines végétales, ont démontré un soutien efficace à la prolifération des cellules bovines (Stout E et al., 2022, 2023) (Mogilever E et al., 2025). Des approches innovantes utilisent aussi des hydrogels et des milieux définis pour la différenciation musculaire et adipeuse, permettant des produits plus proches de la viande traditionnelle (Messmer A et al., 2022) (Mitić N et al., 2023).

Pour les poissons et crustacés, l'insuline et les facteurs de croissance IGF1/IGF2, le fer et la transferrine sont essentiels, tandis que les extraits de plantes ou d'algues peuvent partiellement remplacer le sérum (Yuan T and Hong F, 2017) (Dash R et al., 2010) (Nikkhah M et al., 2023) (Asmamaw T, 2016) (Dong W et al., 2023) (Dong W et al., 2024). Les besoins varient selon l'espèce, le stade de développement et le type de cellule (Flores C et al., 2024) (Davis KB and Gatlin DM, 1996) (Qin W et al., 2025). L'optimisation des milieux permet de maximiser croissance, différenciation, valeur nutritionnelle et goût (Luo X et al., 2024) (Nyunoya K et al., 2025).

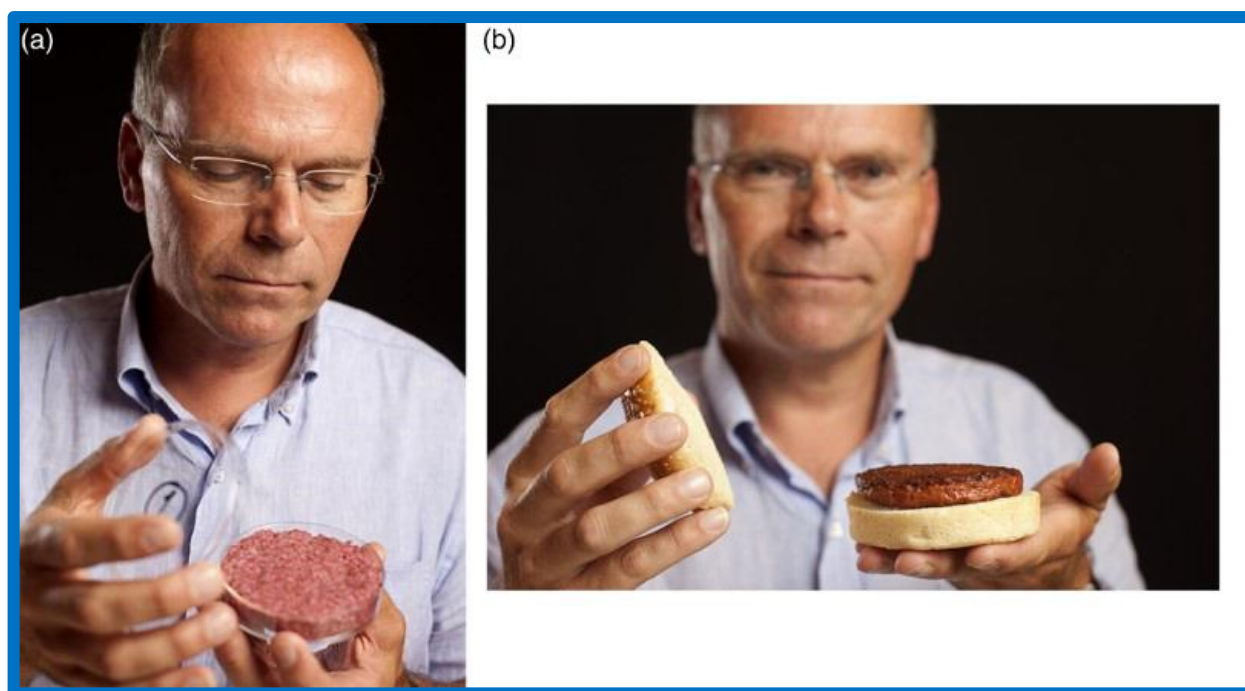


Photo 2 - Images de burgers cultivés : Mark Post tient le burger cultivé cru dans une boîte de Petri (a) et, plus tard, le burger cultivé cuit dans un pain (b). Crédit photo : David Parry/PA Wire.¹⁷

¹⁷ <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09505431.2016.1171836>



5.2. PROCESS ET DIFFICULTÉS TECHNIQUES

Les cellules commencent à se diviser après avoir été cultivées dans un milieu de culture approprié, qui fournit nutriments, hormones et facteurs de croissance (Chriki S and Hocquette JF). Plus d'un billion (millier de milliards) de cellules peuvent être cultivées, et ces cellules se regroupent naturellement pour former des myotubes (structures allongées formées par la fusion de cellules musculaires immatures appelées myoblastes) ne dépassant pas 0,3 mm de longueur ; les myotubes sont ensuite placés dans un anneau pour croître et former un petit morceau de tissu musculaire, comme décrit dans différentes revues. Ce morceau de muscle peut se multiplier en plus d'un billion de fibres. Ces fibres sont fixées sur une structure en forme d'éponge qui les inonde de nutriments et les étire mécaniquement, « exerçant » ainsi les cellules musculaires pour augmenter leur taille et leur teneur en protéines (Chriki S and Hocquette JF, 2020). Grâce à ce processus, moins d'animaux sont nécessaires pour produire de grandes quantités de viande grâce à la prolifération cellulaire, évitant ainsi de tuer trop d'animaux, bien que beaucoup de veaux pourraient encore être utilisés si le sérum bovin fœtal est employé.¹⁸

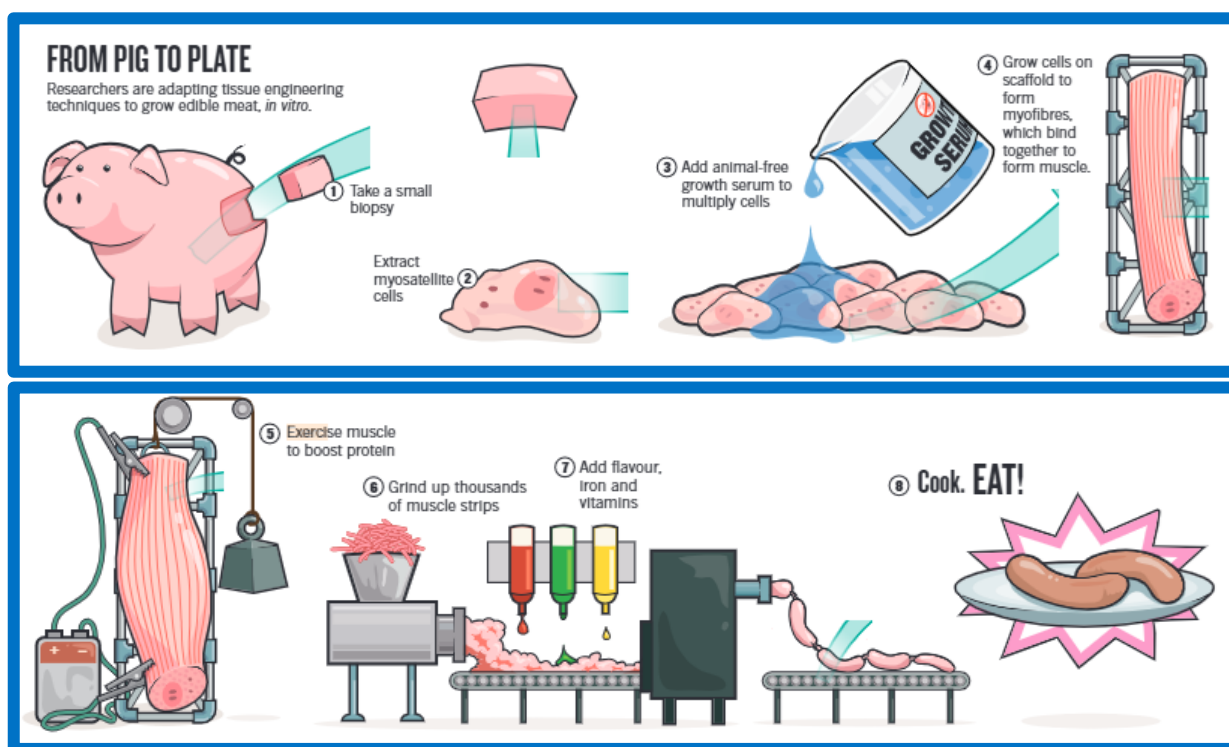


Figure 8 : Procédé d'obtention de viande in vitro. Source : (Jones N, 2010)

Malgré l'essor des start-up et l'attention médiatique, plusieurs obstacles persistent : coûts élevés, acceptation limitée des consommateurs et incertitudes sur la croissance et la viabilité des cellules à grande

¹⁸ Vidéo de fabrication et visuel produit (Wiener-Bronner D, CNN, 2023) : <https://edition.cnn.com/2023/06/23/business/lab-grown-meat-explainer>



échelle. Les recherches négligent souvent des aspects cruciaux comme la conception des bioréacteurs, le transfert de masse et les contraintes mécaniques. Les scénarios de production “villageoise”, avec de petits réacteurs proches du consommateur pour renforcer la “naturalité”, se heurtent à des limites techniques (stérilisation, contrôle environnemental, savoir-faire) et économiques (coûts d'équipement et de maintenance) (Li et al., 2020). Des études explorent plutôt de grands bioréacteurs à circulation d'air (~300 m³) via modélisation numérique pour envisager une production industrielle (Li et al., 2020).

Les cellules ont besoin de stimulations et d'un environnement stimulant le milieu naturel pour croître en bioréacteur, via hormones, facteurs de croissance, cytokines, nutriments et supports 3D. Ces conditions diffèrent de celles présentes chez l'animal hôte, ce qui peut entraîner des variations dans la composition finale du muscle cultivé. La maturation est nécessaire pour transformer les fibres musculaires naissantes en fibres pleinement formées. Ce processus pourrait ne pas être entièrement reproduit en culture *ex vivo*, et la qualité des protéines pourrait ne pas être équivalente à celle de la viande traditionnelle (Food Standards Agency, 2023).

Enfin, des différences existent entre la viande issue de lignées cellulaires et la viande animale traditionnelle, ce qui peut entraîner des écarts nutritionnels. La littérature met en avant plusieurs points à considérer à ce sujet.

5.3. IDENTIFICATION DES RISQUES DE TOXICITÉ ET PROBLÈMES DE CARENCES ET DE TEXTURE DANS LES PRODUITS CARNÉS FABRIQUÉS À PARTIR DE CELLULES ANIMALES CULTIVÉES

Les viandes et produits de la mer cultivés comportent des risques nutritionnels et de sécurité. Leur composition peut différer de la viande animale, avec des déficits en vitamines, minéraux, créatine, carnosine, myoglobine ou lipides (Food Standards Agency, 2023) (Jönsson 2016) (Li 2020). Les milieux de culture, stimulateurs (hormones, facteurs de croissance, cytokines) et « échafaudages » influencent la composition finale, la maturation musculaire et peuvent introduire des substances indésirables (Wang 2019) (von Braun 2018). La manipulation cellulaire, le détachement des « échafaudages » et l'ajout d'additifs (arômes, colorants, vitamines) peuvent aussi modifier la valeur nutritionnelle (Allan, 2019) (Burgess, 2008).

Le « détachement des échafaudages » correspond à la séparation des cellules musculaires de leur support temporaire (scaffold) lors de la production de viande cultivée. Ces échafaudages maintiennent les cellules en place, leur donnent une forme 3D et permettent l'apport de nutriments. Le détachement survient quand le tissu est mature ou que l'adhésion diminue. Cette étape est critique pour la structure et la texture du tissu musculaire. Un détachement trop précoce ou non contrôlé peut diminuer le rendement et la qualité de la viande cultivée.

De plus, des contaminants chimiques ou biologiques peuvent provenir des milieux, échafaudages, antibiotiques, plastiques, métaux ou résidus de nettoyage (Stephens 2018) (Verbruggen 2018). Bactéries, mycoplasmes, virus ou endotoxines constituent un risque comparable à la viande conventionnelle (Stephens 2018) (Allan 2019), tandis que la contamination croisée ou des erreurs de lignées affectent la qualité (Krieger 2018) (Shima 2020).



Aussi, les lignées cellulaires présentent leurs propres risques : mutations, dérives génétiques ou phénotypiques, différenciation incomplète ou présence accidentelle de cellules indésirables, parfois carcinogènes (Stephens 2020; Warner 2019). L'usage de lignées d'animaux exotiques peut introduire virus, maladies ou allergènes (von Braun 2018) (Thorrez 2019). Une surveillance stricte, l'authentification des lignées et des tests standardisés restent essentiels pour garantir sécurité et qualité.

La viande et les fruits de mer cultivés présentent des risques potentiels liés à la sécurité alimentaire, notamment l'introduction de contaminants chimiques ou biologiques lors de la production, la présence d'ingrédients nouveaux ou très différents des aliments traditionnels, et la contamination microbienne possible pendant la culture ou le traitement (Ong, K. J et al., 2021). Les résidus de milieux de culture ou de facteurs de croissance peuvent également poser des problèmes si leur élimination n'est pas complète. Enfin, l'absence de protocoles standardisés d'évaluation de la sécurité, notamment pour les méthodes sans composants animaux, complique la validation des produits (Ong, K. J et al., 2021). Une surveillance rigoureuse et des recherches ciblées sont donc nécessaires pour garantir la sécurité et la fiabilité de ces aliments.

La viande cultivée en laboratoire présente des carences en certaines vitamines et minéraux essentiels. Elle ne contient pas naturellement de vitamine B12, produite uniquement par des micro-organismes, ce qui nécessite une supplémentation pour répondre aux besoins humains (Burdock Group, 2024). **De même, la vitamine D3 est absente ou très faible (si importante pour l'immunité), car les cellules musculaires en culture ne sont pas exposées au soleil, principal facteur de synthèse de cette vitamine** (Food Standards Agency, 2024). La viande cultivée peut également être pauvre en fer héminique (la forme de fer la plus biodisponible pour l'homme, 3.3.1 *Carences en Vitamines La particularité du fer*), ce qui limite son apport nutritionnel comme pour les végétaux (Burdock Group, 2024). **D'autres composants essentiels à la viande, comme la myoglobine, l'hémoglobine, le sang, les tissus et les cellules graisseuses, ou des composés comme la créatine, carnosine, ne sont pas produits par les cellules et pourraient manquer dans le produit final** (Food Standards Agency, 2023).

Ces carences reflètent le fait que les cellules utilisées en culture ne produisent pas tous les nutriments présents dans la viande traditionnelle. Aussi, les graisses saturées peuvent être remplacées par des oméga-3, mais cela nécessite de maîtriser le risque de rancissement (Scollan N D et al., 2014). Pour pallier ces lacunes, des stratégies comme la supplémentation du milieu de culture, l'enrichissement post-production ou la modification génétique sont envisagées. Ces mesures visent à garantir que la viande cultivée offre un profil nutritionnel comparable à celui de la viande conventionnelle. Elles sont cruciales pour l'adoption à long terme de ce type de produit par les consommateurs. La recherche continue à évaluer la biodisponibilité réelle des vitamines et minéraux enrichis dans les produits cultivés.

5.4. ACCEPTABILITÉ ET QUESTION PHILOSOPHIQUES, ÉTHIQUES ET RELIGIEUSES

Une étude américaine a examiné la perception et la disposition à payer pour la viande in vitro, testant l'effet de termes comme « *cultured (cultivée)* », « *lab-grown (cultivée en laboratoire)* » et « *artificial (artificielle)* » sur les préférences des consommateurs (Asioli et al., 2018). Les résultats montrent une forte préférence pour la viande conventionnelle et une réticence générale envers le terme « *in vitro* », le terme « *cultured* » étant le moins rejeté. La viande in vitro soulève de nombreuses questions éthiques, philosophiques et religieuses, notamment sur son acceptation, son statut moral et religieux (Chriki & Hocquette, 2020).



Selon Bryant (2020), l'acceptation par religion varie :

- **Judaïsme** : 61–70 %, la viande cultivée peut être kasher si les cellules proviennent d'animaux abattus selon la loi juive.
- **Islam** : 28–68 %, acceptée si certifiée halal, provenant d'animaux abattus selon les rites islamiques et sans sérums non halal (Ho et al., 2023).
- **Hindouisme** : 19–68 %, favorable pour des raisons éthiques (ahimsa), mais le boeuf reste sensible.
- **Bouddhisme** : 61–81 %, majorité ouverte à la viande de laboratoire.

Dans aucune des études les chrétiens n'ont été interrogés ni ne sont cités mais une étude faisant référence au déclin de la population chrétienne est utilisée pour comptabiliser les pourcentages des différents croyants dans le monde (Hackett, C. and McClendon D. 2017). Quoiqu'il en soit ces questions importantes de civilisation nécessitent bien d'autres sondages, questions au public et études.

Une enquête en Grèce (Lazou et al., 2024) auprès de 1 230 consommateurs révèle que seulement 39 % connaissent la « viande cultivée », mais 56 % seraient prêts à l'essayer. Les jeunes adultes (18–25 ans), les hommes et les diplômés montrent une plus grande ouverture. Les principaux avantages perçus sont le bien-être animal et la réduction de l'impact environnemental. Les inquiétudes concernent surtout les effets sanitaires à long terme et l'impact sur les éleveurs locaux. La majorité (81 %) considère la viande in vitro comme un produit artificiel. Les auteurs écrivent que globalement, les consommateurs font preuve de scepticisme et de réserves, soulignant la nécessité d'informer le public pour améliorer l'acceptation (Lazou et al., 2024).

Une majorité de personnes estiment que la viande devrait maintenir un lien avec la nature, et que l'élevage industriel très intensif ou la viande de synthèse (labo) rompent cette dépendance. Toutefois, des auteurs considèrent que cette dépendance passée n'est peut-être pas nécessaire, et que la viande de laboratoire pourrait modifier notre relation avec la nature tout en apportant des avantages éthiques (Schaefer and Savulescu, 2014). Ils proposent que des compromis soient possibles, comme élever quelques animaux éthiquement pour fournir des cellules donatrices, conciliant production à grande échelle et lien symbolique avec la nature.

La synthèse de viande pourrait également élargir les types de viande produits, incluant espèces menacées, disparues ou, de manière plus controversée, des cellules humaines. Bien que le cannibalisme soit un tabou universel, écrit-il, la viande in vitro pourrait théoriquement permettre la consommation de viande humaine, soulevant un risque de « pente glissante ». Interdire la viande cultivée humaine semble probable, mais « il serait prudent de réfléchir d'abord à ce qui est réellement moralement répréhensible ». Produire de la viande humaine in vitro n'implique ni meurtre ni profanation de cadavres, principaux motifs de condamnation du cannibalisme fait-il remarquer.

D'autres auteurs mettent l'accent sur un manque d'éthique des acteurs de ce secteur mais aussi de clarté et d'honnêteté envers le public (Jönsson, E et al., 2016). Le discours prometteur construit ces attentes de manière sélective pour sécuriser financements et soutien public, souvent au détriment de la prise en compte des enjeux économiques, sociaux et éthiques, reproche ce chercheur (Jönsson, E et al., 2016). Il parle de « récits techno-utopiques » entourant la viande in vitro, en montrant comment les discours scientifiques et promotionnels construisent un « canon » autoréférentiel qui présente comme allant de soi et inévitable, les promesses de cette technologie (Jönsson, E et al., 2016). Les promesses spectaculaires mettent en avant le potentiel transformateur de la viande de laboratoire, tout en occultant des questions



comme l'utilisation de sérum foetal bovin, les relations de travail futures ou les significations culturelles attachées à la viande. L'article souligne que la viande n'est pas simplement un produit : elle est construite par des pratiques cumulatives, des réglementations et des significations sociales. Autrement dit, le discours très optimiste autour de la viande de laboratoire façonne non seulement ce que la science étudie, mais aussi comment le public imagine cette technologie.

On ne peut que souhaiter rapidement une vraie discussion éthique, impliquant le plus grand nombre, sur ces sujets, autres que les seuls acteurs et chercheurs ayant un intérêt financier dans le domaine, ou ayant une éthique ne représentant pas une vision globale de la société.

5.5. COMMERCIALISATION DE LA VIANDE DE LABORATOIRE (LAB-GROWN MEAT)

Au niveau du marché, la viande cultivée en laboratoire est déjà commercialisée dans plusieurs pays. Singapour a été le premier à l'autoriser en 2020, avec des produits comme le GOOD Meat disponibles dans des restaurants tels que "1880" et "Les Amis" (Singapore Food Agency, 2024). Aux États-Unis, GOOD Meat et Upside Foods ont obtenu l'approbation de la USDA en 2023, et leurs produits sont proposés dans des établissements comme le Bar Crenn à San Francisco (Skiver R, Green Matters, 2023). En Israël, Aleph Farms a reçu l'autorisation de vendre du bœuf cultivé en 2024, devenant ainsi le premier producteur de viande cultivée au Moyen-Orient (Aleph Farms, 2024). En Australie, Vow Foods a lancé son produit à base de caille cultivée dans des restaurants de Sydney et Melbourne en 2025 (Gorman A, The Guardian, 2025). Au Royaume-Uni, la viande cultivée est autorisée uniquement pour les animaux de compagnie ; la société Meatly a lancé des friandises pour chiens à base de viande cultivée en 2024 (Preston D, The Verge, 2024). Dans l'Union européenne, la viande cultivée n'est pas encore autorisée à la vente, bien que des discussions soient en cours pour établir un cadre réglementaire (Good Food Institute, 2023).

En résumé, la viande cultivée nécessite un ajustement nutritionnel pour devenir une alternative « » à la viande traditionnelle, en plus des questions éthiques culturelles et même civilisationnelles, qu'elle pose.

5.6. RÉGIME À BASE D'INSECTES : INTÉRÊTS ET RISQUES

Bien que les insectes soient généralement exclus du régime végétan qui proscriit tout produit d'origine animale, ils peuvent être consommés par les flexitariens (personnes qui mangent principalement végétal tout en incluant occasionnellement de la viande ou d'autres produits animaux) ou autres régimes moins stricts en protéines animales.

En Occident, l'acceptation de la consommation d'insectes reste limitée mais croissante. En Europe, environ 19 % des Français se disent prêts à manger des insectes entiers, et 25 % accepteraient des produits transformés (Marcadé S, YouGov, 2021). Aux États-Unis, 18 % des Américains seraient prêts à essayer des aliments contenant des insectes, et 12 % accepteraient d'en consommer entiers (Kröger T et al., 2022). Ces chiffres montrent un intérêt modéré pour l'entomophagie, avec une préférence pour les produits transformés plutôt que les insectes entiers.



Selon de nombreux scientifiques, les insectes comestibles représentent une étape majeure dans les efforts visant à diversifier les sources durables de protéines et à garantir la sécurité alimentaire mondiale (Kinyuru J and Ndung'u N, 2020).

Dans certains pays, les insectes sont considérés comme des ectoparasites et des nuisibles, notamment dans les pays occidentaux. Cependant, dans certaines cultures et groupes ethniques, les insectes, source de protéines et d'autres nutriments, font partie de l'alimentation humaine et animale depuis des siècles (Govorushko, S, 2018). De nombreuses espèces d'insectes sont également utilisées en médecine traditionnelle à travers le monde (Dossey AT, 2010). Les insectes sont utilisés dans la production de vaccins et de préparations protéiques (Qian, L et al., 2022). Les insectes comestibles sont principalement consommés dans les régions tropicales et subtropicales, mais restent peu populaires dans les pays occidentaux (Van Huis, A, 2013). Environ 2000 espèces d'insectes sont consommées dans plus de 80 pays, les plus courants appartenant aux ordres des Coléoptères (31 %), Lépidoptères (18 %) et Orthoptères (13 %) (FAO, 2021) (Gałęcki, R. et al., 2023). En Afrique, près de 1500 espèces sauvages ou élevées sont consommées ; en République Démocratique du Congo, environ 96 tonnes sont consommées chaque année, et une famille de Kinshasa mange en moyenne 300 chenilles par semaine (Kitsa K, 1989). L'Amérique latine représente le deuxième marché mondial, notamment au Brésil, en Colombie, au Mexique et au Pérou (Costa-Neto, E.M, 2015). En Asie, les insectes sont utilisés dans l'alimentation, les aliments pour animaux et la pharmacie (Han, R et al., 20167). En Europe, leur reconnaissance officielle comme « nouveaux aliments » date du règlement (UE) 2017/2470, marquant une ouverture vers leur consommation (Commission Implementing Regulation (EU), 2017).

5.7. PROTÉINES ET ACIDES GRAS DANS LES INSECTES

Pour l'élevage, des régimes complets et équilibrés sont essentiels pour la santé et la performance des animaux. Ces aliments pour élevage doivent être riches en protéines, digestibles et avoir un goût correct ; les farines de *Hermetia illucens* et *Tenebrio molitor* contiennent 40–60 % de protéines et présentent une digestibilité de 91–95 %, avec un profil optimal en acides aminés et en acides gras (Hong J et al., 2020) (Ojha S et al., 2021) (Seyedalmoosavi MM et al., 2022). Leur composition en acides aminés est comparable à celle du poisson (Veldkamp T and Bosch, G, 2015) (Katya K et al., 2017). Plusieurs espèces comestibles, comme *Acheta domesticus* (grillon domestique), *Locusta migratoria* (criquet migrateur) et *T. molitor* (ténébrion meunier), sont également autorisées pour la consommation humaine (photo 3) (Żuk-Golaszewska, K et al., 2022).

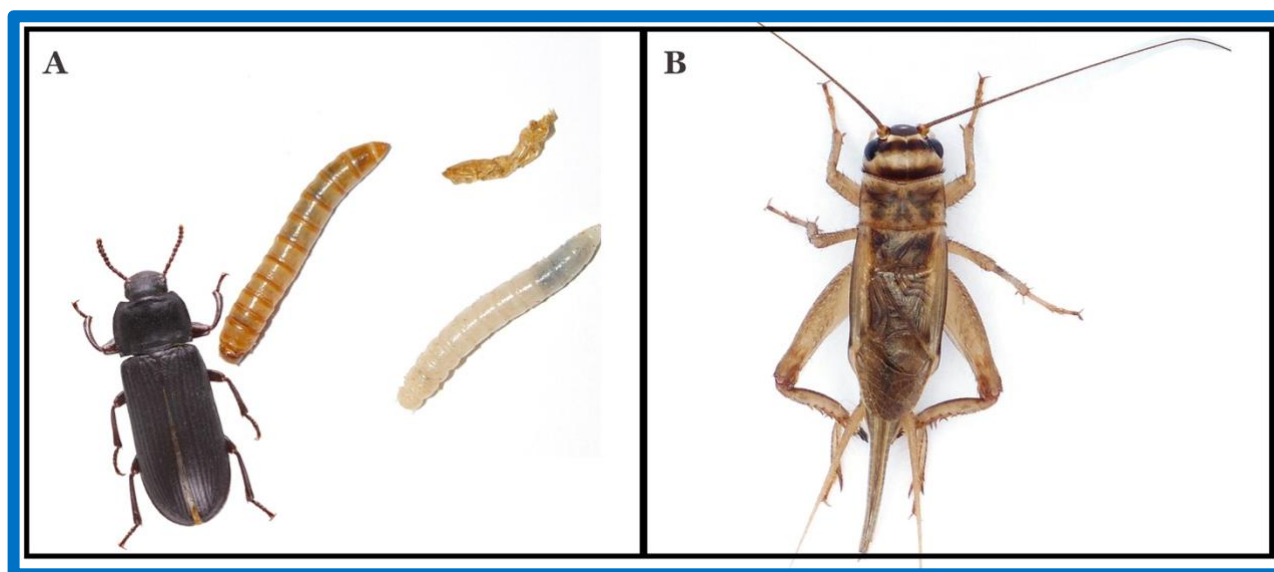


Photo 3 : Exemples d'insectes comestibles autorisés. A. Ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*). B. Grillon domestique (*Acheta domesticus*). Images Wikimedia Licence CC 3.0 crédit Mnolf https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tenebrio_molitor_larvae.jpg, Licence CC Crédit Didier Descouens https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tenebrio_molitor_MHNT.jpg, Photo Hans - Pixabays.

Les insectes comestibles contiennent certains facteurs antinutritionnels (oxalates, tanins, alcaloïdes, phytates, saponines) susceptibles de réduire la digestibilité des protéines et la biodisponibilité des minéraux. Des teneurs réalistes ont été mesurées chez *H. whellani* (le grillon comestible): 9,3 mg/100 g d'oxalates, 1,7 mg de tanins, 5,3 mg de saponines et 5,2 mg d'alcaloïdes (Musundire et al., 2014). Peu d'études prennent en compte ces antinutriments, ce qui limite l'évaluation globale de la qualité nutritionnelle des insectes. La biodisponibilité des protéines et des minéraux varie selon l'espèce, la source et les conditions de transformation (séchage, cuisson). Par exemple, chez *Tenebrio molitor*, le séchage à haute température provoque un brunissement marqué et une réduction de la disponibilité du zinc à 20–40 % (Kröncke et al., 2019). Cette faible accessibilité est attribuée à la chitine, molécule non digestible qui se lie fortement aux ions métalliques. Le mode de préparation influe aussi : chez les sauterelles grillées et séchées, la digestibilité protéique diminue, contrairement aux termites soumis aux mêmes traitements (Kinyuru et al., 2009). **Ces observations soulignent la nécessité d'études intégrant les interactions nutriments–antinutriments pour mieux estimer la valeur nutritionnelle des insectes.**



Le ratio oméga 6/oméga 3 semble être supérieur à 10 donc élevé et moins favorable que pour les protéines de poisson, de bœuf ou de lait (Hong J et al., 2020). Mais ce rapport peut être modifié par l'alimentation des insectes, avec de l'huile de lin riche en acide α linoléique ALA (4% dans l'alimentation) par exemple, réduisant ce rapport de 18–36 à 0,8–2,4 chez des criquets domestiques (*Acheta domesticus*)



et des petits ténébrions (*Alphitobius diaperinus*) (Oonincx, D. G. A. Bet al., 2020). Les criquets peuvent aussi retenir l'EPA (acide présent dans les poissons et viandes) quand ils en reçoivent dans leur alimentation (Oonincx, D. G. A. Bet al., 2020).

5.8. CONTAMINANTS, GERMES ET ALLERGÈNES

Tous les arguments pour et contre l'entomophagie doivent être pris en compte afin de favoriser des solutions alimentaires durables en Europe. La sécurité des insectes comestibles doit être rigoureusement évaluée avant leur autorisation pour l'alimentation humaine, animale et du bétail (IPIFF, 2022) (Lähteenmäki-Uutela, A et al., 2021) (Niassy S et al., 2022). Bien que de nombreuses directives existent pour garantir des conditions d'élevage sûres, la majorité des insectes comestibles sont encore récoltés sans mesures de biosécurité (Feng, Y et al., 2018). Les insectes d'élevage doivent respecter des normes sanitaires strictes, notamment le contrôle des pathogènes alimentaires (Belluco S et al., 2015) (Grabowski NT and Klein G, 2017a). Or, plusieurs espèces restent non testées quant à leur sécurité microbiologique, malgré les règlements définissant les conditions optimales d'élevage et de transformation. D'autres risques biologiques associés à l'élevage d'insectes, tels que l'utilisation de déchets organiques et de déchets alimentaires dans l'alimentation des insectes, sont souvent négligés (Gałęcki, R. et al., 2023).

Globalement, l'Humanité ne semble pas prête (1 personne sur 5 en moyenne) à intégrer des insectes de manière significative dans le régime alimentaire non seulement pour une question de goût, mais aussi parce que les scientifiques pointent aussi des problèmes de salubrité et de santé dus aux risques biologiques, chimiques et physiques liés à leur production (Marcadé S, YouGov, 2021) (Kröger T et al., 2022) (Gałęcki, R. et al., 2023).

5.8.1. Contamination chimique (pesticides, métaux lourds, mycotoxines etc.)

L'élevage d'insectes comestibles présente divers risques chimiques (van der Fels-Klerx H et al., 2018). Les contaminants peuvent provenir des aliments, des traitements vétérinaires, des matériaux agricoles ou des produits de nettoyage, et s'accumuler dans les insectes. Certains composés, comme les benzoquinones chez les Ténébrionidés ou les métaux lourds (arsenic, cadmium, plomb) chez *H. illucens*, représentent un danger pour les consommateurs (Diener, S et al., 2015). Des substances telles que les microplastiques, bisphénols, pesticides ou résidus médicamenteux accroissent ce risque (Gałęcki, R. et al., 2023). Les dangers physiques concernent surtout le bien-être et la productivité des insectes (température, humidité, vibrations), tandis que la poussière de chitine et les particules fines peuvent irriter les voies respiratoires et le système digestif.

En raison des conditions spécifiques d'élevage des insectes et des aliments administrés, le produit final contenant des insectes peut aussi être contaminé par des mycotoxines (Schrögel P and Wätjen W, 2019) (Evans NM, Shao, S, 2022). Certaines des mycotoxines les plus courantes sont cancérigènes et peuvent, en cas d'ingestions importantes et répétées, affecter les reins, le foie, le système digestif, le système immunitaire et être responsables de diverses maladies (cancer, hépatite chronique, jaunisse et cirrhose). Parmi les 300 mycotoxines identifiées à ce jour, une trentaine possèdent un réel risque de toxicité pour la santé humaine et animale (ANSES 2009). Les effets chroniques à plus faible dose sont également une préoccupation pour la santé à long terme sur les populations humaines et animales. Les risques liés aux champignons et aux mycotoxines dans les aliments dérivés des insectes sont souvent négligés, et des



recherches supplémentaires sont nécessaires pour garantir la sécurité du produit final et si des espèces de Coléoptères ont montré une forte capacité d'excrétion, d'autres comme *Hermetia illucens* présentent une capacité d'excrétion plus faible pour l'ochratoxine A, la zéaralénone et le désoxynivalénol par exemple (Bisconsin-Junior, A et al., 2023).

5.8.2. Plus de 239 substances allergisantes (asthme à choc anaphylactique)

Les insectes comestibles peuvent provoquer des réactions croisées chez les personnes allergiques aux fruits de mer. Les allergènes les plus fréquents sont notamment la tropomyosine, l'arginine kinase et la phospholipase A (Ribeiro, J.C et al., 2018). En 2018, 116 cas d'allergies liés aux insectes (surtout sauterelles et charançons) ont été recensés (de Gier S and Verhoeckx K, 2018). Ces allergies peuvent causer des symptômes variés, allant de l'urticaire à un choc anaphylactique, et touchent aussi les employés d'élevages et de transformation (Pener, M.P., 2016) (Pomés, A et al., 2017). De plus, les insectes peuvent contenir des allergènes externes, comme ceux des acariens (Ribeiro, J.C et al., 2018) (Pali-Schöll, I et al., 2019). C'est pourquoi les allergènes potentiels présents dans les aliments à base d'insectes doivent être clairement indiqués sur l'étiquette du produit.

5.8.3 Contamination bactéries dont *Salmonella*, virus dont coronavirus, champignons

Les principaux risques biologiques dans la production d'insectes comestibles concernent les virus, bactéries et champignons.

Les bactéries représentent actuellement le principal risque sanitaire lié à la production d'insectes comestibles (Klunder, H et al., 2012) incluant des genres pathogènes pour les insectes (*Photobacterium*, *Xenorhabdus*, *Paenibacillus*) et pour les vertébrés, comme *Clostridium*, *Campylobacter*, *Fusobacterium*, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacter*, *Yersinia* et *Salmonella*. Ces risques dépendent du type d'alimentation et des conditions d'élevage. Bien que le risque global pour les consommateurs soit jugé faible (Boemare, N. et al., 1996), des défaillances d'hygiène peuvent transformer les insectes en vecteurs de pathogènes pour l'homme et les animaux comme *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ou *Campylobacter* spp. (Garofalo, C et al., 2017) (Osimani, A et al., 2018) (Grabowski NT and Klein G, 2017b). **Certaines bactéries sporulées peuvent aussi réduire la durée de conservation et résister aux traitements classiques** (séchage, ébullition, friture). Un contrôle microbiologique rigoureux est donc indispensable.

Les virus entomopathogènes tels que *Granulovirus*, *Deltabaculovirus* (*Baculoviridae*), *Iridovirus* (*Iridoviridae*) et *Cypovirus*, *Dinovernavirus* (*Reoviridae*) menacent les élevages. **Certains insectes peuvent aussi transmettre des virus pathogènes pour l'homme et les animaux**, notamment des familles *Circoviridae*, *Coronaviridae*, *Flaviviridae*, *Herpesviridae*, *Orthomyxoviridae*, *Paramyxoviridae*, *Parvoviridae* et *Picornaviridae*.

Les champignons pathogènes comme *Nosema* spp., *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp. ou les microsporidies (*Encephalitozoon* spp., *Tubulinosema* spp.) peuvent contaminer les insectes ou les produits finis, surtout en cas de stockage inadapté.



Enfin, les prions constituent un risque biologique important et ont été identifiés par l'EFSA dans le profil de risque des insectes comestibles (EFSA Scientific Committee, 2015) (Belluco, S et al., 2018). Les maladies à prions spécifiques aux insectes n'existent pas, car ils ne possèdent pas le gène codant la protéine PrP (Belluco, S et al., 2018) (Van Raamsdonk, L et al., 2017).

6. DISCUSSION ET CONCLUSION : ALIMENTATION, SCIENCE ET IDÉOLOGIE, LA NÉCESSAIRE RÉCONCILIATION

La viande s'est aujourd'hui imposée comme symbole des tensions entre santé, climat et liberté alimentaire (Dubai, 2023). Le discours dominant sur le climat a peu à peu désigné l'élevage comme un coupable commode à cause de la production de méthane en particulier, par les ruminants. Pourtant, même si ce gaz est un gaz à effet de serre, on n'a pas clairement démontré que cette production animale était responsable d'une part significative du réchauffement climatique (Gervais F, 2025) (Koonin EK, 2022). De plus, comme évoqué, dans les systèmes conventionnels, les prairies permanentes peuvent séquestrer assez de carbone pour compenser l'ensemble des émissions des gaz à effet de serre (CH_4 , N_2O) et le CO_2 biogénique, aboutissant à un bilan carbone nul ou négatif (McPhillips LJ et al., 2022).

Le président de l'OMS, Tedros A. Ghebreyesus, a affirmé que « *le système alimentaire actuel nuisait à la santé des populations* » et qu'une transition végétale pourrait « *sauver jusqu'à huit millions de vies chaque année* » (Vegconomist, 2024). Parallèlement, le Forum Économique Mondial (WEF) exhorte « *un milliard de personnes à arrêter la viande* » en invoquant aussi des raisons climatiques (London Daily, 2025), alors même que ses participants multiplient les vols privés (CE Delft, 2022). Aussi, derrière ce discours vertueux, le WEF et Bill Gates promeuvent les « *protéines alternatives* », y compris la viande cultivée en laboratoire, « *faire du bœuf sans vaches* » (Bloomberg, 2019).

Cette rhétorique oublie que l'agriculture et l'élevage ont fondé les premières civilisations (Mazoyer and Roudart, 1993). Réduire les cheptels, comme le suggère la Cour des comptes (2023), menace les équilibres agricoles sans garantie climatique réelle, alors que 25 % de la viande consommée en France est déjà importée. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) lui-même nuance : les régimes durables doivent combiner « *aliments végétaux et produits animaux issus de systèmes à faibles émissions* » (IPCC, 2019).

Ainsi, entre pressions idéologiques, contradictions politiques et intérêts économiques, la question n'est plus seulement écologique, mais anthropologique : quelle alimentation voulons-nous pour la santé, la souveraineté et la dignité humaines ? Et l'essentiel demeure de garantir à la population du monde entier, aux pays développés ou en voie de développement, ainsi qu'à toutes les communautés, une alimentation de qualité qui n'induisse pas de carences en micro ou macro-nutriments et qui n'accroisse pas les inégalités déjà existantes.



6.1. LES CARENCES EN MACRONUTRIMENTS : FRAGILITÉS DU RÉGIME VÉGÉTALIEN À LONG TERME ET À UNE ECHELLE GLOBALE

La littérature scientifique montre de façon convergente que les régimes végétaliens stricts entraînent, à long terme, des déficits multiples et cumulatifs. Le premier est protéique.

Les protéines végétales sont moins concentrées, moins digestibles et surtout moins équilibrées en acides aminés essentiels (AAEs). Les connaissances scientifiques ont démontré depuis longtemps qu'elles contiennent environ 12-15 % d'AAEs de moins que les protéines animales (cf 2.3. Profil en Acides Aminés des Protéines Animales et Végétales) (Gorissen SHM et al., 2018) (FAO/WHO/UNU, 2007). La lysine, la méthionine et la leucine sont particulièrement déficitaires. Il faudrait consommer près d'un kilogramme de petits pois ou de lentilles cuites pour obtenir la même quantité de méthionine que dans 100 g de viande maigre. Les acides aminés soufrés (méthionine, cystéine) ne sont pas anodins : ils interviennent dans la synthèse du glutathion (GSH), antioxydant cellulaire majeur qui régule le stress oxydatif (état d'oxydation des cellules), la détoxification hépatique et la défense immunitaire (Pastore A et al., 2003) (Ulrich K and Jakob U, 2019). Une carence prolongée en méthionine diminue la synthèse de GSH, favorisant le vieillissement cellulaire, la neurodégénérescence et certaines maladies chroniques.

En fait, les protéines animales ont une grande proximité avec celles de l'homme (« *protéines homologues* » car ayant beaucoup de gènes en communs), contrairement à celles des plantes qui sont très différentes des nôtres en fonctions et en composition. Ces protéines animales fournissent donc à l'organisme humain, après digestion par des enzymes (trypsine, chymotrypsine dans l'estomac et l'intestin respectivement et autres peptidases) et coupure en acides aminés (AAs) ou en petits peptides, des briques ou des légos (ces mêmes AAs) qui ont un ratio idéal pour reconstruire de nouvelles protéines dans l'organisme (anabolisme), comme des protéines de fibres musculaires ou d'hémoglobine, par exemple (Pinckaers PJ et al., 2024). Chaque jour le corps humain détruit des protéines (catabolisme), donc il faut en ingérer pour équilibrer (environ 0,8-1 g protéines par kilo de poids corporel : 56-70 g si on pèse 70 kg).

« *Dieu ne joue pas aux dés* » comme dirait Einstein, mais il joue peut-être aux légos.

Les protéines animales présentent une digestibilité bien supérieure (score d'acides aminés digestibles indispensables ou DIAAS $\geq 1,0$) à celle des sources végétales (souvent $< 0,7$); elles sont donc mieux utilisées par l'organisme (cf 2.4. Digestibilité et Biodisponibilité des Protéines Animales et Végétales) (Rutherford SM et al., 2015). Cela s'explique en partie par la présence, dans les végétaux, de « *facteurs antinutritionnels* » (acide phytique, lectines, saponines, tanins) qui inhibent la digestion et réduisent l'absorption des nutriments (Fredrikson M et al., 2001). Ces composés se lient aux minéraux (fer, zinc, calcium) et peuvent altérer la perméabilité intestinale, aggravant les carences minérales et inflammations digestives chroniques et influençant l'immunité digestive (Vasconcelos IM and Oliveira JT et al., 2004) (Francis M, 2010).

Chez les végétaliens, ces déficits sont documentés et des chercheurs rapportent des apports en méthionine inférieurs de 51,9 % à ceux des omnivores et des taux plasmatiques plus bas pour la lysine (-25 %) et le tryptophane (-12,7 %) (Dietrich S et al., 2022). Or le tryptophane, précurseur de la sérotonine et de la mélatonine, régule l'humeur et le sommeil ; sa carence est associée à une augmentation du risque dépressif (Dobersek U et al., 2021) (Ocklenburg S and Borawski, 2021). Plus de 67 % des végétariens n'atteignent pas les apports recommandés en acides aminés soufrés (Aaslyng MD et al., 2023). Des peptides ou dérivés d'AAs manquent aussi, comme la carnosine, la carnitine, essentielle au métabolisme



énergétique qui est déficitaire chez 52,9 % des végétariens (Krajcovicová-Kudlácková M et al., 2000) (West S et al., 2023). La taurine, absente des végétaux, est réduite de moitié (Rana SK and Sanders TA, 1986), affectant la santé musculaire et neuronale. A apport protéique égal, un repas omnivore stimule la synthèse musculaire de 47 % de plus qu'un repas végétarien (Pinckaers PJ et al., 2024), confirmant qu'une substitution complète des protéines animales reste impossible sans supplémentation artificielle.

Cliniquement, ces déficits en AAEs qui touchent particulièrement les enfants, les adolescents et les seniors, entraînent perte de masse maigre (compromettent la synthèse musculaire), fatigue et troubles immunitaires.

6.2. LES CARENCES EN MICRONUTRIMENT : INVISIBLES MAIS LOURDES DE CONSÉQUENCES

Les régimes végétariens, excluant tous les produits d'origine animale (œufs, produits laitiers), entraînent un risque élevé de carence en vitamine B12, ainsi qu'en vitamine D, oméga-3, calcium, zinc, fer et sélénium chez les personnes non supplémentées (cf 3. Alimentation Végétarienne et Végétarienne Stricte à l'Echelle Globale : Carences, Toxicité et Conséquence sur la Santé Humaine) (Institute of Medicine (US) Standing Committee, 1998) (Antony AC, 2003) (Craig WJ, 2009).

La vitamine B12, absente du règne végétal, est un cofacteur vital de la synthèse de l'ADN et des neurotransmetteurs. Son déficit entraîne anémie mégaloblastique, troubles neurologiques et dépression (Sahu, P et al., 2022).

L'apport en vitamine B12 chez les végétariens est particulièrement faible (0,24–0,49 µg, alors que les recommandations sont de 2,4 µg) et l'apport en calcium de la majorité des végétariens est inférieur aux recommandations (750 mg/j) (Bakaloudi, D. R et al., 2021). Les végétariens doivent se supplémenter à vie, ce qui contredit l'idée d'une autonomie nutritionnelle naturelle.

Le fer non héminique des végétaux, mal absorbé, nécessite des apports 2 à 3 fois supérieurs pour couvrir les besoins, ce qui explique la fréquence accrue d'anémie ferriprive chez les femmes végétariennes. Le zinc, le calcium et l'iode suivent le même schéma, leur biodisponibilité étant freinée par les phytates (Hurrell RL, 2013). Quant à la vitamine D et aux oméga-3 à longue chaîne (EPA, DHA), leur conversion à partir des précurseurs végétaux est très limitée (<10 %), induisant des effets délétères sur la santé cardiovasculaire et cognitive (Burdge G et al., 2017).

Ces déficits ne concernent pas que des paramètres biochimiques : ils affectent la croissance, la reproduction, la cognition et le système immunitaire. Dans plusieurs études, les enfants élevés sous régime végétarien strict présentent des retards de croissance, des déficits neurodéveloppementaux et une densité osseuse plus faible (Jakše B et al., 2023) (Ambroszkiewicz, J et al., 2010).

La complémentarité protéique (riz + haricots, pois chiches + blé et autres) peut permettre de couvrir la plupart des besoins en acides aminés, mais ce travail requiert des connaissances nutritionnelles poussées et reste difficile à généraliser (Antony AC, 2003) (Murphy SP and Allen LH, 2003). L'approche du « nutritional fitness » aide à repérer les carences potentielles et à personnaliser l'alimentation et la supplémentation (Kim S. et al., 2018). Chez les coureurs végétariens, la forte consommation de compléments



(66 % vs. 25–30 %) montre l'importance d'une supplémentation ciblée pour préserver santé et performance (Wirmitzer K et al., 2021).

Cependant ces stratégies demandent une planification précise et reste complexe à appliquer à grande échelle en raison de la diversité des régimes et de la disponibilité variable des aliments selon les régions.

En réalité, la seule manière de compenser ces manques à une échelle personnelle mais surtout globale, serait d'industrialiser une supplémentation : concentrés de protéines, vitamines de synthèse, acides aminés isolés. Ce paradoxe est majeur : la prétendue « *naturalité* » du véganisme global reposerait sur une dépendance accrue à la chimie et à l'industrie pharmaceutique et au coût de cette supplémentation pour une grande majorité de la population mondiale, même dans les pays les plus riches.

6.3. ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES : L'ACCESSIBILITÉ DES SUPPLÉMENTS ET L'IMPACT SUR LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

Devant l'insistance des autorités de santé et des politiques pour le remplacement des protéines animales par d'autres alternatives, il est impératif d'élargir l'analyse aux dimensions socio-économiques et éthiques. Les recommandations d'une transition massive vers des régimes végétaliens ou végétans, promues par des instances comme l'OMS ou le WEF, ignorent souvent ces réalités, particulièrement dans les pays en développement. Cette sous-section explore ces coûts cachés, en s'appuyant sur des données récentes, pour souligner que toute politique alimentaire doit intégrer équité, accessibilité et éthique, sous peine d'aggraver les inégalités mondiales.

L'adoption d'un régime végétalien strict impose non seulement une vigilance nutritionnelle accrue, mais aussi des coûts financiers directs et indirects, particulièrement prohibitifs dans les pays à faible ou moyen revenu (PMR). Comme le rappellent les sections 3 et 4, les carences en acides aminés essentiels (comme la méthionine ou la lysine), en vitamines B12, fer, zinc et oméga-3 sont courantes chez les végétaliens, nécessitant des suppléments pour éviter des pathologies chroniques (sarcopénie, anémie, troubles neurodéveloppementaux chez les enfants). Or, ces compléments ne sont pas neutres économiquement : leur accessibilité varie drastiquement selon les contextes géo-économiques.

Dans les pays riches, une étude de l'Université d'Oxford (Springmann, M et al., 2021) montre que les diètes véganes peuvent réduire les coûts alimentaires de jusqu'à un tiers, en remplaçant les produits animaux par des légumineuses locales abordables. Cependant, cette affirmation masque les frais additionnels des suppléments : un régime végétal équilibré pour un adulte nécessite environ 10-20 €/mois en B12, fer et oméga-3 (basés sur prix européens 2025), soit 5-10 % du budget alimentaire moyen.

Dans les PMR, où 2,4 milliards de personnes dépensent plus de 60 % de leurs revenus en nourriture (FAO, 2023), ces suppléments deviennent un luxe inaccessible. Par exemple, en Afrique subsaharienne ou en Asie du Sud, le coût d'un flacon de B12 (essentiel pour prévenir l'anémie, touchant 40 % des enfants végétans non supplémentés) équivaut à 1-2 semaines de salaire minimum rural, rendant l'adoption végétale non viable sans aide internationale, adapté aux contextes locaux.

De plus, la transition vers des « *protéines alternatives* » amplifie ces disparités. L'EAT-Lancet (2019), référence du WEF, estime un régime "planétaire" à 2,84 USD/jour globalement, mais ce chiffre masque des hausses de 20-50 % dans les PMR dues aux importations de superaliments (quinoa, amandes) ou de



compléments synthétiques, souvent produits en Occident (Caldeira TCM et al., 2024). Une méta-analyse de 2024 sur les barrières à l'adoption végétane en PMR révèle que, bien que culturellement acceptables pour des raisons éthiques ou religieuses, ces diètes échouent souvent en raison de la faible biodisponibilité des nutriments végétaux locaux (anti-nutriments comme les phytates dans les céréales) et du manque d'infrastructures pour des suppléments abordables (Viroli G et al., 2023).

En résulte une augmentation des coûts de santé publique. En Inde ou au Brésil, où 30-40 % de la population suit déjà des diètes semi-végétariennes, forcer une version stricte pourrait aggraver la malnutrition protéino-énergétique, coûtant des milliards en soins (estimations Banque Mondiale, 2024 : +15 % dépenses santé pour carences en fer/zinc).

A l'échelle macro-économique, une transition globale végétane risque de perturber les chaînes d'approvisionnement. L'élevage emploie 1,3 milliard de personnes mondialement (FAO, 2023), majoritairement en PMR, où il représente 40 % des revenus agricoles. Réduire le cheptel, comme prôné par la SNBC2 française ou le « *Global Methane Pledge* », déplacerait ces emplois vers des industries de suppléments ou d'alternatives importées, favorisant les multinationales (ex.: Investissements de Bill Gates dans Beyond Meat). Une étude parue dans le journal Nature projette que, d'ici 2070, une transition saine/durable améliorerait la qualité diététique de 30-45 % mais augmenterait les coûts initiaux de 10-20 % dans les PMR, sans gains environnementaux nets si les suppléments dépendent de chaînes carbonées longues (Deng, Z. et al., 2025). Ainsi, loin d'être "inclusive", cette vision idéologique creuse les inégalités Nord-Sud, transformant la "sauvegarde planétaire" en fardeau pour les plus vulnérables.

6.4. LES « PROTÉINES ALTERNATIVES » : MIRAGE TECHNOLOGIQUE ET FAUSSE SOLUTION ÉCOLOGIQUE

En parallèle, et sous couvert d'innovation durable, la viande cultivée et les protéines d'insectes sont présentées comme les solutions miracles pour nourrir la planète et baisser la consommation de viande naturelle. En réalité, ces modèles posent de graves questions énergétiques, sanitaires mais aussi philosophiques.

La viande de laboratoire, issue de la culture de cellules souches animales dans des milieux synthétiques riches en hormones et en sérum fœtal bovin (ou ses substituts), est censée consommer moins d'énergie et fournir un meilleur bilan carbone mais ces sujets sont toujours discutés (Sinke, P., et al., 2023) (Risner D, et al., 2023).

Cependant sur le plan sanitaire, les risques sont multiples : mutation cellulaire, contamination microbienne, résidus de facteurs de croissance, perte de structure protéique naturelle. Rien ne prouve que cette viande soit plus sûre ni plus saine que celle issue d'élevages durables (Food Standards Agency, 2023).

Les insectes, quant à eux, contiennent certes des protéines de bonne densité, mais accompagnées de chitine, un polysaccharide indigeste pour l'homme, et de métaux lourds accumulés selon le substrat de culture (van der Fels-Klerx H et al., 2018).

Certaines espèces sont allergisantes, voire toxiques, en raison de peptides bioactifs ou d'inhibiteurs enzymatiques (Pali-Schöll I et al., 2019). Leur transformation industrielle nécessite des



solvants, des dégraissages chimiques et des procédés thermiques lourds qui annihilent la supposée durabilité écologique.

Enfin, l'aspect culturel ne peut être ignoré : **remplacer la viande par des insectes ou des tissus cultivés en bioréacteur, c'est effacer un pan entier de notre héritage historique et anthropologique.** L'alimentation ne se réduit pas à un assemblage de nutriments : elle est un langage, une mémoire, un partage et un lien au vivant. L'entreprise Tricatel et son immonde PDG dans le célèbre film de Claude Zidi, « L'Aile ou La Cuisse », avec Louis de Funès et Coluche, n'étaient donc pas, malheureusement, de la science-fiction.

6.5. CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES : BIEN-ÊTRE ANIMAL DANS L'ÉLEVAGE VS. VIANDE DE LABORATOIRE

Sur le plan éthique, les débats climatiques opposent souvent l'élevage, accusé de souffrance animale, aux alternatives « *humanitaires* » comme la viande cultivée. Pourtant, cette dichotomie est simpliste : l'élevage durable peut minimiser la souffrance, tandis que le labo pose de nouveaux dilemmes moraux.

L'élevage conventionnel pose indéniablement des défis éthiques : surpopulation, conditions intensives et abattage causent souffrance (estimée à 80 milliards d'animaux/an) (FAO, 2023). Cependant, des modèles extensifs (pâturages, agroécologie), pratiqués par 70 % des éleveurs en PMR, respectent le bien-être : animaux mobiles, alimentation naturelle, cycles de vie longs. Le GIEC (2019) souligne que ces systèmes « *résilients et à faibles émissions* » génèrent co-bénéfices éthiques et environnementaux, contrairement aux monocultures végétales qui déforêtent (ex.: soja pour alternatives véganes, responsable de 80 % déforestation Amazonie).



La viande cultivée, présentée comme « *sans souffrance* » (Post, 2014), élimine l'abattage mais soulève des questions : les cellules animales prélevées initialement (biopsies) impliquent une souffrance minimale mais réelle pour les animaux donneurs. De plus, la scalabilité repose sur des bioréacteurs massifs utilisant du sérum fœtal bovin (FBS), extrait d'amniocentèses fœtales (souvent post-abattage), posant des problèmes éthiques de « souffrance indirecte » et de dépendance à l'industrie animale (van der Valk et al., 2018). Une revue critique argue que le discours éthique de la cultivée reste « *théorique* », ignorant les impacts sur les écosystèmes cellulaires (sensibilité ? douleur ?) et les inégalités : production high-tech accessible seulement aux pays riches, marginalisant les éleveurs traditionnels (Ferrari, A, 2025).



Comparativement, une méta-analyse sur l'acceptabilité de la cultivée met en lumière son potentiel pour le bien-être (réduction de 99 % animaux utilisés), mais note des craintes socio-éthiques : perte de biodiversité génétique animale et « *déshumanisation* » de l'alimentation (Yu Y et al., 2025). En Chine, une étude mixte révèle que les consommateurs valorisent la durabilité de la cultivée, mais priorisent l'équité : qui bénéficie des économies environnementales (Quan, L et al., 2025) ? Ainsi, éthiquement, l'omnivore durable, avec élevage éthique certifié (ex.: labels EU Animal Welfare), offre un équilibre : respect des animaux sensibles, préservation culturelle (élevage ancestral) et réduction souffrance via innovations (pâturages régénératifs).

En somme, ces aspects socio-économiques et éthiques révèlent les limites d'une transition végétale unilatérale : coûts inabordables pour les PMR, renforcement des inégalités, et éthique sélective qui ignore les avancées en élevage au profit d'alternatives incertaines. Une approche holistique, centrée sur l'omnivorisme local et durable, est non seulement scientifiquement justifiée, mais aussi juste et humaine.

6.6. ENTRE IDÉOLOGIE CLIMATIQUE ET PERTE DE BON SENS : CONSÉQUENCES SUR L'ÉLEVAGE ET LES ÉLEVEURS

Concernant l'alimentation végétale, le principal danger n'est pas le végétalisme individuel, librement choisi et bien encadré (Plotnikoff GA et al., 2023), mais son instrumentalisation politique. La réduction de la consommation de viande est devenue une injonction morale, voire identitaire. Le double discours, déjà évoqué, du WEF qui appelle un milliard de personnes à arrêter la viande et dont ses membres multiplient les trajets en jets privés, traduit une écologie de façade, déconnectée des réalités sociales.

Aussi serait-il dangereux de déléguer notre avenir alimentaire à quelques acteurs privés et philanthropes autoproclamés. Ce serait une nouvelle forme de colonisation technologique, au nom du climat mais au détriment de la liberté des peuples à se nourrir selon leurs traditions, leurs ressources et leurs besoins physiologiques.

La dépendance aux brevets biotechnologiques, aux additifs méthane-inhibiteurs (comme le Bovaer de DSM-Firmenich) ou aux viandes de culture contrôlées par des multinationales pourrait marquer la fin de la souveraineté alimentaire. Sur la viande de laboratoire, Bruce Friedrich, directeur exécutif du Good Food Institute a déclaré « *L'alimentation du futur, à mesure que nous deviendrons de plus en plus urbains, continuera d'être de la viande, mais ce ne sera pas de la viande issue de l'élevage animal industrialisé* » (WEF, 2017).

Or c'est aux populations de décider de leurs habitudes alimentaires en toute connaissance de cause, c'est pourquoi il doit y avoir plus de débat sur les effets de l'élevage et de l'agriculture sur le climat ainsi que sur l'alimentation et ses nouvelles formes, sur la base de données scientifiques claires, indépendantes et vulgarisées.

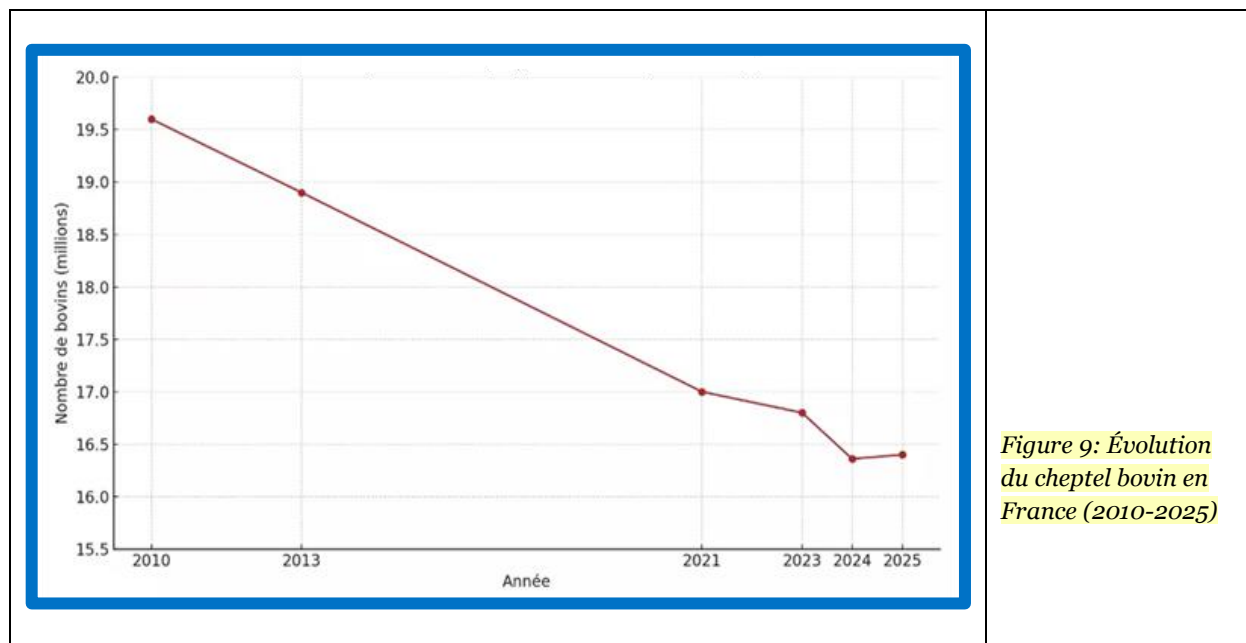
Ces politiques risquent de détruire l'élevage paysan au profit d'une alimentation très industrialisée. Les additifs méthane-inhibiteurs comme Bovaer (DSM-Firmenich) illustrent cette logique : modifier profondément la physiologie des animaux (le microbiote, germes de l'appareil digestif) plutôt que d'adapter les systèmes agricoles, tout en entretenant une dépendance chimique qui contredit la souveraineté alimentaire. De plus, des études évoquent un possible impact de ces additifs sur la fertilité animale, posant



la question de la manipulation du vivant à des fins comptables. En effet, des diminutions du poids des testicules, de l'épididyme et du nombre de spermatozoïdes ont été observées chez des rats, à fortes doses, liées au métabolite NOPA (acide 3-nitrooxypropionique) (FSCJ, 2024). De plus, depuis octobre 2025, des vaches danoises nourries avec Bovaer présentent crampes, fièvres, avortements et chute de lait, symptômes réversibles à l'arrêt du produit (Elijah S, 2025). Malgré ces alertes, son usage reste obligatoire. Des essais britanniques (2024) avaient déjà montré des effets sur organes et enzymes, mais jugés « *non nuisibles* » par les régulateurs.

La véritable écologie ne devrait-elle pas être celle de la complexité et de la mesure ? Les systèmes agropastoraux, loin d'être des menaces, constituent des puits de carbone et des réservoirs de biodiversité. Les prairies permanentes stockent le carbone dans leurs sols, stabilisent les cycles hydriques et nourrissent les pollinisateurs. La FAO rappelle que l'élevage extensif valorise 70 % des terres non arables, tout en maintenant la fertilité naturelle. L'éradiquer reviendrait à appauvrir les sols et à rompre les boucles de recyclage du vivant.

En France, on observe une baisse continue du nombre de bovins, passant d'environ 19,6 millions en 2010 à 16,4 millions estimés en 2025 (figure 9). Entre 2024 et 2025, le cheptel bovin français se maintient autour de 16,5 millions de têtes, bien que la tendance à la baisse persiste. Cette contraction reprend son rythme moyen observé entre 2016 et 2022, avec une diminution annuelle d'environ 2,2 %, après un ralentissement relatif en 2023 (-1,1 %). Globalement, depuis le début du processus de décapitalisation engagé en 2017, la France a perdu près de 2,9 millions de bovins, soit une réduction de 15,2 % de son cheptel par rapport à 2016 (GEB- Institut de l'Elevage, 2024).



En Norvège, Tine, la principale centrale laitière, a suspendu l'usage Bovaer (produit par DSM-Firmenich) après que des éleveurs danois, où son utilisation est devenue obligatoire, ont signalé fièvre, diarrhées, baisse de fertilité et décès dans leurs troupeaux. ¹⁹

¹⁹ <https://www.telegraph.co.uk/business/2025/11/12/farmers-claim-net-zero-feed-is-killing-their-cows/>



Bien que ces cas se multiplient, les enquêtes danoises n'ont pour l'instant pas établi de lien direct entre Bovaer et les problèmes observés. DSM-Firmenich affirme pour sa part que son produit est « sûr et efficace »... et qu'il a été approuvé dans de nombreux pays (70 aujourd'hui dont les États-Unis, l'Union européenne et la Suisse), où il est utilisé depuis plusieurs années sans incidents confirmés (même ref bas de page).

Cette controverse renvoie toutefois à un enjeu biologique majeur : la production de méthane dans le rumen des vaches remplit une fonction thermodynamique vitale qui évite l'accumulation d'hydrogène lors de la fermentation des aliments pour produire de l'énergie et stabilise le pH afin de prévenir une acidose potentiellement fatale (Khairunisa B Het al., 2023) (Underwood WJ, 1992). Certains éleveurs redoutent donc qu'une inhibition excessive du méthane perturbe cet écosystème microbien co-évolué depuis des millions d'années (Bibi FA, 2013).

6.7. CULTURE, ÉTHIQUE, ÉGALITÉ ET LIBERTÉ : L'ALIMENTATION EST AUSSI UNE QUESTION DE BON SENS, CIVILISATIONNELLE ET HUMAINE

Face à ces dérives, il est urgent de restaurer la rigueur scientifique et le bon sens. Le GIEC lui-même, dans son rapport 2019, plaide pour des régimes « *équilibrés comprenant des aliments d'origine végétale et animale produits dans des systèmes durables* ». Ce consensus, ignoré par les décideurs politiques, souligne que l'avenir alimentaire repose sur la complémentarité, non sur l'exclusion. En effet, la science nutritionnelle démontre que les produits carnés et laitiers de qualité restent des piliers de la santé humaine : protéines à haut rendement biologique, acides gras essentiels, vitamines B12, D et A, fer héminique, zinc et sélénium. Les végétaux, eux, apportent fibres, polyphénols et antioxydants. Le bon sens, c'est l'alliance des deux mondes qui fondent la physiologie humaine, non l'un contre l'autre.

En ce qui concerne l'égalité des individus, l'exemple des carences en fer est un exemple marquant de ce que la disparition progressive de l'élevage, rendant la viande plus rare et plus chère, pourrait engendrer en termes d'inégalités. Comme déjà mentionné (3.3.1 Carences en Vitamines La particularité du fer), aux USA, la prévalence de l'anémie diminue avec l'augmentation du revenu: elle passe de 14,1 % chez les personnes dont le revenu familial est inférieur à 130 % du seuil de pauvreté (correspondant aux communautés noire et hispanique) à seulement 5,7 % chez celles dont le revenu atteint 350 % ou plus du seuil de pauvreté (figure 5) et cela serait aggravé par le passage à une alimentation mondiale basée majoritairement sur végétaux et même insectes et viande de laboratoire (Williams AM et al.- NCHS/CDC, 2024).

Pourtant, la réduction de la prévalence de l'anémie constitue un objectif mondial pour l'OMS (WHO, 2025). En 2012, l'Assemblée mondiale de la Santé (organe décisionnel de l'OMS) a fixé pour cible de réduire de 50 % la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer d'ici 2025 (WHO, 2025).

Étant donné ce qui précède, le fait de forcer la population mondiale vers une nutrition essentiellement végétale, peut donc entraîner factuellement un accroissement des inégalités dans ces communautés dont la santé physique et mentale pourrait être encore plus fragilisée. Cela viendrait s'ajouter aux poids socio-économique, évoqué précédemment, sur les pays à faible ou moyen revenu (PMR) qui sont impliqués en grande partie dans l'élevage. L'OMS serait donc bien avisée de relire les documents du CDC ainsi que ses propres rapports, afin de garder ce cap et d'éviter que ses propositions/injonctions ne soient suspectées de discrimination ou même de racisme. Souhaite-t-on aggraver la santé de ces populations déjà défavorisées sur le plan nutritionnel et financier ? Dans le passé et encore aujourd'hui, le fait de ne pas



pouvoir manger de viande était ou est encore synonyme de pauvreté. En Colombie, un dicton populaire est souvent pris pour plaisanter : « *Mas largo que una semana sin carne !* » : « *Plus long qu’une semaine sans viande !* ».

Encore une fois, acheter des compléments alimentaires qui ont un prix souvent significatif est hors de portée de ces populations et pas dans leurs habitudes.

Il semble donc que l’appel de Tedros Adhanom Ghebreyesus vers une alimentation à base de plantes pour « *protéger et promouvoir la santé des populations et de la planète* » (Vegconomist, 2024), soit contraire aux faits scientifiques exposés par les autorités internationales de santé, dont sa propre organisation, et par les sciences de la nutrition. On voit mal aussi, au vu de ces données, comment une réduction de la consommation de viande au profit d’une alimentation végétale pourrait « *sauver jusqu’à huit millions de vies chaque année* ».

Au-delà du métabolisme, la question alimentaire engage une dimension éthique et politique : qui décide de ce que l’humanité doit manger ? Peut-on, au nom du climat, imposer une norme nutritionnelle unique à des milliards de personnes ? La diversité alimentaire, fruit de milliers d’années d’adaptation écologique et culturelle, est une forme de liberté. L’uniformisation véganisée du monde sous pilotage technologique menacerait non seulement la santé, mais aussi la souveraineté et la dignité des peuples.

Les changements que veulent imposer les autorités politiques et sanitaires semblent souvent totalement déconnectés avec la réalité sociologique et culturelle/historique. Une étude réalisée en Pologne dans 38 886 ménages (n = 99 230 personnes), par exemple, a identifié les sources alimentaires de protéines et des 18 acides aminés (AA) dans le régime alimentaire polonais moyen. Trois catégories d’aliments sur 13 ont fourni 80,9 % des protéines totales (viande et produits carnés 38,9 %; produits céréaliers 23,9 %; et lait et produits laitiers 18,1 %) (Górska-Warsewicz H et al., 2018). La viande et les produits carnés étaient également la source la plus importante de tous les acides aminés essentiels (AAEs) (tableau 11).

Acides Aminés Essentiels (AAEs)	Contribution Viandes et Produits Carnés en %	Contribution Viandes, Produits Carnés et Produits Laitiers/Œufs en %	Contribution Aliments Végans (Graines et Légumes) en %
Lysine	49,2	74	18,5
Histidine	46,6	66,8	25,7
Méthionine	44,2	67,5	25,1
Thréonine	44,7	66,2	26,3
Isoleucine	41,3	64,7	28,2



Tryptophane	41,4	64,5	28,2
Leucine	39,9	63,8	29,1
Valine	37,4	62,5	29,9
Phénylalanine	35,3	58,9	34,2

Tableau 11 : Contribution de différents types d'aliments (Viandes et Produits Carnés, Produits Laitiers/Oeufs, Aliments Végans (Graines et Légumes) en aminés essentiels (AAEs). D'après (Górska-Warsiewicz H et al., 2018).

Comment passe-t-on de cela à « arrêtez de manger de la viande » pour « lutter contre le changement climatique » ? Et où sont les vraies justifications scientifiques solides (dont climatiques) pour imposer un changement aussi profond et irréversible dans nos sociétés ?

Enfin, pour ce qui est des insectes et de la viande de laboratoire, l'enjeu n'est pas de refuser le progrès, mais de refuser sa caricature. L'innovation doit servir la vie, pas la remplacer. La technologie alimentaire, les substituts, les cultures cellulaires ou les insectes ne doivent pas se substituer à la nature, mais compléter un modèle agricole raisonné, respectueux de l'animal et de l'homme.

La politique de réduction du cheptel, telle que celle proposée par la Cour des comptes française (2023) ou par la stratégie « *Global Methane Pledge* », illustre ce glissement (Cour des comptes, 2023). On ne parle plus de nourrir, mais de comptabiliser. Réduire les émissions de méthane devient une fin en soi, sans évaluer les conséquences sociales et nutritionnelles. Pourtant, ces politiques déplacent simplement le problème : la France importe déjà 25 % de sa viande, souvent depuis des zones à empreinte écologique bien supérieure. L'empreinte globale s'aggrave, tandis que les filières locales s'effondrent. C'est là tout le danger d'une écologie déconnectée de la réalité agricole.

Et comme évoqué, l'incohérence de ceux qui prônent ces changements est évidente. Encore une fois, le Forum de Davos, par exemple, invite à « arrêter de manger de la viande » tout en générant, lors de ses réunions, autant d'émissions de CO₂ que 350 000 voitures (CE Delft, 2022). Pour la COP30 qui commence à Belém, au Brésil (novembre 2025), une nouvelle route à quatre voies est construite dans l'Amazonie pour faciliter l'événement, ce qui suscite l'indignation : des tronçons de forêt ont été rasés et un écosystème perturbé, pour faire une autoroute (photo 4) alors que la protection de l'Amazonie sera une priorité des débats. Aussi, derrière l'effet vitrine de Belém pour symboliser l'Amazonie, les coûts élevés de logistique et transformations urbaines spectaculaires ne vont-ils pas seulement masquer les injustices locales ? ²⁰

²⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=bMEsFD1dO9U>



Photo 4 : Image générée par IA - Licence Envato.

Ce double discours mine la crédibilité des institutions internationales et nourrit la méfiance des citoyens. La transition alimentaire ne peut être imposée par des élites déconnectées des peuples ni servir de prétexte à un contrôle technologique du vivant.

6.8. CONCLUSION OUVERTE

Nous sommes à un carrefour de l'Histoire. Entre une alimentation et une écologie humaines enracinées dans le vivant et une autre voie idéologique, qui tend à les nier. Les débats de la COP28 ont révélé que l'alimentation est devenue un champ de tension entre science et pouvoir. Or la santé publique exige lucidité, bon sens et équilibre : la vie ne se résume pas à une équation carbone. L'Humanité s'est développée grâce à l'alliance du végétal et de l'animal ; rompre ce pacte biologique serait une régression, non un progrès. Cela n'empêche pas d'expérimenter voire d'intégrer de nouvelles sources d'aliments, avec le temps et sans culpabilisation du public.

Nous apportons, dans ce rapport, des éléments scientifiques, établis depuis des décennies, sur la nécessité pour l'Humanité de garantir et sécuriser l'accès à la nourriture carnée et laitière aux populations mondiales (qualité unique des macro et micronutriments), malgré l'accent intense mis sur la



question de l'impact de l'élevage sur le climat, qui reste une question discutée (Gervais F, 2025) (Koonin EK, 2022).

On observe une volonté excessive de quelques acteurs ayant d'énormes intérêts financiers (alimentation et climat), autorités sanitaires et politiques, relayés par des médias mainstream n'ayant pas les capacités d'analyse objective sur ces sujets, de réduire drastiquement les produits provenant d'animaux d'élevage pour les remplacer par une nourriture exclusivement végétale, à base d'insectes, ou fabriquée en laboratoire.

Il apparaît clairement que **ces acteurs n'ont pas suffisamment évalué les problèmes de carences et de toxicité que cela implique**, aussi bien pour les adultes, personnes âgées, que pour les femmes enceintes et enfants en bas âge. Cela affecterait aussi significativement certaines communautés défavorisées dans les pays développés ainsi que les habitants des pays en voie de développement, qui subissent déjà ces carences alimentaires qui fragilisent leur santé.

Ces questions doivent être débattues sur des bases scientifiques et sans dogmatisme ni l'affolement qu'elles impliquent trop souvent. En réalité, ces modèles posent de graves questions énergétiques, sanitaires, socio-économiques, mais aussi philosophiques, éthiques et civilisationnelles.

La transition brutale qui est proposée/imposée, est aussi une attaque préoccupante contre la souveraineté alimentaire des peuples sur tous les continents. N'oublions pas que Henry Kissinger écrivait : « Si vous contrôlez le pétrole, vous contrôlez le pays... Et celui qui contrôle l'alimentation tient la population en son pouvoir. »



RÉFÉRENCES

- Aaslyng, M.D., Dam, A.B., Petersen, I.L. et al. Protein content and amino acid composition in the diet of Danish vegans: a cross-sectional study. BMC Nutr 9, 131 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40795-023-00793-y>
- AFP. Drop Beef And Save Millions Of Lives, Cut Emissions: World Economic Forum. Jan 03, 2019. <https://www.ndtv.com/world-news/drop-beef-and-save-millions-of-lives-cut-emissions-world-economic-forum-1972245?utm>
- AFSSA-CNERNA-CNRS, ANC, 2008. Apports nutritionnels conseillés pour la population française, Éditions Tech et Doc, Paris. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2006sa0237.pdf>
- Aleph Farms. Aleph Farms. Disponible sur : https://en.wikipedia.org/wiki/Aleph_Farms
- Allan, S. J.; De Bank, P. A.; Ellis, M. J. Bioprocess Design Considerations for Cultured Meat Production With a Focus on the Expansion Bioreactor. Front. Sustain. Food Syst. 2019, 3. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00044>
- Ambroszkiewicz, J., Klemarczyk, W., Gajewska, J., Chelchowska, M., Franek, E., & Laskowska-Klita, T. (2010). The influence of vegan diet on bone mineral density and biochemical bone turnover markers. Pediatric endocrinology, diabetes, and metabolism, 16(3), 201–204. https://www.researchgate.net/publication/49623957_The_influence_of_vegan_diet_on_bone_mineral_density_and_biochemical_bone_turnover_markers
- Anderson BM, Ma DW. Are all n-3 polyunsaturated fatty acids created equal?. Lipids Health Dis. 2009;8:33. Published 2009 Aug 10. <https://lipidworld.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-511X-8-33>
- Anses 2009. Evaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaines et animales. Rapport final AFSSA 2009. <https://www.anses.fr/system/files/RCCP-Ra-Mycotoxines2009.pdf>
- Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail). Etude de l'alimentation totale 2. ANSES 2011. <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER2006sa0361.pdf>
- ANSES. Disparités socioéconomiques et apports alimentaires et nutritionnels des enfants et des adolescents - Avis de L'Anses, rapport d'étude, Déc 2012 <http://www.anses.fr/Documents/NUT2012sa0085Ra.pdf>
- Antony A. C. (2003). Vegetarianism and vitamin B-12 (cobalamin) deficiency. The American journal of clinical nutrition, 78(1), 3–6. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.1.3>
- Appleton, J., Russell, C. G., Laws, R., Fowler, C., Campbell, K., & Denney-Wilson, E. (2018). Infant formula feeding practices associated with rapid weight gain: A systematic review. Maternal & child nutrition, 14(3), e12602. <https://doi.org/10.1111/mcn.12602>
- Arenz, S., Rückerl, R., Koletzko, B., & von Kries, R. (2004). Breast-feeding and childhood obesity--a systematic review. International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity, 28(10), 1247–1256. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802758>
- Arnold, A. R., & Chassaing, B. (2019). Maltodextrin, Modern Stressor of the Intestinal Environment. Cellular and molecular gastroenterology and hepatology, 7(2), 475–476. <https://doi.org/10.1016/j.jcmgh.2018.09.014>
- Arora, M. (2013). Cell culture media: a review. Mater Methods 3:24. <https://www.labome.com/method/Cell-Culture-Media-A-Review.html>



- Asioli D, Bazzani C, Nayga RM. Consumers valuation for lab produced meat: an investigation of naming effects. In: AAEE Annual Meeting. Washington, DC: (2018).
<https://centaur.reading.ac.uk/85491/1/Lab%20Meat.pdf>
- Asmamaw B. Transferrin in fishes: A review article. Journal of Coastal Life Medicine, 4(3), 176–180.
https://www.researchgate.net/publication/297682313_Transferrin_in_fishes_A_review_article
- Association BonSens.org. Banoun H, Lesgards JF et Frot O. Dermatose Nodulaire Contagieuse de la Vache (DNC): l'Abattage « Inutile » d'Animaux par la France ?. Août 2025. <https://bonsens.info/dermatose-nodulaire-contagieuse-de-la-vache-dnc-labattage-inutile-danimaux-par-la-france/>
- Aune D. (2019). Plant Foods, Antioxidant Biomarkers, and the Risk of Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality: A Review of the Evidence. Advances in nutrition (Bethesda, Md.), 10(Suppl_4), S404–S421.
<https://doi.org/10.1093/advances/nmz042>
- Babault, N., Paizis, C., Deley, G. et al. Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. J Int Soc Sports Nutr 12, 3 (2015). <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0064-5>
- Babawale, E. A., Jones, P. J., Mercer, K. E., Lin, H., Yeruva, L., Bar Yoseph, F., & Rutherford, S. M. (2018). Modulating Sterol Concentrations in Infant Formula Influences Cholesterol Absorption and Synthesis in the Neonatal Piglet. Nutrients, 10(12), 1848. <https://doi.org/10.3390/nu10121848>
- Baker HM, Anderson BF, Baker EN. Dealing with iron: common structural principles in proteins that transport iron and heme. Proc Natl Acad Sci U S A. 2003;100(7):3579–3583. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0637295100>
- Baker M. (2016). Reproducibility: Respect your cells!. Nature, 537(7620), 433–435.
<https://doi.org/10.1038/537433a>
- Bailey, H. M., & Stein, H. H. (2019). Can the digestible indispensable amino acid score methodology decrease protein malnutrition. Animal frontiers : the review magazine of animal agriculture, 9(4), 18–23.
<https://doi.org/10.1093/af/vfz038>
- Bailey, H. M., Mathai, J. K., Berg, E. P., & Stein, H. H. (2020). Most meat products have digestible indispensable amino acid scores that are greater than 100, but processing may increase or reduce protein quality. The British journal of nutrition, 124(1), 14–22. <https://doi.org/10.1017/S0007114520000641>
- Bakaloudi, D. R., Halloran, A., Rippin, H. L., Oikonomidou, A. C., Dardavesis, T. I., Williams, J., Wickramasinghe, K., Breda, J., & Chourdakis, M. (2021). Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland), 40(5), 3503–3521.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.11.035>
- Balage, M., Averous, J., Rémond, D., Bos, C., Pujos-Guillot, E., Papet, I., Mosoni, L., Combaret, L., & Dardevet, D. (2010). Presence of low-grade inflammation impaired postprandial stimulation of muscle protein synthesis in old rats. The Journal of nutritional biochemistry, 21(4), 325–331.
<https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.01.005>
- Bauchart D et Picard B. Travaux INRA: "Muscle et viande de ruminant".In : Muscle et Viande de Ruminants. Bauchart D., Picard B. (Eds). Editions Quae, Paris, France, 115-130.
- Bell, K. A., Wagner, C. L., Feldman, H. A., Shypailo, R. J., & Belfort, M. B. (2017). Associations of infant feeding with trajectories of body composition and growth. The American journal of clinical nutrition, 106(2), 491–498. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.151126>
- Belluco, S.; Losasso, C.; Maggioletti, M.; Alonzi, C.; Ricci, A.; Paoletti, M.G. Edible insects: A food security solution or a food safety concern? Anim. Front. 2015, 5, 25–30.



<https://www.researchgate.net/publication/274717641> Edible insects A food security solution or a food safety concern

- Belluco, S.; Mantovani, A.; Ricci, A. Edible insects in a food safety perspective. In *Edible Insects in Sustainable Food Systems*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018; pp. 109–126.
<https://www.researchgate.net/publication/325135711> Edible Insects in a Food Safety Perspective
- Bianchi, G., Brizi, M., Rossi, B., Ronchi, M., Grossi, G., & Marchesini, G. (2000). Synthesis of glutathione in response to methionine load in control subjects and in patients with cirrhosis. *Metabolism: clinical and experimental*, 49(11), 1434–1439. <https://doi.org/10.1053/meta.2000.16554>
- Bibi, F. A multi-calibrated mitochondrial phylogeny of extant Bovidae (Artiodactyla, Ruminantia) and the importance of the fossil record to systematics. *BMC Evol Biol* **13**, 166 (2013). <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-166>
- Bisconsin-Junior, A., Feitosa, B. F., Silva, F. L., & Mariutti, L. R. B. (2023). Mycotoxins on edible insects: Should we be worried?. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 177, 113845. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113845>
- Bjørke-Monsen AL, Varsi K, Ulvik A, Sakkestad ST, Ueland PM. A Vegetarian Diet Significantly Changes Plasma Kynurenine Concentrations. *Biomolecules*. 2023;13(2):391. <https://www.mdpi.com/2218-273X/13/2/391>
- Bloomberg. What Bill Gates thinks impossible and beyond meat can help fight climate change. October 16th, 2019. https://www.bloomberg.com/news/videos/2019-10-16/why-bill-gates-thinks-impossible-foods-and-beyond-meat-can-help-fight-climate-change-video?utm_source=news.sky.com/story/rich-countries-should-eat-synthetic-beef-says-bill-gates-12219763?utm_medium=video
- Boemare, N.; Laumond, C.; Mauleon, H. The entomopathogenic nematode-bacterium complex: Biology, life cycle and vertebrate safety. *Biocontrol Sci. Technol.* 1996, 6, 333–346.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65dec9890f3e94b9e5d15c7e>
- Boldyrev, A. A., Aldini, G., & Derave, W. (2013). Physiology and pathophysiology of carnosine. *Physiological reviews*, 93(4), 1803–1845. <https://doi.org/10.1152/physrev.00039.2012>
- Boye, J., Wijesinha-Bettoni, R., & Burlingame, B. (2012). Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *The British journal of nutrition*, 108 Suppl 2, S183–S211. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002309>
- Brenna, J. T., Salem, N., Jr, Sinclair, A. J., Cunnane, S. C., & International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids, ISSFAL (2009). alpha-Linolenic acid supplementation and conversion to n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in humans. Prostaglandins, leukotrienes, and essential fatty acids, 80(2-3), 85–91. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0952327809000167>
- Bryant CJ. Culture, meat, and cultured meat. *J Anim Sci*. 2020;98(8):skaa172. <https://academic.oup.com/jas/article/98/8/skaa172/5880017>
- Bumrungpert, A., Pavadhgul, P., Nunthanawanich, P., Sirikanchanarod, A., & Adulbhan, A. (2018). Whey Protein Supplementation Improves Nutritional Status, Glutathione Levels, and Immune Function in Cancer Patients: A Randomized, Double-Blind Controlled Trial. *Journal of medicinal food*, 21(6), 612–616. <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.4080>
- Burd, N. A., Beals, J. W., Martinez, I. G., Salvador, A. F., & Skinner, S. K. (2019). Food-First Approach to Enhance the Regulation of Post-exercise Skeletal Muscle Protein Synthesis and Remodeling. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(Suppl 1), 59–68. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1009-y>
- Burdge GC, Tan S-Y, Henry CJ. Long-chain n-3 PUFA in vegetarian women: a metabolic perspective. *Journal of Nutritional Science*. 2017;6:e58. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-nutritional-science>



[science/article/longchain-n3-pufa-in-vegetarian-women-a-metabolic-perspective/D5E77796216EE8D57DEFF1A18995B7B2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-79382-5_12)

- Burgess, C. M.; Rivas, L.; McDonnell, M. J.; Duffy, G. Biocontrol of Pathogens in the Meat Chain. In *Meat Biotechnology*; Toldrá, F., Ed.; Springer New York: New York, NY, 2008; pp 253–288. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79382-5_12
- Butler G, Ali MA, Oladokun S, Wang J, Davis H. Forage-fed cattle point the way forward for beef? *Future Foods*, Volume 3, 2021, 100012. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666833521000022>
- Candussi, C.J., Bell, W., Thompson, A.S. et al. Risk of hypothyroidism in meat-eaters, fish-eaters, and vegetarians: a population-based prospective study. *BMC Med* 23, 269 (2025). <https://doi.org/10.1186/s12916-025-04045-7>
- Cayot, P., 2021. Substituts à la viande : formulations et analyse comparée. Les substituts végétaux à la viande : éléments de formulation et analyse comparée des services rendus avec les produits animaux. 2ème partie : les apports en micronutriments.. *Viande & Produits Carnés* 3736, 1-14. <https://institut-agro-dijon.hal.science/hal-03675341>
- Cayot P. Pourquoi le fer est indispensable à notre santé ? (2022a) <https://institut-agro-dijon.hal.science/hal-03694903/>
- The Conversation du 1er juin 2022, rubrique Santé. <https://theconversation.com/pourquoi-le-fer-est-indispensable-a-notre-sante-183998>
- Cayot P. Carence en fer : comment y remédier par son alimentation. <https://institut-agro-dijon.hal.science/hal-03694909v1/document>
- The Conversation du 8 juin 2022, rubrique Santé. <https://theconversation.com/carence-en-fer-comment-y-remedier-par-son-alimentation184004>
- CE Delft. Jasper Faber and Sander Raphaël Comissioned by Greenpeace International. CO2 emissions from private flights to the World Economic Forum. December 2022. https://www.greenpeace.org/static/planet4-international-stateless/2023/01/1f6a7653-ce-delft_co2-emissions-from-private-flights-to-the-world-economic-forum.pdf
- Chen, G., Gulbranson, D. R., Hou, Z., Bolin, J. M., Ruotti, V., Probasco, M. D., Smuga-Otto, K., Howden, S. E., Diol, N. R., Propson, N. E., Wagner, R., Lee, G. O., Antosiewicz-Bourget, J., Teng, J. M., & Thomson, J. A. (2011). Chemically defined conditions for human iPSC derivation and culture. *Nature methods*, 8(5), 424–429. <https://doi.org/10.1038/nmeth.1593>
- Chichlowski, M., German, J. B., Lebrilla, C. B., & Mills, D. A. (2011). The influence of milk oligosaccharides on microbiota of infants: opportunities for formulas. *Annual review of food science and technology*, 2, 331–351. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133743>
- Chriki S, Hocquette JF. The Myth of Cultured Meat: A Review. *Front Nutr*. 2020;7:7. Published 2020 Feb 7. <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2020.00007/full>
- Chung, K. T., Wong, T. Y., Wei, C. I., Huang, Y. W., & Lin, Y. (1998). Tannins and human health: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 38(6), 421–464. <https://doi.org/10.1080/10408699891274273>
- Chung, M., Ma, J., Patel, K., Berger, S., Lau, J., & Lichtenstein, A. H. (2014). Fructose, high-fructose corn syrup, sucrose, and nonalcoholic fatty liver disease or indexes of liver health: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 100(3), 833–849. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.086314>
- Clemente-Suárez VJ, Redondo-Flórez L, Martín-Rodríguez A, Curiel-Regueros A, Rubio-Zarapuz A, Tornero-Aguilera JF. Impact of Vegan and Vegetarian Diets on Neurological Health: A Critical Review. *Nutrients*. 2025;17(5):884. Published 2025 Feb 28. <https://www.mdpi.com/2072-6643/17/5/884>



- CNBC. Bill Gates: This is the major contributor to climate change that people are 'probably least aware of'—It's 'a challenge'. Aug 29 2023 <https://www.cnbc.com/2023/08/29/bill-gates-climate-change-cause-people-are-least-aware-of.html?utm>
- Coelho, A. I., Berry, G. T., & Rubio-Gozalbo, M. E. (2015). Galactose metabolism and health. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 18(4), 422–427. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000189>
- Commission Implementing Regulation (EU). 2017/2469 of 20 December 2017 Laying Down Administrative and Scientific Requirements for Applications Referred to in Article 10 of Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council on Novel Foods; European Union: Luxembourg, 2017. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2017/2469/oj/eng
- Costa-Neto, E.M. Anthro-po-entomophagy in Latin America: An overview of the importance of edible insects to local communities. *J. Insects Food Feed*. 2015, 1, 17–23. https://www.researchgate.net/publication/273496250_Anthropo_entomophagy_in_Latin_America_An_overview_of_the_importance_of_edible_insects_to_local_communities
- Coupe, R. H., & Capel, P. D. (2016). Trends in pesticide use on soybean, corn and cotton since the introduction of major genetically modified crops in the United States. *Pest management science*, 72(5), 1013–1022. <https://doi.org/10.1002/ps.4082>
- Cour des comptes. Les soutiens publics aux éleveurs de bovins. S2023-0466, 22 mai 2023. <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/les-soutiens-publics-aux-eleveurs-de-bovins>
- Courage, M. L., McCloy, U. R., Herzberg, G. R., Andrews, W. L., Simmons, B. S., McDonald, A. C., Mercer, C. N., & Friel, J. K. (1998). Visual acuity development and fatty acid composition of erythrocytes in full-term infants fed breast milk, commercial formula, or evaporated milk. *Journal of developmental and behavioral pediatrics* : JDBP, 19(1), 9–17. <https://doi.org/10.1097/00004703-199802000-00002>
- Craddock, J. C., Neale, E. P., Probst, Y. C., & Peoples, G. E. (2017). Algal supplementation of vegetarian eating patterns improves plasma and serum docosahexaenoic acid concentrations and omega-3 indices: a systematic literature review. *Journal of human nutrition and dietetics : the official journal of the British Dietetic Association*, 30(6), 693–699. <https://doi.org/10.1111/jhn.12474>
- Craig W. J. (2009). Health effects of vegan diets. *The American journal of clinical nutrition*, 89(5), 1627S–1633S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.26736N>
- Cruz, M. L., Wong, W. W., Mimouni, F., Hachey, D. L., Setchell, K. D., Klein, P. D., & Tsang, R. C. (1994). Effects of infant nutrition on cholesterol synthesis rates. *Pediatric research*, 35(2), 135–140. <https://doi.org/10.1203/00006450-199402000-00001>
- Dalle Zotte, A., Ricci, R., Cullere, M., Serva, L., Tenti, S., & Marchesini, G. (2020). Research Note: Effect of chicken genotype and white striping-wooden breast condition on breast meat proximate composition and amino acid profile. *Poultry science*, 99(3), 1797–1803. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.066>
- Damy, T.; Ratajczak, P.; Shah, A.M.; Camors, E.; Marty, I.; Hasenfuss, G.; Marotte, F.; Samuel, J.L.; Heymes, C. Glutathione Deficiency in Cardiac Patients Is Related to the Functional Status and Structural Cardiac Abnormalities. *PLoS ONE* 2009, 4, e4871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004871>
- Dardevet, D., Rieu, I., Fafournoux, P., Sornet, C., Combaret, L., Bruhat, A., Mordier, S., Mosoni, L., & Grizard, J. (2003). Leucine: a key amino acid in ageing-associated sarcopenia?. *Nutrition research reviews*, 16(1), 61–70. <https://doi.org/10.1079/NRR200252>
- Darby, S.J.; Platts, L.; Daniel, M.S.; Cowieson, A.J.; Falconer, R.J. An isothermal titration calorimetry study of phytate binding to lysozyme. *J. Therm. Anal. Calorim.* 2017, 127, 1201–1208. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-016-5487-6>



- Dash, C., Routray, P., Tripathy, S., Verma, D. K., Guru, B. C., Meher, P. K., Nandi, S., & Eknath, A. E. (2010). Derivation and characterization of embryonic stem-like cells of Indian major carp *Catla catla*. *Journal of fish biology*, 77(5), 1096–1113. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02755.x>
- Davis D.A., Gatlin D.M. 1996. Dietary mineral requirements of fish and marine crustacean. *Rev. Fish. Sci.*, 4(1): 75-99.
https://www.researchgate.net/publication/248945311_Dietary_mineral_requirement_of_fish_and_marine_crustaceans
- de Gier, S., & Verhoeckx, K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Molecular immunology*, 100, 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
- de Souza RJ, Mente A, Maroleanu A, Cozma AI, Ha V, Kishibe T, Uleryk E, Budylowski P, Schünemann H, Beyene J, Anand SS. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ*. 2015 Aug 11;351:h3978. <https://www.bmj.com/content/351/bmj.h3978>
- Delplanque B, Du Q, Martin JC, Guesnet P. Quels lipides pour les préparations pour nourrisson ? *Cahiers de nutrition et diététique* (2019), 54, 44-51.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007996018302219>
- Deng, Z., Hu, Y., Wang, X. et al. Transitioning to healthy and sustainable diets has higher environmental and affordability trade-offs for emerging and developing economies. *Nat Commun* 16, 3948 (2025).
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-59275-3>
- Dewey KG, Heinig MJ, Nommsen LA, Peerson JM, Lonnerdal B. Growth of breastfed and formula-fed infants from 0 to 18 months: the DARLING Study. *Pediatrics*. 1992; 89, 1035-1041.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1594343/>
- DGAC. Scientific Report of the 2025 Dietary Guidelines Advisory Committee. Part D. Chapter 4: Food Sources of Saturated Fat. 2025. <https://www.dietaryguidelines.gov/2025-advisory-committee-report>
- Diener, S.; Zurbrugg, C.; Tockner, K. Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *J. Insects Food Feed*. 2015, 1, 261–270.
https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/Bioaccumulation_heavy_metals.pdf
- Dietrich S, Trefflich I, Ueland PM, et al. Amino acid intake and plasma concentrations and their interplay with gut microbiota in vegans and omnivores in Germany. *Eur J Nutr*. 2022;61(4):2103-2114.
<https://doi.org/10.1007/s00394-021-02790-y>
- Dine, G., Turret, M.M., Manceaux, J.C., Bonnet, F., Franco, P., 1988. Carence martiale et anémie du marathonien. *Science & Sports* 3 (1), 29-39.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0765159788800558>
- Dobersek, U., Wy, G., Adkins, J., Altmeyer, S., Krout, K., Lavie, C. J., & Archer, E. (2021). Meat and mental health: a systematic review of meat abstention and depression, anxiety, and related phenomena. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(4), 622–635. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1741505>
- Doerge, D. R., & Sheehan, D. M. (2002). Goitrogenic and estrogenic activity of soy isoflavones. *Environmental health perspectives*, 110 Suppl 3(Suppl 3), 349–353. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110s3349>
- Domenichiello, A. F., Kitson, A. P., & Bazinet, R. P. (2015). Is docosahexaenoic acid synthesis from α -linolenic acid sufficient to supply the adult brain?. *Progress in lipid research*, 59, 54–66.
<https://doi.org/10.1016/j.plipres.2015.04.002>



- Donovan, S. M., & Comstock, S. S. (2016). Human Milk Oligosaccharides Influence Neonatal Mucosal and Systemic Immunity. *Annals of nutrition & metabolism*, 69 Suppl 2(Suppl 2), 42–51. <https://doi.org/10.1159/000452818>
- Dossey A. T. (2010). Insects and their chemical weaponry: new potential for drug discovery. *Natural product reports*, 27(12), 1737–1757. <https://doi.org/10.1039/c005319h>
- Dong, N., Xue, C., Yang, Y., Chang, Y., Wang, Y., Guo, H., Liu, Y., & Wang, Y. (2023). *Auxenochlorella pyrenoidosa* extract supplementation replacing fetal bovine serum for *Carassius auratus* muscle cell culture under low-serum conditions. *Food research international* (Ottawa, Ont.), 164, 112438. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112438>
- Dong, N., Jiang, B., Chang, Y., Wang, Y., & Xue, C. (2024). Integrated Omics Approach: Revealing the Mechanism of *Auxenochlorella pyrenoidosa* Protein Extract Replacing Fetal Bovine Serum for Fish Muscle Cell Culture. *Journal of agricultural and food chemistry*, 72(11), 6064–6076. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c00624>
- Drexler HG, Uphoff CC. Mycoplasma contamination of cell cultures: Incidence, sources, effects, detection, elimination, prevention. *Cytotechnology*. 2002;39(2):75-90. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022913015916>
- EFSA. EFSA assesses safety of long-chain omega-3 fatty acids. Published: 27 July 2012. <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/120727?utm>
- EFSA Scientific Committee. Scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J*. 2015, 13, 4257. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4257>
- EFSA. Dietary Reference Values for Nutrients: Summary Report; European Food Safety Authority (EFSA): Parma, Italy, 2017; p. 92. Available online: www.efsa.europa.eu/sites/default/files/2017_09_DRVs_summary_report.pdf (accessed on 24 September 2019).
- Elias Masiques, N., Vossen, E., De Vrieze, J., De Smet, S., & Van Hecke, T. (2024). The formation of sulfur metabolites during in vitro gastrointestinal digestion of fish, white meat and red meat is affected by the addition of fructo-oligosaccharides. *Food & function*, 15(17), 8729–8739. <https://doi.org/10.1039/d4fo00928b>
- Elijah S. Bovaer Backlash: Danish Cows Collapsing Under Mandatory Methane-Reducing Additive. Nov 03, 2025. https://www.soniaelijah.com/p/bovaer-backlash-danish-cows-collapsing?r=kt8fi&utm_campaign=post&utm_medium=web
- Elsik CG, Tellam RL, et al. Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium, The genome sequence of taurine cattle: a window to ruminant biology and evolution. *Science*. 2009;324(5926):522-528. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1169588>
- Ertl, P., Knaus, W., & Zollitsch, W. (2016). An approach to including protein quality when assessing the net contribution of livestock to human food supply. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 10(11), 1883–1889. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000902>
- Evans, N.M.; Shao, S. Mycotoxin Metabolism by Edible Insects. *Toxins* 2022, 14, 217. <https://doi.org/10.3390/toxins14030217>
- Fairfield, K. M., & Fletcher, R. H. (2002). Vitamins for chronic disease prevention in adults: scientific review. *JAMA*, 287(23), 3116–3126. <https://doi.org/10.1001/jama.287.23.3116>
- FAO/WHO Food and Agriculture Organization of the United Nations (1991) Report of a Joint. FAO/WHO Expert Consultation. Protein quality evaluation. <https://openknowledge.fao.org/items/08b79369-7a3a-493a-848f-d147a0bfa702>



- FAO/Bender A. Meat and meat products in human nutrition in developing countries.1992. Table 2. <https://www.fao.org/4/t0562e/T0562E09.htm?utm>
- FAO/WHO. Human Vitamin and Mineral Requirements: Report of a joint FAO/WHO expert consultation. Bangkok, Thailand, 2001. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/63710348-ae8f-414a-912f-d7670717c874/content>
- FAO/WHO/UNU, Technical Report Series 935: Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition, WHO Press, Geneva, Switzerland, 2007, pp. 1–265. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf
- FAO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAQ Expert Consultation. (2013). FAO food and nutrition paper, 92, 1–66. <https://www.fao.org/4/i3124e/i3124e.pdf>
<https://openknowledge.fao.org/items/53cf3d0a-1db2-4667-823a-e9d73278efe9>
- FAO. Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective. Challenges and Opportunities for the Sector; FAO: Rome, Italy, 2021. <https://openknowledge.fao.org/items/a8dc9d58-8bc8-4f2f-b15a-ebc9d5ed3860>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2023. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- Fehr, J., Favrat, B., Schleiffenbaum, B., Kräyenbühl, A.-P., Kapanci, C., von Orelli, F., 2009. Diagnostic et traitement de la carence en fer sans anémie. Revue Médicale Suisse. <https://www.revmed.ch/RMS/2009/RMS-224/Diagnostic-et-traitement-de-la-carence-en-fer-sans-anemie>
- Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y., & Ding, W. F. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. Insect science, 25(2), 184–198. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12449>
- Ferrari, A. Animal Bodies and Futures: Rethinking Ethical Implications of Cultivated Meat and Fish. Food ethics 10, 6 (2025). <https://doi.org/10.1007/s41055-025-00166-0>
- Fidler Mis, N., Braegger, C., Bronsky, J., Campoy, C., Domellöf, M., Embleton, N. D., Hojsak, I., Hulst, J., Indrio, F., Lapillonne, A., Mihatsch, W., Molgaard, C., Vora, R., Fewtrell, M., & ESPGHAN Committee on Nutrition: (2017). Sugar in Infants, Children and Adolescents: A Position Paper of the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition Committee on Nutrition. Journal of pediatric gastroenterology and nutrition, 65(6), 681–696. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001733>
- Flores, K. A., Pérez-Moreno, J. L., Durica, D. S., & Mykles, D. L. (2024). Phylogenetic and transcriptomic characterization of insulin and growth factor receptor tyrosine kinases in crustaceans. Frontiers in endocrinology, 15, 1379231. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1379231>
- Food Standards Agency. Identification of hazards in meat products manufactured from cultured animal cells: Hazards. Last updated: 15 March 2023 <https://www.food.gov.uk/research/identification-of-hazards-in-meat-products-manufactured-from-cultured-animal-cells-hazards?utm> on
- Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H. P., & Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: a review. The British journal of nutrition, 88(6), 587–605. <https://doi.org/10.1079/BJN2002725>
- Francis GL. Albumin and mammalian cell culture: implications for biotechnology applications. Cytotechnology. 2010;62(1):1-16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10616-010-9263-3>
- Franco, R., Schoneveld, O. J., Pappa, A., & Panayiotidis, M. I. (2007). The central role of glutathione in the pathophysiology of human diseases. Archives of physiology and biochemistry, 113(4-5), 234–258. <https://doi.org/10.1080/13813450701661198>



- Fredrikson, M., Biot, P., Alming, M. L., Carlsson, N. G., & Sandberg, A. S. (2001). Production process for high-quality pea-protein isolate with low content of oligosaccharides and phytate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(3), 1208–1212. <https://doi.org/10.1021/jf000708x>
- FSCJ (Food Safety Commission of Japan). 3-Nitrooxypropanol (Feed Additives)
- Food Safety, 12 (2) (2024), p. 52 https://www.istage.ist.go.jp/article/foodsafetyfscj/12/2/12_D-24-00008/html/-char/en?utm
- Galan, P., Yoon, H. C., Preziosi, P., Viteri, F., Valeix, P., Fieux, B., Briançon, S., Malvy, D., Roussel, A. M., Favier, A., & Hercberg, S. (1998). Determining factors in the iron status of adult women in the SU.VI.MAX study. *SUpplementation en Vitamines et Minéraux AntioXydants*. *European journal of clinical nutrition*, 52(6), 383–388. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600561>
- Gałęcki, R.; Bakula, T.; Gołaszewski, J. Foodborne Diseases in the Edible Insect Industry in Europe—New Challenges and Old Problems. *Foods* 2023, 12, 770. <https://doi.org/10.3390/foods12040770>
- Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., Riolo, P., Ruschioni, S., Isidoro, N., & Clementi, F. (2017). The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. *Food microbiology*, 62, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.09.012>
- Gauthier, S.F.; Pouliot, Y.; Saint-Sauveur, D. Immunomodulatory Peptides Obtained by the Enzymatic Hydrolysis of Whey Proteins. *Int. Dairy J.* 2006, 16, 1315–1323.
- Euronews. Plant-based meat is the 'future,' billionaire Bill Gates claims. What has to change?. 31/08/2023. <https://www.euronews.com/green/2023/09/01/plant-based-meat-is-the-future-billionaire-bill-gates-claims-what-has-to-change?utm>
- Gaye, M. Food Futurology, 2018. <http://www.morgainegaye.com/>. Accessed 3 December 2018.
- GEB- Institut de l'Elevage. Les chiffres clés du GEB 2024. Productions lait et viande. Septembre 2024. <https://idele.fr/detail-article/chiffres-cles-bovins-2024-productions-lait-et-viande>
- Georgieff M. K. (2020). Iron deficiency in pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*, 223(4), 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.03.006>
- Gervais F. Il n'y a pas d'apocalypse climatique. Eds l'Artilleur, 2025. <https://www.editionsartilleur.fr/produit/il-n-y-a-pas-d-apocalypse-climatique-modeles-mesures-et-previsions-se-delivrer-de-leco-anxiete/>
- Gilani, G. S., Cockell, K. A., & Sepehr, E. (2005). Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *Journal of AOAC International*, 88(3), 967–987. <https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/88/3/967/5657528?redirectedFrom=PDF>
- Good Food Institute. Cell-Cultivated Meat: An Overview. 19 septembre 2023. Disponible sur : <https://www.gfi.org/science/the-science-of-cultivated-meat>
- Good Food Institute. Deep dive: Cultivated meat cell culture media. 2025. <https://gfi.org/science/the-science-of-cultivated-meat/deep-dive-cultivated-meat-cell-culture-media/?utm>
- Goran, M. I., Dumke, K., Bouret, S. G., Kayser, B., Walker, R. W., & Blumberg, B. (2013). The obesogenic effect of high fructose exposure during early development. *Nature reviews. Endocrinology*, 9(8), 494–500. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2013.108>
- Gorman A, The Guardian. World's first lab-grown meat for pets goes on sale. 7 février 2025. Disponible sur : <https://www.theguardian.com/food/2025/jun/18/australia-approves-sale-of-lab-grown-fake-meat>



- Górska-Warsewicz H, Laskowski W, Kulykovets O, Kudlińska-Chylak A, Czeczotko M, Rejman K. Food Products as Sources of Protein and Amino Acids-The Case of Poland. *Nutrients*. 2018;10(12):1977. Published 2018 Dec 13. <https://www.mdpi.com/2072-6643/10/12/1977>
- Goulet, O., Olieman, J., Ksiazek, J., Spolidoro, J., Tibboe, D., Köhler, H., Yagci, R. V., Falconer, J., Grimble, G., & Beattie, R. M. (2013). Neonatal short bowel syndrome as a model of intestinal failure: physiological background for enteral feeding. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 32(2), 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.09.007>
- Gorissen, S. H. M., Crombag, J. J. R., Senden, J. M. G., Waterval, W. A. H., Bierau, J., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. C. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino acids*, 50(12), 1685–1695. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>
- Govorushko, S. *Human–Insect Interactions*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315119915/human-insect-interactions-sergey-govorushko>
- Grabowski, N. T., & Klein, G. (2017). Microbiology of processed edible insect products - Results of a preliminary survey. *International journal of food microbiology*, 243, 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.11.005>
- Grabowski, N.T.; Klein, G. Bacteria encountered in raw insect, spider, scorpion, and centipede taxa including edible species, and their significance from the food hygiene point of view. *Trends Food Sci. Technol.* 2017b, 63, 80–90. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224415302065>
- Greer F. R. (2018). Use of Starch and Modified Starches in Infant Feeding: A Historical Perspective. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 66 Suppl 3, S30–S34. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001828>
- Gridneva, Z., Tie, W. J., Rea, A., Lai, C. T., Ward, L. C., Murray, K., Hartmann, P. E., & Geddes, D. T. (2018). Human Milk Casein and Whey Protein and Infant Body Composition over the First 12 Months of Lactation. *Nutrients*, 10(9), 1332. <https://doi.org/10.3390/nu10091332>
- Groenen, M. A., Archibald, A. L., Uenishi, H., Tuggle, C. K., Takeuchi, Y., Rothschild, M. F., Rogel-Gaillard, C., Park, C., Milan, D., Megens, H. J., Li, S., Larkin, D. M., Kim, H., Frantz, L. A., Caccamo, M., Ahn, H., Aken, B. L., Anselmo, A., Anthon, C., Auvil, L. et al., (2012). Analyses of pig genomes provide insight into porcine demography and evolution. *Nature*, 491(7424), 393–398. <https://doi.org/10.1038/nature11622>
- [Gysin R. WEF : les jets privés produisent autant d’émissions de CO2 que 350’000 voitures. 13. janvier 2023. https://www.greenpeace.ch/fr/communiqu%C3%A9-de-presse/93463/wef-jets-prives-autant-de-co2-que-350000-voitures/](https://www.greenpeace.ch/fr/communiqu%C3%A9-de-presse/93463/wef-jets-prives-autant-de-co2-que-350000-voitures/)
- Hackett, C., and McClendon D. 2017. Christians remain world’s largest religious group, but they are declining in Europe. Pew Research. Available from <https://www.pewresearch.org/short-reads/2017/04/05/christians-remain-worlds-largest-religious-group-but-they-are-declining-in-europe/>
- Hamid R, Masood A. Dietary Lectins as Disease Causing Toxicants. *Pakistan Journal of Nutrition* 8 (3): 293-303, 2009. ISSN 1680-5194. https://www.researchgate.net/publication/26569315_Dietary_Lectins_as_Disease_Causing_Toxicants
- Han, R.; Shin, J.T.; Kim, J.; Choi, Y.S.; Kim, Y.W. An overview of the South Korean edible insect food industry: Challenges and future pricing/promotion strategies. *Entomol. Res.* 2017, 47, 141–151. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1748-5967.12230>
- Harris WS. Omega-3 fatty acids. In: Coates PM, Betz JM, Blackman MR, et al., eds. *Encyclopedia of Dietary Supplements*. 2nd ed. London and New York: Informa Healthcare; 2010:577-86. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/mono/10.1201/b13959-54/omega-3-fatty-acids-william-harris-paul-coates-coates-paul-marc-blackman-marc-blackman>



- Hass HB. What's new in sugar research. [Accessed October 10, 2015]; Proceedings of the American Society of Sugar Beet Technologists. 1954
http://digitalcollections.qut.edu.au/1407/5/American_Society_of_Sugar_Beet_Technologists_1954_Part_1.pdf
- Havea P, Singh H, Creamer LK and Campanella OH (1998). Electrophoretic characterization of the protein products formed during heat treatment of whey protein concentrate solutions. Journal of Dairy Research, 65, 79 – 91 <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/abs/electrophoretic-characterization-of-the-protein-products-formed-during-heat-treatment-of-whey-protein-concentrate-solutions/4B7D85031164CBF44AFB952754638673>
- Havel P. J. (2005). Dietary fructose: implications for dysregulation of energy homeostasis and lipid/carbohydrate metabolism. Nutrition reviews, 63(5), 133–157. <https://doi.org/10.1301/nr.2005.may.133-157>
- Hébel. Evolution de la consommation de viande en France : les nouvelles données de l'enquête CCAF 2010 (2010). <https://www.interbev.fr/fiche/evolution-de-la-consommation-de-viande-en-france-les-donnees-de-lenquete-ccaf-2010/> <https://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2018/07/Synthese-P.-Hebel.pdf>
- Hernández, A. F., & Menéndez, P. (2016). Linking Pesticide Exposure with Pediatric Leukemia: Potential Underlying Mechanisms. International journal of molecular sciences, 17(4), 461. <https://doi.org/10.3390/ijms17040461>
- Hernell O, Timby N, Domellöf M, Lönnerdal B. Clinical Benefits of Milk Fat Globule Membranes for Infants and Children. J Pediatr. 2016 Jun;173 Suppl:S60-5.
- Herreman, L., Nommensen, P., Pennings, B., & Laus, M. C. (2020). Comprehensive overview of the quality of plant- And animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. Food science & nutrition, 8(10), 5379–5391. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1809>
- Hickey RM. The role of oligosaccharides from human milk and other sources in prevention of pathogen adhesion. Int Dairy J 2012; 22:141–146. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694611002263>
- Hoffman, J. R., & Falvo, M. J. (2004). Protein - Which is Best?. Journal of sports science & medicine, 3(3), 118–130. <https://www.issm.org/issm-03-118.xml-Fulltext>
- Hokkanen S, Frey AD, Yang B, Linderborg KM. Similarity Index for the Fat Fraction between Breast Milk and Infant Formulas. J Agric Food Chem. 2022;70(20):6191-6201. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.1c08029>
- Hong, J.; Han, T.; Kim, Y.Y. Mealworm (Tenebrio molitor Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal: A Review. Animals 2020, 10, 2068. <https://doi.org/10.3390/ani10112068>
- Ho SS, Ou M and Vijayan AV (2023) Halal or not? Exploring Muslim perceptions of cultured meat in Singapore. Front. Sustain. Food Syst. 7:1127164 <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2023.1127164/full>
- Hotz, C., & Gibson, R. S. (2001). Assessment of home-based processing methods to reduce the phytate content and phytate/zinc molar ratio of white maize (Zea mays). Journal of agricultural and food chemistry, 49(2), 692–698. <https://doi.org/10.1021/1f000462w>
- House, J. D., Neufeld, J., & Leson, G. (2010). Evaluating the quality of protein from hemp seed (Cannabis sativa L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. Journal of agricultural and food chemistry, 58(22), 11801–11807. <https://doi.org/10.1021/jf102636b>
- Hosios, A. M., Hecht, V. C., Danai, L. V., Johnson, M. O., Rathmell, J. C., Steinhäuser, M. L., Manalis, S. R., & Vander Heiden, M. G. (2016). Amino Acids Rather than Glucose Account for the Majority of Cell Mass in



Proliferating Mammalian Cells. *Developmental cell*, 36(5), 540–549.

<https://doi.org/10.1016/j.devcel.2016.02.012>

- Hurrell R. F. (2003). Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability. *The Journal of nutrition*, 133(9), 2973S–7S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2973S>
- Hulin M, Sirot V, Jean J, Héral V, Traore T, Lahé A, Vin K, Tvière G. Étude française de l'alimentation totale infantile: principaux résultats et recommandations. French infant total diet study: Main results and recommendations. *Cahiers de Nutrition et de Diététique Volume 54, Issue 5*, October 2019, Pages 275-285 <https://anses.hal.science/anses-04930976>
- Institute of Medicine (US) Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes and its Panel on Folate, Other B Vitamins, and Choline. (1998). Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. National Academies Press (US). <https://doi.org/10.17226/6015>
- IPCC (2019), Summary for Policymakers. In P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (eds.), *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-and-land/summary-for-policymakers/BACDCBE9CB0F9F0729BE006926569FDB>
- IPIFF Guide on Good Hygiene Practices for European Union Producers of Insects as Food and Feed. Available online: <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf> (accessed on 6 January 2022).
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., Hoffman, J. R., et al. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Jakše, B., Jakše, B., Godnov, U., & Pinter, S. (2021). Nutritional, Cardiovascular Health and Lifestyle Status of 'Health Conscious' Adult Vegans and Non-Vegans from Slovenia: A Cross-Sectional Self-Reported Survey. *International journal of environmental research and public health*, 18(11), 5968. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115968>
- Jakše B, Fras Z, Fidler Mis N. Vegan Diets for Children: A Narrative Review of Position Papers Published by Relevant Associations. *Nutrients*. 2023;15(22):4715. Published 2023 Nov 7. <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/22/4715>
- Jargin S. V. (2014). Soy and phytoestrogens: possible side effects. *German medical science : GMS e-journal*, 12, Doc18. <https://doi.org/10.3205/000203>
- Jason M, Hansen MN Jones. CHAPTER 15 - Thiols in Cancer, Editor(s): David Heber. *Nutritional Oncology (Second Edition)*, Academic Press, 2006, Pages 307-320. <https://doi.org/10.1016/B978-012088393-6/50071-3>
- Johnson, L., van Jaarsveld, C. H., Llewellyn, C. H., Cole, T. J., & Wardle, J. (2014). Associations between infant feeding and the size, tempo and velocity of infant weight gain: SITAR analysis of the Gemini twin birth cohort. *International journal of obesity* (2005), 38(7), 980–987. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.61>
- Jones N. (2010). Food: A taste of things to come?. *Nature*, 468(7325), 752–753. <https://doi.org/10.1038/468752a>



- Jones PJH, Rideout T. Lipids, sterols, and their metabolites. In: Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR, eds. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. https://www.researchgate.net/publication/236867702_Lipids_Sterols_and_their_Metabolites
- Jönsson, E. Benevolent Technotopias and Hitherto Unimaginable Meats: Tracing the Promises of in Vitro Meat. *Social Studies of Science* 2016, 46 (5), 725–748. <https://doi.org/10.1177/0306312716658561>
- Kacher, R., Lamazière, A., Heck, N., Kappes, V., Mounier, C., Despres, G., Dembitskaya, Y., Perrin, E., Christaller, W., Sasidharan Nair, S., Messent, V., Cartier, N., Vanhoutte, P., Venance, L., Saudou, F., Néri, C., Caboche, J., & Betuing, S. (2019). CYP46A1 gene therapy deciphers the role of brain cholesterol metabolism in Huntington's disease. *Brain : a journal of neurology*, 142(8), 2432–2450. <https://doi.org/10.1093/brain/awz174>
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Baqir, S., Faye, B., and Purchas, R. (2015). Cultured meat from muscle stem cells: a review of challenges and prospects. *J. Integr. Agric.* 14, 222–233. <https://www.frontiersin.org/journals/toxicology/articles/10.3389/ftox.2025.1612903/full#B154>
- Katya, K.; Borsra, M.; Ganesan, D.; Kuppusamy, G.; Herriman, M.; Salter, A.; Ali, S.A. Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* reared in freshwater. *Int. Aquat. Res.* 2017, 9, 303–312. https://intelaquares.tonekabon.iau.ir/article_671948.html
- Kaur, L.; Elamurugan, A.; Chian, F.M.; Zhu, X.; Boland, M. Protein and Lipid Digestibility of Pasture-Raised and Grain-Finished Beef: An In Vitro Comparison. *Foods* 2023, 12, 1239. <https://doi.org/10.3390/foods12061239>
- Kearns CE , Schmidt LA, Glantz SA. Sugar Industry and Coronary card Disease Research: A Historical Analysis of Internal Industry Documents. *JAMA Intern Med.* 2016 Sep. <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/2548255>
- Kelishadi R, Mansourian M, Heidari-Beni M. Association of fructose consumption and components of metabolic syndrome in human studies: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition* 2014; 30:503-510. https://www.researchgate.net/publication/261290981_Association_of_fructose_consumption_and_components_of_metabolic_syndrome_in_human_studies_A_systematic_review_and_meta-analysis
- Kendler S, Thornes FW, Jakobsen AN, Lerfall J. Nutritional profiling and contaminant levels of five underutilized fish species in Norway. *Front Nutr.* 2023;10:1118094. Published 2023 Mar 8. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10031004/>
- Khairunisa BH, Heryakusuma C, Ike K, Mukhopadhyay B, Susanti D. Evolving understanding of rumen methanogen ecophysiology. *Front Microbiol.* 2023 Nov 6;14:1296008. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1296008/full>
- Khazaei, H.; Subedi, M.; Nickerson, M.; Martínez-Villaluenga, C.; Frias, J.; Vandenberg, A. Seed Protein of Lentils: Current Status, Progress, and Food Applications. *Foods* 2019, 8, 391. <https://doi.org/10.3390/foods8090391>
- Kinyuru, J.N.; Kenji, G.M.; Njoroge, S.M.; Ayieko, M. Effect of Processing Methods on the In Vitro Protein Digestibility and Vitamin Content of Edible Winged Termite (*Macrotermes subhyllanus*) and Grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food Bioprocess Technol.* 2009, 3, 778–782, <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0264-1>.
- Koonin EK. Climat, la part d'incertitude, Eds l'Artilleur, 2022. <https://www.editionsartilleur.fr/produit/climat-la-part-dincertitude/>
- Kornsteiner, M., Singer, I., & Elmadfa, I. (2008). Very low n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid status in Austrian vegetarians and vegans. *Annals of nutrition & metabolism*, 52(1), 37–47. <https://doi.org/10.1159/000118629>



- Kim, S., Fenech, M.F. & Kim, P.J. Nutritionally recommended food for semi- to strict vegetarian diets based on large-scale nutrient composition data. *Sci Rep* 8, 4344 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22691-1>
- Kinyuru, J.; Ndung'u, N. Promoting edible insects in Kenya: Historical, present and future perspectives towards establishment of a sustainable value chain. *J. Insects Food Feed*. 2020, 6, 51–58. https://www.researchgate.net/publication/337755599_Promoting_edible_insects_in_Kenya_historical_present_and_future_perspectives_towards_establishment_of_a_sustainable_value_chain
- Kitsa, K. Contribution des insectes comestibles à l'amélioration de la ration alimentaire au Kasaï-Occidental. *Zaire-Afr. Économie Cult. Vie Soc.* 1989, 29, 511–519. <https://www.africabib.org/rec.php?RID=058809805&DB=p>
- Klunder, H.; Wolkers-Rooijackers, J.; Korpela, J.M.; Nout, M.R. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control* 2012, 26, 628–631. https://www.researchgate.net/publication/239849938_Microbiological_aspects_of_processing_and_storage_of_edible_insects
- Koletzko B, Brands B, Poston L, Godfrey K, Demmelmair H. Early nutrition programming of long-term health. *Proc. Nutr. Soc.* 2012, 71, 371–378. <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-nutrition-society/article/early-nutrition-programming-of-longterm-health/19DDCF67F9636819A6AF5E0CC38C14A4>
- Kominiarek MA, Rajan P. Nutrition Recommendations in Pregnancy and Lactation. *Med Clin North Am.* 2016;100(6):1199-1215. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5104202/>
- Krajcovicová-Kudláčková, M., Simoncic, R., Béderová, A., Babinská, K., & Béder, I. (2000). Correlation of carnitine levels to methionine and lysine intake. *Physiological research*, 49(3), 399–402. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11043928/>
- Krieger, J.; Park, B. W.; Lambert, C. R.; Malcuit, C. 3D Skeletal Muscle Fascicle Engineering Is Improved with TGF-β1 Treatment of Myogenic Cells and Their Co-Culture with Myofibroblasts. *PeerJ* 2018, 2018 (7). <https://doi.org/10.7717/peerj.4939>
- Kritz, H., Zielinski, C., & Sinzinger, H. (1996). Low cholesterol and cancer. *Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology*, 14(11), 3043–3048. <https://doi.org/10.1200/JCO.1996.14.11.3043>
- Kröger T, Dupont J, Büsing L, Fiebelkorn F. Acceptance of Insect-Based Food Products in Western Societies: A Systematic Review. *Front Nutr.* 2022;8:759885. Published 2022 Feb 21. <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2021.759885/full>
- Kröncke, N., Grebenteuch, S., Keil, C., Demtröder, S., Kroh, L., Thünemann, A. F., Benning, R., & Haase, H. (2019). Effect of Different Drying Methods on Nutrient Quality of the Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 10(4), 84. <https://doi.org/10.3390/insects10040084>
- Kundranda, M. N., Henderson, M., Carter, K. J., Gorden, L., Binhazim, A., Ray, S., Baptiste, T., Shokrani, M., Leite-Browning, M. L., Jahnke-Dechent, W., Matrisian, L. M., & Ochieng, J. (2005). The serum glycoprotein fetuin-A promotes Lewis lung carcinoma tumorigenesis via adhesive-dependent and adhesive-independent mechanisms. *Cancer research*, 65(2), 499–506. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15695392/>
- Kuo, H. H., Gao, X., DeKeyser, J. M., Fetterman, K. A., Pinheiro, E. A., Weddle, C. J., Fonoudi, H., Orman, M. V., Romero-Tejeda, M., Jouni, M., Blancard, M., Magdy, T., Epting, C. L., George, A. L., Jr, & Burridge, P. W. (2020). Negligible-Cost and Weekend-Free Chemically Defined Human iPSC Culture. *Stem cell reports*, 14(2), 256–270. <https://doi.org/10.1016/j.stemcr.2019.12.007>
- Lähteenmäki-Uutela, A.; Marimuthu, S.; Meijer, N. Regulations on insects as food and feed: A global comparison. *J. Insects Food Feed*. 2021, 7, 849–856.



https://www.researchgate.net/publication/350976850_Regulations_on_insects_as_food_and_feed_a_global_comparison

- Laidlaw, S.A.; Grosvenor, M.; Kopple, J.D. The taurine content of common foodstuffs. JPEN J. Parenter. Enter. Nutr. 1990, 14, 183–188.
<https://aspenjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1177/0148607190014002183>
- Lall S.P., Anderson S. Amino acid nutrition of salmonids: Dietary requirements and bioavailability. In : Montero D. (ed.), Basurco B. (ed.), Nengas I. (ed.), Alexis M. (ed.), Izquierdo M. (ed.). Mediterranean fish nutrition. Zaragoza : CIHEAM, 2005. p. 73-90 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 63)
<https://om.ciheam.org/om/pdf/c63/05600068.pdf>
- Lara-Villoslada F, Olivares M, Xaus J. The balance between caseins and whey proteins in cow's milk determines its allergenicity. *J Dairy Sci.* 2005 May;88(5):1654-60.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002203020572837X>
- Lazou AE, Revelou P-K, Kougiumtzoglou S, et al. Cultured meat: A survey of awareness among Greek consumers. *AIMS Agriculture and Food*, 2024, 9(1): 356-373. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2024021>
- Le Huërou-Luron I, Lemaire M and Blat S. Health benefits of dairy lipids and MFGM in infant formula. *OCL* 2018, 25(3), D306 Review. <https://www.ocl-journal.org/articles/ocl/pdf/2018/03/ocl180019s.pdf>
- Lenders CM, Liu S, Wilmore DW, et al. Evaluation of a novel food composition database that includes glutamine and other amino acids derived from gene sequencing data. *Eur J Clin Nutr.* 2009;63(12):1433-1439. <https://www.nature.com/articles/ejcn2009110>
- Lesgards, J. F., Lehucher-Michel, M. P., Vidal, N., Prost, M., & Stocker, P. (2005). Assessment of antioxidative activity of lipid- and water-soluble vitamins in human whole blood. Comparative analysis between a biological test and chemical methods. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition*, 75(1), 11–18. <https://doi.org/10.1024/0300-9831.75.1.11>
- Leung, W., Singh, I., McWilliams, S., Stockler, S., Ipsiroglu, O.S., 2020. Iron deficiency and sleep – A scoping review. *Sleep Medicine Reviews* 51, 101274.
linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1087079220300174
- Lewkowski, MD, Ditto B, Roussos M and Young SN. (2003) Sweet taste and blood pressure-related analgesia. *Pain* 106, 181–186.
https://journals.lww.com/pain/abstract/2003/11000/sweet_taste_and_blood_pressure_related_analgesia.24.aspx
- Lewkowski MD, Young SN, Ghosh S, Ditto B. Effects of opioid blockade on the modulation of pain and mood by sweet taste and blood pressure in young adults. *Pain.* 2008 Mar;135(1-2):75-81.
https://journals.lww.com/pain/abstract/2008/03000/effects_of_opioid_blockade_on_the_modulation_of.12.aspx
- Lewis, S.M., Emmanuel, J.C., 2010. 17. Global concept of iron deficiency, dans : *Iron Deficiency and Overload. From Basic biology to clinical medicine*. New York, NY : Springer. 229-312.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-59745-462-9>
- Li, X.; Zhang, G.; Zhao, X.; Zhou, J.; Du, G.; Chen, J. A Conceptual Air-Lift Reactor Design for Large Scale Animal Cell Cultivation in the Context of in Vitro Meat Production. *Chemical Engineering Science* 2020, 211. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115269>
- Lichtenstein AH, Jones PJH. Lipids: absorption and transport. In: Erdman JW, Macdonald IA, Zeisel SH, eds. *Present Knowledge in Nutrition*. 10th ed. Washington, DC: Wiley-Blackwell; 2012:118-31.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119946045.ch9>



- Lim Taehwan; Chang, H; Saad, MK.; Joyce, CM.; Park, B; O'Beirne SX.; et al. (2024). Development of Serum-Reduced Medium for Mackerel Muscle Cell Line Cultivation. ACS Publications. Collection. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c03345>
- London Daily. Siemens AG Chairman calls on one billion people to "stop eating meat" to "combat climate change" at Klaus Schwab's World Economic Forum. 9 September, 2025. <https://londondaily.com/siemens-ag-chairman-calls-on-one-billion-people-to-stop-eating-meat-to-combat-climate-change-at-klaus-schwab-s-world?utm>
- Lu, S.-Y., 2019. IRON DEFICIENCY PREDISPOSES TO ORAL MUCOSA ALTERATIONS AND CANDIDA INFECTION. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology 128 (1), e31-e32. https://www.researchgate.net/publication/334144579_IRON_DEFICIENCY_PREDISPOSES_TO_ORAL_MUCOSA_ALTERATIONS_AND_CANDIDA_INFECTION
- Luo J, Frank D, Arcot J. Creating alternative seafood flavour from non-animal ingredients: a review of key flavour molecules relevant to seafood. Food Chem., 22 (2024), Article 101400. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157524002876>
- Malhotra, A., & Lakade, A. (2025). Analytical Review on Nutritional Deficiencies in Vegan Diets: Risks, Prevention, and Optimal Strategies. Journal of the American Nutrition Association, 44(6), 545–555. <https://doi.org/10.1080/27697061.2025.2461218>
- Marcadé S. Un Français sur cinq se dit prêt à manger des insectes. novembre 19, 2021. https://fr.yougov.com/consumer/articles/39524-1-francais-sur-5-se-dit-pret-manger-des-insectes?utm_
- Martin, C. R., Ling, P. R., & Blackburn, G. L. (2016). Review of Infant Feeding: Key Features of Breast Milk and Infant Formula. Nutrients, 8(5), 279. <https://doi.org/10.3390/nu8050279>
- Mathai, J. K., Liu, Y., & Stein, H. H. (2017). Values for digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) for some dairy and plant proteins may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). The British journal of nutrition, 117(4), 490–499. <https://doi.org/10.1017/S0007114517000125>
- Mazoyer M, Roudart L. Histoire des agricultures du monde : du néolithique à la crise contemporaine. Ed. du Seuil, 699 p., 2002, 978-2-0205-3061-3. ([hal-02826757](https://hal.inrae.fr/hal-02826757)) <https://hal.inrae.fr/hal-02826757>
- Mazzocchi, A., D'Oria, V., De Cosmi, V., Bettocchi, S., Milani, G. P., Silano, M., & Agostoni, C. (2018). The Role of Lipids in Human Milk and Infant Formulae. Nutrients, 10(5), 567. <https://doi.org/10.3390/nu10050567>
- Mbow, C., C. Rosenzweig, L.G. Barioni, T.G. Benton, M. Herrero, M. Krishnapillai, E. Liwenga, P. Pradhan, M.G. RiveraFerre, T. Sapkota, F.N. Tubiello, Y. Xu, 2019: Food Security Supplementary Material. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. MassonDelmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/IPCCJ7230-Land_SM5_200226.pdf
- McPhillips LJ, Carlson Z, MacDonald JC, et al. 211 Greenhouse Gas Emissions from Two Beef Systems from Birth to Slaughter in Eastern Nebraska. J Anim Sci. 2022;100(Suppl 2):102. Published 2022 Apr 12. https://academic.oup.com/jas/article/100/Supplement_2/102/6567055
- Meat Institute, Media Advisory: Meat, dairy experts advance climate, food security solutions at COP28. 30 November, 2023) <https://www.meatinstitute.org/press/media-advisory-meat-dairy-experts-advance-climate-food-security-solutions-cop28>
- Meng, S. J., & Yu, L. J. (2010). Oxidative stress, molecular inflammation and sarcopenia. International journal of molecular sciences, 11(4), 1509–1526. <https://doi.org/10.3390/ijms11041509>



- Mahrshahi S, Battistutta D, Magarey A, Daniels LA. Determinants of rapid weight gain during infancy: baseline results from the NOURISH randomised controlled trial. *BMC Pediatr.* 2011; 11, 99. <https://bmcpediatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2431-11-99>
- Mills S, Ross RP, Hill C, et al. Milk intelligence: mining milk for bioactive substances associated with human health. *Int Dairy J* 2011; 21:377–401. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694611000021>
- Miles, E. A., & Calder, P. C. (2017). The influence of the position of palmitate in infant formula triacylglycerols on health outcomes. *Nutrition research* (New York, N.Y.), 44, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2017.05.009>
- Miqdady, M., Al Mistarihi, J., Azaz, A., & Rawat, D. (2020). Prebiotics in the Infant Microbiome: The Past, Present, and Future. *Pediatric gastroenterology, hepatology & nutrition*, 23(1), 1–14. <https://doi.org/10.5223/pghn.2020.23.1.1>
- Minár, M., Košutská, Z., Habánová, H., Rusňák, I., Planck, K., & Valkovič, P. (2015). Restless legs syndrome in pregnancy is connected with iron deficiency. *Sleep medicine*, 16(5), 589–592. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.11.023>
- Mishkind, M., Keegstra, K., & Palevitz, B. A. (1980). Distribution of wheat germ agglutinin in young wheat plants. *Plant physiology*, 66(5), 950–955. <https://doi.org/10.1104/pp.66.5.950>
- Mogilever, N. B., Pagé, M. G., Solola, A., & Pelling, A. E. (2025). The creation and validation of a fully animal component-free media for select adherent cell types. *Integrative biology : quantitative biosciences from nano to macro*, 17, zyaf009. <https://doi.org/10.1093/intbio/zyaf009>
- Moncrieff J, Cooper RE, Stockmann T, et al. (2022) The serotonin theory of depression: A systematic umbrella review of the evidence. *Mol Psychiatry*: 1–14. <https://www.nature.com/articles/s41380-022-01661-0>
- Mondragon Portocarrero, A.d.C.; Lopez-Santamarina, A.; Lopez, P.R.; Ortega, I.S.I.; Duman, H.; Karav, S.; Miranda, J.M. Substitutive Effects of Milk vs. Vegetable Milk on the Human Gut Microbiota and Implications for Human Health. *Nutrients* 2024, 16, 3108. <https://doi.org/10.3390/nu16183108>
- Morimoto, K. C., Van Eenennaam, A. L., DePeters, E. J., & Medrano, J. F. (2005). Endogenous production of n-3 and n-6 fatty acids in mammalian cells. *Journal of dairy science*, 88(3), 1142–1146. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72780-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72780-6)
- Moro G, Boehm G. Clinical outcomes of prebiotic intervention trials during infancy: a review. *Functional Food Rev.* 2012;4:101–113. <https://www.semanticscholar.org/paper/Clinical-Outcomes-of-Prebiotic-Intervention-Trials-Moro-Boehm/002e9ab6c952e82c35a8853eb128bcaf912f3a85>
- Morris, P. C., Maddock, S. E., Jones, M. G., & Bowles, D. J. (1985). Changes in the levels of wheat- and barley-germ agglutinin during embryogenesis in vivo, in vitro and during germination. *Planta*, 166(3), 407–413. <https://doi.org/10.1007/BF00401180>
- Mosca, F., & Gianni, M. L. (2017). Human milk: composition and health benefits. *La Pediatria medica e chirurgica : Medical and surgical pediatrics*, 39(2), 155. <https://doi.org/10.4081/pmc.2017.155>
- Mota, J. O., Tounian, P., Guillou, S., Pierre, F., & Membré, J. M. (2019). Estimation of the Burden of Iron Deficiency Anemia in France from Iron Intake: Methodological Approach. *Nutrients*, 11(9), 2045. <https://doi.org/10.3390/nu11092045>
- Murphy, S. P., & Allen, L. H. (2003). Nutritional importance of animal source foods. *The Journal of nutrition*, 133(11 Suppl 2), 3932S–3935S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3932S>
- Musundire, R., Zvidzai, C.J., Chidewe, C. et al. Nutrient and anti-nutrient composition of *Henicus whellani* (Orthoptera: Stenopelmatidae), an edible ground cricket, in south-eastern Zimbabwe. *Int J Trop Insect Sci* 34, 223–231 (2014). <https://doi.org/10.1017/S1742758414000484>



- [Mysels DJ, Sullivan MA.](#)
The relationship between opioid and sugar intake: review of evidence and clinical applications. [J Opioid Manag.](#) 2010 Nov-Dec;6(6):445-52. <https://wmpllc.org/ojs/index.php/jom/article/view/914>
- Navarro del Hierro J., Herrera T., Fornari T., Reglero G., Martín D. The gastrointestinal behavior of saponins and its significance for their bioavailability and bioactivities. *Journal of Functional Foods.* 2018;40:484–497. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464617307041>
- Nayak, B. N., Singh, R. B., & Buttar, H. S. (2019). Role of tryptophan in health and disease: Systematic review of the anti-oxidant, anti-inflammation, and nutritional aspects of tryptophan and its metabolites. *World Heart Journal*, 11(2), 161–178. <https://doi.org/10.5195/whj.2019.484>
- New Hope. Meatable raises \$47M Series A to continue scaling trajectory and expand its product portfolio with beef. March 24, 2021. <https://www.newhope.com/investments/meatable-raises-47m-series-a-to-continue-scaling-trajectory-and-expand-its-product-portfolio-with-beef>
- Nesi C, New York Post. Massive stretch of Amazon rainforest destroyed for upcoming COP30 climate summit's 4-lane highway: 'This is a loss'. March 12, 2025. <https://nypost.com/2025/03/12/world-news/amazon-rainforest-destroyed-to-build-road-for-climate-summit/?utm>
- Niassy, S., Omuse, E. R., Roos, N., Halloran, A., Eilenberg, J., Egonyu, J. P., Tanga, C., Meutchieye, F., Mwangi, R., Subramanian, S., Musundire, R., Nkunika, P. O. Y., Anankware, J. P., Kinyuru, J., Yusuf, A., & Ekesi, S. (2022). Safety, regulatory and environmental issues related to breeding and international trade of edible insects in Africa. *Safety, regulatory and environmental issues related to breeding and international trade of edible insects in Africa. Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 41(1), 117–131. <https://doi.org/10.20506/rst.41.1.3309>
- NIH. Omega-3 Fatty Acids. Fact Sheet for Health Professionals. Updated: August 22, 2025. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-HealthProfessional/>
- Nikkhah, A., Rohani, A., Zarei, M., Kulkarni, A., Batareseh, F. A., Blackstone, N. T., et al. (2023). Toward sustainable culture media: using artificial intelligence to optimize reduced-serum formulations for cultivated meat. *Sci. Total Environ.* 894:164988. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723036112>
- Norat, T., Bingham, S., Ferrari, P., Slimani, N., Jenab, M., Mazuir, M., Overvad, K., Olsen, A., Tjønneland, A., Clavel, F., Boutron-Ruault, M. C., Kesse, E., Boeing, H., Bergmann, M. M., Nieters, A., Linseisen, J., Trichopoulou, A., Trichopoulos, D., Tountas, Y., Berrino, F., ... Riboli, E. (2005). Meat, fish, and colorectal cancer risk: the European Prospective Investigation into cancer and nutrition. *Journal of the National Cancer Institute*, 97(12), 906–916. <https://doi.org/10.1093/jnci/dji164>
- Nowson, C.; O'Connell, S. Protein Requirements and Recommendations for Older People: A Review. *Nutrients* 2015, 7, 6874-6899. <https://doi.org/10.3390/nu7085311>
- Nosworthy, M. G., Medina, G., Franczyk, A. J., Neufeld, J., Appah, P., Utioh, A., Frohlich, P., & House, J. D. (2018). Effect of Processing on the In Vitro and In Vivo Protein Quality of Beans (*Phaseolus vulgaris* and *Vicia Faba*). *Nutrients*, 10(6), 671. <https://doi.org/10.3390/nu10060671>
- Nyunoya, H., Kawagoe, R., Ishibashi, Y. et al. Evaluation of the n-3 PUFA synthetic ability of cell lines established from fish living in diverse water habitats. *Fish Sci* 91, 361–372 (2025). <https://doi.org/10.1007/s12562-025-01853-x>
- O'Connor A, Sept. 12, 2016. How the Sugar Industry Shifted Blame to Fat. http://www.nytimes.com/2016/09/13/well/eat/how-the-sugar-industry-shifted-blame-to-fat.html?_r=0
- Ocklenburg, S., and Borawski, J. (2021). Vegetarian diet and depression scores: A meta-analysis. *Journal of affective disorders*, 294, 813–815. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.07.098>



- Ogawa, S., Fujii, T., Koga, N., Hori, H., Teraishi, T., Hattori, K., Noda, T., Higuchi, T., Motohashi, N., & Kunugi, H. (2014). Plasma L-tryptophan concentration in major depressive disorder: new data and meta-analysis. *The Journal of clinical psychiatry*, 75(9), e906–e915. <https://doi.org/10.4088/JCP.13r08908>
- Ojha, S.; Bekhit, A.E.-D.; Grune, T.; Schlüter, O.K. Bioavailability of nutrients from edible insects. *Curr. Opin. Food Sci.* 2021, 41, 240–248. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799321001156>
- Ong, K. J., Johnston, J., Datar, I., Sewalt, V., Holmes, D., & Shatkin, J. A. (2021). Food safety considerations and research priorities for the cultured meat and seafood industry. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(6), 5421–5448. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12853>
- Oonincx, D. G. A. B., Laurent, S., Veenenbos, M. E., & van Loon, J. J. A. (2020). Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. *Insect science*, 27(3), 500–509. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12669>
- Osimani, A., Milanović, V., Garofalo, C., Cardinali, F., Roncolini, A., Sabbatini, R., De Filippis, F., Ercolini, D., Gabucci, C., Petruzzelli, A., Tonucci, F., Clementi, F., & Aquilanti, L. (2018). Revealing the microbiota of marketed edible insects through PCR-DGGE, metagenomic sequencing and real-time PCR. *International journal of food microbiology*, 276, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.013>
- Osimani, A.; Aquilanti, L. Spore-forming bacteria in insect-based foods. *Curr. Opin. Food Sci.* 2021, 37, 112–117. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799320301016>
- Pali-Schöll, I., Meinschmidt, P., Larenas-Linnemann, D., Purschke, B., Hofstetter, G., Rodríguez-Monroy, F. A., Einhorn, L., Mothes-Luksch, N., Jensen-Jarolim, E., & Jäger, H. (2019). Edible insects: Cross-recognition of IgE from crustacean- and house dust mite allergic patients, and reduction of allergenicity by food processing. *The World Allergy Organization journal*, 12(1), 100006. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2018.10.001>
- Parmenter, B. H., Thompson, A. S., Bondonno, N. P., Jennings, A., Murray, K., Perez-Cornago, A., Hodgson, J. M., Tresserra-Rimbau, A., Kühn, T., & Cassidy, A. (2025). High diversity of dietary flavonoid intake is associated with a lower risk of all-cause mortality and major chronic diseases. *Nature food*, 6(7), 668–680. <https://doi.org/10.1038/s43016-025-01176-1>
- Parsa, N., Taravatmanesh, S., & Trevisan, M. (2018). Is low cholesterol a risk factor for cancer mortality?. *European journal of cancer prevention : the official journal of the European Cancer Prevention Organisation (ECP)*, 27(6), 570–576. <https://doi.org/10.1097/CEJ.0000000000000391>
- Pastore, A., Federici, G., Bertini, E., & Piemonte, F. (2003). Analysis of glutathione: implication in redox and detoxification. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, 333(1), 19–39. [https://doi.org/10.1016/s0009-8981\(03\)00200-6](https://doi.org/10.1016/s0009-8981(03)00200-6)
- Patani R. Generating Diverse Spinal Motor Neuron Subtypes from Human Pluripotent Stem Cells. *Stem Cells Int.* 2016;2016:1036974. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2016/1036974>
- Pei, Y.; Deng, Z.; Li, B. Regulation on Aggregation Behavior and In Vitro Digestibility of Phytic Acid–Whey Protein Isolate Complexes: Effects of Heating, pH and Phytic Acid Levels. *Foods* 2024, 13, 3491. <https://doi.org/10.3390/foods13213491>
- Pener, M.P. Allergy to crickets: A review. *J. Orthoptera Res.* 2016, 25, 91–95. https://www.researchgate.net/publication/311971588_Allergy_to_Crickets_A_Review
- Pomés, A., Mueller, G. A., Randall, T. A., Chapman, M. D., & Arruda, L. K. (2017). New Insights into Cockroach Allergens. *Current allergy and asthma reports*, 17(4), 25. <https://doi.org/10.1007/s11882-017-0694-1>
- Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)). <https://doi.org/10.1017/9781009157988.007> <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>



- Pinckaers, P. J., Domić, J., Petrick, H. L., Holwerda, A. M., Trommelen, J., Hendriks, F. K., Houben, L. H., Goessens, J. P., van Kranenburg, J. M., Senden, J. M., de Groot, L. C., Verdijk, L. B., Snijders, T., & van Loon, L. J. (2024). Higher Muscle Protein Synthesis Rates Following Ingestion of an Omnivorous Meal Compared with an Isocaloric and Isonitrogenous Vegan Meal in Healthy, Older Adults. *The Journal of nutrition*, 154(7), 2120–2132. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.11.004>
- Phillips, S. M., Chevalier, S., & Leidy, H. J. (2016). Protein "requirements" beyond the RDA: implications for optimizing health. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 41(5), 565–572. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0550>
- Phillips S. M. (2016). The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition & metabolism*, 13, 64. <https://doi.org/10.1186/s12986-016-0124-8>
- Phillips S. M. (2017). Current Concepts and Unresolved Questions in Dietary Protein Requirements and Supplements in Adults. *Frontiers in nutrition*, 4, 13. <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00013>
- Plotnikoff, G. A., Dobberstein, L., & Raatz, S. (2023). Nutritional Assessment of the Symptomatic Patient on a Plant-Based Diet: Seven Key Questions. *Nutrients*, 15(6), 1387. <https://doi.org/10.3390/nu15061387>
- Plourde, M., & Cunnane, S. C. (2007). Extremely limited synthesis of long chain polyunsaturates in adults: implications for their dietary essentiality and use as supplements. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 32(4), 619–634. <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/H07-034>
- Post M. J. (2014). Cultured beef: medical technology to produce food. *Journal of the science of food and agriculture*, 94(6), 1039–1041. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6474>
- Prentice PM, Schoemaker MH, Vervoort J, Hettinga K, Lambers TT, van Tol EAF, Acerini CL, Olga L, Petry CJ, Hughes IA, Koulman A, Ong KK, Dunger DB. Human Milk Short-Chain Fatty Acid Composition is Associated with Adiposity Outcomes in Infants. *J Nutr*. 2019 May 1;149(5):716-722. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622166071?via%3Dihub>
- Preston D, The Verge. Meatly lab-grown meat dog food treats go on sale in UK. 2024. Disponible sur : <https://www.theverge.com/news/607310/meatly-lab-grown-meat-dog-food-treat-pets-at-home-uk>
- Puck TT, Cieciora SJ, Robinson A. Genetics of somatic mammalian cells. III. Long-term cultivation of euploid cells from human and animal subjects. *J Exp Med*. 1958;108(6):945-956. <https://rupress.org/jem/article-abstract/108/6/945/2589/GENETICS-OF-SOMATIC-MAMMALIAN-CELLS-III-LONG-TERM?redirectedFrom=fulltext>
- Qian, L.; Deng, P.; Chen, F.; Cao, Y.; Sun, H.; Liao, H. The exploration and utilization of functional substances in edible insects: A review. *Food Prod. Process. Nutr*. 2022, 4, 11. <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-022-00090-4#citeas>
- Qin, Z., Ji, A., Yan, M., Liu, D., Li, X., Hu, X., & Zhang, Z. (2025). Establishment of the first marine mollusk cell line from scallop (*Chlamys farreri*) trochophore. *Aquaculture Reports*, 40, Article 102626. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102626>
- Patterson E, Wall R, Fitzgerald GF, Ross RP, Stanton C. Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated Fatty acids. *J Nutr Metab*. 2012;2012:539426. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2012/539426>
- Péneau, S., Dauchet, L., Vergnaud, A. C., Estaquio, C., Kesse-Guyot, E., Bertrais, S., Latino-Martel, P., Hercberg, S., & Galan, P. (2008). Relationship between iron status and dietary fruit and vegetables based on their vitamin C and fiber content. *The American journal of clinical nutrition*, 87(5), 1298–1305. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.5.1298>



- Ponnampalam, E.N.; Sinclair, A.J.; Holman, B.W.B. The Sources, Synthesis and Biological Actions of Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids in Red Meat: An Overview. *Foods* 2021, 10, 1358. <https://doi.org/10.3390/foods10061358>
- Quan, L., Baah, N. G., Zhang, C. J., Meng, B., & Han, H. (2025). Sustainable values of cultured meat: food innovation and customer behaviors in the restaurant sector. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 42(9), 1182–1203. <https://doi.org/10.1080/10548408.2025.2573425>
- Radošević, K., Dukić, B., Andlar, M., Slivac, I., & Gaurina Srček, V. (2016). Adaptation and cultivation of permanent fish cell line CCO in serum-free medium and influence of protein hydrolysates on growth performance. *Cytotechnology*, 68(1), 115–121. <https://doi.org/10.1007/s10616-014-9760-x>
- Ramakrishnan, V.V., Hossain, A., Dave, D. et al. Salmon processing discards: a potential source of bioactive peptides – a review. *Food Prod Process and Nutr* 6, 22 (2024). <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00197-2>
- Ramsden, C. E., Zamora, D., Leelarthaepin, B., Majchrzak-Hong, S. F., Faurot, K. R., Suchindran, C. M., Ringel, A., Davis, J. M., & Hibbeln, J. R. (2013). Use of dietary linoleic acid for secondary prevention of coronary heart disease and death: evaluation of recovered data from the Sydney Diet Heart Study and updated meta-analysis. *BMJ (Clinical research ed.)*, 346, e8707. <https://doi.org/10.1136/bmj.e8707>
- Rana, S.K.; Sanders, T.A. Taurine concentrations in the diet, plasma, urine and breast milk of vegans compared with omnivores. *Br. J. Nutr.* 1986, 56, 17–27. <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/taurine-concentrations-in-the-diet-plasma-urine-and-breast-milk-of-vegans-compared-with-omnivores/57EF109C7DCF9067E72C751B6F6D8874>
- Rasmussen, C.J. (2008). Nutritional Supplements for Endurance Athletes. In: *Nutritional Supplements in Sports and Exercise*. Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-231-1_11
- Ribeiro, J. C., Cunha, L. M., Sousa-Pinto, B., & Fonseca, J. (2018). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Molecular nutrition & food research*, 62(1), 10.1002/mnfr.201700030. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700030>
- Regnault, T. R., Gentili, S., Sarr, O., Toop, C. R., & Sloboda, D. M. (2013). Fructose, pregnancy and later life impacts. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, 40(11), 824–837. <https://doi.org/10.1111/1440-1681.12162>
- Rieu, I., Balage, M., Sornet, C., Giraudet, C., Pujos, E., Grizard, J., Mosoni, L., & Dardevet, D. (2006). Leucine supplementation improves muscle protein synthesis in elderly men independently of hyperaminoacidaemia. *The Journal of physiology*, 575(Pt 1), 305–315. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.110742>
- Rieu, I., Balage, M., Sornet, C., Debras, E., Ripes, S., Rochon-Bonhomme, C., Pouyet, C., Grizard, J., & Dardevet, D. (2007). Increased availability of leucine with leucine-rich whey proteins improves postprandial muscle protein synthesis in aging rats. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 23(4), 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2006.12.013>
- Risner D, Kim Y, Nguyen C, Siegel JB, Spang ES. Environmental impacts of cultured meat: A cradle-to-gate life cycle assessment. *bioRxiv* 2023.04.21.537778. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.04.21.537778v1>
- Ruales, J., de Grijalva, Y., Lopez-Jaramillo, P., & Nair, B. M. (2002). The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in undernourished children. *International journal of food sciences and nutrition*, 53(2), 143–154. <https://doi.org/10.1080/09637480220132157>



- Ruhé, H. G., Mason, N. S., & Schene, A. H. (2007). Mood is indirectly related to serotonin, norepinephrine and dopamine levels in humans: a meta-analysis of monoamine depletion studies. *Molecular psychiatry*, 12(4), 331–359. <https://doi.org/10.1038/si.mp.4001949>
- Ruiz RG, Price KR, Arthur AE, Rose ME, Rhodes MJ, Fenwick RG. Effect of soaking and cooking on saponin content and composition of chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*). *J Agric Food Chem* 1996;44:1526-30. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=645104>
- Rutherford, S. M., Fanning, A. C., Miller, B. J., & Moughan, P. J. (2015). Protein digestibility-corrected amino acid scores and digestible indispensable amino acid scores differentially describe protein quality in growing male rats. *The Journal of nutrition*, 145(2), 372–379. <https://doi.org/10.3945/jn.114.195438>
- Rzehak, P., Oddy, W. H., Mearin, M. L., Grote, V., Mori, T. A., Szajewska, H., Shamir, R., Koletzko, S., Weber, M., Beilin, L. J., Huang, R. C., Koletzko, B., & WP10 working group of the Early Nutrition Project (2017). Infant feeding and growth trajectory patterns in childhood and body composition in young adulthood. *The American journal of clinical nutrition*, 106(2), 568–580. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.140962>
- Sahu, P., Thippeswamy, H., & Chaturvedi, S. K. (2022). Neuropsychiatric manifestations in vitamin B12 deficiency. *Vitamins and hormones*, 119, 457–470. <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2022.01.001>
- Salgado, P., Montagne, L., Freire, J.P.B., Ferreira, R.B., Teixeira, A., Bento, O., Abreu, M.C., Toullec, R. and Lalles, J.P. (2002) Legume grain enhances ileal losses of specific endogenous serine-protease proteins in weaned pigs. *Journal of Nutrition* 132, 1913-1920. https://www.researchgate.net/publication/323813495_Disability-Adjusted_Life_Years
- Salazar, A., Keusgen, M., & von Hagen, J. (2016). Amino acids in the cultivation of mammalian cells. *Amino acids*, 48(5), 1161–1171. <https://doi.org/10.1007/s00726-016-2181-8>
- Salomon, J.A., 2014. Disability-Adjusted Life Years, dans : Culyer, A.J. (Éd.), *Encyclopedia of Health Economics*. San Diego : Elsevier. 200-203.
- Sarter, B., Kelsey, K. S., Schwartz, T. A., & Harris, W. S. (2015). Blood docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in vegans: Associations with age and gender and effects of an algal-derived omega-3 fatty acid supplement. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 34(2), 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.03.003>
- Sauer WC & Ozimek L (1986) Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A review. *Livest Prod Sci* 15, 367–388. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/030162268690076X>
- Saunders, A. V., Davis, B. C., & Garg, M. L. (2013). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and vegetarian diets. *The Medical journal of Australia*, 199(S4), S22–S26. <https://doi.org/10.5694/mja11.11507>
- Savino F, Cresi F, Maccario S, Cavallo F, Dalmasso P, Fanaro S, et al. “Minor” feeding problems during the first months of life: effect of a partially hydrolysed milk formula containing fructo- and galacto-oligosaccharides. *Acta Paediatr Suppl.* 2003;91:86–90. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1651-2227.2003.tb00653.x>
- Schaafsma G. (2000). The protein digestibility-corrected amino acid score. *The Journal of nutrition*, 130(7), 1865S–7S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.7.1865S>
- Scollan, N. D., Dannenberger, D., Nuernberg, K., Richardson, I., MacKintosh, S., Hocquette, J. F., & Moloney, A. P. (2014). Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat science*, 97(3), 384–394. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.015>
- Schaefer, G. O., & Savulescu, J. (2014). The Ethics of Producing In Vitro Meat. *Journal of applied philosophy*, 31(2), 188–202. <https://doi.org/10.1111/japp.12056>



- Schafer, F. Q., & Buettner, G. R. (2001). Redox environment of the cell as viewed through the redox state of the glutathione disulfide/glutathione couple. *Free radical biology & medicine*, 30(11), 1191–1212. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(01\)00480-4](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(01)00480-4)
- Schmidt, J. A., Rinaldi, S., Scalbert, A., Ferrari, P., Achaintre, D., Gunter, M. J., Appleby, P. N., Key, T. J., & Travis, R. C. (2016). Plasma concentrations and intakes of amino acids in male meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans: a cross-sectional analysis in the EPIC-Oxford cohort. *European journal of clinical nutrition*, 70(3), 306–312. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.144>
- Schnellbaecher, A., Binder, D., Bellmaine, S., & Zimmer, A. (2019). Vitamins in cell culture media: Stability and stabilization strategies. *Biotechnology and bioengineering*, 116(6), 1537–1555. <https://doi.org/10.1002/bit.26942>
- Schönfeldt HC, van Heerden SM, Sainsbury J and Gibson N. Nutrient content of uncooked and cooked meat from South African classes A2 lamb and C2 mutton. *South African Journal of Animal Science* 2011, 41 (no 2). https://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-15892011000200009
- Schrögel, P.; Wätjen, W. Insects for Food and Feed-Safety Aspects Related to Mycotoxins and Metals. *Foods* 2019, 8, 288. <https://doi.org/10.3390/foods8080288>
- Schulz, J. B., Lindenau, J., Seyfried, J., & Dichgans, J. (2000). Glutathione, oxidative stress and neurodegeneration. *European journal of biochemistry*, 267(16), 4904–4911. <https://doi.org/10.1046/j.1432-1327.2000.01595.x>
- Seyedalmoosavi, M.M.; Mielenz, M.; Veldkamp, T.; Daş, G.; Metges, C.C. Growth efficiency, intestinal biology, and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species: A review. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2022, 13, 31. <https://iasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-022-00682-7>
- Shima, A.; Itou, A.; Takeuchi, S. Cell Fibers Promote Proliferation of Co-Cultured Cells on a Dish. *Scientific Reports* 2020, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57213-0>
- Simopoulos A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 56(8), 365–379. [https://doi.org/10.1016/s0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/s0753-3322(02)00253-6)
- Singapore Food Agency. Singapore becomes first country to sell lab-grown meat directly to the general public. Genetic Literacy Project. 30 juillet 2024. Disponible sur : <https://geneticliteracyproject.org/2024/07/30/singapore-becomes-first-country-to-sell-lab-grown-meat-directly-to-the-general-public/>
- Sinke, P., Swartz, E., Sanctorum, H. et al. Ex-ante life cycle assessment of commercial-scale cultivated meat production in 2030. *Int J Life Cycle Assess* 28, 234–254 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02128-8>
- Skiver R, Green Matters. Where Is Lab-Grown Meat Legal? The Full List. 17 juillet 2023. Disponible sur : <https://www.greenmatters.com/food/where-is-lab-grown-meat-legal>
- Soh NL, Walter G. Tryptophan and depression: can diet alone be the answer? *Acta Neuropsychiatrica* 2011; 23: 3–11. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5215.2010.00508.x>
- Soto, A., Martín, V., Jiménez, E., Mader, I., Rodríguez, J. M., & Fernández, L. (2014). Lactobacilli and bifidobacteria in human breast milk: influence of antibiotherapy and other host and clinical factors. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 59(1), 78–88. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000000347>
- Springmann, M., Clark, M. A., Rayner, M., Scarborough, P., & Webb, P. (2021). The global and regional costs of healthy and sustainable dietary patterns: a modelling study. *The Lancet. Planetary health*, 5(11), e797–e807. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00251-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00251-5)



- Stanley I. Rapoport, Jagadeesh S. Rao and Miki Igarashi; Regulation by diet and liver of brain metabolism of nutritionally essential polyunsaturated fatty acids. OCL 2007 ; 14(3-4) : 216–223. <https://www.ocl-journal.org/articles/ocl/pdf/2007/03/ocl2007143-4p216.pdf>
- Stephens, N.; King, E.; Lyall, C. Blood, Meat, and Upscaling Tissue Engineering: Promises, Anticipated Markets, and Performativity in the Biomedical and Agri-Food Sectors. BioSocieties 2018, 13 (2), 368–388. <https://doi.org/10.1057/s41292-017-0072-1>
- Stout, A. J., Mirliani, A. B., Rittenberg, M. L., Shub, M., White, E. C., Yuen, J. S. K., et al. (2022). Simple and effective serum-free medium for sustained expansion of bovine satellite cells for cell cultured meat. Commun. Biol. 5, 466. <https://www.nature.com/articles/s42003-022-03423-8>
- Stout, A. J., Rittenberg, M. L., Shub, M., Saad, M. K., Mirliani, A. B., Dolgin, J., & Kaplan, D. L. (2023). A Beefy-R culture medium: Replacing albumin with rapeseed protein isolates. Biomaterials, 296, 122092. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2023.122092>
- Strobel, C., Jahreis, G. & Kuhnt, K. Survey of n- 3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in fish and fish products. Lipids Health Dis 11, 144 (2012). <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-144>
- Suárez López, M. M.; Kizlansky, A.; López, L. B. (January 2006). "[Assessment of protein quality in foods by calculating the amino acids score corrected by digestibility]". Nutricion Hospitalaria. 21 (1): 47–51. https://www.researchgate.net/publication/7216079_Assessment_of_protein_quality_in_foods_by_calculating_the_amino_acids_score_corrected_by_digestibility
- Summers KM, Bush SJ, Wu C, Su AI, Muriuki C, Clark EL, Finlayson HA, Eory L, Waddell LA, Talbot R, Archibald AL and Hume DA (2020) Functional Annotation of the Transcriptome of the Pig, *Sus scrofa*, Based Upon Network Analysis of an RNAseq Transcriptional Atlas. Front. Genet. 10:1355. <https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/10.3389/fgene.2019.01355/full?utm>
- Světnička, M., Heniková, M., Selinger, E. et al. Prevalence of iodine deficiency among vegan compared to vegetarian and omnivore children in the Czech Republic: cross-sectional study. Eur J Clin Nutr 77, 1061–1070 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01312-9>
- Tanne JH. Meta-analysis says low LDL cholesterol may be associated with greater risk of cancer. BMJ. 2007;335(7612):177. <https://www.bmj.com/content/335/7612/177.2>
- Todaka, E., Sakurai, K., Fukata, H., Miyagawa, H., Uzuki, M., Omori, M., Osada, H., Ikezuki, Y., Tsutsumi, O., Iguchi, T., & Mori, C. (2005). Fetal exposure to phytoestrogens--the difference in phytoestrogen status between mother and fetus. Environmental research, 99(2), 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.11.006>
- Todd P. Whitehead, Catherine Metayer, Joseph L. Wiemels, Amanda W. Singer, and Mark D. Miller. Childhood Leukemia and Primary Prevention. Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care. 2016 Oct; 46(10): 317–352. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1538544216300694?via%3Dihub>
- Trichopoulou, A., Costacou, T., Bamia, C., & Trichopoulos, D. (2003). Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. The New England journal of medicine, 348(26), 2599–2608. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa025039>
- Trumbo, P., Schlicker, S., Yates, A. A., Poos, M., & Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Journal of the American Dietetic Association, 102(11), 1621–1630. [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9)
- Tuomisto, H. L., & de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. Environmental science & technology, 45(14), 6117–6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>



- Ulrich K, Jakob U. The role of thiols in antioxidant systems. *Free Radic Biol Med*. 2019;140:14-27. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584918325425>
- Underwood WJ. Rumen lactic acidosis. Part 1. Epidemiology and pathophysiology. *Compendium Cont Ed Pract Vet* 1992; 14:1127-1133. 72. Underwood WJ. Rumen lactic acidosis. Part II. Clinical signs, diagnosis, treatment, and prevention. *Compendium Cont Ed Pract Vet* 1992; 9: 1265-1270.
- Vaish S, Gupta D, Mehrotra R, Mehrotra S, Basantani MK. Glutathione S-transferase: a versatile protein family. *3 Biotech*. 2020;10(7):321. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-020-02312-3>
- van der Fels-Klerx, H.; Camenzuli, L.; Belluco, S.; Meijer, N.; Ricci, A. Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2018, 17, 1172–1183. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12385>
- van der Valk, J., Bieback, K., Buta, C., Cochrane, B., Dirks, W. G., Fu, J., Hickman, J. J., Hohensee, C., Kolar, R., Liebsch, M., Pistollato, F., Schulz, M., Thieme, D., Weber, T., Wiest, J., Winkler, S., & Gstraunthaler, G. (2018). Fetal Bovine Serum (FBS): Past - Present - Future. *ALTEX*, 35(1), 99–118. <https://doi.org/10.14573/altex.1705101>
- Van Huis, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* 2013, 58, 563–583. <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Van Raamsdonk, L.; Van der Fels-Klerx, H.; De Jong, J. New feed ingredients: The insect opportunity. *Food Addit. Contam. Part A* 2017, 34, 1384–1397. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19440049.2017.1306883>
- Vasconcelos, I. M., & Oliveira, J. T. (2004). Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon : official journal of the International Society on Toxinology*, 44(4), 385–403. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2004.05.005>
- Vašková, J.; Kočan, L.; Vaško, L.; Perjési, P. Glutathione-Related Enzymes and Proteins: A Review. *Molecules* 2023, 28, 1447. <https://doi.org/10.3390/molecules28031447>
- Veldkamp, T.; Bosch, G. Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Anim. Front.* 2015, 5, 45–50. https://www.researchgate.net/publication/274890036_Insects_a_protein-rich_feed_ingredient_in_pig_and_poultry_diets
- Vegconomist, President of WHO Calls for Shift to Plant-Based Diet to “Protect and Promote the Health of Both the People and the Planet. January 3, 2024 .<https://vegconomist.com/politics-law/who-president-plant-based-diets-save-millions-lives-planet/>
- Venesson J (10 Mars 2014) “ Quelles protéines végétales en poudre utiliser pour préserver sa santé ? ». French. (March 10, 2014) "Which vegetable proteins in powder use to preserve one's health? ". <https://www.julienvenesson.fr/quelles-proteines-vegetales-en-poudre-utiliser-pour-preserver-sa-sante/>
- Verbruggen, S.; Luining, D.; Essen, A. van; Post, M. J. Bovine Myoblast Cell Production in a Microcarriers-Based System. *Cytotechnology* 2018, 70 (2), 503–512. <https://doi.org/10.1007/s10616-017-0101-8>
- Viroli G, Kalmpourtzidou A, Cena H. Exploring Benefits and Barriers of Plant-Based Diets: Health, Environmental Impact, Food Accessibility and Acceptability. *Nutrients*. 2023;15(22):4723. Published 2023 Nov 8. <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/22/4723>.
- von Braun, J. Bioeconomy – The Global Trend and Its Implications for Sustainability and Food Security. *Global Food Security* 2018, 19, 81–83. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.10.003>
- Walker, R. W., & Goran, M. I. (2015). Laboratory Determined Sugar Content and Composition of Commercial Infant Formulas, Baby Foods and Common Grocery Items Targeted to Children. *Nutrients*, 7(7), 5850–5867. <https://doi.org/10.3390/nu7075254>



- Wang, H.; Kong, L.; Ziegler, G. R. Aligned Wet-Electrospun Starch Fiber Mats. *Food Hydrocolloids* 2019, 90, 113–117. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.008>
- Wang Q, Yu LG, Campbell BJ, Milton JD, Rhodes JM. Identification of intact peanut lectin in peripheral venous blood. *Lancet*. 1998 Dec 5;352(9143):1831-2. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673605798949>
- Wang, W., Bourgeois, T., Klima, J., Berlan, E.D., Fischer, A.N., O'Brien, S.H., 2011. Iron Deficiency and Fatigue in Adolescent Females with Heavy Menstrual Bleeding,. *Blood* 118 (21), 4215. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/hae.12046>
- Weber, T., Malakpour-Permlid, A., Chary, A., D'Alessandro, V., Haut, L., Seufert, S., Wenzel, E. V., Hickman, J., Bieback, K., Wiest, J., Dirks, W. G., Coecke, S., & Oredsson, S. (2025). Fetal bovine serum: how to leave it behind in the pursuit of more reliable science. *Frontiers in toxicology*, 7, 1612903. <https://doi.org/10.3389/ftox.2025.1612903>
- WEF. Why eating less meat is the best way to tackle climate change. 24 June, 2015. <https://www.weforum.org/stories/2015/06/why-eating-less-meat-is-the-best-way-to-tackle-climate-change/>
- WEF. You could soon be eating 'meat' made from plants. Sep 15, 2017. <https://www.weforum.org/stories/2017/09/you-could-soon-be-eating-meat-grown-by-plants/>
- WEF. Prepared by the Oxford Martin School. Meat: the Future series. *Alternative Proteins*. 2019. <https://www.weforum.org/press/2019/01/saving-lives-and-the-planet-balancing-diet-with-alternative-proteins-can-cut-deaths-by-5-and-emissions-by-25/>
- West S, Monteyne AJ, van der Heijden I, Stephens FB, Wall BT. Nutritional Considerations for the Vegan Athlete. *Adv Nutr*. 2023;14(4):774-795. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2161831323002971?via%3Dihub>
- Whitcomb SJ, Rakpenthai A, Brückner F, et al. Cysteine and Methionine Biosynthetic Enzymes Have Distinct Effects on Seed Nutritional Quality and on Molecular Phenotypes Associated With Accumulation of a Methionine-Rich Seed Storage Protein in Rice. *Front Plant Sci*. 2020;11:1118. Published 2020 Jul 22. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.01118/full>
- [Wiener-Bronner](#) D, CNN. Meat without slaughter: Here's everything you need to know about lab-grown meat. June 23, 2023. <https://edition.cnn.com/2023/06/23/business/lab-grown-meat-explainer>
- WHO and FAO (2011) *Codex Alimentarius: Milk and Milk Products*. Second Edition, Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, Rome. <https://www.fao.org/4/i2085e/i2085e00.pdf>
- WHO. Protein and amino acid requirements in human nutrition/ Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series 935), 2007. https://lenews.ch/wp-content/uploads/2017/03/WHO_TRS_935_eng_Protein.pdf
- WHO/FAO/UNU Expert Consultation Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2007;935:1–265. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18330140/>
- WHO. Global nutrition targets 2025: Policy brief series. 2014. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-14.2>
- Williams AM, Ansai, Ahluwalia N and Nguyen DT. NCHS Data Brief. Anemia Prevalence: United States, August 2021–August 2023 No. 519. December 2024 <https://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db519.pdf>
- Wirnitzer K, Motevalli M, Tanous DR, et al. Supplement Intake in Recreational Vegan, Vegetarian, and Omnivorous Endurance Runners-Results from the NURMI Study (Step 2). *Nutrients*. 2021;13(8):2741. Published 2021 Aug 10. <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/8/2741>



- Wolfe, R. R., Rutherford, S. M., Kim, I. Y., & Moughan, P. J. (2016). Protein quality as determined by the Digestible Indispensable Amino Acid Score: evaluation of factors underlying the calculation. *Nutrition reviews*, 74(9), 584–599. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw022>
- Wu G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food & function*, 7(3), 1251–1265. <https://doi.org/10.1039/c5fo01530h>
- Wyness L. (2016). The role of red meat in the diet: nutrition and health benefits. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 227–232. <https://doi.org/10.1017/S0029665115004267>
- Xiu W, Liu X, Hu K, Zhang Q, Shi H. The role of cholesterol metabolism in lung cancer. *Oncol Res*. 2024;32(10):1613-1621. Published 2024 Sep 18. <https://www.techscience.com/or/v32n10/57954>
- [Yamamoto T](#). Brain mechanisms of sweetness and palatability of sugars. *Nutr Rev*. 2003 May;61(5 Pt 2):S5-9. https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-abstract/61/suppl_5/S5/1850889?redirectedFrom=fulltext
- Yao, T., & Asayama, Y. (2017). Animal-cell culture media: History, characteristics, and current issues. *Reproductive medicine and biology*, 16(2), 99–117. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12024>
- Yu, J., Yuan, T., Zhang, X., Jin, Q., Wei, W., & Wang, X. (2019). Quantification of Nervonic Acid in Human Milk in the First 30 Days of Lactation: Influence of Lactation Stages and Comparison with Infant Formulae. *Nutrients*, 11(8), 1892. <https://doi.org/10.3390/nu11081892>
- Yu Y, Wassmann B, Lanz M, Siegrist M. Willingness to consume cultured meat: A meta-analysis. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 164, 2025, 105226. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224425003620>
- Zagari, F., Jordan, M., Stettler, M., Broly, H., & Wurm, F. M. (2013). Lactate metabolism shift in CHO cell culture: the role of mitochondrial oxidative activity. *New biotechnology*, 30(2), 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2012.05.021>
- Żuk-Golaszewska, K.; Gałęcki, R.; Obremski, K.; Smetana, S.; Figiel, S.; Gołaszewski, J. Edible Insect Farming in the Context of the EU Regulations and Marketing—An Overview. *Insects* 2022, 13, 446. <https://doi.org/10.3390/insects13050446>