HAL
open science

Quelle place pour les produits animaux dans l'alimentation de demain ?

Didier Remond

To cite this version:

Didier Remond. Quelle place pour les produits animaux dans l'alimentation de demain ?. INRA Productions Animales, 2019, 32 (2), pp.147-157. 10.20870/productions-animales.2019.32.2.2500 . hal-02377018

HAL Id: hal-02377018

https://hal.science/hal-02377018v1

Submitted on 22 Nov 2019

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

LA REVUE INRA PRODUCTIONS ANIMALES

INRA SCIENCE & IMPACT

INRA Prod. Anim., 2019, 32 (2), 147-158

Quelle place pour les produits animaux dans l'alimentation de demain ?

Didier RÉMOND
Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Unité de Nutrition Humaine, F-63000 Clermont-Ferrand, France
Courriel : didier.remond@inra.fr

■ Omnivore, flexitarien, végétarien, végétalien ? Sur quelle base choisir notre alimentation ? Les nutritionnistes recommandent de n'exclure aucun aliment, mais de limiter la consommation de certains, dont la viande de boucherie. Par rapport aux services rendus – production nette de protéines consommables par l'Homme, services écosystémiques et socioéconomiques –, l'impact environnemental est-il aussi défavorable qu'on nous le présente dans les médias, pour aller jusqu'à une remise en cause totale des productions animales ?

Introduction

Les produits animaux ont pendant longtemps été perçus comme des aliments d'excellence. L'étymologie du mot viande (du latin *vivenda* devenu en latin tardif *vivanda*, « ce qui sert à la vie ») en dit long sur cette perception. Ce mot s'appliquait originellement à toute sorte de nourriture (et l'origine étymologique persiste dans l'expression « les vivres ») puis s'est progressivement spécialisé pour ne plus désigner aujourd'hui que la chair des mammifères et des oiseaux, l'introduction ou l'augmentation de la consommation de viande dans des populations dénutries s'accompagnant généralement d'une amélioration de l'état nutritionnel. Cette image très positive, associée à un essor considérable des productions animales, a participé au développement de déséquilibres alimentaires à l'origine de pathologies, induites directement ou indirectement par une consommation excessive de produits animaux. Depuis plus de 50 ans, les études épidémiologiques ont ainsi attiré l'attention sur un certain nombre de pathologies chroniques potentiellement associées à la surconsommation de produits animaux, ce qui a commencé à ternir leur image. Cette image s'est ensuite progressivement dégradée au fil des différentes crises sanitaires qui ont secoué les productions animales (encéphalopathie spongiforme bovine, dioxine, grippe aviaire…), de l'émergence de pollutions des sols et de l'eau par une agriculture devenue très intensive, et plus récemment avec une remise en cause éthique des systèmes de production. Bien qu'encore minoritaires, de nombreux modes de consommations « alternatifs » apparaissent ou se développent en réponse à cette perte d'image : flexitarisme, végétarisme, végétalisme, etc. On peut ainsi légitimement s'interroger sur la place qu'occuperont les produits animaux dans l'alimentation de demain. Cette place sera en grande partie déterminée par leur coût et leur disponibilité, mais aussi par l'influence médiatique des mouvements anti-élevage. Pour éclairer le débat, il est nécessaire de revenir sur l'intérêt des produits animaux dans notre alimentation, leur rôle dans la sécurité alimentaire mondiale, et l'équilibre à trouver entre bienfaits nutritionnels et impacts environnementaux.

1. Intérêt des produits animaux en nutrition humaine

■ 1.1. Spécificités des produits animaux

a. La fraction protéique

Bien que les produits animaux regroupent un nombre très important d'aliments, une des caractéristiques majeures de ces produits (au moins en ce qui concerne les matières premières : viande, lait, œuf), est leur teneur élevée en protéines de bonne qualité nutritionnelle.

Les protéines animales bénéficient en effet d'un bon équilibre en acides aminés (cf. § 1.2), ce qui n'est pas toujours le cas des protéines végétales (céréales pauvres en lysine, graines de légumineuses pauvres en méthionine). De plus, la biodisponibilité des acides aminés des protéines animales est généralement supérieure à celle des protéines végétales (en raison d'une digestibilité plus élevée). La présence de produits animaux dans l'alimen-

tation permet ainsi de faciliter la couverture des besoins pour les différents acides aminés, et de limiter les risques d'apport inadéquat. Cet atout nutritionnel doit cependant objectivement être modulé. D'une part, il existe des produits végétaux, tels que le soja ou le quinoa, qui présentent un bon équilibre en acides aminés, et d'autre part, la combinaison de différentes sources de protéines végétales peut permettre d'atteindre un équilibre satisfaisant en acides aminés (cf. § 1.2). De plus, la digestibilité des produits végétaux peut être notablement améliorée par leur mode de préparation avant consommation. En effet, la plus faible digestibilité des protéines végétales s'explique en grande partie par la structure des végétaux qui protège les protéines de l'attaque des enzymes digestives (protéases), et par la présence de composés qui inhibent l'activité protéolytique de ces enzymes (facteurs antitrypsiques, tannins…). La cuisson entraîne une fragilisation de la structure de la graine, et une inactivation des inhibiteurs de protéase, améliorant ainsi la digestibilité des protéines. La fermentation des graines avant cuisson permet également de réduire sensiblement l'activité de ces enzymes.

Outre la composition en acides aminés et leur biodisponibilité, d'autres paramètres peuvent être pris en compte pour caractériser la valeur nutritionnelle des protéines. Il s'agit notamment de leur vitesse de digestion et de leur potentialité à libérer des peptides (enchaînement de quelques acides aminés) présentant des activités biologiques intéressantes pour la santé humaine (peptides bioactifs).

Il a été clairement montré que la cinétique de digestion des protéines alimentaires conditionne l'efficacité de leur assimilation, la cinétique optimale n'étant pas nécessairement la même pour tous les sujets. Par exemple, pour les personnes âgées, il semble préférable d'ingérer des protéines rapidement digérées ou de concentrer l'apport journalier de protéines alimentaires sur un seul repas, de façon à accentuer l'augmentation de l'aminoacidémie postprandiale et relancer la synthèse protéique. À partir de ces observations, des stratégies nutritionnelles sont aujourd'hui développées pour lutter contre la fonte musculaire liée à l'âge (sarcopénie) Dardevet *et al.*, 2012. Les viandes et poissons sont dans ce cadre des aliments très intéressants, d'une part en raison de leur forte teneur en protéines très digestibles qui permet de concentrer l'apport protéique sur un repas, et d'autre part, en raison de leur vitesse de digestion élevée (Rémond *et al.*, 2007), même si celle-ci peut être affectée par le mode de cuisson (Buffière *et al.*, 2017).

De plus en plus de résultats démontrent les effets physiologiques de certains peptides présents dans l'aliment, ou produits par la digestion des protéines alimentaires, sur l'activité du tractus digestif ou d'autres fonctions physiologiques (activité antihypertensive, opioïde, immunomodulatrice, anxiolytique). Parmi les peptides présents dans les aliments certains sont préformés et abondants dans le substrat alimentaire originel ; ce sont, par exemple, pour les viandes et poissons, les dipeptides de l'histidine (carnosine, ansérine) ou le glutathion. D'autres sont présents à l'intérieur des protéines et peuvent être libérés lors des procédés de transformation des aliments ou lors de la digestion intestinale. La biodisponibilité de ces peptides fait toujours débat. Dans le cas des dipeptides de l'histidine, elle est mesurable et plutôt élevée (environ un quart de l'apport par la viande, (Bauchart *et al.*, 2007)), ce qui peut présenter un intérêt non négligeable pour la santé du consommateur en raison de leurs nombreuses activités biologiques : pouvoir tampon, activité antioxydante, réduction des aldéhydes formés à partir des acides gras insaturés lors d'un stress oxydant, protection contre la glycation et la réticulation des protéines. Ces dernières propriétés sont particulièrement intéressantes pour la prévention des complications secondaires liées au diabète, et la protection contre les désordres neurodégénératifs tels que la maladie d'Alzheimer Hipkiss, 2006.

En ce qui concerne les peptides libérés lors de la digestion (Rémond *et al.*, 2016), de nombreuses études ont été réalisées sur des peptides possédant des propriétés anti-hypertensives basées sur l'inhibition de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE). Cette activité semble pouvoir se manifester dans des conditions normales d'alimentation, des études menées chez l'Homme ayant montré une baisse significative de la pression artérielle par rapport à un groupe témoin, suite à l'ingestion répétée de lait fermenté contenant naturellement des peptides antihypertenseurs (Seppo *et al.*, 2003). Par ailleurs, une substitution partielle des glucides alimentaires par de la viande rouge maigre permettait également d'abaisser la pression sanguine chez des personnes hypertensives (Hodgson *et al.*, 2006).

Bien que le domaine des peptides bioactifs ait été exploré plus récemment dans le cas des produits végétaux, il semble que les protéines végétales puissent également être des sources intéressantes de peptides bioactifs (Pihlanto *et al.,* 2017). Il est donc difficile de conclure à une supériorité des produits animaux dans ce domaine.

b. La fraction lipidique

Cette fraction est très variable en quantité et qualité dans les différents produits d'origine animale. Les teneurs en lipides des viandes et des poissons sont globalement peu importantes, 1-10 % pour les poissons, 4-15 % pour les viandes. Selon la viande et le morceau considéré, les lipides sont constitués de 30 à 51 % d'acides gras saturés, 38 à 51 % d'acides gras monoinsaturés et 6 à 30 % d'acides gras polyinsaturés. La viande de volaille possède la teneur la plus basse en acides gras saturés et se situe dans les valeurs supérieures pour les acides gras polyinsaturés. La spécificité de la chair de poisson comparée à celle des viandes réside dans sa richesse en acides gras polyinsaturés (AGPI, 70 % des lipides totaux), avec une proportion élevée d'AGPI n-3. La chair de poisson constitue également une très bonne source d'AGPI à longue chaîne (DHA et EPA), intéressants pour la prévention des maladies cardiovasculaires. Elle combine ainsi l'avantage d'un apport protéique de qualité avec celui d'un apport de lipides de qualité, en apportant à la fois des acides aminés et des acides gras indispensables.

Pour cette raison, il est généralement conseillé d'en manger deux fois par semaine. Les limites à la consommation de cet aliment résident essentiellement dans sa disponibilité, mais aussi dans le risque de sa contamination par des polluants de l'environnement (dioxine, PCB, methyl-mercure…). On peut aussi trouver du DHA dans les œufs, le lait ou le fromage si les animaux ont été nourris avec des produits riches en DHA. Le DHA (de même que l'EPA) peut être synthétisé par le foie à partir de l'acide alphalinolénique végétal, contenu par exemple dans les huiles de noix, lin, colza, germe de blé, soja. Cette conversion est cependant très limitée, surtout chez l'Homme.

c. La fraction non énergétique

Synthétisée uniquement par les microorganismes, la vitamine B12 est spécifique des produits animaux. C'est le seul nutriment qui rend indispensable la consommation de produits animaux si on ne veut pas avoir recours à des supplémentations.

Les produits laitiers constituent une source importante de calcium (de 115 g/100 mL de lait, à 1 000 mg/100 g de fromages à pâte pressée cuite) avec une biodisponibilité élevée (30-40 %). On trouve également des quantités importantes de calcium (80-200 mg/100 g) dans certains végétaux tels que le chou, le brocoli, les épinards et les haricots-sec. Cependant en dehors des brassicacés (chou, brocoli) la biodisponibilité du calcium est généralement bien plus faible, notamment en raison de la présence d'acide oxalique qui insolubilise le calcium, comme dans les épinards. À titre de comparaison un apport de 100 mg de calcium absorbable peut être assuré par 30 g de fromage (type emmental), 500 g de chou, ou 2 kg d'épinard. L'éviction complète des produits laitiers du régime alimentaire augmente ainsi largement le risque de déficit de déficience d'apport en calcium.

Les viandes et abats constituent d'excellentes sources en minéraux tels que le fer, le zinc et le sélénium. Le fer héminique présent dans les viandes (40-70 % du fer total selon l'espèce animal) bénéficie d'une meilleure biodisponibilité que celui des végétaux. De plus la présence de viande dans les repas permet d'augmenter la biodisponibilité du fer non héminique des végétaux. Dans le cadre d'une alimentation équilibrée, riche en produits végétaux non purifiés, l'apport de viande n'est pas en soi indispensable pour disposer d'un bon statut en fer, un apport modéré de viande rouge permettra cependant de limiter le risque de déficience d'apport.

La viande apporte également des quantités importantes de zinc (2,7 à 6,8 mg/100 g de viande de bœuf) et de sélénium (9,8 à 14,6 µg/100 g de viande de bœuf) Bauchart *et al.*, 2008.

■ 1.2. La couverture des besoins nutritionnels dans des régimes plus ou moins riches en produits animaux

Les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC), représentent la quantité moyenne d'énergie ou de nutriments dont la consommation est nécessaire pour satisfaire les besoins de la plus grande partie de la population (97,5 %) et lui assurer un bon état de nutrition, en limitant les risques de carence, de déséquilibre et de surcharge pondérale.

Les protéines sont impliquées dans de nombreuses fonctions de notre organisme : la structure des tissus (ex : collagène), la contraction musculaire (ex : actine), le transport de molécules (ex : albumine), l'immunité (ex : immunoglobulines), les réactions biochimiques (ex : enzymes), la régulation du métabolisme (ex : hormones, récepteurs). Chaque protéine a une composition particulière en acides aminés, dictée par le code génétique. Le renouvellement permanent de toutes les protéines (à des taux variables) est ainsi à l'origine de besoins spécifiques pour l'organisme. Parmi les 20 acides aminés qui constituent les protéines, 9 d'entre eux, appelés acides aminés indispensables, ne sont pas synthétisés par l'organisme, et doivent donc obligatoirement être apportés dans l'alimentation. L'absence ou la quantité insuffisante d'un de ces acides aminés suffit à perturber la synthèse protéique. C'est donc l'équilibre entre les différents acides aminés indispensables (histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine) qui va être le premier facteur de qualité des protéines alimentaires.

L'ANC de 0,8 g de protéines/kg de poids corporel/j pour des adultes en bonne santé est ainsi établi pour des protéines dont la composition assure un apport suffisant en chacun des acides aminés indispensables et présentant une forte digestibilité dans l'intestin AFSSA, 2007. C'est généralement le cas des protéines des produits animaux mais pas toujours de celles des produits végétaux. La combinaison des sources végétales entre elles, peut permettre d'améliorer le profil en acides aminés indispensables (par exemple en combinant céréales et légumineuses), mais la complémentarité n'étant pas parfaite et la digestibilité des protéines végétales étant généralement inférieure, la quantité de protéine végétale à consommer pour couvrir les besoins de l'ensemble des acides aminés indispensable est généralement supérieure à celle de protéines animales (tableau 1). Même en incorporant du soja, la source végétale la plus proche de la protéine de référence, un régime ne comprenant pas de protéines animales, devrait *a minima* contenir 10 % de plus de protéines qu'un régime omnivore comprenant 50 % de protéines animales. Plus ce type de régime incorpore de céréales, plus ce pourcentage augmente en raison de leur très faible teneur en lysine. Ainsi au-delà de 50 % de protéines végétales dans le régime, le risque d'inadéquation de l'apport protéique est en premier lieu lié à la quantité de protéines consommées, puis au-delà de 70 % la nature des protéines consommées devient importante, et le pourcentage de légumineuses, noix et graines consommé doit augmenter pour prévenir notamment une déficience en lysine (de Gavelle *et al.*, 2017).

Ainsi, pour les pays occidentaux comme la France, dans lesquels la consommation journalière de protéines excède généralement les ANC, le risque d'inadéquation des apports en acides aminés indispensables demeure faible, même pour les populations consommant peu ou pas de protéines

Tableau 1. ***Teneur en Acides Aminés Indispensables (AAI) digestibles (mg/g de protéines.***

	Protéine de référence[a]	Lait[b]	Viande[c]	Blé[d]	Riz[b]	Pois[b]	Soja[b]	Blé/pois 50/50	Riz/pois 50/50	Riz/pois /soja 30/30/40	Viande/lait/blé/ pois 35/15/30/20
Thr	25	48	66	21	23	35	35	28	29	31	43
Val	40	67	45	30	40	38	44	34	39	41	43
Ile	30	58	44	25	35	40	44	32	38	40	40
Leu	61	117	80	48	65	69	74	58	67	70	75
His	16	32	32	17	22	20	24	19	21	22	26
Trp	7	16	24	8	16	12	14	10	14	14	16
Lys	48	101	88	20	34	57	56	38	45	50	63
AAS[e]	23	32	45	30	28	16	24	23	22	23	34
AAA[f]	41	124	72	50	93	67	86	58	80	82	76
AAI_{lim}[g]		AAS	Val	Lys	Lys	AAS	AAS	Lys	AAS	AAS	Val
Quantité de protéines nécessaire pour couvrir l'ensemble des besoins en AAI d'un adulte de 70 kg[h], en g											
	56	40	50	136	79	83	53	70	59	56	52

[a] Protéine de référence pour un individu de plus de 3 ans FAO, 2013.
[b] Rutherfurd *et al.*, 2015.
[c] Viande de bœuf cuite 30 min à 75 °C, digestibilité iléale réelle mesurée sur des miniporcs (données personnelles en cours de publication).
[d] Cervantes-Pahm *et al.*, 2014.
[e] Acides aminés soufrés : Cys + Met.
[f] Acides aminés aromatiques : Phe + Tyr.
[g] Acide aminé indispensable limitant : celui présentant le plus faible ratio protéine alimentaire/ protéine de référence.
[h] Pour l'acide aminé limitant : concentration dans la protéine se référence (mg d'acide aminé digestible/g de protéine de référence) × 0,8 (besoin, en g de protéine/kg) × 70 kg/concentration dans la protéine étudiée (mg d'acide aminé digestible/g de protéine).

animales, à condition de combiner les sources de protéines végétales entre elles. Le problème se pose en revanche clairement pour les pays en voie de développement où les apports en énergie et protéines sont faibles (en dessous des recommandations) et où les ressources végétales disponibles sont peu variées et souvent peu digestibles. Le problème peut également se poser pour les personnes âgées, chez lesquelles les besoins en protéines ont tendance à augmenter alors que leurs apports spontanés diminuent, et pour lesquelles des besoins spécifiques en certains acides aminés apparaissent : leucine pour stimuler la synthèse protéique (Dardevet *et al.*, 2012), acides aminés soufrés pour détoxifier les médicaments tels que le paracétamol et lutter contre le stress oxydatif Mast *et al.*, 2018. Pour cette population en augmentation (on estime qu'en 2050 une personne sur 5 au niveau mondial, et une personne sur 3 au niveau français, aura plus de 60 ans), la présence de produits animaux dans l'alimentation facilite la couverture des besoins protéiques. Ainsi, une corrélation a été mise en évidence entre le pourcentage de protéines animales dans le régime alimentaire et la préservation de la masse musculaire chez les sujets âgés (Aubertin-Leheudre et Adlercreutz, 2009 ; Landi *et al.*, 2017).

En ce qui concerne les lipides, le principal intérêt des produits animaux est la présence des acides gras polyinsaturés à longue chaîne apportés par les produits de la mer (notamment le DHA considéré comme un acide gras indispensable). Sans consommation de ces produits il est impossible de couvrir les ANC en DHA (250 mg/j ANSES, 2011). Les études épidémiologiques mettent systématiquement en évidence des proportions plus faibles de DHA dans les lipides sanguins des végétariens et végétaliens Sanders, 2009. Bien que l'EPA et le DHA puissent être produits de façon endogène, pour ces populations la question d'une déficience se pose de façon aigüe pour la femme enceinte et pour les très jeunes enfants, ces acides gras étant indispensables au bon développement du système nerveux central et de la fonction cognitive chez l'enfant Burdge *et al.*, 2017. Elle est également pertinente pour les séniors avec la prévention par le DHA des maladies neurodégénératives telles que la démence sénile ou la maladie d'Alzheimer Shahidi et Ambigaipalan, 2018.

Même si certains produits végétaux sont de très bonnes sources de calcium, la richesse des produits laitiers en calcium les rend indispensables pour couvrir facilement les besoins avec une alimentation courante (sans supplément). Leur éviction complète du régime alimentaire augmente largement le risque de déficience d'apport en calcium. Ainsi, comparées aux omnivores ou aux végétariens, les personnes végétaliennes ont généralement un moins bon statut calcique (lié à des apports faibles), associé à un moins bon statut en vitamine D, ce qui se traduit par un risque accru de fracture osseuse (Appleby *et al.*, 2007 ; Crowe *et al.*, 2011 ; Hansen *et al.*, 2018). Chez les personnes âgées, la consommation régulière de yogourt a été associée à une densité minérale osseuse plus élevée et de meil-

leures performances physiques (Laird *et al.*, 2017).

Bien que les études de consommation (comme Nutrinet-Santé) montrent que le risque d'apport inadéquat en fer n'est pas plus élevé chez les végétariens et végétaliens que chez les consommateurs de viande (Allès *et al.*, 2017), les études épidémiologiques mettent généralement en évidence des réserves corporelles en fer (estimées par la ferritine sérique) plus faibles chez les végétariens et végétaliens que chez les consommateurs de produits carnés Haider *et al.*, 2018. La différence de biodisponibilité des formes de fer ainsi que la présence dans les produits végétaux de composés inhibant l'absorption du fer (acide phytique, tanins) expliquent en grande partie cette divergence entre apports et statut en fer (Perignon *et al.*, 2018). L'anémie ferriprive est la forme sévère de la déficience en fer (diagnostiquée par une chute du taux d'hémoglobine) ; sa prévalence ne semble pas supérieure chez les végétariens Hunt, 2002. Pour les personnes à risque d'anémie ferriprive, femmes en âge de procréer ou enceintes, enfant de 6 mois à 4 ans, ou personnes âgées, la présence dans le régime alimentaire de viandes et produits carnés permettra cependant un meilleur maintien du statut martial (Jackson *et al.*, 2016). Il faut également noter que la déficience en fer sans anémie (ferritine sérique basse sans diminution du taux d'hémoglobine) peut entraîner de multiples symptômes comme de la fatigue ou une fonction cognitive diminuée, à ne pas négliger Clenin, 2017.

Le zinc est présent dans les produits végétaux et animaux, mais la présence d'acide phytique dans les produits végétaux, comme pour le fer, limite fortement sa biodisponibilité. Les études épidémiologiques mettent ainsi en évidence, à la fois une plus faible consommation de zinc et des concentrations sériques en zinc plus faibles chez les végétariens, et encore plus chez les végétaliens, que chez les omnivores Foster *et al.*, 2013. Le zinc est impliqué dans de nombreuses fonctions biologiques, et les carences en zinc constituent une préoccupation de santé publique mondiale WHO, 2002, notamment en raison des liens entre le zinc et le système immunitaire (Sanna *et al.*, 2018).

Le poisson, les produits de la mer, et les produits laitiers constituent la principale source d'iode de notre alimentation. L'éviction de ces aliments augmente ainsi le risque de déficience. Cette déficience en iode est d'autant plus critique chez les femmes enceintes et allaitante dans la mesure où elle se traduit par des retards de développement intellectuel de l'enfant (Bath *et al.*, 2013 ; Abel *et al.*, 2017). Les études épidémiologiques (basées sur l'iode urinaire) montrent systématiquement un apport en iode plus faible chez les végétaliens, comparé aux végétariens et omnivores, avec des niveaux moyens nettement inférieurs aux recommandations (Krajcovicova-Kudlackova *et al.*, 2003 ; Leung *et al.*, 2011 ; Schupbach *et al.*, 2017 ; Brantsaeter *et al.*, 2018).

La vitamine B12 n'étant pas présente dans les végétaux, la prévalence d'apport insuffisant est supérieure chez les végétaliens et dans une moindre mesure chez les végétariens par rapport aux omnivores (Pawlak *et al.*, 2014 ; Allès *et al.*, 2017). La prise de suppléments ou la consommation d'aliments enrichis en vitamine B12 peut cependant permettre de couvrir les besoins de ces populations (Schupbach *et al.*, 2017). Ces supplémentations sont particulièrement critiques chez la femme enceinte et allaitante, une carence en vitamine B12 pendant cette période pouvant avoir des répercussions graves sur le développement du fœtus, et le développement des fonctions cognitives Black, 2008. Des déficiences en vitamine B12 sont également souvent observées chez les personnes âgées soit par défaut d'apport, ces personnes ayant tendance à consommer moins de viande, soit par défaut d'absorption (Rémond *et al.*, 2015). Elles peuvent avoir pour conséquences des troubles hématologiques (anémie), mais elles semblent également impliquées dans les complications neurologiques de type Alzheimer (Politis *et al.*, 2010), ou dans le développement de syndrome dépressif (Hibbeln *et al.*, 2018). La consommation de produits animaux demeure la meilleure solution pour la prévention de ces carences.

Dans le domaine de la prévention nutritionnelle, et dans l'optique d'une couverture de l'ensemble des besoins, la présence de produits animaux dans l'alimentation reste donc recommandée. Basés sur un processus d'optimisation incluant les critères de couverture des besoins nutritionnels, sans trop s'éloigner des habitudes de consommation actuelle, mais en imposant des limites de consommation supérieurs pour la viande de boucherie et la charcuterie, les travaux de l'ANSES ANSES, 2016 montrent clairement qu'en raison des contraintes nutritionnelles à satisfaire (notamment en fer), si il est possible de fortement réduire la consommation de charcuterie (au moins pour les Hommes), il est plus difficile de réduire celle de viande de boucherie par rapport aux consommations actuelles. La simulation montre également qu'il est très difficile de se passer de la consommation de produits laitiers.

1.3. Les relations entre la consommation de produits animaux et la santé

a. Les viandes et produits carnés

Si la viande de volaille semble avoir un effet neutre sur la santé (en dehors de son intérêt pour satisfaire les besoins en nutriments), ce n'est pas le cas des viandes de boucherie (bovine, ovine, porcine et chevaline) et des produits transformés (charcuterie), dont la consommation a été associée à une augmentation du risque de maladies cardio-vasculaires, de diabète de type 2 et de cancer. Les plus récentes méta-analyses des données de la littérature (Bechthold *et al.*, 2017 ; Schwingshackl *et al.*, 2017a ; Schwingshackl *et al.*, 2017b ; Schwingshackl *et al.*, 2018) montrent en effet que pour chaque augmentation de consommation de 100 g/j de viande boucherie, le risque d'hypertension augmente de 14 %, de maladie coronarienne de 15 %, d'accident vasculaire cérébral de 12 %, de défaillance cardiaque de 8 %, de diabète de type 2 de 17 % et de cancer colorectal de 12 %. De même pour une augmentation de consommation de 50 g/j de viande transformée, le risque d'hypertension augmente de 12 %, de maladie coronarienne de 27 %, d'accident vasculaire cérébral de 17 %, de défaillance cardiaque de 12 %, de

diabète de type 2 de 37 % et de cancer colorectal de 17 %.

Les études épidémiologiques sont des études d'association et le lien de causalité n'est pas toujours clairement établi (Klurfeld, 2015 ; Rohrmann et Linseisen, 2016). Aussi le lien entre consommation de viande de boucherie et le cancer colorectal, qui a fait beaucoup de bruit médiatique, est considéré comme probable, mais le niveau de preuve n'est pas jugé convaincant WCRF, 2017. La raison étant souvent le manque d'explications mécanistiques démontrées, bien que le rôle central du fer héminique dans la carcinogénèse soit maintenant établi (Bastide *et al.*, 2015), compliquée par le fait que les niveaux d'ingestion de viande dans les expérimentations animales excédent largement ceux observés chez l'Homme Turner et Lloyd, 2017. Les choses sont beaucoup plus claires pour les « *processed foods* », parfois traduit par charcuterie (catégorie à l'intérieur de laquelle il faudrait probablement distinguer les produits), pour lesquels le niveau de preuve est souvent considéré comme convaincant. Quoiqu'il en soit, par mesure de précaution il est préconisé de limiter la consommation de viande de boucherie (telle que consommée) à 500 g (cuit) par semaine (soit environ 700 g de viande crue), et de limiter fortement voire d'éviter la consommation de charcuterie WCRF, 2018. Il faut noter que pour la viande de boucherie, aussi bien que pour la charcuterie des stratégies de formulation (avec incorporation d'antioxidants végétaux) sont actuellement développées avec succès pour limiter la peroxydation lipidique induite par le fer héminique et prévenir le risque de cancer colorectal (Martin *et al.*, 2018).

En France selon l'enquête INCA3 de l'ANSES (2017), la quantité moyenne consommée de viandes hors volaille est de 47,3 g/j (61,2 g/j chez les Hommes et 34,1 g/j chez les femmes) soit 330 g/semaine, ce qui est nettement inférieur à la limite des 500 g/semaine. Seuls 28 % des adultes Français consomment plus de 500 g par semaine de viande de boucherie (enquête CCAF, 2013 du Crédoc). Le message de limitation de la consommation à des fins de prévention ne concerne donc pas l'ensemble des français, mais uniquement cette population de gros mangeurs de viande de boucherie. La consommation moyenne de charcuterie en France est de 36,4/j (34,2 pour les Hommes et 20,9 pour les femmes). Sachant que chaque portion de 50 grammes de viande transformée consommée tous les jours augmente le risque de cancer colorectal de 18 % environ, des efforts doivent être faits pour limiter cette consommation et/ou proposer des produits moins cancérogènes.

b. Les produits laitiers

Bien que ce soit toujours sujet à débat, les récentes méta-analyses d'études épidémiologiques ne montrent pas d'association entre la consommation de produits laitiers et les maladies cardio-vasculaires (Bechthold *et al.*, 2017 ; Guo *et al.*, 2017). Les produits laitiers, et plus particulièrement les yogourts, pourraient même avoir un effet protecteur contre le diabète de type 2 (Schwingshackl *et al.*, 2017a ; Gille *et al.*, 2018) et le cancer colorectal (Schwingshackl *et al.*, 2018), ainsi qu'un effet anti-inflammatoire (Bordoni *et al.*, 2017). À l'intérieur des produits laitiers, même la consommation de beurre, longtemps décriée, ne semble pas être associée aux maladies cardio-vasculaires et au diabète (Pimpin *et al.*, 2016), et le fromage pourrait même avoir un effet protecteur contre les maladies cardiovasculaires (Guo *et al.*, 2017). L'ensemble de ces résultats est conforté par une récente étude longitudinale sur une cohorte regroupant des individus (n = 136384) de 21 pays répartis sur 5 continents (Dehghan *et al.*, 2018).

L'intolérance au lactose (lié à un déficit en lactase digestive) est à l'origine de troubles digestifs divers (ballonnement, douleur abdominale, flatulence, diarrhée). Elle ne justifie cependant pas l'éviction complète des produits laitiers, d'une part parce que les personnes intolérantes peuvent généralement consommer un verre de lait sans symptôme (Savaiano *et al.*, 2006), d'autre part parce que dans les produits laitiers fermentés, type yogourt ou fromage, le lactose est prédigéré par les ferments lactiques (Savaiano, 2014).

Les produits laitiers ont parfois été accusés de favoriser le développement de l'arthrite rhumatoïde, les études d'intervention ne semblent cependant pas montrer d'effet positif de leur éviction (Smedslund *et al.*, 2010). L'éviction est de plus déconseillée lors que l'arthrite rhumatoïde est déclarée (Gossec *et al.*, 2006). Une étude épidémiologique suggère au contraire un effet protecteur de la consommation de lait et yogourt vis-à-vis de cette pathologie (He *et al.*, 2016).

c. Les œufs et le poisson

La consommation d'œufs ou de poisson n'est généralement pas considérée comme un facteur de risque vis-à-vis des maladies chroniques non transmissibles. La consommation de poisson, en raison de la présence d'AGPI n-3 à longue chaîne, pourrait même avoir un effet protecteur sur la maladie d'Alzheimer, mais les études épidémiologiques dans ce domaine semblent contradictoires (Solfrizzi *et al.*, 2017). La présence dans le poisson de contaminants neurotoxiques tels que le methyl-mercure pourrait en partie expliquer la variabilité des résultats observés.

2. La place des produits animaux dans une alimentation saine et durable

Pour la FAO (2010), « *les régimes alimentaires durables sont des régimes alimentaires ayant de faibles conséquences sur l'environnement, qui contribuent à la sécurité alimentaire et nutritionnelle ainsi qu'à une vie saine pour les générations actuelles et futures. Les régimes alimentaires durables contribuent à protéger et à respecter la biodiversité et les écosystèmes, sont culturellement acceptables, économiquement équitables et accessibles, abordables, nutritionnellement sûrs et sains, et permettent d'optimiser les ressources naturelles et humaines* ».

■ 2.1. Sécurité alimentaire

Avec l'augmentation annoncée de la population mondiale, la question de la disponibilité en protéines alimentaires pour nourrir correctement l'ensemble de la population se pose de façon cru-

ciale. La réduction des gaspillages alimentaires, et la redistribution des sources de protéines au niveau mondial sont les premiers leviers pour satisfaire cette demande. On considère en effet qu'un tiers des aliments produits dans le monde pour la consommation humaine est perdu ou gaspillé (environ 20 % pour la production de lait et de viande, 35 % pour les poissons et fruits de la mer). Ces pertes sont très probablement compressibles à tous les niveaux de la chaîne alimentaire. De plus, si un milliard de personnes sur la terre ont des apports protéiques inadéquats, dans les pays développés la consommation de protéines excède largement les recommandations alimentaires. Par exemple en France la consommation moyenne de protéine par habitant est de 1,4 g/kg/j, pour un ANC de 0,8 g/kg/j. Une redistribution des ressources de protéines est donc envisageable sans dommages nutritionnels pour les populations les plus riches.

Basée sur des calculs d'efficience de conversion de protéines végétales en protéines animales (en moyenne 4 protéines végétales pour faire une protéine animale), la suppression de l'élevage a été proposée pour, *de facto*, augmenter la disponibilité en protéines alimentaires. Les choses ne sont évidemment pas si simples. L'élevage de ruminant est par exemple la seule solution pour valoriser les protéines des fourrages. De plus les ruminants comme les animaux monogastriques recyclent une grosse partie des coproduits protéiques issus de la première transformation des végétaux (production d'huile, d'amidon, de bière…) qui ne sont actuellement pas consommables par l'Homme. Si on exprime la production de protéines animales par rapport à la quantité de protéines végétales qui auraient pu être directement consommées par l'Homme, le ratio est ainsi en moyenne de 1 pour 1 (Ertl *et al.*, 2015). Les ruminants nourris à l'herbe sont ainsi des producteurs nets de protéines consommables par l'Homme, s'ils sont élevés dans des zones impropres aux cultures, ou intégrés dans un processus de recyclage des matières premières agricoles (Laisse *et al.*, 2018). De plus si on compare la qualité nutritionnelle des protéines consommées par les animaux à celle qu'ils produisent (basée sur la composition en acides aminés indispensables digestibles, cf. § 1.2), on observe généralement un incrément de qualité (Ertl *et al.*, 2016 ; Patel *et al.*, 2017), qui permet de limiter la quantité totale de protéines consommée par l'Homme pour couvrir ses besoins (cf. § 1.2). La clé pour des productions animales efficiente est donc la maximisation de l'utilisation des protéines non-consommables par l'Homme (fourrages, coproduits, grains déclassés…) dans les systèmes d'élevage. Basé sur un concept d'économie circulaire, la suppression totale de l'utilisation d'aliments consommables par l'Homme pour l'élevage permettrait de libérer environ un quart des terres arables utilisés pour la production d'aliment pour bétail (actuellement 40 % de la totalité des terres arables), pour la production de graines consommables directement par l'Homme, tout en assurant un apport protéique d'origine animal couvrant 20 à 40 % de l'apport total en protéines (Van Zanten *et al.*, 2018).

■ 2.2. Alimentation saine dans un contexte de durabilité

L'élevage dans sa globalité émet 14,5 % des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine (60 % des émissions de l'ensemble de l'agriculture), la plus grosse part de ses émissions (75 %) étant liée aux ruminants FAO, 2014. De plus, même si elle a été revue à la baisse, la part de l'élevage dans la consommation d'eau potable reste très importante. L'empreinte hydrique est en moyenne de 54 L d'eau par gramme de protéines animales produite, contre en moyenne 42 L par gramme de protéines végétales (Mekonnen et Hoekstra, 2012).

De nombreux travaux sont réalisés par les différentes filières de productions animales pour diminuer à l'échelle de l'exploitation la production de gaz à effet de serre, et montrent que des solutions existent (FAO, 2014). Mais ce ne sera probablement pas suffisant, l'augmentation de la population mondiale et de son niveau de vie entraînant un accroissement continu de la demande en produits animaux. L'empreinte carbone des régimes alimentaires riches en produits animaux étant généralement plus élevée que celle des régimes riches en produits végétaux (Gonzalez-Garcia *et al.*, 2018), une modification de nos comportements alimentaires vers des régimes incorporant plus de produits végétaux semble également indispensable pour limiter l'augmentation de la production de gaz à effet de serre du secteur agricole. Des modèles prédictifs montrent ainsi que, en Europe, un remplacement de 50 % des protéines animales par des protéines végétales dans l'alimentation entraînerait une réduction de 40 % de la production de gaz à effet de serre, et permettrait également de réduire de 40 % les émissions d'azote (Westhoek *et al.*, 2014). Dans les pays occidentaux la consommation de protéines d'origine animale représente en moyenne 65 à 70 % de la consommation protéique totale, alors que pour couvrir l'ensemble des besoins en macro et micronutriments un équilibre entre protéines animales et protéines végétales dans le régime est généralement recommandé. La réduction de la consommation de viande (notamment celle des ruminants en raison des productions entériques de méthane) a été identifiée comme le principal levier permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre (Perignon *et al.*, 2017). Une réduction de la consommation de viande serait bénéfique à la fois sur le plan de l'environnement et sur celui de la santé (cf. § 1.3.a). L'étude de modélisation la plus complète, intégrant notamment la biodisponibilité des nutriments, montre qu'en France, une diminution de 30 % de l'impact environnemental (gaz à effets de serre, eutrophisation, acidification), peut être atteint en faisant passer la part des protéines animales dans la consommation totale de protéines de 65 % (actuellement) à 50 %, tout en satisfaisant l'ensemble des besoins nutritionnels (Barre *et al.*, 2018). Cette diminution se faisant principalement par une réduction de la quantité totale de viande consommée (– 32 % pour les femmes et – 62 % pour les Hommes). Outre ce réajustement entre la consommation de produits d'origine animale et végétale dans notre alimentation, il ne faut pas oublier que dans les pays occidentaux un des leviers majeurs pour diminuer la production de gaz à effet de serre par l'agriculture et de diminuer globalement notre consommation alimentaire, simplement pour respecter les recommandations en terme d'apport énergétique (Perignon *et al.*, 2017).

Les régimes végétariens qui apportent 20 à 30 % de protéines d'origine animale (produits laitiers, œufs), présentent généralement un plus faible impact environnemental que les régimes omnivores (Rosi *et al.*, 2017 ; Gonzalez-Garcia *et al.*, 2018). Mais il ne faut pas oublier que la production de lait et d'œufs entraîne *de facto* la production de viande (veaux, vaches, poules), impliquant une cohabitation entre consommateurs et non consommateurs de viande.

Jusqu'à quel point peut-on réduire notre consommation de produits animaux pour satisfaire aux contraintes environnementales sans pénaliser l'équilibre alimentaire ? La question reste à ce jour ouverte. À titre d'exemple, deux études américaines récentes conduisent à des résultats divergents selon les critères de modélisation retenus. Une étude conclue que l'élimination totale de l'élevage réduirait effectivement la production de gaz à effet de serre, mais conduirait à une offre alimentaire incapable de satisfaire les besoins nutritionnels de la population (White et Hall, 2017). L'autre conclut qu'un remplacement dans l'alimentation de la totalité des produits animaux par des produits végétaux adaptés permettrait aux États-Unis de nourrir de manière satisfaisante 350 millions de personnes supplémentaires Shepon *et al.*, 2018. Dans ces modèles le choix des produits végétaux pour remplacer les produits animaux est crucial à la fois pour maximiser la réduction de la production de gaz à effet de serre (Perignon *et al.*, 2017), et pour permettre la couverture de l'ensemble des besoins nutritionnels (Cifelli *et al.*, 2016).

L'élevage rendant de nombreux services (écosystémiques et sociaux-économiques) Duru *et al.*, 2017, s'il était supprimé il faudrait trouver des alternatives à son rôle dans le maintien des paysages et des populations rurales, la séquestration de carbone par les prairies, et la valorisation des végétaux non consommables par l'Homme (cf. § 2.1), etc. Ainsi, le régime végétalien étant potentiellement inadéquat sur le plan nutritionnel, n'apportant pas de bénéfice particulier pour la santé, ayant un bilan environnemental contrasté (moins de gaz à effet de serre et de rejet azotés, mais une perte de biodiversité lié à l'abandon des pâturages) et un impact socioéconomique négatif (désertification des campagnes) ne semble pas satisfaire aux critères de la durabilité. L'adhérence à ce type de régime ne se justifie aujourd'hui que par des considérations éthiques sur l'élevage des animaux, et demeure un choix personnel.

Conclusion

La consommation de produits animaux, dans la limite des recommandations actuelles (50 % de l'apport protéique), améliore la qualité de notre alimentation en assurant une meilleure couverture de l'ensemble des besoins nutritionnels. Les études épidémiologiques mettent cependant en évidence un potentiel lien entre une consommation excessive de produits animaux, notamment de viande et la survenue de maladies chroniques non transmissibles. À ce titre, les gros consommateurs de viande de boucherie (plus de 500 g par semaine, environ un tiers de la population) doivent en modérer leur consommation. Pour les autres une réduction de consommation ne s'impose pas, mais reste possible en veillant à maintenir la qualité de l'apport protéique, et en assurant des apports suffisants en vitamines B12, calcium, fer et zinc essentiellement. La diminution actuelle très significative de la consommation de viande par habitant en France (– 12 % en 10 ans – enquête CREDOC) va ainsi dans le bon sens. L'alimentation végétarienne est difficilement recommandable à l'ensemble de la population dans la mesure où elle augmente le risque de déficience d'apport (dont les conséquences peuvent être très dommageables lors de la gestation, chez le jeune enfant, ou chez les personnes âgées), sans apporter de bénéfice santé évident par rapport à une consommation modérée de viande. Elle pose également une question de durabilité en raison des liens entre la production de lait et d'œufs et la production de viande. Sur le plan nutrition/santé, la présence de produits animaux (à raison de 40 à 50 % de l'apport protéique), combinant viande, poisson, lait et œufs, demeure la meilleure garantie pour couvrir l'ensemble des besoins nutritionnels et maintenir un état de santé optimal. Cela représente une réduction significative de la consommation de viande, pour une part importante des occidentaux. Cette transition vers un rééquilibrage de la présence de produits animaux et végétaux dans notre alimentation sera probablement facilitée dans les années à venir par le développement de nouveaux aliments protéiques à base de protéines végétales, attractifs sur le plan gustatif, et de qualité nutritionnelle optimisée.

L'élevage est souvent remis en question en raison de potentiels effets négatifs sur l'environnement, mais il ne faut pas oublier qu'un milliard de personnes, qui vivent en dessous du seuil de pauvreté dans le monde, dépendent de l'élevage pour leur apport en protéines, pour se nourrir et pour gagner leur vie. Sa suppression est donc essentiellement un questionnement de pays riches. Certes, il produit environ 15 % des gaz à effet de serre dont on connaît l'impact sur le réchauffement climatique. C'est à la fois beaucoup et peu par rapport à l'ensemble des services rendus sur le plan nutritionnel et socioéconomique. Les animaux valorisent non seulement les surfaces non-arables mais aussi les coproduits de la transformation des produits végétaux, qui sont à ce jour non-consommables par l'Homme. L'arrêt de la consommation de produits animaux, donc la suppression de l'élevage, entraînerait ainsi inéluctablement une diminution de la disponibilité en protéines consommables par l'Homme, alors même que la demande augmente sous la pression démographique. Elle précipiterait la désertification rurale notamment en zone de montagne, et entraînerait une profonde modification des paysages. Contrairement à ce qu'on veut bien nous faire croire, le végétalisme n'est donc pas la solution miracle à tous nos problèmes. Son positionnement purement éthique n'en demeure pas moins respectable.

Un élevage respectueux des animaux, minimisant les émissions de gaz à effet de serre et les rejets azotés tout en optimisant le recyclage des matières premières dans une économie circulaire (Van Zanten *et al.*, 2018), associé à une consommation raisonnable (limitée) de produits animaux, est ainsi probablement la clé pour une alimentation humaine saine, et durable.

Références

Abel M.H., Caspersen I.H., Meltzer H.M., Haugen M., Brandlistuen R.E., Aase H., Alexander J., Torheim L.E., Brantsaeter A.L., 2017. Suboptimal maternal iodine intake is associated with impaired child neurodevelopment at 3 years of age in the norwegian mother and child cohort study. J. Nutr., 147, 1314-1324.

AFSSA, 2007. Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommendations. Saisine 2004-SA-0052.

Allès B., Baudry J., Mejean C., Touvier M., Peneau S., Hercberg S., Kesse-Guyot E., 2017. Comparison of sociodemographic and nutritional characteristics between self-reported vegetarians, vegans, and meat-eaters from the nutrinet-sante study. Nutrients, 9.

ANSES, 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Rapport d'expertise collective, Saisine n° 2006-SA-0359.

ANSES, 2016. Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires. Rapport d'expertise collective, Saisine n° 2012-SA-0103.

Appleby P., Roddam A., Allen N., Key T., 2007. Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. Eur. J. Clin. Nutr., 61, 1400-1406.

Aubertin-Leheudre M., Adlercreutz H., 2009. Relationship between animal protein intake and muscle mass index in healthy women. Br. J. Nutr., 102, 1803-1810.

Barre T., Perignon M., Gazan R., Vieux F., Micard V., Amiot M.J., Darmon N., 2018. Integrating nutrient bioavailability and co-production links when identifying sustainable diets: How low should we reduce meat consumption? PLoS One, 13, e0191767.

Bastide N.M., Chenni F., Audebert M., Santarelli R.L., Tache S., Naud N., Baradat M., Jouanin I., Surya R., Hobbs D.A., Kuhnle G.G., Raymond-Letron I., Gueraud F., Corpet D.E., Pierre F.H., 2015. A central role for heme iron in colon carcinogenesis associated with red meat intake. Cancer Res., 75, 870-879.

Bath S.C., Steer C.D., Golding J., Emmett P., Rayman M.P., 2013. Effect of inadequate iodine status in UK pregnant women on cognitive outcomes in their children: results from the Avon Longitudinal Study of Parents and Children (ALSPAC). Lancet, 382, 331-337.

Bauchart C., Savary-Auzeloux I., Patureau Mirand P., Thomas E., Morzel M., Rémond D., 2007. Carnosine concentration of ingested meat affects carnosine net release into the portal vein of minipigs. J. Nutr., 137, 589-593.

Bauchart D., Chantelot F., Gandemer G., 2008. Qualités nutritionnelles de la viande et des abats chez le bovin : données récentes sur les principaux constituants d'intérêt nutritionnel. Cah. Nutr. Diét., Hors-série 1, 1S29-21S39.

Bechthold A., Boeing H., Schwedhelm C., Hoffmann G., Knuppel S., Iqbal K., De Henauw S., Michels N., Devleesschauwer B., Schlesinger S., Schwingshackl L., 2017. Food groups and risk of coronary heart disease, stroke and heart failure: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 1-20.

Black M.M., 2008. Effects of vitamin B(12) and folate deficiency on brain development in children. Food and nutrition bulletin, 29, S126-S131.

Bordoni A., Danesi F., Dardevet D., Dupont D., Fernandez A.S., Gille D., Nunes Dos Santos C., Pinto P., Re R., Rémond D., Shahar D.R., Vergères G., 2017. Dairy products and inflammation: A review of the clinical evidence. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 57, 2497-2525.

Brantsaeter A.L., Knutsen H.K., Johansen N.C., Nyheim K.A., Erlund I., Meltzer H.M., Henjum S., 2018. Inadequate Iodine Intake in Population Groups Defined by Age, Life Stage and Vegetarian Dietary Practice in a Norwegian Convenience Sample. Nutrients, 10.

Buffière C., Gaudichon C., Hafnaoui N., Migne C., Scislowsky V., Khodorova N., Mosoni L., Blot A., Boirie Y., Dardevet D., Santé-Lhoutellier V., Rémond D., 2017. In the elderly, meat protein assimilation from rare meat is lower than that from meat that is well done. Am. J. Clin. Nutr., 106, 1257-1266.

Burdge G.C., Tan S.Y., Henry C.J., 2017. Long-chain n-3 PUFA in vegetarian women: a metabolic perspective. J. Nutr. Sci., 6, e58.

Cervantes-Pahm S.K., Liu Y., Stein H.H., 2014. Digestible indispensable amino acid score and digestible amino acids in eight cereal grains. Br. J. Nutr., 111, 1663-1672.

Cifelli C.J., Houchins J.A., Demmer E., Fulgoni V.L., 2016. Increasing Plant Based Foods or Dairy Foods Differentially Affects Nutrient Intakes: Dietary Scenarios Using NHANES 2007-2010. Nutrients, 8.

Clenin G.E., 2017. The treatment of iron deficiency without anaemia (in otherwise healthy persons). Swiss Med Wkly, 147, w14434.

Crowe F.L., Steur M., Allen N.E., Appleby P.N., Travis R.C., Key T.J., 2011. Plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: results from the EPIC-Oxford study. Public Health Nutr., 14, 340-346.

Dardevet D., Rémond D., Peyron M.A., Papet I., Savary-Auzeloux I., Mosoni L., 2012. Muscle wasting and resistance of muscle anabolism: the "anabolic threshold concept" for adapted nutritional strategies during sarcopenia. Scient. World J., 2012, 269531.

de Gavelle E., Huneau J.F., Bianchi C.M., Verger E.O., Mariotti F., 2017. protein adequacy is primarily a matter of protein quantity, not quality: modeling an increase in plant:animal protein ratio in french adults. Nutrients, 9.

Dehghan M., Mente A., Rangarajan S., Sheridan P., Mohan V., Iqbal R., Gupta R., Lear S., Wentzel-Viljoen E., Avezum A., Lopez-Jaramillo P., Mony P., Varma R.P., Kumar R., Chifamba J., Alhabib K.F., Mohammadifard N., Oguz A., Lanas F., Rozanska D., Bostrom K.B., Yusoff K., Tsolkile L.P., Dans A., Yusufali A., Orlandini A., Poirier P., Khatib R., Hu B., Wei L., Yin L., Deeraili A., Yeates K., Yusuf R., Ismail N., Mozaffarian D., Teo K., Anand S.S., Yusuf S., 2018. Association of dairy intake with cardiovascular disease and mortality in 21 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. Lancet, 392, 2288-2297.

Duru M., Donnars C., Rychawy J., Therond O., Dumont B., 2017. La « grange » : un cadre conceptuel pour appréhender les bouquets de services rendus par l'élevage dans les territoires. In : Numéro spécial, L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts. Dumont B. (Éd). INRA Prod. Anim., 30, 273-284.

Ertl P., Klocker H., Hörtenhuber S., Knaus W., Zollitsch W., 2015. The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. Agric. Sys., 137, 119-125.

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, 10, 1883-1889.

FAO, 2013. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Food and Agriculture Organisation, Rome, 2013.

FAO, 2014. Lutter contre le changement climatique grâce à l'élevage. Une évaluation des émissions et des opportunités d'atténuation au niveau mondial. Food and Agriculture Organisation, Rome, 2014.

Foster M., Chu A., Petocz P., Samman S., 2013. Effect of vegetarian diets on zinc status: a systematic review and meta-analysis of studies in humans. J. Sci. Food Agric., 93, 2362-2371.

Gille D., Schmid A., Walther B., Vergeres G., 2018. Fermented Food and Non-Communicable Chronic Diseases: A Review. Nutrients, 10.

Gonzalez-Garcia S., Esteve-Llorens X., Moreira M.T., Feijoo G., 2018. Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. Sci. Total Environ., 644, 77-94.

Gossec L., Pavy S., Pham T., Constantin A., Poiraudeau S., Combe B., Flipo R.M., Goupille P., Le Loet X., Mariette X., Puechal X., Wendling D., Schaeverbeke T., Sibilia J., Tebib J., Cantagrel A., Dougados M., 2006. Nonpharmacological treatments in early rheumatoid arthritis: clinical practice guidelines based on published evidence and expert opinion. Joint Bone Spine, 73, 396-402.

Guo J., Astrup A., Lovegrove J.A., Gijsbers L., Givens D.I., Soedamah-Muthu S.S., 2017. Milk and dairy consumption and risk of cardiovascular diseases and all-cause mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. Eur. J. Epidemiol., 32, 269-287.

Haider L.M., Schwingshackl L., Hoffmann G., Ekmekcioglu C., 2018. The effect of vegetarian diets on iron status in adults: A systematic review and meta-analysis. Crit Rev Food Sci. Nutr., 58, 1359-1374.

Hansen T.H., Madsen M.T.B., Jørgensen N.R., Cohen A.S., Hansen T., Vestergaard H., Pedersen O., Allin K.H., 2018. Bone turnover, calcium homeostasis, and vitamin D status in Danish vegans. Eur. J. Clin. Nutr., 72, 1046-1054.

He J., Wang Y., Feng M., Zhang X., Jin Y.B., Li X., Su L.C., Liu S., Wang A.X., Chen X.M., Wu L.J., Yu X.X., Xu N., Liu X.Y., Yan H.M., Wang Y.F., Jia B., Li J.F., Tao J.M., Zhang F.X., Yu P., Cui L.F., Yang J., Li Z.B., Xie J.L., Wei P., Sun W.W., Gong L., Cheng Y.J., Huang C.B., Wang X.Y., Wang Y., Guo H.F., Jin H.T., Liu X., Wang G.C., Wang Y.H., He L., Zhao Y., Li X.X., Zhang Y., Guo J.P., Li Z.G., 2016. Dietary intake and risk of rheumatoid arthritis-a cross section multicenter study. Clin. Rheumatol., 35, 2901-2908.

Hibbeln J.R., Northstone K., Evans J., Golding J., 2018. Vegetarian diets and depressive symptoms among men. J. Affect. Disord., 225, 13-17.

Hipkiss A.R., 2006. Would carnosine or a carnivorous diet help suppress aging and associated pathologies? Ann. N.Y. Acad. Sci., 1067, 369-374.

Hodgson J.M., Burke V., Beilin L.J., Puddey I.B., 2006. Partial substitution of carbohydrate intake with protein intake from lean red meat lowers blood pressure in hypertensive persons. Am. J. Clin. Nutr., 83, 780-787.

Hunt J.R., 2002. Moving toward a plant-based diet: are iron and zinc at risk? Nutr. Rev., 60, 127-134.

Jackson J., Williams R., McEvoy M., MacDonald-Wicks L., Patterson A., 2016. Is higher consumption of animal flesh foods associated with better iron status among adults in developed countries? A Systematic Rev. Nutr., 8, 89.

Klurfeld D.M., 2015. Research gaps in evaluating the relationship of meat and health. Meat Sci., 109, 86-95.

Krajcovicova-Kudlackova M., Buckova K., Klimes I., Sebokova E., 2003. Iodine deficiency in vegetarians and vegans. Ann. Nutr. Metab., 47, 183-185.

Laird E., Molloy A.M., McNulty H., Ward M., McCarroll K., Hoey L., Hughes C.F., Cunningham C., Strain J.J., Casey M.C., 2017. Greater yogurt consumption is associated with increased bone mineral density and physical function in older adults. Osteoporos Int., 28, 2409-2419.

Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoit M., Veysset P., Rémond D., Peyraud J.L., 2018. L'efficience nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 269-288.

Landi F., Calvani R., Tosato M., Martone A.M., Picca A., Ortolani E., Savera G., Salini S., Ramaschi M., Bernabei R., Marzetti E., 2017. Animal-derived protein consumption is associated with muscle mass and strength in community-dwellers: results from the milan expo survey. J. Nutr. Health Aging., 21, 1050-1056.

Leung A.M., Lamar A., He X., Braverman L.E., Pearce E.N., 2011. Iodine status and thyroid function of Boston-area vegetarians and vegans. J. Clin. Endocrinol. Metab., 96, E1303-1307.

Martin O.C.B., Naud N., Tache S., Debrauwer L., Chevolleau S., Dupuy J., Chantelauze C., Durand D., Pujos-Guillot E., Blas Y.E.F., Urbano C., Kuhnle G.G.C., Sante-Lhoutellier V., Sayd T., Viala D., Blot A., Meunier N., Schlich P., Attaix D., Gueraud F., Scislowski V., Corpet D.E., Pierre F.H.F., 2018. Targeting Colon Luminal Lipid Peroxidation Limits Colon Carcinogenesis Associated with Red Meat Consumption. Cancer Prev Res (Phila), 11, 569-580.

Mast C., Dardevet D., Papet I., 2018. Impact of medication on protein and amino acid metabolism in the elderly: the sulfur amino acid and paracetamol case. Nutr. Res. Rev., 1-14.

Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. Ecosystems, 15, 401-415.

Patel M., Sonesson U., Hessle A., 2017. Upgrading plant amino acids through cattle to improve the nutritional value for humans: effects of different production systems. Animal, 11, 519-528.

Pawlak R., Lester S.E., Babatunde T., 2014. The prevalence of cobalamin deficiency among vegetarians assessed by serum vitamin B12: a review of literature. Eur. J. Clin. Nutr., 68, 541-548.

Perignon M., Vieux F., Soler L.G., Masset G., Darmon N., 2017. Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets. Nutr. Rev., 75, 2-17.

Perignon M., Barre T., Gazan R., Amiot M.J., Darmon N., 2018. The bioavailability of iron, zinc, protein and vitamin A is highly variable in French individual diets: Impact on nutrient inadequacy assessment and relation with the animal-to-plant ratio of diets. Food Chem., 238, 73-81.

Pihlanto A., Mattila P., Mäkinen S., Pajari A.M., 2017. Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. Food & Function, 8, 3443-3458.

Pimpin L., Wu J.H., Haskelberg H., Del Gobbo L., Mozaffarian D., 2016. Is butter back? a systematic review and meta-analysis of butter consumption and risk of cardiovascular disease, diabetes, and total mortality. PLoS One, 11, e0158118.

Politis A., Olgiati P., Malitas P., Albani D., Signorini A., Polito L., De Mauro S., Zisaki A., Piperi C., Stamouli E., Mailis A., Batelli S., Forloni G., De Ronchi D., Kalofoutis A., Liappas I., Serretti A., 2010. Vitamin B12 levels in Alzheimer's disease: association with clinical features and cytokine production. J. Alzheimers Dis., 19, 481-488.

Rémond D., Machebeuf M., Yven C., Buffière C., Mioche L., Mosoni L., Patureau Mirand P., 2007. Postprandial whole-body protein metabolism after a meat meal is influenced by chewing efficiency in elderly subjects. Am. J. Clin. Nutr., 85, 1286-1292.

Rémond D., Shahar D.R., Gille D., Pinto P., Kachal J., Peyron M.A., Dos Santos C.N., Walther B., Bordoni A., Dupont D., Tomas-Cobos L., Vergères G., 2015. Understanding the gastrointestinal tract of the elderly to develop dietary solutions that prevent malnutrition. Oncotarget, 6, 13858-13898.

Rohrmann S., Linseisen J., 2016. Processed meat: the real villain? Proc. Nutr. Soc., 75, 233-241.

Rosi A., Mena P., Pellegrini N., Turroni S., Neviani E., Ferrocino I., Di Cagno R., Ruini L., Ciati R., Angelino D., Maddock J., Gobbetti M., Brighenti F., Del Rio D., Scazzina F., 2017. Environmental impact of omnivorous, ovo-lacto-vegetarian, and vegan diet. Sci. Rep., 7, 6105.

Rutherfurd 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. J. Nutr., 145, 372-379.

Sanders T.A.B., 2009. DHA status of vegetarians. Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids, 81, 137-141.

Sanna A., Firinu D., Zavattari P., Valera P., 2018. Zinc status and autoimmunity: a systematic review and meta-analysis. Nutrients, 10.

Savaiano D.A., 2014. Lactose digestion from yogurt: mechanism and relevance. Am. J. Clin. Nutr., 99, 1251S-1255S.

Savaiano D.A., Boushey C.J., McCabe G.P., 2006. Lactose intolerance symptoms assessed by meta-analysis: a grain of truth that leads to exaggeration. J. Nutr., 136, 1107-1113.

Schupbach R., Wegmuller R., Berguerand C., Bui M., Herter-Aeberli I., 2017. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. Eur. J. Nutr., 56, 283-293.

Schwingshackl L., Hoffmann G., Lampousi A.M., Knuppel S., Iqbal K., Schwedhelm C., Bechthold A., Schlesinger S., Boeing H., 2017a. Food groups and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. Eur. J. Epidemiol., 32, 363-375.

Schwingshackl L., Schwedhelm C., Hoffmann G., Knuppel S., Iqbal K., Andriolo V., Bechthold A., Schlesinger S., Boeing H., 2017b. Food groups and risk of hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. Adv. Nutr., 8, 793-803.

Schwingshackl L., Schwedhelm C., Hoffmann G., Knuppel S., Laure Preterre A., Iqbal K., Bechthold A., De Henauw S., Michels N., Devleesschauwer B., Boeing H., Schlesinger S., 2018. Food groups and risk of colorectal cancer. Int. J. Cancer, 142, 1748-1758.

Seppo L., Jauhiainen T., Poussa T., Korpela R., 2003. A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects. Am. J. Clin. Nutr., 77, 326-330.

Shahidi F., Ambigaipalan P., 2018. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. Annu. Rev. Food Sci. Technol., 9, 345-381.

Shepon A., Eshel G., Noor E., Milo R., 2018. The opportunity cost of animal based diets exceeds all food losses. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 115, 3804-3809.

Smedslund G., Byfuglien M.G., Olsen S.U., Hagen K.B., 2010. Effectiveness and safety of dietary interventions for rheumatoid arthritis: a systematic review of randomized controlled trials. J. Am. Diet. Assoc., 110, 727-735.

Solfrizzi V., Custodero C., Lozupone M., Imbimbo B.P., Valiani V., Agosti P., Schilardi A., D'Introno A., La Montagna M., Calvani M., Guerra V., Sardone R., Abbrescia D.I., Bellomo A., Greco A., Daniele A., Seripa D., Logroscino G., Sabba C., Panza F., 2017. Relationships of dietary patterns, foods, and micro- and macronutrients with alzheimer's disease and late-life cognitive disorders: a systematic review. J. Alzheimers Dis., 59, 815-849.

Turner N.D., Lloyd S.K., 2017. Association between red meat consumption and colon cancer: A systematic review of experimental results. Exp. Biol. Med. (Maywood), 242, 813-839.

Van Zanten H.H.E., Herrero M., Van Hal O., Roos E., Muller A., Garnett T., Gerber P.J., Schader C., De Boer I.J.M., 2018. Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. Glob. Chang. Biol., 24, 4185-4194.

WCRF, 2017. World cancer research fund international/american institute for cancer research. continuous update project report: Diet, Nutrition, Physical Activity and Cancer, 2017.

WCRF, 2018. World cancer research fund international/american institute for cancer research. Food Nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective, 2018.

Westhoek H., Lesschen J.P., Rood T., Wagner S., De Marco A., Murphy-Bokern D., Leip A., van Grinsven H., Sutton M.A., Oenema O., 2014. Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. Global Environ. Change, 26, 196-205.

White R.R., Hall M.B., 2017. Nutritional and greenhouse gas impacts of removing animals from US agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 114, E10301-E10308.

WHO, 2002. The world health report 2002 – Reducing risks, promoting healthy life. World Health Organization.

Résumé

L'image de l'élevage et des produits alimentaires d'origine animale n'a cessé de se dégrader suite aux crises sanitaires successives, aux problèmes de pollution, et plus récemment à la dénonciation de pratiques d'élevage et d'abattage ne respectant pas le bien-être animal. En réponse à cette détérioration d'image, des modes de consommation « alternatifs » se développent, allant du flexitarisme au végétalisme. Il faut cependant rappeler que sur le plan nutritionnel, en raison de la qualité de leur apport en protéines et minéraux (calcium, fer, zinc), et de leur spécificité dans l'apport en vitamine B12 et en acides gras polyinsaturés à longue chaîne, la présence de produits animaux dans l'alimentation garantit une couverture optimale des besoins de notre organisme. Bien que souvent attaqués sur le plan de la santé, il faut également rappeler que les études épidémiologiques ne mettent pas en évidence d'effet négatif de leur consommation lorsque celle-ci est modérée (moins de 50 % de l'apport protéique journalier, moins de 500 g de viande rouge par semaine). Il est clair cependant que dans les pays occidentaux, une consommation excessive de produits animaux a pu déséquilibrer l'alimentation et favoriser l'émergence de pathologies non transmissibles. Aussi, pour les gros consommateurs de produits animaux, une réduction de consommation s'impose. Celle-ci entraînerait une importante réduction (– 30 %) de l'impact environnemental des productions animales. Un élevage respectueux des animaux, minimisant les émissions de gaz à effet de serre et les rejets azotés et maximisant l'utilisation de produits végétaux non consommables par l'Homme, associé à une consommation humaine raisonnable, garantira le maintien des produits animaux dans l'alimentation de demain.

Abstract

What role for animal products in tomorrow's human diet?

The image of livestock production, and animal food products, has steadily deteriorated following successive health crises, pollution problems, and more recently the denunciation of practices of breeding/slaughter not respecting animal welfare. "Alternative" modes of consumption are thereby developing, ranging from flexitarism to veganism. However, it must be remembered that because of the quality of their protein and mineral supply, and their specificity in the supply of vitamin B12 and long chain polyunsaturated fatty acids, the presence of animal products in the diet secures an optimal coverage of our nutritional requirements. Although often attacked in terms of public health issues, it should also be remembered that epidemiological studies do not show any negative effect of their consumption when it is moderate (less than 50 % of the daily protein intake, less than 500 g of red meat per week). It is clear, however, that in Western countries, excessive consumption of animal products may have led to unbalanced diets, and favored the emergence of non-communicable diseases. Thus, for those consuming the largest amountsof animal products, a reduction in consumption is necessary. This would lead to a significant reduction (– 30 %) in the environmental impact of livestock production. Animal-friendly livestock farming, minimizing greenhouse gas emissions and nitrogen emissions and maximizing the use of non-edible plant products, coupled with reasonable eating behaviors, will ensure the maintenance of animal products in tomorrow's diet.

RÉMOND D., 2019. Quelle place pour les produits animaux dans l'alimentation de demain ? In : Numéro spécial. De grands défis et des solutions pour l'élevage. Baumont R. (Éd). INRA Prod. Anim., 32, 147-158.
https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2500