

Absence de viande dans le régime alimentaire de l'homme : conséquences nutritionnelles et effets sur la santé

Revue bibliographique

CONFIDENTIEL



INSTITUT DE
L'ÉLEVAGE



Août 2012

Compte rendu confidentiel n°00 12 32 012

Institut de l'Elevage

Département Techniques d'Elevage et Qualité

Service Qualité des Viandes

Jérôme NORMAND

**ABSENCE DE VIANDE DANS LE REGIME
ALIMENTAIRE DE L'HOMME : CONSEQUENCES
NUTRITIONNELLES ET EFFETS SUR LA SANTE**

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

~~~ CONFIDENTIEL ~~~

Etude réalisée avec le soutien financier d'Interbev

Collection Résultats

Opération n°T0884

SOMMAIRE

	Page
Résumé	5
1 – Contexte et attendus de l'étude	7
2 – La non-consommation de viande	9
2.1 – Définitions	9
2.2 – Importance dans la population	9
2.3 – Un marché en croissance	10
3 – Le statut nutritionnel des végétariens	11
3.1 – Les protéines	12
3.1.1 – <i>Aspects quantitatifs</i>	12
3.1.2 – <i>Aspects qualitatifs</i>	15
3.2 – Les acides gras oméga-3	18
3.3 – La vitamine B ₁₂	27
3.4 – Le fer	34
3.5 – Le zinc	41
3.6 – Les autres nutriments	46
3.6.1 – <i>La vitamine D</i>	46
3.6.2 – <i>Le calcium</i>	46
4 – Incidence des régimes végétariens sur la santé	48
4.1 – Description succincte des cohortes végétariennes	48
4.2 – Régimes végétariens et obésité	53
4.3 – Régimes végétariens et cholestérol	56
4.4 – Régimes végétariens et maladies cardiovasculaires	56
4.5 – Régimes végétariens et cancers	57
4.6 – Limites inhérentes aux études de cohortes	59
5 – Conclusion	61
Bibliographie	65

RESUME

L'image nutritionnelle de la viande rouge est ambivalente. Elle est à la fois positive car la viande apporte des nutriments importants pour l'organisme humain : des protéines, du fer héminique biodisponible, du zinc, de la vitamine B₁₂... Mais elle est aussi négative, car la viande est souvent jugée trop grasse, riche en acides gras saturés pro-athérogènes ou source de molécules potentiellement toxiques formées au cours de la cuisson... De plus, un certain nombre d'études d'observation relient la consommation de produits carnés à l'apparition de certaines pathologies : cancer, maladies cardiovasculaires... Dès lors, qu'en est-il vraiment ? Les consommateurs de viande rouge ont-ils significativement plus de risques de développer certaines pathologies ? La seule consommation de viande rouge peut-elle être incriminée ? Et à l'inverse, l'absence de viande dans le régime alimentaire ne risque-t-elle pas d'induire des effets négatifs sur la santé de l'Homme ? Pour tenter d'apporter des éléments de réponse à ces questions, Interbev a demandé à l'Institut de l'Elevage de réaliser une synthèse bibliographique traitant des conséquences d'une absence de viande dans le régime alimentaire sur le statut nutritionnel et la santé chez l'Homme.

La bibliographie sur les régimes végétariens (y compris végétaliens) et leur comparaison avec un régime omnivore est relativement bien documentée. La comparaison entre les apports alimentaires des végétariens et des non-végétariens montre généralement des quantités de céréales, de légumineuses, de noix, de fruits et légumes beaucoup plus importantes avec les régimes végétariens qu'avec les régimes non-végétariens. Ces différences, ajoutées à l'impact des apports en aliments d'origine animale, se traduisent par des différences d'apports en nutriments qui peuvent avoir des effets favorables ou défavorables sur le statut nutritionnel et la santé des végétariens.

Les points les plus discutés concernent les apports en protéines, en acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne, la vitamine B₁₂, le fer et le zinc :

- Les protéines : Si le régime alimentaire est équilibré, l'absence de viande dans le régime ne se traduit pas par un déficit d'apport en protéines par rapport aux apports nutritionnels conseillés. Les protéines des produits laitiers et des œufs ainsi que les protéines végétales peuvent compenser l'apport protéique des produits carnés. Il faut toutefois veiller à la déficience en lysine et la moindre digestibilité de certaines sources de protéines végétales (céréales notamment).
- Les acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne (EPA et DHA) : Les apports en EPA et DHA des régimes végétariens sont plus faibles que ceux des régimes carnés. Parallèlement, les régimes végétariens ont des apports en acide linoléique (C18:2 *n*-6) plus élevés que les régimes omnivores et donc un ratio AGPI *n*-6 / AGPI *n*-3 plus élevé et plus défavorable. Ceci a pour conséquence de limiter la conversion (déjà faible) de l'acide α -linoléique en EPA et DHA. Dans les conditions d'un régime végétarien, il est donc difficile de couvrir les apports nutritionnels conseillés en EPA et DHA.
- La vitamine B₁₂ : Les produits végétaux sont totalement dépourvus de vitamine B₁₂. De ce fait, sans une consommation régulière d'une source fiable de vitamine B₁₂, (œufs, produits laitiers, aliments enrichis, suppléments) les apports nutritionnels conseillés en vitamine B₁₂ ne sont pas couverts chez les végétariens et encore moins chez les végétaliens.
- Le fer : Les apports alimentaires en fer des régimes végétariens sont similaires à ceux des régimes omnivores et ceux des régimes végétaliens sont même supérieurs.

Cependant, la biodisponibilité du fer est beaucoup plus faible dans les régimes végétariens et végétaliens que dans les régimes omnivores. En se basant sur la différence de biodisponibilité du fer, les besoins en fer des végétariens et végétaliens pourraient être 1,8 fois ceux des omnivores. Assez logiquement, leur statut nutritionnel en fer est plus faible que celui des omnivores mais il reste généralement dans la norme basse. Il indique malgré tout un risque d'anémie en cas de stress accru ou de perte de sang excessive. Cependant, l'incidence de l'anémie par carence martiale n'est pas plus importante dans la population végétarienne et végétalienne que dans la population omnivore.

- Le zinc : Les apports en zinc des régimes végétariens et végétaliens sont proches ou un peu inférieurs à ceux des régimes omnivores et aux apports nutritionnels conseillés. Cependant, la biodisponibilité du zinc issue d'une alimentation végétarienne étant plus faible que celle issue d'une alimentation omnivore, les besoins en zinc des végétariens pourraient être supérieurs aux apports nutritionnels conseillés. Une carence en zinc reste malgré tout difficile à mettre en évidence chez les végétariens des pays occidentaux.

Si un régime végétarien correctement planifié et équilibré ne semble pas poser de problème majeur sur le plan nutritionnel, un régime végétarien mal géré n'est pas sans danger et peut déboucher sur des déficiences voire des carences pour certains nutriments : fer, vitamine B₁₂, acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne... Des précautions doivent être prises pour équilibrer une alimentation sans produits carnés. Cela passe par une alimentation végétale variée (céréales, légumineuses, graines, noix...) ou une augmentation de la consommation de légumineuses et de produits à base de soja afin de disposer d'un apport protéique suffisant en quantité mais aussi en qualité. Il est également conseillé aux végétariens d'incorporer dans leur alimentation de bonnes sources d'acide α -linoléique (huile de colza, noix, graine de lin...) afin d'augmenter la conversion d'acide α -linoléique en EPA et DHA, et/ou de consommer des algues marines, des aliments enrichis en DHA (jus de soja enrichi, barres de céréales enrichies...) ou des suppléments en DHA. Il leur est aussi demandé de veiller à avoir un apport adéquat en vitamine B₁₂ via une consommation régulière d'œufs et de produits laitiers, d'aliments enrichis en vitamine B₁₂ (boissons au soja ou au riz, levure nutritionnelle...), et/ou d'avoir recours à une supplémentation. Les jeunes femmes végétariennes doivent s'assurer que leur régime inclut de bonnes sources alimentaires de fer mais aussi de vitamine C qui est un puissant facilitateur de l'absorption du fer, et/ou doivent avoir recours à des suppléments en fer. Enfin, les végétariens sont incités à limiter la rétention du zinc présent dans les végétaux (trempage et germination des céréales et graines, utilisation de levain), à faciliter son absorption (utilisation d'acides organiques), et/ou à consommer des aliments enrichis en zinc.

S'agissant des effets des régimes végétariens sur la santé humaine, les résultats sont issus d'études de cohortes avec toutes les limites inhérentes à ce type de protocole. Il est ainsi observé que les végétariens ont un indice de masse corporelle moyen plus faible d'environ 1 kg/m² que les omnivores. Ils présentent également une teneur plasmatique en cholestérol total plus faible et ont une mortalité par cardiopathie ischémique inférieure à celle des omnivores (diminution du risque de 25 % environ chez les végétariens). En revanche, la bibliographie n'est pas concordante quant aux effets d'un régime végétarien sur l'incidence du cancer colorectal. L'interprétation des résultats d'études de cohortes requiert toutefois une certaine prudence. En effet, il existe un certain nombre de biais inhérents à la sélection des groupes végétariens et omnivores : différence d'âge, proportion de fumeurs, consommation d'alcool, pratique d'une activité physique... Des ajustements statistiques sont effectués afin de les corriger mais les effets positifs des régimes végétariens sur la santé humaine ne peuvent sans doute pas être entièrement attribués aux régimes en eux-mêmes et à leur composition. Une partie de ces effets pourrait être liée au fait que les végétariens sont globalement plus soucieux de leur santé que les omnivores : ils fument moins, ils consomment moins d'alcool et ont un niveau d'activité physique plus élevé...

1 – Contexte et attendus de l'étude

L'image nutritionnelle de la viande rouge est ambivalente. Elle est à la fois positive car la viande apporte des nutriments importants pour l'organisme humain : des protéines, du fer héminique biodisponible, du zinc, de la vitamine B₁₂... Mais elle est aussi négative, car la viande est souvent jugée trop grasse, riche en acides gras saturés pro-athérogènes ou source de molécules potentiellement toxiques formées au cours de la cuisson... De plus, un certain nombre d'études d'observation relient la consommation de produits carnés à l'apparition de certaines pathologies : cancer, maladies cardiovasculaires... Pour le cancer par exemple, cela a conduit les recommandations officielles actuelles à prendre en compte ce risque. Le dernier rapport du World Cancer Research Fund (WCRF) recommande ainsi de limiter la consommation de viande rouge à moins de 500 g par semaine au niveau individuel (et pour la population, moins de 300 g par semaine) et de ne pas consommer de charcuteries afin de réduire le risque de cancer (WCRF, 2007). Reprenant ce rapport, l'Institut National du Cancer (INCa) recommande aux Français, dans le cadre du Programme National Nutrition Santé, de limiter la consommation de viandes rouges à moins de 500 g par semaine, de limiter la consommation de charcuteries, en particulier les charcuteries très grasses et/ou très salées, et en cas de consommation de charcuteries, de réduire autant que possible la taille des portions et la fréquence de consommation (INCa, 2009). Dans un contexte où les consommateurs sont de plus en plus sensibles au discours « santé-diététique » omniprésent dans les médias, ces différents éléments peuvent générer des freins importants à la consommation de viande rouge.

Est-ce donc dangereux de consommer de la viande ? Faut-il devenir végétarien ? A la parution de chaque nouvelle étude faisant le lien entre consommation de viande et santé, ces questions sont mises en avant par les médias. Mais généralement, ces derniers ne font pas état d'éléments méthodologiques comme la définition de la viande rouge, la définition de la population, le niveau de consommation de viande et sa représentativité par rapport au niveau moyen de consommation de viande en France, l'éventuelle confusion d'effets (manque de fibres, tabagisme, consommation d'alcool...). Il est donc difficile de savoir si les résultats obtenus dans une étude donnée sont généralisables à tous les contextes de consommation et s'ils sont concordants avec les autres études publiées sur le sujet. Alors qu'en est-il vraiment ? Les consommateurs de viande rouge ont-ils significativement plus de risques de développer certaines pathologies ? La seule consommation de viande rouge peut-elle être incriminée ? Et à l'inverse, les non-consommateurs de viande rouge présentent-ils réellement moins de risques de développer des maladies chroniques ? L'absence de viande dans le régime alimentaire risque-t-elle d'induire des effets négatifs sur la santé de l'Homme ? Pour tenter d'apporter des éléments de réponse à ces questions, Interbev a demandé à l'Institut de l'Elevage de réaliser une synthèse bibliographique traitant des conséquences sur la santé de l'Homme d'une absence de viande dans son régime alimentaire. Il s'agissait de rendre accessible à la filière les résultats des études conduites sur le sujet, en relativisant les avantages et/ou les risques potentiels liés à la non-consommation de viande en fonction des protocoles d'étude mis en œuvre. Tel est donc l'objet du présent document.

Après une première partie définissant la non-consommation de viande et son importance dans la population, cette revue bibliographique traite, dans une deuxième partie, des effets d'une absence de viande dans le régime alimentaire sur le statut nutritionnel des végétariens. La troisième et dernière partie de cette revue est centrée sur les conséquences sur la santé humaine d'une absence de viande dans le régime alimentaire. Cette partie s'appuie sur les principaux résultats des études de cohortes prospectives conduites sur le sujet.

2 – La non-consommation de viande

2.1 – Définitions

La non-consommation de viande est la caractéristique commune des différents régimes végétariens. En effets, les végétariens éliminent de leur régime alimentaire toute chair animale, y compris le poulet et le poisson, et basent généralement leur alimentation sur les fruits et légumes, les céréales (de préférence des céréales complètes), les légumes secs et les fruits secs qu'ils consomment, suivant les cas, avec ou sans produits laitiers ou œufs. Certaines personnes qui se disent à tort végétariennes consomment de la volaille, des fruits de mer, ou du poisson, voire de faibles quantités de viande rouge, mais il est préférable dans ce cas de parler plutôt de « semi-végétarisme ». L'adhésion à un régime végétarien relève de différentes considérations : éthiques, économiques, nutritionnelles, environnementales, religieuses..., qui vont influencer le modèle alimentaire choisi. Ainsi, parmi les végétariens, se distinguent les ovo-lacto-végétariens qui incluent les œufs, les produits laitiers et le miel dans leur alimentation, les lacto-végétariens qui incluent les produits laitiers mais excluent les œufs de leur régime, et les ovo-végétariens qui, inversement, incluent les œufs mais excluent tous produits laitiers de leur consommation. Quant aux végétaliens, ils consomment uniquement des produits végétaux et excluent de leur alimentation tous produits d'origine animale. Cependant il est souvent difficile de faire entrer toutes les pratiques alimentaires dans ces différentes catégories et on peut rencontrer d'autres types d'alimentation végétarienne plus ou moins stricts. Par exemple, les personnes pratiquant l'alimentation macrobiotique décrivent généralement leur alimentation comme étant végétarienne car elle repose essentiellement sur la consommation de céréales, de légumineuses et de légumes. Les fruits à coque, fruits frais et graines sont consommés dans une moindre mesure et la consommation de poisson en faible quantité est également possible. L'alimentation crudivore peut être considérée comme une alimentation végétalienne. Elle est basée essentiellement ou exclusivement sur des aliments non cuits et non transformés. Les aliments consommés sont généralement les fruits, les légumes, les fruits à coque, les graines et graines germées mais également dans certains cas des produits laitiers non pasteurisés et même de la viande ou du poisson cru.

Les régimes végétariens étant définis par ce qu'ils ne contiennent pas, une grande diversité de pratiques alimentaires et donc de composition des régimes végétariens est observée. Cette diversité explique sans doute en partie la difficulté à établir des relations claires entre régime végétarien, statut nutritionnel et santé.

Dans cette synthèse bibliographique, la discussion est essentiellement basée sur les deux types de régimes sans viande les plus étudiés et les plus rencontrés dans les pays occidentaux : les régimes ovo-lacto-végétariens et les régimes végétaliens. Dans le présent rapport, le terme végétarien est utilisé pour désigner globalement les personnes ayant opté pour une alimentation végétarienne, qu'elle soit ovo-lacto-végétarienne, lacto-végétarienne, ou ovo-végétarienne. Sauf mention contraire, il n'englobe généralement pas les personnes ayant opté pour une alimentation végétalienne.

2.2 – Importance dans la population

A l'échelle mondiale, le nombre de personnes suivant un régime végétarien (ou végétalien) serait relativement important même si dans la majorité des pays, les végétariens ne

représentent qu'une faible part de la population. L'Inde est une exception notable puisqu'environ 35 % de sa population suit un régime végétarien traditionnel depuis plusieurs générations (revue de Key *et al.*, 2006). Dans les pays occidentaux, la proportion de végétariens (y compris les végétaliens) est beaucoup plus modeste : en France, les végétariens représenteraient environ 1 % de la population française (Escalon *et al.*, 2009) et au Royaume-Uni, la part de la population végétarienne serait de l'ordre de 5 % (revue de Key *et al.*, 2006). Mais l'alimentation végétarienne semble susciter un intérêt croissant auprès des consommateurs occidentaux. Ainsi, d'après un sondage réalisé par Harris Interactive® aux Etats-Unis en 2006, 2,3 % de la population américaine adulte (soit 4,9 millions de personnes) avaient une alimentation végétarienne permanente et déclaraient ne jamais consommer de viande, poisson ou volaille. Les végétaliens représentaient un tiers à la moitié de cette population (Stahler, 2006 ; ADA, 2009). En 2009, le même sondage indiquait une progression de la population végétarienne : elle représentait alors 3,4 % de la population adulte américaine dont environ un tiers (1,3 % des adultes américains) était végétalienne (Stahler, 2009). Cependant, si le nombre de végétariens semble augmenter dans certains pays occidentaux, une tendance inverse se dessine dans d'autres régions du monde. On observe ainsi une augmentation de la consommation de viande dans des pays qui avaient jusqu'à présent une très faible consommation. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) prévoit, qu'entre 1964-66 et 2030, la consommation de viande de l'Asie de l'Est passe de 8,7 à 58,5 kg équivalent carcasse par habitant pendant que la consommation mondiale de viande passerait de 24,2 à 45,3 kg équivalent carcasse par habitant (OMS, 2003).

2.3 – Un marché en croissance

Certains signes traduisent un intérêt croissant des pays occidentaux pour les régimes végétariens : la multiplication de sites Internet, de périodiques et de livres de cuisine ayant pour thème le végétarisme, l'offre en produits végétariens dans les restaurants, dans les fast-foods ou dans la restauration collective...

Au cours de la dernière décennie, aux Etats-Unis notamment, l'intérêt suscité par les régimes sans viande a induit une croissance significative du marché des produits végétariens transformés : hamburger végétarien, substituts de viande, « lait » végétal, plats préparés végétariens... (revue de Craig, 2010). L'offre en produits enrichis en nutriments (substituts de viande, jus de soja, lait, jus de fruit, céréales pour petit déjeuner...) s'est également fortement accrue. Ces produits, associés aux compléments alimentaires largement présents sur le marché, peuvent considérablement augmenter les apports des végétariens et végétaliens en nutriments clés tels que le calcium, le fer, le zinc, la vitamine B₁₂, la vitamine D, les acides gras oméga 3...

Avec autant de produits enrichis disponibles et une forte sensibilisation de la population végétarienne aux besoins nutritionnels liés à leur pratique alimentaire, le statut nutritionnel des végétariens devrait être aujourd'hui grandement amélioré par rapport à celui observé dans les dernières décennies.

3 – Le statut nutritionnel des végétariens

La comparaison entre les apports alimentaires des végétariens (y compris les végétaliens) et des non-végétariens montre généralement des quantités de céréales, de légumineuses, de noix, de fruits et légumes beaucoup plus importantes avec les régimes végétariens qu'avec les régimes non-végétariens. Ces différences, ajoutées à l'impact des apports en aliments d'origine animale, se traduisent par des différences d'apports en nutriments. Ainsi, comparativement aux régimes omnivores, les régimes végétariens ou végétaliens sont généralement plus riches en glucides, en acides gras polyinsaturés *n*-6, en fibres alimentaires, en magnésium, potassium, vitamines C, vitamine E, vitamine B₉ (acide folique), caroténoïdes, flavonoïdes et autres phytonutriments mais plus pauvres en protéines, en acides gras saturés, en acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne, en vitamine B₁₂, en vitamine D, en calcium et en zinc (tableau 1). Par exemple, dans l'étude de cohorte prospective EPIC-Oxford (cf. partie 4), les apports moyens en polysaccharides non-amylacés (principaux composants des fibres alimentaires) sont évalués à 18,7 et 18,9 g/j chez les hommes et femmes consommateurs de viande, à 22,7 et 21,8 g/j chez les hommes et femmes végétariens et à 27,7 et 26,4 g/j chez les hommes et femmes végétaliens (Davey *et al.*, 2003). Les apports moyens en acides gras saturés exprimés en pourcentage de l'énergie sont estimés respectivement à 10,4 et 10,7 % chez les hommes et femmes consommateurs de viande, à 9,4 et 9,3 % chez les hommes et femmes végétariens et à 5,0 et 5,1 % chez les hommes et femmes végétaliens.

Ces différences dans les apports de nutriments peuvent avoir des effets positifs ou négatifs sur le statut nutritionnel et la santé des végétariens. Les connaissances actuelles en nutrition suggèrent que des apports alimentaires relativement élevés en fibres, en magnésium, en vitamines B₉, C et E et qu'une faible consommation d'acides gras saturés peuvent tous avoir un effet bénéfique. En revanche, il convient d'être plus vigilant sur les niveaux d'apports en protéines, en acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne, en vitamine B₁₂, en zinc, en fer des régimes végétariens et végétaliens au regard des recommandations nutritionnelles. L'impact des régimes végétariens sur le statut nutritionnel de chacun de ces nutriments est détaillé ci-après.

Tableau 1 : Apport en nutriments d'un régime végétarien ou végétalien comparativement à un régime omnivore

	Moins riche	Plus riche
Macronutriments	Acides gras saturés Cholestérol	Acides gras oméga 6
	Acides gras oméga-3 longue chaîne Protéines	Glucides Fibres alimentaires
Minéraux	Zinc Calcium	Magnésium Potassium
Vitamines	Vitamine B ₁₂ Vitamine D	Vitamine B ₉ Vitamine C Vitamine E
Autres	Problèmes potentiels Effet favorable	Caroténoïdes Flavonoïdes...

3.1 – Les protéines

Les protéines, présentes à la fois dans les produits alimentaires d'origine végétale et animale, sont une composante indispensable de l'alimentation. Leur rôle nutritionnel est de fournir des acides aminés, de l'azote et de l'énergie. Les protéines jouent un rôle essentiel dans l'organisme car elles participent à la constitution des muscles, de la peau, des os, des hormones, etc.

3.1.1 – Aspects quantitatifs

Chez l'adulte en bonne santé, le besoin nutritionnel¹ moyen en protéines est établi, avec un niveau de preuves élevé concernant le bilan azoté, à 0,66 g/j/kg de poids corporel (AFSSA, 2007). L'AFSSA a également établi un Apport Nutritionnel Conseillé² (ANC) en protéines qui s'élève chez l'adulte à 0,83 g/kg/j, soit 51 g de protéine par jour chez une femme adulte de 60 kg et 58 g de protéine par jour chez un homme adulte de 70 kg (Figure 1). Cela représente de 10 à 15 % de l'apport énergétique journalier.

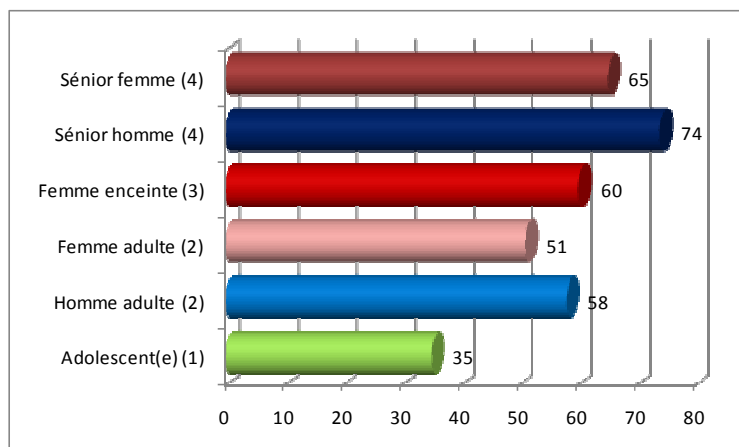
Chez les végétaliens, les protéines proviennent exclusivement d'un mélange de végétaux (légumineuses, céréales, légumes...) alors que chez les omnivores et les végétariens elles proviennent principalement des produits d'origine animale (œuf, produits laitiers, viande, poisson). Or les aliments d'origine végétale contiennent nettement moins de protéines que les produits d'origine animale (Tableau 2). Les légumineuses (fèves, haricots secs, pois secs...), les noix et graines sont les végétaux dont la teneur en protéine est la plus élevée mais ils sont généralement consommés en faible quantité.

Différentes études ont comparé les apports alimentaires des végétaliens, des végétariens et des omnivores à partir de questionnaires de fréquence alimentaire et de tables de composition nutritionnelle des aliments. Dans ces études, il n'est donc pas surprenant d'observer des apports moyens en protéines plus faibles chez les végétaliens que chez les végétariens, ceux-ci étant eux-mêmes plus faibles que ceux des omnivores (Tableau 3). Par exemple Janelle et Bar (1995) ont observé des apports protéiques journaliers croissants entre les individus végétaliens (51,9 g/j soit 10,4 % de l'apport énergétique journalier), les individus végétariens (57,1 g/j soit 11,5 % de l'apport énergétique journalier) et les individus omnivores (77,1 g/j soit 14,8 % de l'apport énergétique journalier). Cependant, dans les différentes études répertoriées dans le tableau 3, si les apports protéiques des régimes végétariens sont plus faibles que ceux des régimes omnivores, ils ne sont pas inférieurs aux ANC (0,83 g/j/kg de poids corporel, soit environ 51 g/j chez la femme adulte et de 58 g/j chez

¹ Le besoin nutritionnel en protéines est défini comme la quantité minimale de protéines qui doit être régulièrement consommée pour assurer l'entretien, le fonctionnement métabolique et physiologique, et éventuellement la croissance, et de façon générale pour garantir la santé d'un individu bien portant.

² L'Apport Nutritionnel Conseillé (ANC) est une valeur de référence calculée pour couvrir les besoins de la plus grande partie de la population considérée (sur la base statistique de 97,5 % des individus). Cette valeur est proche du besoin nutritionnel moyen auquel on ajoute deux écarts-types. Dans le cas des protéines, il s'agit d'un apport de référence de sécurité qui a été nommé ANC par souci d'uniformité lexicale et de simplicité. En effet, d'une part, la consommation spontanée de protéines est bien supérieure à l'ANC et il n'y a pas d'élément à ce jour pour indiquer qu'elle présente un risque et d'autre part, le critère retenu pour calculer le besoin en protéines à partir duquel est calculé l'ANC est un critère minimal. Ainsi, l'ANC en protéines ne constitue aucunement une cible qu'il serait conseillé d'atteindre, par une diminution des apports spontanés, mais bien plutôt une valeur de référence minimale.

Figure 1 : Apport Nutritionnel Conseillé en protéines (en g/j)



D'après CIV (2010) et AFSSA (2007).

- ⁽¹⁾ L'ANC pour les adolescent(e)s est de 0,78 à 0,9 g/kg/jour. Il a été calculé pour un poids moyen de 45 kg (13-15 ans).
- ⁽²⁾ L'ANC est de 0,83 g/kg/jour pour les adultes. Il a été calculé pour un poids moyen de 60 kg pour les femmes et 70 kg pour les hommes.
- ⁽³⁾ L'ANC est compris entre 0,82 g/kg/j en début de grossesse et 1 g/kg/j en fin de grossesse : il atteint 60 g/j au 3e trimestre.
- ⁽⁴⁾ L'ANC est de 1 g/kg/jour pour les plus de 60 ans en France (0,83 g/kg/jour à l'international selon l'OMS). Il a été calculé pour un poids moyen de 65 kg pour les femmes et 75 kg pour les hommes.

Tableau 2 : Teneur en protéines de différents aliments d'origine végétale ou animale

Aliments d'origine végétale	Teneur en protéine (g/100 g)	Aliments d'origine animale	Teneur en protéine (g/100 g)
Riz blanc, sec	2,3	Bœuf, faux-filet, grillé	25,6
Blé dur précuit, grain entier, cuit	4,7	Poulet, cuisse, viande et peau, rôti	25,9
Haricot blanc, cuit	8,4	Porc, côte, grillée	28,0
Lentille, cuite	8,2	Veau, côte, cuite	31,0
Pois chiche, cuit	8,9	Steak haché 15 % MG, cuit	22,3
Tofu	12,6	Cabillaud, cuit à la vapeur	18,8
Carotte, crue	0,8	Saumon, cuit à la vapeur	23,6
Chou vert, cuit	1,3	Œuf, cru	12,6
Haricot vert, cuit	1,3	Lait demi-écrémé stérilisé UHT	4,0
Amande	23,6	Fromage blanc battu 20 % MG	7,9
Noix, séchée, cerneaux	12,8	Emmental	28,4

Source : Table de composition nutritionnelle des aliments Ciquel 2008.

Tableau 3 : Comparaison des apports alimentaires en protéines des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores				Végétariens				Végétaliens			
	Sexe	Nb individus	Protéine g/lj	Protéine % AET	Sexe	Nb individus	Protéine g/lj	Protéine % AET	Sexe	Nb individus	Protéine g/lj	Protéine % AET
Abdulla et al., 1981									Homme	3	49 ± 8	
									Femme	3	37 ± 9	
	Ensemble	35		12 ± 2					Ensemble	6		10 ± 1
Abdulla et al., 1984					Homme	3	64 ± 16	10 ± 2				
					Femme	3	57 ± 12	12 ± 1				
Rana et Sanders, 1986	Homme	8		13,3 ± 0,78					Homme	8		11,1 ± 0,73
	Femme	10		14,9 ± 0,40					Femme	10		11,2 ± 0,94
Key et al., 1990	Ensemble	22		14,4 ± 0,6					Ensemble	18		11,5 ± 0,6
Draper et al., 1993	Homme	387	87	14,4	Homme	16	66 ± 21	12,0 ± 3,4	Homme	18	65 ± 27	11,7 ± 2,8
	Femme	377	66	15,5	Femme	36	56 ± 17	12,6 ± 3,0	Femme	20	47 ± 18	10,8 ± 2,3
Alexander et al., 1994	Ensemble	50	83,2 ± 21,5	14,0	Ensemble	50*	69,7 ± 25,4	12,5	Ensemble	5	55,2 ± 14,4	12,2
Janelle et Barr, 1995	Femme	22	77,1 ± 19,7	14,8 ± 2,3	Femme	15	57,1 ± 10,8	11,5 ± 2,1	Femme	8	51,9 ± 12,1	10,4 ± 1,6
Toohey et al., 1998					Homme	49	75,1 ± 4,7	12,1 ± 0,4	Homme	14	62,3 ± 8,5	12,0 ± 0,8
					Femme	94	61,5 ± 2,9	11,7 ± 0,3	Femme	31	55,8 ± 3,7	11,3 ± 0,5
Haddad et al., 1999	Homme	10	85 ± 23	16 ± 6					Homme	10	75 ± 168	13 ± 2
	Femme	10	74 ± 14	15 ± 3					Femme	15	52 ± 13	12 ± 1
Davey et al., 2003	Homme	6 951		16,0 ± 2,78	Homme	3 748		13,1 ± 1,98	Homme	770		12,9 ± 2,16
	Femme	22 962		17,3 ± 3,01	Femme	12 347		13,8 ± 2,14	Femme	1 342		13,5 ± 2,30

Moyenne ± écart-type.

AET : Apport Energétique Total.

* 45 ovo-lacto-végétariens + 5 végétaliens.

l'homme adulte, soit 10 à 15 % de l'apport énergétique journalier). Il en est de même pour les apports protéiques des régimes végétaliens. Seuls les apports protéiques des régimes végétaliens mesurés dans l'étude d'Abdulla *et al.* (1981) sont inférieurs aux ANC (49 g/j chez les hommes et 37 g/j chez les femmes). Mais dans cette étude, les auteurs ont mesuré l'excrétion urinaire d'azote et ont observé une balance azotée positive chez les hommes. Ils en ont déduit que l'apport protéique était suffisant d'autant plus que les apports en acides aminés essentiels couvraient les recommandations. Par ailleurs, aucun des sujets de cette étude ne présentait de signes cliniques ou biochimiques d'une carence en protéines.

3.1.2 – Aspects qualitatifs

En dehors des aspects quantitatifs, des différences qualitatives importantes existent entre les différentes sources de protéines. Ces différences qualitatives proviennent principalement de la différence de composition en acides aminés des protéines et en particulier de leur teneur en acides aminés indispensables, facteurs limitants de la synthèse protéique. Il existe également des différences de digestibilité de la fraction protéique. La vitesse de digestion doit également être prise en considération car elle peut influencer directement l'assimilation des acides aminés par l'organisme.

Parmi les 20 acides aminés constitutifs des protéines, neuf sont considérés comme indispensables chez l'Homme : histidine, isoleucine, leucine, lysine, acides aminés soufrés (méthionine et cystéine), acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine), tryptophane, valine. Ils doivent être fournis en quantité adéquate par l'alimentation car l'organisme ne peut les synthétiser à une vitesse suffisante.

Tableau 4 : Besoin en acides aminés indispensables de l'adulte et profils de référence en acides aminés indispensable

	Recommandations WHO / FAO / UNU, 2007		Recommandations AFSSA, 2007	
	Besoin (mg/kg/j)	Profil de référence (mg/g de protéine*)	Besoin (mg/kg/j)	Profil de référence (mg/g de protéine*)
Histidine	10	15	11	17
Isoleucine	20	30	18	27
Leucine	39	59	39	59
Lysine	30	45	30	45
Méthionine + Cystéine	15	22	15	23
Phénylalanine + Thréosine	25	38	27	41
Thréonine	15	23	16	25
Tryptophane	4	6	4	6
Valine	26	39	18	27

* Besoins en acides aminés de l'adulte pour un apport protéique correspondant au besoin nutritionnel moyen (0,66 g/kg/j).

Les valeurs de besoins nutritionnels en acides aminés indispensables ont été évaluées par des méthodes isotopiques mais elles ne sont à ce jour que partiellement consensuelles ou disponibles pour certains acides aminés indispensables (acides aminés aromatiques, isoleucine, histidine – Tableau 4). Ces données permettent cependant de calculer un profil de composition en acides aminés de référence (calculé en considérant que le besoin pour chaque acide aminé indispensable doit être satisfait pour un apport protéique correspondant au besoin nutritionnel moyen en protéines, soit 0,66 g/kg/j).

Peu de travaux récents portent sur le profil en acides aminés des aliments et il n'existe pas de table française de composition en acides aminés. Les données les plus complètes sont présentées dans la table de composition américaine publiée par le United States Department of Agriculture (USDA, 2011). D'une façon générale, les protéines animales, et en particulier les viandes, sont riches en acides aminés indispensables. En comparaison, les céréales sont déficientes en lysine et les légumineuses présentent des valeurs en acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) plus faibles que la viande, le lait ou les œufs (Tableau 5).

Tableau 5 : Composition en acides aminés de quelques aliments d'origine végétale ou animale

(g/100 g d'aliment)	Viande de bœuf (rumsteck grillé)	Viande de porc (côte grillée)	Haricots blancs (cuits)	Farine de blé
Protéines	30,55	28,57	9,73	13,21
Tryptophane	0,201	0,363	0,115	0,174
Thréonine	1,220	1,305	0,409	0,367
Isoleucine	1,390	1,338	0,429	0,443
Leucine	2,430	2,292	0,776	0,898
Lysine	2,581	2,569	0,668	0,359
Méthionine	0,795	0,756	0,146	0,228
Cystéine	0,394	0,364	0,106	0,275
Phénylalanine	1,207	1,140	0,526	0,682
Tyrosine	0,973	0,995	0,274	0,275
Valine	1,515	1,550	0,509	0,564
Arginine	1,975	1,776	0,602	0,648
Histidine	0,975	1,141	0,271	0,357
Alanine	1,857	1,664	0,408	0,489
Acide aspartique	2,782	2,650	1,176	0,722
Acide glutamique	4,586	4,472	1,483	4,328
Glycine	1,860	1,357	0,380	0,569
Proline	1,456	1,148	0,412	2,075
Sérine	1,203	1,180	0,529	0,620
Hydroxyproline	0,321	-	-	-

Source : USDA, Agricultural Research Service, 2011.

A partir des données de composition en acides aminés des aliments et du profil de référence en acides aminés, il est possible de calculer un indice chimique pour évaluer la capacité d'un aliment à satisfaire le besoin en acides aminés indispensables pour un apport en protéines correspondant au besoin nutritionnel moyen en protéines. Cet indice est calculé comme le rapport entre la concentration de chaque acide aminé indispensable dans l'aliment étudié et la concentration du même acide aminé indispensable dans le profil de référence. Une valeur supérieure ou égale à 100 traduit la capacité d'un aliment à satisfaire le besoin nutritionnel pour l'acide aminé correspondant. Une valeur inférieure à 100 signifie que l'acide aminé correspondant est limitant. Selon cette approche, la viande et les protéines animales ne présentent pas d'acide aminé indispensable limitant, contrairement aux sources végétales de protéines (Tableau 6). En effet, les céréales (blé, riz, maïs) sont déficientes en lysine. Et les acides aminés soufrés sans être strictement limitants sont à une valeur limitée dans le soja et les légumineuses. Ces éléments doivent être pris en compte dans la constitution des régimes végétariens ou végétaliens et il peut être nécessaire de compléter les sources de protéines végétales entre elles (une légumineuse avec une céréale) ou de les compléter par des protéines d'origine animale pour obtenir un apport protéique de qualité suffisante.

Tableau 6 : Teneurs en acides aminés indispensables de quelques aliments exprimées en pourcentage du profil de référence WHO / FAO / UNU 2007

	Œuf	Bœuf	Lait	Soja	Blé	Maïs	Riz
Lysine	139 %	203 %	158 %	144 %	57 %	58 %	86 %
Acides aminés soufrés	225 %	182 %	164 %	114 %	203 %	132 %	176 %
Tryptophane	293 %	213 %	417 %	217 %	217 %	117 %	224 %
Thréonine	223 %	202 %	191 %	191 %	127 %	157 %	153 %
Acides aminés ramifiés	168 %	144 %	151 %	136 %	122 %	177 %	146 %
Acides aminés aromatiques	301 %	275 %	271 %	281 %	306 %	314 %	305 %

Source : Tomé, 2008.

La biodisponibilité des acides aminés fournis par les protéines alimentaires est également un facteur qui doit être pris en compte pour évaluer l'apport protéique d'un régime. Elle est généralement assimilée à la digestibilité, soit la proportion de protéines absorbées par l'organisme. L'index PD-CAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score) ou indice chimique corrigé de la digestibilité (Indice Disco) qui est la méthode standard généralement utilisée pour déterminer la qualité nutritionnelle des protéines permet de prendre en compte ce paramètre (PD-CAAS = indice chimique x digestibilité). Lorsque la valeur de PD-CAAS est supérieure ou égale à 100 % pour tous les acides aminés, il n'y a pas d'acide aminé limitant dans la protéine étudiée. Inversement, si l'indice est inférieur à 100 % pour un ou plusieurs acides aminés, la valeur la plus faible est prise comme valeur d'indice. En général, l'index PD-CAAS des aliments d'origine animale est supérieur à celui des sources protéiques végétales mais le soja fait exception (Tableau 7). Cela signifie que les protéines de soja répondent aussi efficacement que les protéines animales aux besoins en protéines. En revanche, d'autres protéines végétales ingérées seules, comme les protéines de blé par exemple, peuvent entraîner une utilisation moins efficace de l'azote. Par conséquent, dans certains cas, notamment chez les végétaliens, les estimations des besoins protéiques peuvent varier et dépendent dans une certaine mesure de leurs choix alimentaires (notamment de leur source de protéines végétales). Chez les végétariens dont les sources de protéines sont les moins bien assimilées, comme certaines céréales, il peut être nécessaire d'augmenter l'apport protéique global par rapport aux ANC.

Tableau 7 : Index PD-CAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score) de quelques aliments d'origine végétale ou animale

	PD-CAAS
Œuf	118 %
Lait de vache	121 %
Viande de bœuf	92 %
Soja	91 %
Blé complet	42 %

Source : Schaafsma, 2000.

Conclusion :

Si le régime alimentaire est équilibré, l'absence de viande dans le régime ne se traduit pas par un déficit d'apport en protéines par rapport aux apports nutritionnels conseillés. Les protéines des produits laitiers, des œufs – du poisson s'il est inclus dans le régime – ainsi que les protéines végétales sous certaines conditions peuvent compenser l'apport protéique des produits carnés. Les régimes végétariens et végétaliens peuvent satisfaire les besoins nutritionnels en protéines dès lors qu'une alimentation végétale variée est consommée (céréales, légumineuses, graines, noix...) et que les besoins en énergie sont couverts. Dans certains cas, notamment pour les régimes végétaliens qui excluent toutes sources de protéines animales, il peut être nécessaire d'augmenter la consommation de légumineuses et de produits à base de soja et/ou d'augmenter l'apport protéique global afin de compenser la déficience en lysine et la moindre digestibilité de certaines sources de protéines végétales (céréales notamment).

3.2 – Les acides gras oméga-3

Les lipides constituent une des trois grandes familles de macronutriments avec les protéines et les glucides. Parmi les lipides, on distingue notamment les triglycérides et les phospholipides qui sont majoritairement composés d'acides gras. Ces acides gras sont apportés par l'alimentation et, pour certains d'entre eux, synthétisés par l'organisme. Il s'agit de molécules organiques composées d'une chaîne carbonée terminée par un groupement carboxylique (COOH). La chaîne carbonée des acides gras oméga-3 ou acides gras polyinsaturés *n*-3 (AGPI *n*-3) comporte plusieurs doubles liaisons carbone-carbone et a pour caractéristique d'avoir sa première double liaison située sur le troisième carbone de l'extrémité méthyle terminale (CH₃). Parmi l'ensemble des AGPI *n*-3, l'acide α -linoléique (C18:3 *n*-3 – Figure 2) est un acide gras indispensable car il est nécessaire au développement et au bon fonctionnement du corps humain mais n'est pas synthétisé par l'organisme. C'est le précurseur de la famille des AGPI *n*-3. A partir du C18:3 *n*-3, des étapes de désaturation et d'élongation peuvent se succéder pour insérer des doubles liaisons supplémentaires et allonger la chaîne carbonée vers l'extrémité carboxyle. Sont ainsi formés des AGPI *n*-3 à longue chaîne (chaîne carbonée strictement supérieure à 18 atomes de carbone) tels que les acides eicosapentaénoïque (EPA – C20:5 *n*-3) et docosahexaénoïque (DHA – C22:6 *n*-3). Cependant, la conversion du C18:3 *n*-3 en DHA n'a

Figure 2 : Structure de l'acide α -linoléinique (C18:3 n-3) :
une chaîne de 18 atomes de carbone avec 3 doubles liaisons,
la 1ère étant située sur le troisième carbone de l'extrémité méthyle

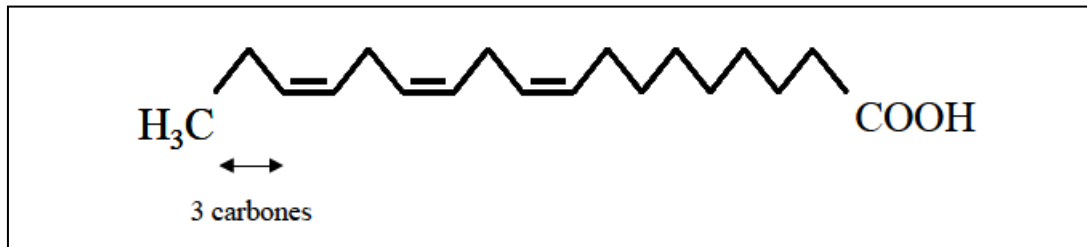
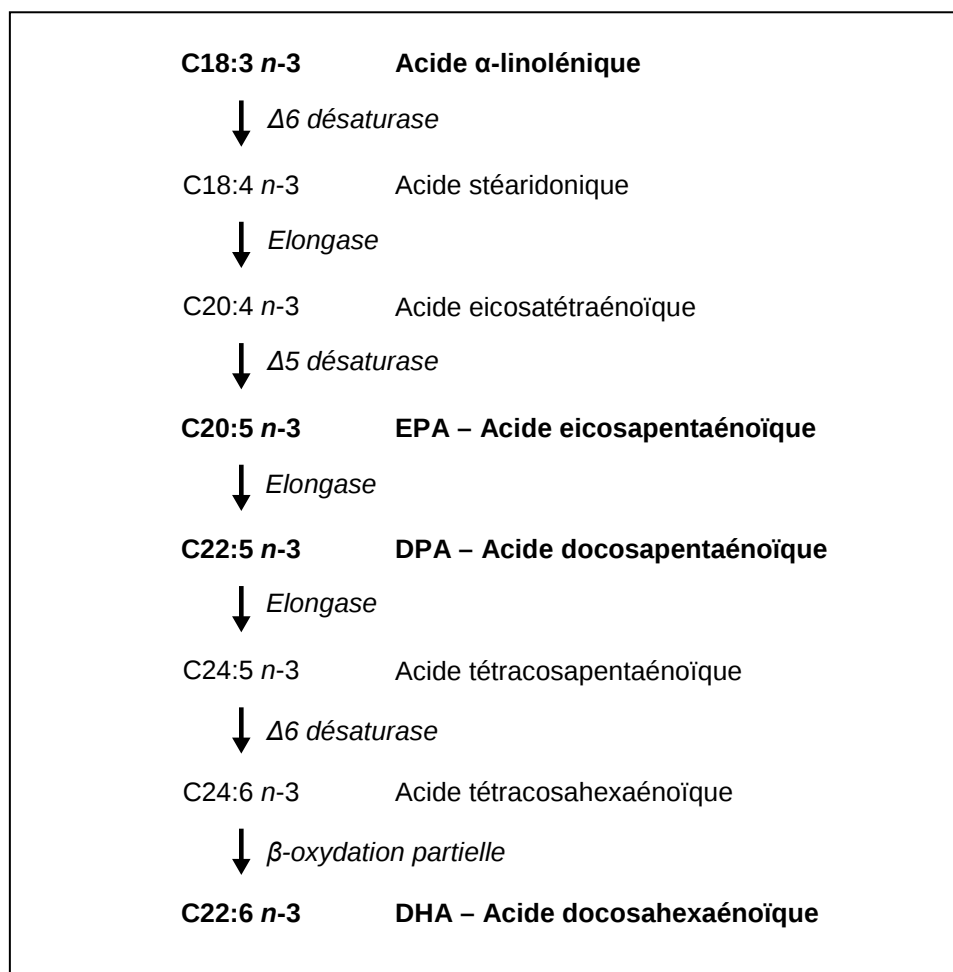


Figure 3 : Conversion de l'acide α -linoléinique (C18:3 n-3) en AGPI n-3 à longue chaîne



lieu chez l'Homme qu'avec un faible rendement (Williams et Burdge, 2006) et elle ne permet pas de couvrir ses besoins en DHA. Ce dernier est donc également considéré comme indispensable et doit être apporté par l'alimentation.

Au cours de la synthèse des AGPI *n*-3 à longue chaîne, au moins 3 enzymes sont impliquées, la delta 6 désaturase, l'élongase et la delta 5 désaturase (Figure 3). Ces enzymes sont également impliquées dans la conversion de l'acide linoléique (C18:2 *n*-6, précurseur de la famille des AGPI *n*-6, famille d'AGPI ayant sa première double liaison située sur le sixième carbone de l'extrémité méthyle terminale) en AGPI *n*-6 à longue chaîne. Les AGPI *n*-3 et *n*-6 entrent donc en compétition vis-à-vis des mêmes enzymes du métabolisme des AGPI, et un apport alimentaire de C18:2 *n*-6 excessif est susceptible de compromettre la synthèse d'EPA et de DHA à partir du C18:3 *n*-3.

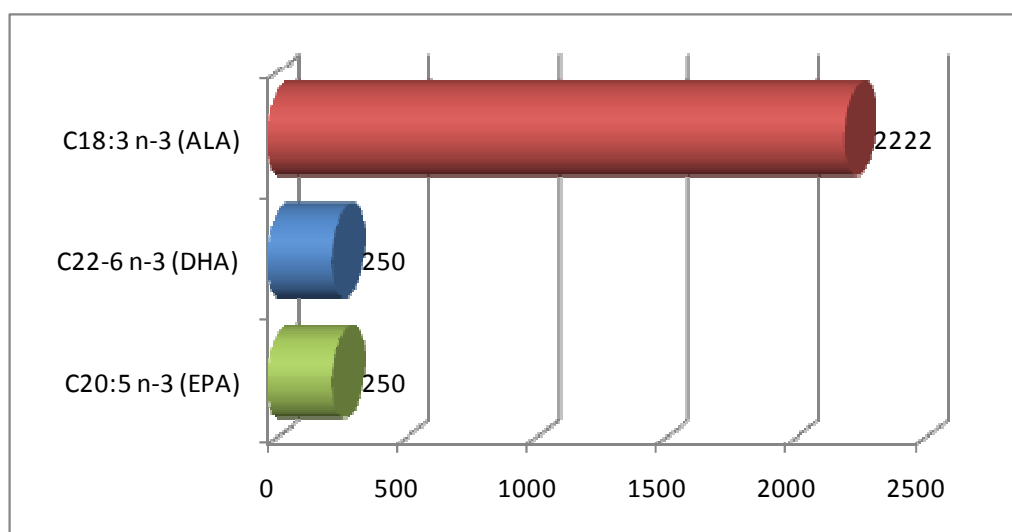
L'intérêt nutritionnel des AGPI *n*-3 est important car ils jouent un rôle dans le bon fonctionnement cérébral et visuel ainsi que dans la prévention des maladies cardiovasculaires et de nombreuses autres pathologies (syndrome métabolique, diabète, obésité, cancer, dégénérescence maculaire liée à l'âge – ANSES, 2011).

En 2010, l'AFSSA a réévalué les apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Les ANC sont des valeurs de référence qui couvrent les besoins physiologiques de la quasi-totalité de la population. Les valeurs concernent les individus en bonne santé et incluent l'objectif du maintien de cette bonne santé (prévention primaire). Pour les acides gras indispensables les besoins physiologiques correspondent à un apport nécessaire pour :

- éviter tout déficit alimentaire en acides gras indispensables et assurer un bon fonctionnement de l'ensemble de l'organisme, notamment le développement et fonctionnement cérébral ;
- assurer des rôles préventifs vis à vis de certaines pathologies (syndrome métabolique, diabète, obésité, maladies cardio-vasculaires...).

Pour le sujet adulte (homme ou femme) et pour un apport énergétique sans alcool quotidien de 2000 kcal, l'ANC en acide α -linoléique est fixé à 1% de l'apport énergétique, soit 2,2 g/j de C18:3 *n*-3 (AFSSA, 2010 – Figure 4). Pour le DHA et l'EPA, l'ANC est fixé à 250 mg/j, soit 0,113 % de l'apport énergétique.

**Figure 4 : Apport Nutritionnel Conseillé en acides gras (en mg/j)
pour un sujet adulte ayant un apport énergétique sans alcool de 2000 kcal/j**



Source : AFSSA, 2010.

La répartition des apports entre les acides gras oméga-3 et les acides gras oméga-6 est également importante en raison de leur compétition vis à vis des enzymes impliquées dans le métabolisme des AGPI à longue chaîne. Il faut notamment veiller à ce que les apports en acide linoléique ne soient pas trop élevés par rapport aux apports en acide α -linoléique, surtout si les apports en EPA et DHA sont faibles. Pour l'adulte, l'ANC en C18:2 *n*-6 est fixé à 4 % de l'apport énergétique soit 8,9 g/j.

Les aliments les plus riches en acide α -linoléique proviennent de certains végétaux terrestres comme les noix et certaines huiles végétales (huile de colza, de soja, de noix – Tableau 8) alors que les aliments les plus riches en AGPI *n*-3 à longue chaîne sont les poissons gras (taux de lipides supérieur à 5 %) tels que le saumon, le maquereau, le hareng, la sardine ou demi-gras (taux de lipides compris entre 1 et 5 %) comme l'anchois, le bar, ou la truite (Tableau 9). Toutefois, en France, ce sont les produits animaux terrestres (viandes, œufs, produits laitiers) qui contribuent majoritairement aux apports en AGPI *n*-3, car, même s'ils ont des teneurs plus basses en AGPI *n*-3, ils sont consommés en grande quantité. En effet, Astorg (2007), à partir des données issues de l'étude SU.VI.MAX – une étude d'intervention prospective sur un échantillon d'adultes français des deux sexes (Hercberg *et al.*, 1998) – a montré que presque toutes les familles d'aliments, à l'exception des poissons et fruits de mer, contribuent de façon significative à l'apport en acide α -linoléique, mais que les produits laitiers et les viandes, volailles, abats et œufs sont des sources majeures, fournissant ensemble plus de 41 % de l'apport de cet acide gras (Figure 5). Les corps gras fournissent seulement 10 % de l'apport en acide α -linoléique, car les huiles riches en cet acide gras (colza, soja, noix) ne sont que faiblement consommées en France. Les huiles végétales consommées dans l'échantillon de population de l'étude SU.VI.MAX sont l'huile de tournesol (38,5 % des quantités d'huiles végétales consommées), l'huile d'olive (35,2 %), l'huile d'arachide (13,3 %), les huiles de mélange (8,0 %), l'huile de pépin de raisin (1,6 %), l'huile de maïs (1,6 %), l'huile de colza (0,9 %), l'huile de noix (0,6 %) et l'huile de soja (0,3 %), soit moins de 2 % du total pour les huiles riches en acide α -linoléique (huiles de colza, noix et soja). Les poissons et les fruits de mer sont les principaux contributeurs de l'apport en EPA et en DHA, avec respectivement 72 % et 65 % de l'apport total de ces deux acides gras. Le DPA est principalement apporté par les viandes, les volailles et les œufs (55 % de l'apport), les poissons et fruits de mer étant la seconde source (32 %).

Tableau 8 : Teneur en acide α -linoléique de différents aliments

Aliments d'origine végétale	Acide α-linoléique (g/100 g)
Huile de colza	9,6
Huile de noix	12,3
Huile de soja	7,3
Bœuf, faux-filet, grillé	0,04
Poulet, cuisse, viande et peau, rôti	0,32
Porc, côte, grillée	0,19
Steak haché 10 % MG, cru	0,06
Œuf, cru	0,07
Lait entier stérilisé UHT	0,02
Beurre	0,46

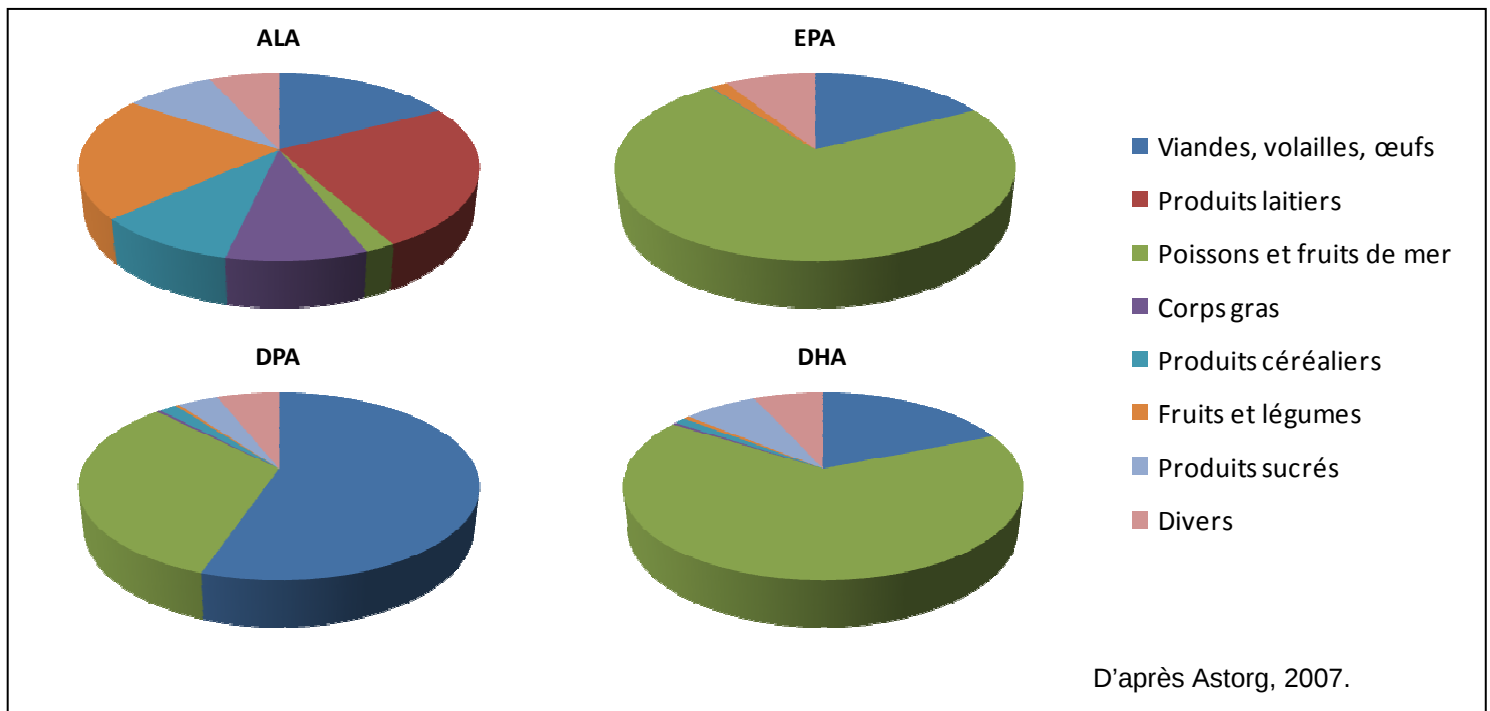
Source : AFSSA, 2003 (Données Ciquel – Actualisation de décembre 2002).

Tableau 9 : Teneurs en EPA et DHA de différents produits aquatiques parmi les plus consommés en France

Produits aquatique	/ 100 g de muscle frais		
	Lipides (g)	EPA (mg)	DHA (mg)
Saumon (Atlantique)	8 à 14	1112	2164
Hareng	9	1508	1640
Sardine	1 à 18	638	1629
Thon blanc (Germon)	11,2	200	500
Cabillaud	0,5 à 1	28	75
Moule	2	162	151
Huître	1,5	82	64
Crevette	1,7-3,5	71	66

Source : ANSES, 2010.

Figure 5 : Contribution des familles d'aliments aux apports en acides α -linoléinique (ALA – C18:3 n-3), eicosapentaénoïque (EPA – C20:5 n-3), docosapentaénoïque (DPA – C22:5 n-3) et docosahexaénoïque (DHA – C22:6 n-3) chez l'homme et la femme, d'après l'étude SU.VI.MAX



Comme indiqué ci-avant, les aliments d'origine végétale peuvent constituer une source d'apport en acide α -linoléique non négligeable. De ce fait, les apports en acide α -linoléique des végétariens et végétaliens sont du même ordre voire légèrement supérieurs à ceux des omnivores (Sanders, 1999 ; Davis et Kris-Etherton, 2003 ; Mann *et al.*, 2006). En revanche, les végétaux sont dépourvus d'AGPI *n*-3 à longue chaîne, EPA et DHA (à l'exception des algues). Les sources majeures d'EPA et DHA sont les produits de la mer mais ces acides gras sont également présents dans la viande rouge, les abat, les œufs et dans une moindre mesure dans les produits laitiers. En conséquence, les ovo-lacto-végétariens qui ne consomment ni poisson ni viande, et les végétaliens qui excluent également de leur régime les œufs et les produits laitiers, ont des apports en EPA et DHA très faibles voire négligeables (Sanders, 1999 ; Davis et Kris-Etherton, 2003 ; Mann *et al.*, 2006). Par exemple, à partir d'enquêtes alimentaires et de la table de composition des aliments australienne, Mann *et al.* (2006) ont observé que les apports en AGPI *n*-3 à longue chaîne étaient significativement plus élevés chez les « gros » mangeurs de viande (0,29 g/j) que chez les mangeurs de viande « modérés » (0,14 g/j), les apports de ces derniers étant eux-mêmes significativement plus élevés que ceux des ovo-lacto-végétariens ou des végétaliens (0,01 g/j dans les deux cas). Par ailleurs, les apports en AGPI *n*-6 sont significativement plus élevés chez les végétaliens et les végétariens que chez les omnivores (de 5–7 % des apports caloriques chez les omnivores jusqu'à 10–12 % chez les végétaliens – Davis et Kris-Etherton (2003)). Le ratio AGPI *n*-6 / AGPI *n*-3 se trouve donc généralement plus élevé chez les végétaliens (14–20) et les ovo-lacto-végétariens (10–16) que chez les omnivores (10).

Ces résultats sont également observés dans les données de la cohorte EPIC-Norfolk (Welch *et al.* ; 2010). Ces auteurs ont évalué les apports en AGPI *n*-3 d'une population d'omnivores consommateurs de poissons, d'omnivores non-consommateurs de poissons, de végétariens et de végétaliens à partir d'un questionnaire portant sur un enregistrement alimentaire de 7 jours (Tableau 10). Dans cette étude, les apports en EPA des végétariens représentaient environ 15 % de ceux des omnivores consommateurs de poisson chez les hommes et 9 % chez les femmes. Les principales sources d'EPA étaient le poisson chez les omnivores consommateurs de poisson (82 % des apports en EPA), la viande (43 %) et les matières grasses (38 %) chez les omnivores non-consommateurs de poisson et les matières grasses (65 %) et les produits laitiers (22 %) chez les végétariens. Les apports en DHA des végétariens représentaient seulement 0,3 % de ceux des omnivores consommateurs de poisson. Le DHA provenait très majoritairement du poisson (90 % des apports en DHA) chez les omnivores consommateurs de poisson, de la viande (93 %) chez les omnivores non-consommateurs de poisson, et des œufs (88 % chez les femmes) et des aliments appartenant au groupe « des soupes et sauces » (84 % chez les hommes) chez les végétariens. Les apports en EPA et DHA des végétaliens étaient nuls. Il faut toutefois noter que dans cette étude, quelle que soit la population considérée, omnivores consommateurs de poisson, omnivores non-consommateurs de poisson, végétariens ou végétaliens, les apports alimentaires moyens en acide α -linoléique, en EPA ou en DHA étaient en deçà des apports nutritionnels conseillés édictés par l'AFSSA en 2010.

Une telle étude n'existe pas en France, mais l'étude SU.VI.MAX (Astorg, 2007) a permis d'estimer la consommation d'AGPI *n*-3 dans la population française. Les apports en acides linoléique et α -linoléique représentaient respectivement 4,2 % et 0,38 % de l'énergie, avec un rapport C18:2 *n*-6 / C18:3 *n*-3 élevé : 11,3 en moyenne (Tableau 11). Pour 50 % de l'échantillon, l'apport en acide linoléique est supérieur à l'ANC (4 % de l'apport énergétique – AFSSA, 2010). Pour l'acide α -linoléique, cette proportion est presque nulle (ANC : 1 % de l'apport énergétique). Les apports moyens en EPA et DPA étaient respectivement de 132 mg/j et 246 mg/j mais avec des variations individuelles plus importantes que pour les autres AGPI (rapport de 15 entre le 95^{ème} et le 5^{ème} percentile au lieu de 2 à 3 pour l'acide α -linoléique). De ce fait, moins de la moitié de la population avait un apport en EPA et DHA couvrant les ANC (ANC EPA : 250 mg/j – ANC DHA : 250 mg/j).

Tableau 10 : Apports alimentaires en acide linoléique et acides gras polyinsaturés n-3 chez les omnivores consommateurs ou non-consommateurs de poisson, les végétariens et les végétaliens de la cohorte EPIC-Norfolk

Moyenne ± écart-type (g/j)	Omnivores consommateurs de poisson	Omnivores non-consommateurs de poisson	Végétariens	Végétaliens
Hommes				
Effectif	5952	996	96	12
ALA (C18:3 n-3)	1,25 ± 0,41	1,11 ± 0,54	1,25 ± 0,57	1,02 ± 0,71
EPA (C20:5 n-3)	0,13 ± 0,16	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,01
DHA (C22:6 n-3)	0,19 ± 0,22	0,02 ± 0,02	0,0007 ± 0,004	0 ± 0
LA (C18:2 n-6)	12,41 ± 4,80	11,80 ± 5,95	14,78 ± 6,90	12,79 ± 10,80
LA / ALA	9,9	10,6	11,8	12,5
Femmes				
Effectif	6258	938	154	16
ALA (C18:3 n-3)	1,01 ± 0,35	0,86 ± 0,33	0,97 ± 0,45	0,86 ± 0,69
EPA (C20:5 n-3)	0,11 ± 0,13	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,08
DHA (C22:6 n-3)	0,15 ± 0,19	0,01 ± 0,01	0,0004 ± 0,005	0 ± 0
LA (C18:2 n-6)	9,52 ± 3,75	8,59 ± 4,15	10,06 ± 6,02	11,91 ± 9,92
LA / ALA	9,4	10,0	10,4	13,8

Source : Welch *et al.*, 2010.

Tableau 11 : Apports moyens en lipides totaux, acide linoléique et acides gras polyinsaturés n-3 dans l'échantillon de population de l'étude SU.VI.MAX

(g/j)	Hommes	Femmes
Effectif	2099	2785
Lipides totaux	94,06 ± 22,42	73,55 ± 19,17
ALA (C18:3 n-3)	0,94 ± 0,25	0,74 ± 0,20
EPA (C20:5 n-3)	0,15 ± 0,11	0,12 ± 0,09
DPA (C22:5 n-3)	0,07 ± 0,03	0,06 ± 0,03
DHA (C22:6 n-3)	0,27 ± 0,19	0,23 ± 0,17
LA (C18:2 n-6)	10,64 ± 3,28	8,10 ± 2,60
LA / ALA	11,5 ± 3,0	11,1 ± 2,7

Moyenne ± écart-type.

Source : Astorg, 2007.

Les apports en AGPI en France ont été mesurés dans trois autres études : les femmes d'Aquitaine (Combe et Boué, 2001), la cohorte E3N composée de femmes adhérentes à la MGEN (Thiébaud (2004) cité par Astorg (2007)), et l'étude INCA1 basée sur un échantillon représentatif de la population française adulte des deux sexes (Maillot et Darmon, (2006) cités par Astorg (2007)). Ces études donnent des résultats proches de ceux de l'étude SU.VI.MAX pour l'estimation des apports en acides linoléique et α -linoléique (Tableau 12). Les valeurs plus élevées trouvées dans l'étude E3N sont en partie dues à un apport énergétique plus élevé. En ce qui concerne, les apports en AGPI $n-3$ à longue chaîne, les résultats de SU.VI.MAX et de la cohorte E3N sont très proches, quasiment identiques s'ils sont exprimés en pourcentage de l'apport énergétique : 0,06–0,07 % pour l'EPA, 0,03 % pour le DPA et 0,12–0,13 % pour le DHA. En revanche, des valeurs moyennes sensiblement plus basses pour l'EPA et le DHA ont été trouvées dans l'étude INCA1 : respectivement, 0,04 % et 0,08 % de l'apport énergétique, soit 30 à 40 % de moins. Les études E3N et INCA1 ont utilisé la table de composition nutritionnelle SU.VI.MAX, les valeurs plus basses trouvées dans INCA1 pour l'EPA et le DHA sont donc uniquement dues à de moindres apports, dus eux-mêmes à une proportion notable de non-consommateurs de poisson (20 %). La part de la population dont les apports en EPA et DHA atteignent les ANC est donc assez nettement inférieure dans INCA1 par rapport à SU.VI.MAX (environ 30 % de moins). Pour Astorg (2007), des trois études citées, INCA1 est sans doute la plus représentative de la population française adulte.

Tableau 12 : Apports moyens en énergie, lipides totaux, acide linoléique et acides gras polyinsaturés $n-3$ chez des femmes françaises : comparaison des études Femmes d'Aquitaine, SU.VI.MAX, E3N et INCA1

Etude	Femmes d'Aquitaine	SU.VI.MAX	E3N	INCA1
Effectif	79	2785	66823	736
Apport énergétique (MJ/j)	7,47 $\pm$ 2,9	7,19 $\pm$ 1,80	8,82 $\pm$ 2,32	7,80 $\pm$ 1,53
Lipides totaux	83,7 $\pm$ 23,7	73,6 $\pm$ 19,2	88,8 $\pm$ 27,6	81,1 $\pm$ 19,2
ALA (C18:3 $n-3$)	0,6 $\pm$ 0,2	0,74 $\pm$ 0,20	1,02 $\pm$ 0,37	0,79 $\pm$ 0,32
EPA (C20:5 $n-3$)		0,12 $\pm$ 0,09	0,15 $\pm$ 0,11	0,08 $\pm$ 0,10
DPA (C22:5 $n-3$)		0,06 $\pm$ 0,03	0,06 $\pm$ 0,03	0,06 $\pm$ 0,03
DHA (C22:6 $n-3$)		0,23 $\pm$ 0,17	0,29 $\pm$ 0,19	0,17 $\pm$ 0,19
LA (C18:2 $n-6$)	8,7 $\pm$ 4,1	8,1 $\pm$ 2,6	13,9 $\pm$ 6,0	9,8 $\pm$ 3,6
LA / ALA	15 $\pm$ 8	11,1 $\pm$ 2,7	14,2 $\pm$ 5,8	12,9 $\pm$ 4,4

En g/j.

Moyenne $\pm$ écart-type.

Source : Astorg, 2007.

En termes d'adéquation des apports, la population française adulte est loin des actuelles recommandations : un apport en acide α -linoléique égal à 1 % de l'apport énergétique, avec un rapport C18:2 $n-6$ / C18:3 $n-3$ aussi proche que possible de 5. L'apport moyen d'AGPI $n-3$ à longues chaînes est un peu plus proche des recommandations (250 mg/j d'EPA et de DHA), mais les apports en EPA et DHA ne satisfont pas les apports recommandés pour plus de la moitié des sujets adultes. En outre, il y a de très grandes variations individuelles, dues aux grandes variations dans la consommation de poissons et de fruits de mer. Par rapport à

ce constat, la population ovo-lacto-végétarienne qui exclut de son alimentation les poissons et fruits de mer – aliments les plus riches en EPA et DHA – et les viandes – autres aliments contributeurs aux apports en EPA et DHA (43 % des apports en EPA et 93 % des apports en DHA chez des omnivores non-consommateurs de poissons, Welch *et al.*, 2010) n'est pas en situation de couvrir ses besoins en AGPI *n*-3 sans apports complémentaires (algues, aliments enrichis, suppléments...). La situation ne peut être que plus dégradée chez les végétaliens qui, en excluant également de leur alimentation les œufs et les produits laitiers, éliminent d'autres sources d'EPA et de DHA.

Plutôt que d'estimer les apports en acides gras d'un sujet par des questionnaires alimentaires, certains auteurs mesurent les teneurs des différents acides gras à partir d'un prélèvement réalisé directement sur le sujet (sang, tissu adipeux...). Les acides gras alimentaires étant métabolisés dans l'organisme, ces prélèvements ne sont toutefois pas de simples marqueurs des apports alimentaires. De nombreux auteurs ont alors observé que les teneurs en EPA et DHA dans le sang et les tissus adipeux des végétariens et végétaliens étaient plus faibles que celle des omnivores (Sanders *et al.*, 1978a ; Sanders, 1999 ; Li *et al.*, 1999 ; Fokema *et al.*, 2000 ; Lee *et al.*, 2000 ; Rosell *et al.*, 2005 ; Kornsteiner *et al.*, 2008 ; Welch *et al.*, 2010). Sanders *et al.* (1978a) ont été les premiers à montrer que les teneurs plasmatiques et érythrocytaires en EPA et DHA des végétaliens étaient plus faibles que celles des omnivores. Dans leur étude, les teneurs respectives en EPA et en DHA des végétaliens représentaient seulement 12 à 15 % et 32 à 35 % de celles des omnivores. Plus récemment, des résultats similaires ont été observés dans l'étude de Rosell *et al.* (2005). Mais ces auteurs ont également mesuré les teneurs plasmatiques en EPA et DHA dans une population de végétariens. Leurs résultats montrent des teneurs plasmatiques en EPA et DHA plus faibles chez les végétariens que chez les omnivores de respectivement, -28 et -31 %. Les teneurs plasmatiques des végétaliens étaient encore plus faibles (-53 et -59 % par rapport aux teneurs des omnivores – Tableau 13). Ceci est la conséquence d'apports alimentaires en AGPI *n*-3 à longue chaîne relativement faibles dans les populations végétariennes et végétaliennes, et parallèlement d'apports en acide linoléique plutôt élevés qui tendent à limiter la conversion de l'acide α -linoléique en EPA et DHA.

Tableau 13 : Composition plasmatique moyenne en acide linoléique et acides gras polyinsaturés *n*-3 chez des hommes omnivores, végétariens et végétaliens

(% acides gras totaux)	Omnivores	Végétariens	Végétaliens
Effectif	196	231	232
ALA (C18:3 <i>n</i> -3)	1,30	1,39	1,41
EPA (C20:5 <i>n</i> -3)	0,72	0,52	0,34
DPA (C22:5 <i>n</i> -3)	0,81	0,76	0,72
DHA (C22:6 <i>n</i> -3)	1,69	1,16	0,70
LA (C18:2 <i>n</i> -6)	30,42	33,59	37,12
LA / ALA	21,86	24,53	27,48

Source : Rosell *et al.*, 2005.

Conclusion :

Les régimes alimentaires végétariens et végétaliens apportent généralement des quantités d'acide α -linoléique (C18:3 *n*-3) du même ordre, voire supérieures à celles des régimes omnivores. En revanche, avec ces régimes, les apports en acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne (EPA et DHA) sont plus faibles que ceux des régimes carnés, *a fortiori* si ces derniers incluent du poisson et des produits de la mer. Parallèlement, les régimes végétariens et végétaliens ont des apports en acide linoléique (C18:2 *n*-6) plus élevés que les régimes omnivores et donc un ratio AGPI *n*-6 / AGPI *n*-3 plus élevé et donc plus défavorable. Ceci a pour conséquence de limiter la conversion (déjà faible) de l'acide α -linoléique en EPA et DHA.

Dans son ensemble, la population française n'a pas d'apports alimentaires en acide α -linoléique, EPA et DHA suffisants pour couvrir les apports nutritionnels conseillés pour ces acides gras. Ceci est d'autant plus vrai pour les populations qui excluent de leur alimentation les poissons – aliments les plus riches en EPA et DHA – et les viandes, œufs et produits laitiers – aliments qui, bien qu'ayant des teneurs en EPA et DHA plus faibles que les poissons, contribuent significativement à leurs apports de par les quantités consommées. Il est généralement recommandé à ces populations d'incorporer dans leur alimentation de bonnes sources d'acide α -linoléique (huile de colza, noix, graine de lin...), notamment lorsque la consommation d'EPA et de DHA est très faible voire nulle, afin d'augmenter la conversion d'acide α -linoléique en EPA et DHA. Pour les végétariens, et pour les végétaliens à plus forte raison, la couverture des besoins en EPA et DHA passe également par la consommation d'algues marines, d'aliments enrichis en DHA (jus de soja enrichi, barres de céréales enrichies...) ou par une supplémentation en DHA (extraits de microalgues).

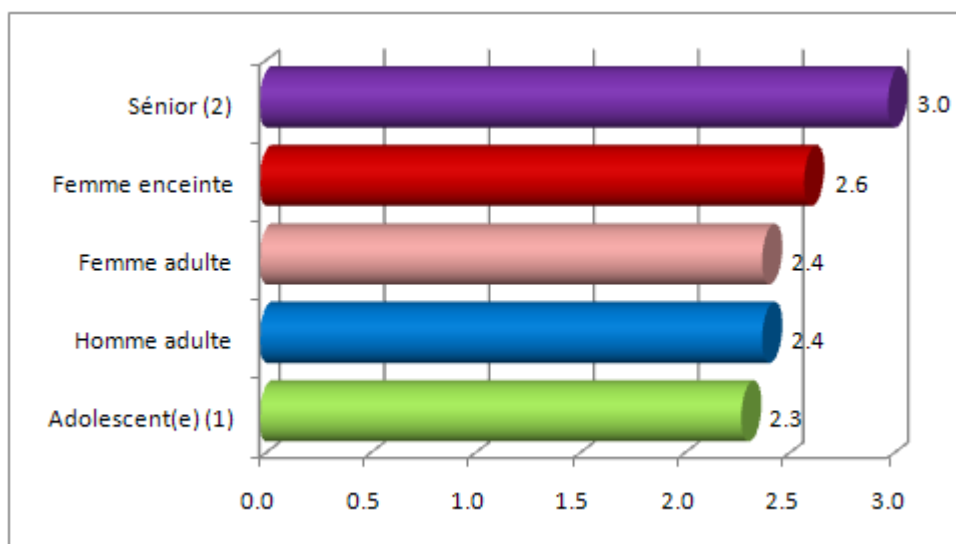
3.3 – La vitamine B₁₂

La vitamine B₁₂, également appelée cobalamine, est une des 8 vitamines B. C'est une vitamine hydrosoluble qui est principalement stockée dans le foie. Elle existe sous plusieurs formes appartenant à la famille des cobalamines : cyanocobalamine, hydroxocobalamine, méthylcobalamine et adénosylcobalamine, les deux premières étant ses formes stables. Les cobalamines ont une structure chimique proche de l'hème mais l'atome central de fer y est remplacé par un atome de cobalt.

Cette vitamine joue de nombreux rôles dans l'organisme. Elle est impliquée comme cofacteur dans le métabolisme des cellules du corps humain et intervient notamment dans la synthèse des acides gras et dans la production d'énergie. Elle participe également à la synthèse de l'ADN. Elle est essentielle au fonctionnement normal du cerveau par la synthèse de neuromédiateurs. Elle permet un maintien de la gaine de myéline qui protège les nerfs au niveau du système nerveux. Enfin, elle est indispensable à la formation des globules rouges et donc au transport d'oxygène. Un déficit en vitamine B₁₂ entraîne une forme d'anémie dont l'une des caractéristiques est la présence de globules rouges fortement augmentés en taille (macrocytose). Des troubles neuropsychiatriques sont également susceptibles d'apparaître : diminution de la sensibilité, troubles de la mémoire, dépression... Par ailleurs, des apports importants en vitamine B₉ (dont de nombreux végétaux sont riches) peuvent masquer une déficience en vitamine B₁₂. La carence est alors souvent détectée tardivement.

Des apports nutritionnels conseillés pour la vitamine B₁₂ ont été publiés en 2001 par l'AFSSA, le CNERNA et le CNRS (Martin, 2001). L'ANC en vitamine B₁₂ est fixé à 2,4 µg/j chez l'homme ou la femme adulte (Figure 6). Les besoins en vitamine B₁₂ sont accrus pendant la grossesse et l'allaitement, de même que chez les sujets âgés. Les ANC en vitamine B₁₂ ont alors été fixés respectivement à 2,6 ; 2,8 et 3 µg/j chez la femme enceinte, la femme allaitante et les séniors.

Figure 6 : Apport Nutritionnel Conseillé en vitamine B₁₂ (en µg/j)



D'après CIV (2010) et Martin (2001).

⁽¹⁾ ANC pour les adolescent(e)s de 13-15 ans.

⁽²⁾ ANC pour les séniors femmes et hommes de plus de 75 ans.

La vitamine B₁₂ est uniquement synthétisée par des bactéries présentes dans le sol et chez les animaux. Elle n'est pas synthétisée par l'organisme humain ni par celui des animaux. Chez ces derniers, la vitamine B₁₂ est synthétisée par les bactéries de la flore digestive. Elle est fortement présente chez les ruminants mais aussi chez les autres animaux y compris les poissons. Chez les ruminants, elle est synthétisée dans le rumen puis absorbée et stockée dans le foie et de façon moins importante dans les muscles et autres tissus (Le Grusse et Watier, 1993). La vitamine B₁₂ des produits animaux provient donc essentiellement de l'activité des bactéries endogènes.

Chez l'Homme, la vitamine B₁₂ est synthétisée par les bactéries du côlon mais la zone d'absorption possible se situe en amont dans l'iléon. La couverture des besoins en vitamine B₁₂ résulte donc intégralement des apports alimentaires ou d'une supplémentation. De façon logique par rapport à sa voie de synthèse, les principales sources alimentaires de vitamine B₁₂ sont les produits animaux : abats, viandes (et notamment les viandes de ruminants), poissons et fruits de mers, œufs et produits laitiers (Tableau 14). Les produits végétaux en sont totalement dépourvus. La présence de vitamine B₁₂ chez les végétaux n'est que fortuite et due à des contaminations par des bactéries du sol. Longtemps, il a été dit que les aliments à base de soja (tofu, miso, tempeh) contenaient de la vitamine B₁₂ mais il n'en est rien (Specker *et al.*, 1988). La présence de vitamine B₁₂ dans certaines algues a également été rapportée mais celle-ci présente des problèmes de biodisponibilité et de bioactivité. Les algues contiendraient des analogues de la vitamine B₁₂ qui sont inactifs voire antagonistes de la vraie vitamine B₁₂ (Dagnelie *et al.*, 1991).

Tableau 14 : Teneur en vitamine B₁₂ de différents aliments d'origine végétale ou animale

Aliments d'origine végétale	Vitamine B ₁₂ (µg/100 g)	Aliments d'origine animale	Vitamine B ₁₂ (µg/100 g)
Riz blanc, sec	0	Bœuf, faux-filet, grillé	2,0
Blé dur précuit, grain entier, cuit	0	Poulet, cuisse, viande et peau, rôti	0,42
Haricot blanc, cuit	0	Porc, côte, grillée	0,80
Lentille, cuite	0	Veau, côte, cuite	1,9
Pois chiche, cuit	0	Steak haché 15 % MG, cuit	2,2
Tofu	0	Foie de génisse, cuit	67
Carotte, crue	0	Rognon de bœuf, cuit	26
Chou vert, cuit	0	Cabillaud, cuit à la vapeur	2,0
Haricot vert, cuit	0	Saumon, cuit à la vapeur	3,1
Pomme fraîche	0	Œuf, cru	1,4
Orange fraîche	0	Lait demi-écrémé stérilisé UHT	0,27
Amande	0	Fromage blanc battu 20 % MG	0,37
Noix, séchée, cerneaux	0,08	Emmental	2,1

Source : Table de composition nutritionnelle des aliments Ciquel 2008.

Les apports alimentaires en vitamine B₁₂ des omnivores, des végétariens et des végétaliens ont été estimés dans plusieurs études à partir de questionnaires de fréquence alimentaire. Comme attendu, les apports en vitamine B₁₂ des régimes végétariens sont inférieurs à ceux des régimes omnivores et ceux des régimes végétaliens sont encore plus faibles (Tableau 15). Dans l'étude de Draper *et al.* (1993), les apports en vitamine B₁₂ étaient ainsi estimés à respectivement, 7,4, 2,7 et 0,7 µg/j chez les hommes omnivores, végétariens et végétaliens et à 6,0, 1,8 et 0,6 µg/j chez les femmes. Généralement, les apports alimentaires en vitamine B₁₂ des végétariens ne permettent pas de couvrir les apports nutritionnels conseillés. Ceci est encore exacerbé pour les régimes végétaliens. En revanche, en cas de supplémentation en vitamine B₁₂, les apports sont alors du même ordre que chez les omnivores (Haddad *et al.*, 1999).

La méthode standard pour mesurer le statut en vitamine B₁₂ est la mesure de la teneur sérique en cobalamine totale (ou la mesure de la cobalamine totale associée à la mesure de l'holotranscobalamine). Mais des nouvelles méthodes de détection plus sensibles et plus précises permettent de détecter plus précocement des déficiences en vitamine B₁₂ subcliniques. Elles sont basées sur la mesure de métabolites spécifiques tels que l'acide méthylmalonique, l'homocystéine plasmatique totale, la cystathionine...

Dans une des premières études visant à évaluer le statut en vitamine B₁₂ des végétariens, Sanders *et al.* (1978b) ont montré assez logiquement que la teneur sérique en vitamine B₁₂ des végétariens était inférieure à celle des omnivores : 146 vs. 380 pmol/L chez les hommes et 191 vs. 374 pmol/L chez les femmes. Le tableau 16 regroupe les résultats de plusieurs études similaires et montre une teneur sérique en vitamine B₁₂ plus faible chez les végétariens que chez les omnivores et une teneur encore plus faible chez les végétaliens. Par exemple, Hermann *et al.* (2003) ont mesuré des concentrations médianes de vitamine B₁₂

Tableau 15 : Comparaison des apports alimentaires en vitamines B₁₂ des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores			Végétariens			Végétaliens		
	Sexe	Nb individus	Vitamine B ₁₂ µg/j	Sexe	Nb individus	Vitamine B ₁₂ µg/j	Sexe	Nb individus	Vitamine B ₁₂ µg/j
Abdulla et al., 1981							Homme	3	0,4 ± 0,1
							Femme	3	0,3 ± 0,1
Abdulla et al., 1984				Homme	3	1,3 ± 0,5			
				Femme	3	1,5 ± 0,2			
Rana et Sanders, 1986	Homme	8	9,7 ± 2,5				Homme	8	0,7 ± 0,3
	Femme	10	7,0 ± 1,8				Femme ¹	10	2,8 ± 1,1
Draper et al., 1993	Homme	386	7,4	Homme	16	2,7	Homme	18	0,7
	Femme	377	6,0	Femme	36	1,8	Femme	20	0,6
Alexander et al., 1994	Ensemble	50	4,2 ± 2,1	Ensemble	45	2,0 ± 1,9	Ensemble	5	0,5 ± 0,3
Janelle et Barr, 1995	Femme	22	3,8 ± 1,6	Femme	15	1,5 ± 0,7	Femme	8	0,5 ± 0,4
Haddad et al., 1999	Homme ²	10	3,3 ± 1,5				Homme ²	10	2,9 ± 3,9
	Homme ³	10	5,3 ± 3,6				Homme ³	10	5,0 ± 4,4
	Femme ²	10	4,6 ± 2,9				Femme ²	15	1,4 ± 1,2
	Femme ³	10	5,7 ± 3,0				Femme ³	15	6,0 ± 5,1
Davey et al., 2003	Homme	6 951	7,3 ± 3,8	Homme	3 748	2,6 ± 1,4	Homme	770	0,4 ± 0,6
	Femme	22 962	6,7 ± 3,3	Femme	12 347	2,5 ± 1,3	Femme	1 342	0,5 ± 0,7

Moyenne ± écart-type.

¹ 4 de ces sujets prenaient des suppléments en vitamine B₁₂.

² Apports alimentaires seuls.

³ Apports alimentaires + supplémentation.

Tableau 16 : Comparaison des teneurs sériques en vitamines B₁₂ des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores			Végétariens			Végétaliens		
	Sexe	Nb individus	Vitamine B ₁₂ pmol/L	Sexe	Nb individus	Vitamine B ₁₂ pmol/L	Sexe	Nb individus	Vitamine B ₁₂ pmol/L
Sanders et al., 1978b	Homme	12	380 ± 45				Homme ¹	6	146 ± 23
							Homme ²	13	300 ± 42
	Femme	8	374 ± 36				Femme ¹	4	191 ± 23
							Femme ²	9	297 ± 34
Hokin et Butler, 1999	Ensemble	53	292 ± 145	Ensemble	245	199 ± 126			
Haddad et al., 1999	Ensemble	20	313 ± 99				Ensemble	20	312 ± 125
Mann et al., 1999	Homme	60	452 ± 134	Homme	43	285 ± 132	Homme	18	196 ± 92
Bissoli et al., 2002	Ensemble	29	265 ± 52	Ensemble	14	164 ± 57	Ensemble	31	155 ± 74
Hermann et al., 2001	Ensemble	44	276 ³	Ensemble ¹	34	253 ³	Ensemble ¹	7	217 ³
Hermann et al., 2003	Ensemble	79	287 ³	Ensemble ¹	53	179 ³	Ensemble ¹	12	126 ³
				Ensemble ²	13	303 ³	Ensemble ²	17	192 ³
Koebnick et al., 2004	Femmes ⁴	108	219	Femmes ⁴	60	160			
Waldmann et al., 2004				Ensemble	45	185 ³	Ensemble	86	122 ³
Majchrzak et al., 2006	Ensemble	40	252 ± 83	Ensemble	36	239 ± 99	Ensemble	42	203 ± 17

Moyenne ± écart-type.

¹ Apports alimentaires seuls.

² Apports alimentaires + supplémentation.

³ Médiane.

⁴ Femmes à différents stades de grossesse.

Tableau 17 : Comparaison des teneurs plasmatiques en homocystéine des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores			Végétariens			Végétaliens		
	Sexe	Nb individus	Homocystéine $\mu\text{mol/L}$	Sexe	Nb individus	Homocystéine $\mu\text{mol/L}$	Sexe	Nb individus	Homocystéine $\mu\text{mol/L}$
Haddad et al., 1999	Ensemble	20	8,0 $\pm$ 1,9				Ensemble	20	7,9 $\pm$ 1,5
Mann et al., 1999	Homme	60	11,6 $\pm$ 2,7	Homme	43	15,8 $\pm$ 9,3	Homme	18	19,2 $\pm$ 10,7
Bissoli et al., 2002	Ensemble	29	11,6 $\pm$ 4,9	Ensemble	14	17,4 $\pm$ 11,1	Ensemble	31	26,9 $\pm$ 24,1
Hermann et al., 2001	Ensemble	44	9,8 ³	Ensemble ¹	34	11,0 ³	Ensemble ¹	7	15,2 ³
Hermann et al., 2003	Ensemble	79	8,8 ³	Ensemble ¹	53	10,9 ³	Ensemble ¹	12	14,3 ³
				Ensemble ²	13	9,6 ³	Ensemble ²	17	11,1 ³
Koebnick et al., 2004	Femmes ⁴	108	6,2	Femmes ⁴	60	6,7			
Waldmann et al., 2004				Ensemble	45	12,3 ³	Ensemble	86	13,4 ³
Majchrzak et al., 2006	Ensemble	40	12,2 $\pm$ 5,6	Ensemble	36	14,0 $\pm$ 5,4	Ensemble	42	16,5 $\pm$ 8,2

Moyenne $\pm$ écart-type.

¹ Apports alimentaires seuls.

² Apports alimentaires + supplémentation.

³ Médiane.

⁴ Femmes à différents stades de grossesse.

de respectivement 287, 179 et 126 pmol/L chez des omnivores, des végétariens et des végétaliens allemands. Sur la base du critère retenu dans cette étude (teneur en vitamine B₁₂ faible lorsqu'elle est inférieure à 156 pmol/L), 1 % des omnivores, 32 % des végétariens (ne prenant pas de supplément en vitamine B₁₂) et 83 % des végétaliens présentaient une teneur en vitamine B₁₂ faible. Dans certaines études, les variations entre ces différents groupes sont plus marginales (Haddad *et al.*, 1999 ; Waldmann *et al.*, 1999 – Tableau 16).

Bien que les relations entre la cobalamine et l'homocystéine ne soient pas complètement connues, de nombreux travaux montrent qu'une faible teneur sérique en cobalamine se traduit par une teneur élevée en homocystéine (revue de Elmadfa et Singer, 2009). En se basant sur la teneur plasmatique totale en homocystéine qui est un critère plus sensible que la mesure de la teneur en vitamine B₁₂, plusieurs auteurs ont alors montré qu'une proportion substantielle de végétaliens et même de végétariens voire d'omnivores avaient un statut en vitamine B₁₂ suboptimal. Les teneurs plasmatiques en homocystéine mesurées chez des végétariens, des végétaliens et des omnivores de différentes études sont rapportées dans le tableau 17. Majchrzak *et al.* (2006) ont mesuré les concentrations en vitamine B₁₂ et en homocystéine chez des omnivores, des végétariens et des végétaliens autrichiens. La teneur sérique moyenne en vitamine B₁₂ de ces 3 groupes était dans la plage de variation normale (> 147 pmol/L), la teneur en vitamine B₁₂ des végétaliens étant toutefois significativement plus faible que celle des omnivores (respectivement 203 vs. 252 pmol/L, 239 pmol/L pour les végétariens). En revanche, plus de 66 % des végétaliens, 52 % des végétariens et 45 % des omnivores avaient une teneur en homocystéine comprise entre 12 et 30 µmol/L, soit en dehors de la plage de variation normale (6-12 µmol/L) et étaient donc susceptibles de présenter un statut en vitamine B₁₂ inadéquat.

Dans l'étude allemande de Hermann *et al.* (2003) citée ci-avant, le statut en vitamine B₁₂ a également été évalué à partir des concentrations plasmatiques en méthylmalonate. Les teneurs médianes en méthylmalonate étaient de respectivement 161, 368 et 779 nmol/L chez les sujets omnivores, végétariens et végétaliens ne consommant pas de suppléments vitaminiques. Et 83 % des végétaliens, 68 % des végétariens et 5 % des omnivores présentaient une teneur en méthylmalonate supérieure à 271 nmol/L (teneur en méthylmalonate élevée). Pour ces auteurs, ceci indique un risque accru de statut en vitamine B₁₂ suboptimal chez les végétaliens et dans une moindre mesure chez les végétariens, comparativement aux omnivores.

Des signes cliniques de carence en vitamine B₁₂ ont été observés chez certains végétaliens mais ceci semble relativement rare (Antony, 2003).

Conclusion :

La vitamine B₁₂ étant uniquement synthétisée par des bactéries présentes dans le sol et chez les animaux, les principales sources alimentaires de vitamine B₁₂ sont les produits animaux. Les produits végétaux en sont totalement dépourvus. De ce fait, les apports alimentaires en vitamine B₁₂ des végétaliens sont plus faibles que ceux des végétariens, eux-mêmes étant plus faibles que ceux des omnivores. Sans une consommation régulière d'une source fiable de vitamine B₁₂, (œuf, produits laitiers, aliments enrichis, suppléments) les apports nutritionnels conseillés en vitamine B₁₂ ne sont pas couverts chez les végétariens et encore moins chez les végétaliens.

La concentration sérique en vitamine B₁₂ est également plus faible chez les végétariens et les végétaliens que chez les omnivores. Mais la meilleure façon d'apprécier le statut en vitamine B₁₂ passe par l'analyse des teneurs sanguines en homocystéine ou en méthylmalonate. La bibliographie confirme que les végétariens, et les végétaliens plus particulièrement, ont un statut en vitamine B₁₂ plus faible et une concentration en homocystéine plus élevée que les omnivores. Il est alors fortement

conseillé à ces populations de consommer les quantités adéquates de vitamine B₁₂ en planifiant soigneusement leur régime alimentaire (apports réguliers d'œufs et de produits laitiers pour les ovo-lacto-végétariens) et en ayant recours à des aliments enrichis en vitamine B₁₂ (boissons au soja ou au riz, céréales pour le petit déjeuner, levure nutritionnelle...) ou à des suppléments. Les végétariens et végétaliens doivent également être encouragés à surveiller régulièrement leur statut en vitamine B₁₂ par des analyses sanguines afin de détecter précocement un faible statut et de pouvoir le traiter avant que des manifestations cliniques apparaissent.

3.4 – Le fer

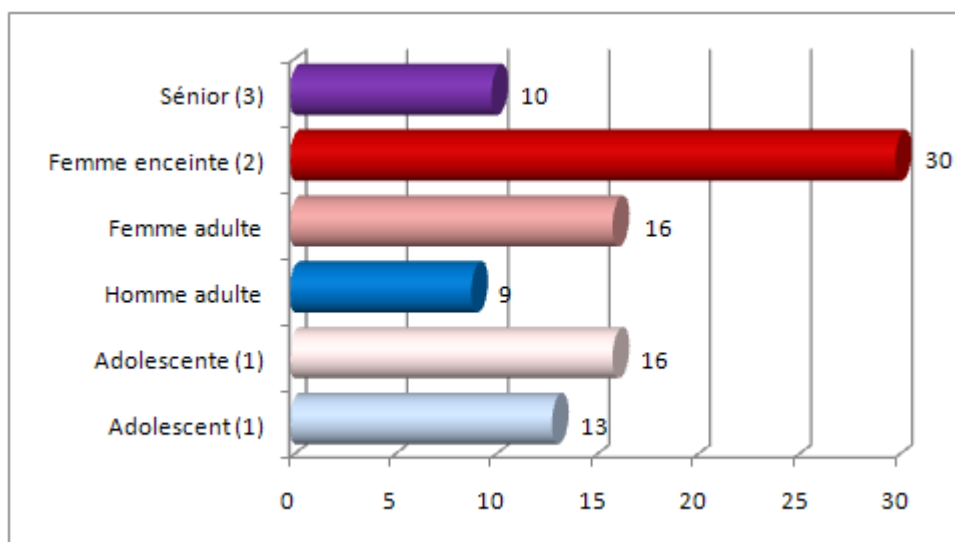
Le fer est un oligoélément ce qui signifie qu'il est présent à l'état de trace dans l'organisme humain tout en étant essentiel à la santé de l'Homme. Il représente quelques grammes dans l'organisme : environ 4 g pour un homme de 70 kg et 2,5 g pour une femme de 60 kg. Il est absorbé au niveau de l'intestin grêle. Le fer joue un rôle essentiel dans la synthèse de l'hémoglobine des globules rouges qui transporte l'oxygène vers toutes les cellules, dans la synthèse de la myoglobine qui permet de stocker l'oxygène au niveau musculaire, et dans celle d'enzymes impliquées dans de nombreuses fonctions de l'organisme (respiration, croissance et différenciation cellulaire...). Une carence en fer à un stade très avancé conduit à une anémie ferriprive (ou anémie par carence martiale). Elle se caractérise par une diminution de la teneur en hémoglobine du sang. Les principaux signes cliniques de cette carence sont la pâleur, la fatigue, le manque de souffle, les vertiges et les troubles digestifs. Cependant, sans aller jusqu'à l'anémie ferriprive, il existe des carences en fer modérées dont les conséquences sont encore mal définies. Une réduction de la capacité physique et des performances intellectuelles, une moindre résistance aux infections, des perturbations au cours de la gestation et des anomalies dans le maintien de la température corporelle sont de plus en plus évoquées. Ces carences modérées sont évaluées en mesurant le niveau des réserves corporelles en fer (taux de ferritine) au niveau de la moelle osseuse, du foie et de la rate.

Dans l'organisme humain, le fer existe sous deux formes : héminique (le fer est associé à l'hème des hémoprotéines : hémoglobine et myoglobine essentiellement) et non héminique (forme de transport et de réserve). 70% du fer de l'organisme est sous forme héminique, le reste étant sous forme non héminique.

Les apports nutritionnels conseillés pour le fer ont été fixés en 2001 par l'AFSSA, le CNERNA et le CNRS (Martin, 2001) à 9 mg/j chez l'homme adulte et chez la femme ménopausée (Figure 7). Les besoins en fer de l'organisme humain sont plus élevés chez l'enfant et l'adolescent du fait de la croissance rapide, chez la femme en âge de procréer du fait des pertes supplémentaires en fer dues aux menstruations et chez la femme enceinte à cause des besoins du fœtus et des transformations de l'organisme de la femme. Les ANC ont alors été fixés à 13 mg/j chez l'adolescent, à 16 mg/j chez la femme en âge de procréer et à 25-35 mg/j chez la femme enceinte dès le premier trimestre de grossesse.

L'organisme humain ne peut synthétiser le fer et doit donc le puiser dans les aliments. Le fer est présent en quantité variable dans de nombreux aliments (Tableau 17). Le boudin noir (23 mg/100 g), les abats, le foie et le rognon sont les aliments les plus riches en fer. Les viandes d'agneau et de bœuf ainsi que les viandes blanches, les poissons et les fruits de mer apportent également des quantités notables de fer. Les œufs, les fruits et légumes secs, le tofu ont également des teneurs en fer non négligeables mais ce fer est peu biodisponible. En effet, dans les aliments, le fer existe également sous les deux formes héminique et non héminique, et ces deux formes ont une absorption très différente. Le taux d'absorption

Figure 7 : Apport Nutritionnel Conseillé en fer (en mg/j)



D'après CIV (2010) et Martin (2001).

⁽¹⁾ ANC pour les adolescent(e)s de 13-19 ans.

⁽²⁾ Les besoins en zinc augmentent considérablement pendant la grossesse, et ce dès le premier trimestre. Les ANC atteignent 30 mg/jour au troisième trimestre.

⁽³⁾ ANC pour les séniors femmes et hommes de plus de 75 ans.

Tableau 17 : Teneur en fer de différents aliments d'origine végétale ou animale

Aliments d'origine végétale	Teneur en fer (mg/100 g)	Aliments d'origine animale	Teneur en fer (mg/100 g)
Riz blanc, sec	0,5	Bœuf, faux-filet, grillé	1,9
Blé dur précuit, grain entier, cuit	1,0	Poulet, cuisse, viande et peau, rôti	1,2
Haricot blanc, cuit	2,7	Porc, côte, grillée	1,1
Lentille, cuite	3,1	Veau, côte, cuite	0,9
Pois chiche, cuit	2,9	Steak haché 15 % MG, cuit	2,8
Tofu	3,9	Foie de génisse, cuit	7,7
Carotte, crue	0,21	Rognon de bœuf, cuit	9,5
Chou vert, cuit	0,18	Cabillaud, cuit à la vapeur	0,10
Haricot vert, cuit	0,94	Saumon, cuit à la vapeur	0,70
Pomme fraîche	0,20	Œuf, cru	1,7
Orange fraîche	0,10	Lait demi-écrémé stérilisé UHT	0,16
Amande	4,6	Fromage blanc battu 20 % MG	0,13
Noix, séchée, cerneaux	3,1	Emmental	0,38

Source : Table de composition nutritionnelle des aliments Ciquel 2008.

moyen du fer héminique est d'environ 25 %, tandis que celui du fer non héminique est d'environ 5 % (Monsen *et al.*, 1978 ; López et Martos, 2004). Le fer héminique est présent uniquement dans les produits carnés où il représente environ 40 % du fer total. Il correspond essentiellement au fer présent dans l'hémoglobine et la myoglobine). Sa biodisponibilité est peu influencée par les autres constituants des repas. Le fer non héminique existe lui à la fois dans les aliments d'origine animale et dans ceux d'origine végétale. Sa biodisponibilité est faible et peut être influencée par diverses substances contenues dans d'autres aliments. Au final, plus que la quantité de fer présente dans l'alimentation, c'est la qualité de ce fer qui constitue donc le facteur déterminant pour la couverture des besoins. Et le fer contenu dans les produits carnés est 2,5 fois plus assimilable que le fer des produits végétaux, des œufs et des produits laitiers.

La biodisponibilité du fer non héminique peut être réduite ou augmentée par les autres composants du repas. Dès le début des années 1940, McCance *et al.* (1943) ont montré que l'acide phytique présent dans les graines de nombreuses céréales et légumineuses inhibait l'absorption du fer en formant des sels insolubles. L'absorption du fer non héminique est également réduite par les polyphénols présents dans le thé, le café, les tisanes et le cacao. Le thé constitue le plus puissant inhibiteur de l'absorption de fer actuellement connu. Disler *et al.* (1975) ont été les premiers à signaler l'effet inhibiteur prononcé du thé sur l'absorption du fer. Une seule tasse de thé prise au cours d'un repas peut diminuer l'absorption du fer de 75 à 80 %. Les polyphénols sont également présents dans le café, mais l'effet inhibiteur du café sur l'absorption du fer est bien moindre que celui du thé. Une tasse de café réduit l'absorption du fer de 60 % environ. L'effet inhibiteur des polyphénols résulte de la formation de précipités insolubles de tannates de fer. Enfin, le calcium est également un inhibiteur de l'absorption du fer. Hallberg *et al.* (1991) ont observé une relation dose-réponse forte entre la quantité de calcium du repas consommé et la réduction de l'absorption du fer non héminique.

Inversement, l'acide ascorbique (vitamine C) est le plus puissant facilitateur connu de l'absorption du fer non héminique (Cook et Monsen, 1977). Il facilite l'absorption du fer par formation d'un chélate de fer qui reste soluble au pH de l'intestin grêle. L'absorption du fer d'un repas peut être multipliée par trois lorsqu'il est consommé simultanément avec 100 ml de jus d'orange et par 7 avec un jus de papaye. D'autres acides organiques, tels que l'acide citrique et l'acide malique ont également un effet activateur sur l'absorption du fer non héminique (Gillooly *et al.*, 1983). L'absorption du fer non héminique est également multipliée par 2 ou 3 quand on ajoute au repas des protéines d'origine animale (viandes et poissons exclusivement). L'action de 1 g de viande est à peu près équivalente à celle de 1 mg d'acide ascorbique (Cook et Monsen, 1976). Certains types de préparation des aliments tels que le trempage et la germination des légumineuses, céréales et graines ainsi que l'utilisation de levain pour le pain peuvent diminuer la rétention du fer par les phytates et augmenter son absorption (Sandberg, 1991). Enfin, d'autres procédés de fermentation, comme ceux utilisés pour fabriquer le miso et le tempeh, pourraient aussi améliorer la biodisponibilité du fer (Macfarlane *et al.*, 1990).

Les apports alimentaires en fer des omnivores, des végétariens et des végétaliens mesurés dans plusieurs études à partir de questionnaires de fréquence alimentaire sont présentés dans le tableau 18. Globalement, les apports en fer des régimes végétariens sont du même ordre que ceux des régimes omnivores et les apports des régimes des végétaliens sont supérieurs à ceux de ces deux groupes. Par exemple, dans l'étude EPIC-Oxford (Davey *et al.*, 2003), les apports estimés en fer étaient de 13,4, 13,9 et 15,3 mg/j chez les hommes omnivores, végétariens et végétaliens respectivement et de 12,6, 12,6 et 14,1 mg/j chez les femmes. Dans la plupart de ces études, les apports en fer des hommes sont suffisants pour couvrir les apports nutritionnels conseillés. En revanche, ce n'est généralement pas le cas pour les femmes en âge de procréer. Ainsi, dans l'étude d'Alexander *et al.* (1994), 69 % des

Tableau 18 : Comparaison des apports alimentaires en fer des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores			Végétariens			Végétaliens		
	Sexe	Nb individus	Fer mg/lj	Sexe	Nb individus	Fer mg/lj	Sexe	Nb individus	Fer mg/lj
Abdulla et al., 1981							Homme	3	17 ± 6
							Femme	3	16 ± 7
Abdulla et al., 1984				Homme	3	16,0 ± 3,0			
				Femme	3	12,7 ± 4,0			
Draper et al., 1993	Homme	386	15,0	Homme	16	15,4 ± 4,7	Homme	18	18,9 ± 6,8
	Femme	377	12,9	Femme	36	15,0 ± 6,0	Femme	20	14,8 ± 5,4
Alexander et al., 1994	Ensemble	50	14,6 ± 4,3	Ensemble	45	16,6 ± 4,7	Ensemble	5	18,7 ± 5,1
Janelle et Barr, 1995	Femme	22	15,3 ± 4,9	Femme	15	13,7 ± 4,8	Femme	8	17,7 ± 3,8
Shaw et al., 1995	Homme	20	16,1 ± 2,9	Homme	23	18,4 ± 7,3			
	Femme	39	11,7 ± 2,6	Femme	32	15,6 ± 5,4			
Toohey et al., 1998				Homme	49	21,4 ± 1,5	Homme	14	24,7 ± 3,9
				Femme	94	17,5 ± 0,9	Femme	31	18,1 ± 1,6
Haddad et al., 1999	Homme ¹	10	15,0 ± 5,7				Homme ¹	10	26,4 ± 12,3
	Homme ²	10	20,9 ± 13,2				Homme ²	10	43,4 ± 41,2
	Femme ¹	10	15,3 ± 9,1				Femme ¹	15	17,6 ± 6,1
	Femme ²	10	20,2 ± 11,6				Femme ²	15	22,6 ± 10,0
Wilson et Ball, 1999	Homme	25	15,8 ± 4,5	Homme	39	20,4 ± 7,7	Homme	10	22,9 ± 6,2
Ball et Bartlett, 1999	Femme	24	9,9 ± 2,9	Femme	50	10,7 ± 4,4			
Davey et al., 2003	Homme	6 951	13,4 ± 4,1	Homme	3 748	13,9 ± 4,3	Homme	770	15,3 ± 5,0
	Femme	22 962	12,6 ± 4,1	Femme	12 347	12,6 ± 4,3	Femme	1 342	14,1 ± 4,8

Moyenne ± écart-type.

¹ Apports alimentaires seuls.

² Apports alimentaires + supplémentation.

Absence de viande dans le régime alimentaire – Revue bibliographique

Tableau 19 : Comparaison des teneurs en hémoglobine des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores			Végétariens			Végétaliens		
	Sexe	Nb individus	Hémoglobine g/L	Sexe	Nb individus	Hémoglobine g/L	Sexe	Nb individus	Hémoglobine g/L
Shaw et al., 1995	<i>Homme</i>	20	151 ± 3	<i>Homme</i>	23	148 ± 8			
	<i>Femme</i>	39	127 ± 8	<i>Femme</i>	32	122 ± 15			
Haddad et al., 1999	<i>Homme</i>	10	156 ± 7				<i>Homme</i>	10	154 ± 7
	<i>Femme</i>	10	133 ± 10				<i>Femme</i>	15	132 ± 10
Ball et Bartlett, 1999	<i>Femme</i>	24	134 ± 8	<i>Femme</i>	50	130 ± 8			

Moyenne ± écart-type.

Tableau 20 : Comparaison des teneurs sériques en ferritine des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores			Végétariens			Végétaliens		
	Sexe	Nb individus	Ferritine $\mu\text{g/L}$	Sexe	Nb individus	Ferritine $\mu\text{g/L}$	Sexe	Nb individus	Ferritine $\mu\text{g/L}$
Alexander et al., 1994	Homme	14	105 $\pm$ 79 (7 % < 12)	Homme	14	37 $\pm$ 36 (29 % < 12)			
	Femme	36	34 $\pm$ 54 (42 % < 12)	Femme	94	14 $\pm$ 8 (47 % < 12)			
Shaw et al., 1995	Homme	20	91 (0 % < 12)	Homme	23	47 (4 % < 12)			
	Femme	39	27 (23 % < 12)	Femme	32	12 (47 % < 12)			
Haddad et al., 1999	Homme	10	141 $\pm$ 93 (0 % < 12)				Homme	10	72 $\pm$ 32 (0 % < 12)
	Femme	10	22 $\pm$ 13 (2 % < 12)				Femme	15	27 $\pm$ 16 (4 % < 12)
Wilson et Ball, 1999	Homme	25	121 $\pm$ 73	Homme	39	64 $\pm$ 47	Homme	10	65 $\pm$ 50
Ball et Bartlett, 1999	Femme	24	46 $\pm$ 43 (13 % < 12)	Femme	50	25 $\pm$ 16 (18 % < 12)			

Moyenne $\pm$ écart-type (% d'individus dont la teneur sérique en ferritine est inférieure à 12 $\mu\text{g/L}$).

femmes omnivores et 53 % des femmes végétariennes (végétariennes + végétaliennes) avaient des apports alimentaires en fer inférieurs à 14,7 mg/j (ANC britanniques à la date de l'étude). Par ailleurs, en absence de fer héminique dans les régimes végétariens et végétaliens, il est attendu que la biodisponibilité du fer soit beaucoup plus faible dans ces régimes. Dans son rapport sur les apports nutritionnels conseillés pour les vitamines et les minéraux, l'Institut de Médecine et le Conseil de l'Alimentation et de la Nutrition américains (Institute of Medicine & Food and Nutrition Board, 2001) estime que la biodisponibilité du fer des régimes végétariens est de l'ordre de 10 % alors que celle des régimes omnivores occidentaux est évaluée à 18 %. Du fait de cette moindre biodisponibilité, les apports conseillés en fer pour les végétariens sont 1,8 fois ceux conseillés pour les non-végétariens. Dans les différentes études rapportées dans le tableau 18, ce facteur de 1,8 n'est jamais observé entre les apports alimentaires en fer des végétariens et ceux des omnivores.

Dans plusieurs études (Tableau 19), la teneur en hémoglobine du sang a été mesurée de façon à mettre en évidence d'éventuels cas d'anémie ferriprive. Globalement, la teneur en hémoglobine du sang est du même ordre ou légèrement inférieure chez les végétariens et les végétaliens que chez les omnivores. Cela signifie que l'incidence de l'anémie ferriprive est identique dans les trois populations. C'est par exemple le cas dans l'étude de Haddad *et al.* (1999), où la teneur en hémoglobine n'était pas significativement différente entre omnivores et végétaliens : respectivement 156 et 154 g/L chez les hommes et 133 et 132 g/L chez les femmes. Une femme sur les dix femmes omnivores et deux femmes sur les quinze femmes végétaliennes présentaient une teneur en hémoglobine inférieure à 120 g/L, seuil en deçà duquel il y a une suspicion d'anémie ferriprive.

Plusieurs études se sont intéressées au statut nutritionnel en fer des populations omnivores et végétariennes en dosant les teneurs en ferritine³ dans le sérum. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 20. Elles montrent que les teneurs sériques en ferritine sont nettement plus faibles chez les végétariens et les végétaliens que chez les omnivores. Par exemple dans l'étude de Ball et Bartlett (1999), avec une valeur de 25 µg/L, la teneur en ferritine des femmes végétariennes était significativement plus faible que celle des femmes omnivores (45 µg/L). Toutefois, le pourcentage de sujets dont la teneur en ferritine était inférieure au seuil de 12 µg/L (réserves en fer faibles) n'était pas significativement différent entre les deux régimes (18 vs. 13 %). Par ailleurs, il n'y avait pas de corrélation entre la teneur sérique en ferritine et les apports alimentaires en fer. Cela signifie que l'effet de l'apport alimentaire en fer est sans doute mineur chez la femme comparativement aux pertes de fer liées aux menstruations. En l'absence d'anémie, il est peu probable que les faibles teneurs en ferritine mesurées chez les végétariennes soient associées à des symptômes spécifiques. Cependant, ces faibles réserves indiquent un risque d'anémie en cas de stress accru ou de perte de sang excessive (grossesse, accouchement, hémorragie...).

Bien que plusieurs études sur l'absorption du fer aient été réalisées sur de courtes périodes, il semblerait que l'organisme s'adapte sur le long terme à de faibles apports en fer, en mettant en jeu à la fois une meilleure absorption du fer et une réduction des pertes (Hunt et Roughead, 1999 et 2000).

Conclusion :

Les apports alimentaires en fer des régimes végétariens sont similaires à ceux des régimes omnivores et ceux des régimes végétaliens sont même supérieurs.

³ La ferritine est une protéine de mise en réserve du fer dans l'organisme. Le dosage sanguin de la ferritine permet d'évaluer les réserves en fer de l'organisme. Il permet un dépistage précoce d'une carence en fer ou d'une surcharge dans l'organisme. La valeur de 12 µg/L est retenue comme valeur seuil en deçà de laquelle les réserves en fer de l'organisme sont considérées comme basses.

Cependant, quel que soit le régime, les apports nutritionnels conseillés ne sont généralement pas atteints pour les femmes en âge de procréer. Par ailleurs, la biodisponibilité du fer est beaucoup plus faible dans les régimes végétariens et végétaliens. En effet, ils contiennent uniquement du fer non héminique dont le taux d'absorption est de l'ordre de 5 % contre un taux d'absorption de 25 % pour le fer héminique contenu dans les produits carnés. Plus que la quantité de fer présente dans l'alimentation, c'est la qualité de ce fer qui constitue donc le facteur déterminant pour la couverture des besoins. En se basant sur la différence de biodisponibilité du fer, les besoins en fer des végétariens et végétaliens pourraient être 1,8 fois ceux des omnivores.

Toutefois, il semblerait que l'organisme humain s'adapte à des apports en fer relativement faibles (meilleure absorption, réduction des pertes) et l'incidence de l'anémie ferriprive n'est pas plus importante dans la population végétarienne et végétalienne que dans la population omnivore. En revanche, leur statut nutritionnel en fer (évalué par la teneur sérique en ferritine) est plus faible tout en restant généralement dans la norme basse. Si ces faibles réserves en fer ne sont pas systématiquement associées à des symptômes spécifiques, elles indiquent malgré tout un risque d'anémie en cas de stress accru ou de perte de sang excessive. Les problèmes de statut nutritionnel en fer faible ne se rencontrent pas chez les hommes mais plutôt chez les femmes en âge de procréer. Il est ainsi conseillé aux jeunes femmes végétariennes ou végétaliennes de s'assurer que leur régime inclut de bonnes sources alimentaires de fer mais aussi de vitamine C qui est un puissant facilitateur de l'absorption du fer. Elles peuvent également avoir recours à des suppléments en fer.

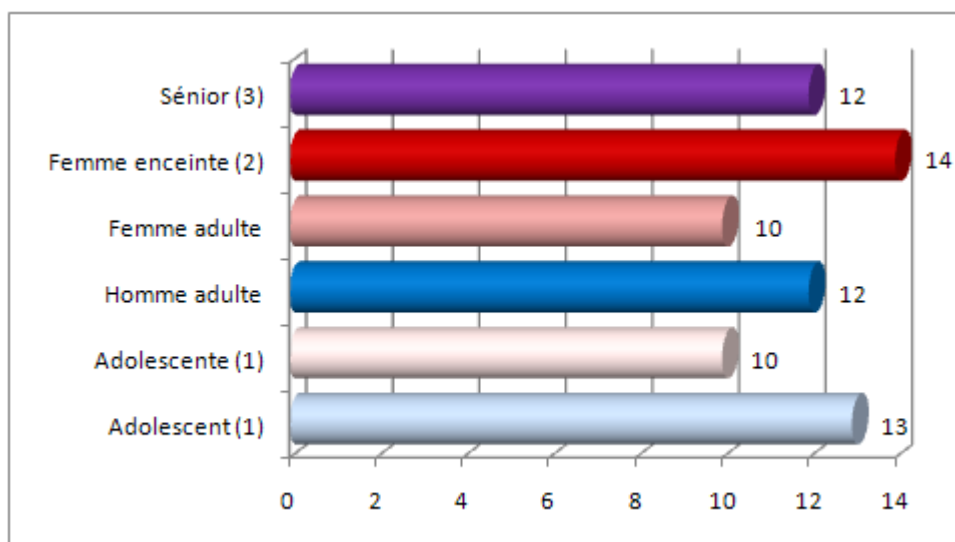
3.5 – Le zinc

Comme le fer, le zinc est un oligoélément essentiel pour l'homme. Il ne se trouve qu'à l'état de traces dans l'organisme humain, mais il est impliqué en tant que cofacteur dans de très nombreuses réactions enzymatiques. Il joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, glucides et lipides, dans la croissance, la réponse immunitaire et les fonctions neurologiques et reproductives. Une carence en zinc peut donc entraîner une diminution des fonctions immunitaires, un retard dans la croissance, des troubles de l'odorat et du goût, une baisse de la fertilité masculine, des dermatites, une dépression, une perte de poids...

Des apports nutritionnels conseillés pour le zinc ont été publiés en 2001 par l'AFSSA, le CNERNA et le CNRS (Martin, 2001). L'ANC en zinc est fixé à 10 mg/j chez la femme adulte et à 12 mg/j chez l'homme adulte (Figure 8). Les besoins en zinc sont accrus pendant la grossesse et l'allaitement et les ANC ont alors été fixés à 14 mg/j lors du troisième trimestre de grossesse et 19 mg/j lors de la période d'allaitement.

Le zinc n'est pas synthétisé par l'organisme humain et doit donc être apporté par l'alimentation. Il est présent dans une grande variété d'aliments. Hormis les huîtres qui sont les aliments qui en contiennent le plus (16,7 mg/100 g), les principales sources de zinc sont les viandes, certains coquillages et crustacés et les fruits secs (Tableau 21). Les céréales complètes, les légumineuses, les œufs et les produits laitiers fournissent également du zinc en quantité appréciable. En général, l'organisme humain absorbe de 15 à 50 % du zinc présent dans les aliments. Cependant, le zinc présent dans les viandes, poissons et fruits de mer est mieux assimilé par l'organisme que celui apporté par les aliments d'origine végétale. En effet, comme pour le fer, l'acide phytique présent dans les graines de nombreuses céréales et légumineuses inhibe l'absorption du zinc en formant des sels insolubles, les phytates (Oberleas et Harland, 1981). Certains types de préparation des aliments tels que le trempage et la germination des légumineuses ou des céréales ainsi que l'utilisation de levain

Figure 8 : Apport Nutritionnel Conseillé en zinc (en mg/j)



D'après CIV (2010) et Martin (2001).

⁽¹⁾ ANC pour les adolescent(e)s de 13-15 ans.

⁽²⁾ Les besoins en zinc augmentent considérablement pendant la grossesse, et ce dès le premier trimestre. Les ANC atteignent 14 mg/jour au troisième trimestre.

⁽³⁾ ANC pour les seniors femmes et hommes de plus de 75 ans.

Tableau 21 : Teneur en zinc de différents aliments d'origine végétale ou animale

Aliments d'origine végétale	Teneur en zinc (mg/100 g)	Aliments d'origine animale	Teneur en zinc (mg/100 g)
Riz blanc, sec	1,05	Bœuf, faux-filet, grillé	3,30
Blé dur précuit, grain entier, cuit	0,94	Poulet, cuisse, viande et peau, rôti	2,16
Haricot blanc, cuit	0,65	Porc, côte, grillée	3,08
Lentille, cuite	1,03	Veau, côte, cuite	3,90
Pois chiche, cuit	1,15	Steak haché 15 % MG, cuit	5,16
Tofu	1,14	Foie de génisse, cuit	3,82
Carotte, crue	0,22	Rognon de bœuf, cuit	3,10
Chou vert, cuit	0,20	Cabillaud, cuit à la vapeur	0,50
Haricot vert, cuit	0,24	Saumon, cuit à la vapeur	0,39
Pomme fraîche	0,04	Œuf, cru	1,01
Orange fraîche	0,06	Lait demi-écrémé stérilisé UHT	0,51
Amande	3,29	Fromage blanc battu 20 % MG	0,51
Noix, séchée, cerneaux	2,53	Emmental	4,52

Source : Table de composition nutritionnelle des aliments Ciquel 2008.

pour le pain peuvent réduire la rétention du zinc par les phytates et ainsi accroître sa biodisponibilité (Lonnerdal, 2000). Les acides organiques, tel l'acide citrique, peuvent aussi, dans une certaine mesure, faciliter l'absorption du zinc (Lonnerdal, 2000).

Les apports alimentaires en zinc de sujets omnivores, végétariens et végétaliens ont été estimés dans plusieurs études à partir de questionnaires alimentaires et de tables de composition des aliments. Les résultats sont présentés dans le tableau 22. Les apports en zinc varient suivant les études. Certaines montrent des apports non significativement différents entre omnivores, végétariens et végétaliens (Draper *et al.*, 1993 ; Alexander *et al.*, 1994 ; Haddad *et al.*, 1999), les apports étant généralement proches des apports nutritionnels conseillés. Par exemple, dans l'étude d'Alexander *et al.* (1994), les apports alimentaires en zinc, hommes et femmes confondus, s'élevaient à respectivement 11,9, 11,1 et 9,3 g/j pour les omnivores, les végétariens et les végétaliens, les ANC français étant fixés à 10–12 mg/j. Dans d'autres études (Janelle et Barr, 1995 ; Davey *et al.*, 2003), les apports en zinc des régimes végétariens et végétaliens sont significativement plus faibles que ceux des omnivores et apparaissent sensiblement inférieurs aux recommandations. Par exemple, dans les travaux de Janelle et Barr (1995), l'apport en zinc des femmes omnivores a été estimé à 11,1 g/j alors que celui-ci était estimé à 8,2 et 8,5 g/j chez les végétariennes et végétaliennes respectivement.

Cependant, même dans le cas où les apports alimentaires en zinc des végétariens sont proches de ceux des omnivores et des apports nutritionnels conseillés, ils pourraient ne pas être suffisants à la couverture de leurs besoins en raison de la moindre biodisponibilité du zinc issu des végétaux. Une publication de l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 1996) a qualifié la biodisponibilité du zinc des régimes ovo-lacto-végétariens et végétaliens de modérée (30–35 % d'absorption), ces régimes ayant un ratio molaire acide phytique / zinc de 10. En comparaison, les régimes ayant une forte biodisponibilité en zinc (50–55 % d'absorption) ont un ratio acide phytique / zinc inférieur à 5 et sont des régimes raffinés, pauvres en céréales et riches en protéines d'origine animale. Inversement, les régimes avec une faible biodisponibilité (15 % d'absorption) en zinc ont un ratio acide phytique / zinc supérieur à 15 et sont des régimes riches en céréales complètes, avec des aliments riches en acide phytique comme principale source d'énergie et avec le soja comme principale source protéique. Ce classement est cohérent avec les mesures d'absorption du zinc (par une méthode isotopique) réalisées par Hunt *et al.* (1998) sur 21 femmes consommant des régimes ovo-lacto-végétarien et non-végétarien pendant 8 semaines dans un dispositif expérimental croisé. Dans le régime ovo-lacto-végétarien, la viande était remplacée par des légumineuses, des céréales complètes, des graines et des noix. L'apport en zinc était de respectivement 9,1 et 11,1 mg dans les régimes ovo-lacto-végétarien et non-végétarien pour un ratio acide phytique / zinc de 14 et 5. Au final, le régime ovo-lacto-végétarien a induit une diminution de l'absorption du zinc d'environ 35 % comparativement au régime omnivore (2,4 vs. 3,7 mg/j – Figure 9). Après 8 semaines de suivi, cette différence d'absorption s'est traduite par une diminution de la teneur plasmatique en zinc de 5 %, la balance en zinc restant toutefois positive.

Dans leur étude, Haddad *et al.* (1999) ont observé des résultats proches de ceux de Hunt *et al.* (1998). L'apport alimentaire en zinc des végétaliens était du même ordre (pas de différence significative – Tableau 22) que celui des omnivores mais, en cohérence avec la moindre biodisponibilité du zinc issu des végétaux, leur teneur plasmatique en zinc tendait à être plus faible (15,1 vs. 16,2 $\mu\text{mol/L}$ chez les hommes et 13,7 vs. 13,8 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes). Cependant, dans d'autres études, les teneurs plasmatiques en zinc ne diffèrent pas entre végétariens et omnivores (Freeland-Graves *et al.*, 1980 ; Anderson *et al.*, 1981 ; Krajčovičová-Kudláčková *et al.*, 1995). Dans sa revue, Hunt (2003) conclut que la consommation d'un régime végétarien ou végétalien se traduit par une diminution de la teneur plasmatique en zinc, tout en restant dans une plage de variation normale. Cette diminution n'est toutefois perceptible qu'après plusieurs semaines de restriction alimentaire

Tableau 22 : Comparaison des apports alimentaires en zinc des végétaliens, des végétariens et des omnivores

Etudes	Omnivores			Végétariens			Végétaliens		
	Sexe	Nb individus	Zinc mg/lj	Sexe	Nb individus	Zinc mg/lj	Sexe	Nb individus	Zinc mg/lj
Abdulla et al., 1981							Homme	3	13 ± 2,3
							Femme	3	10 ± 3,5
Abdulla et al., 1984				Homme	3	11,5 ± 3,3			
				Femme	3	10,1 ± 1,4			
Draper et al., 1993	Homme	386	11,8	Homme	16	9,4 ± 2,4	Homme	18	10,1 ± 4,4
	Femme	377	9,0	Femme	36	8,8 ± 2,5	Femme	20	7,0 ± 2,9
Alexander et al., 1994	Ensemble	50	11,9 ± 3,5	Ensemble	50 ¹	11,1 ± 3,1	Ensemble	5	9,3 ± 2,6
Janelle et Barr, 1995	Femme	22	11,1 ± 3,9	Femme	15	8,2 ± 1,6	Femme	8	8,5 ± 2,2
Toohey et al., 1998				Homme	49	10,6 ± 0,6	Homme	14	11,4 ± 1,5
				Femme	94	8,7 ± 0,4	Femme ¹	31	8,7 ± 0,8
Haddad et al., 1999	Homme ²	10	10,1 ± 1,8				Homme ²	10	12,2 ± 4,7
	Homme ³	10	15,0 ± 8,8				Homme ³	10	12,2 ± 4,7
	Femme ²	10	10,9 ± 4,6				Femme ²	15	7,7 ± 1,9
	Femme ³	10	13,2 ± 5,2				Femme ³	15	10,8 ± 6,4
Davey et al., 2003	Homme	6 951	9,8 ± 2,7	Homme	3 748	8,4 ± 2,5	Homme	770	8,0 ± 2,7
	Femme	22 962	9,2 ± 2,6	Femme	12 347	7,7 ± 2,3	Femme	1 342	7,2 ± 2,4

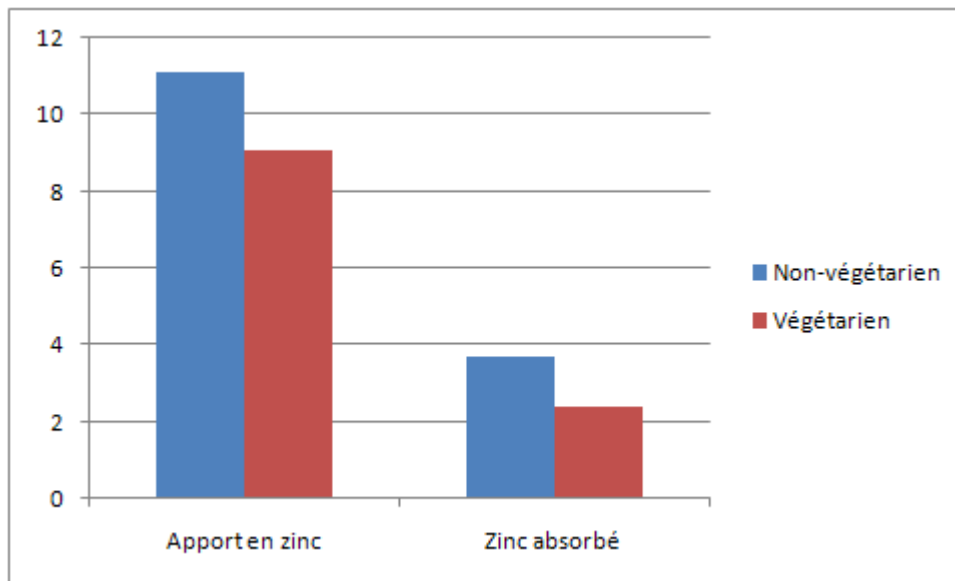
Moyenne ± écart-type.

¹ 45 ovo-lacto-végétariens + 5 végétaliens.

² Apports alimentaires seuls.

³ Apports alimentaires + supplémentation.

Figure 9 : Apport et biodisponibilité en zinc dans des régimes ovo-lacto-végétarien et non-végétarien



Source : Hunt et al., 1998.

en zinc. Pour cet auteur, la mesure de la teneur plasmatique en zinc n'est pas une méthode assez sensible pour évaluer le statut nutritionnel en zinc d'un individu. L'évaluation des effets d'une alimentation végétarienne sur le statut nutritionnel en zinc se heurte à la difficulté de mesurer les taux de zinc marginaux.

Conclusion :

Certains végétaux (céréales, légumineuses, graines...) et les produits animaux non-carnés (fromage, œuf...) étant des sources de zinc non négligeables, les apports en zinc des régimes végétariens et végétaliens sont proches ou un peu inférieurs à ceux des régimes omnivores et aux apports nutritionnels conseillés. Cependant, la biodisponibilité du zinc issue d'une alimentation végétarienne ou végétalienne est plus faible que celle issue d'une alimentation omnivore, les végétaux riches en zinc étant également riches en acide phytique, un inhibiteur de la biodisponibilité du zinc. Par conséquent, les besoins en zinc chez les végétariens dont l'alimentation comprend principalement des céréales complètes et des légumineuses riches en acide phytique pourraient être supérieurs aux apports nutritionnels conseillés.

Toutefois, une carence en zinc reste difficile à mettre en évidence chez les végétariens et les végétaliens des pays occidentaux. Avec les méthodes actuelles, il n'est pas possible d'évaluer efficacement l'influence de l'alimentation végétarienne sur la nutrition en zinc car il n'existe pas de critères fiables et sensibles permettant d'évaluer le statut nutritionnel en zinc de l'Homme lorsqu'il se trouve proche de la limite inférieure des besoins. Pour les végétariens, des solutions pourraient permettre de réduire la rétention du zinc par les phytates (trempage et germination des céréales et graines, utilisation de levain...) ou de faciliter son absorption (utilisation d'acides organiques). Il existe également des aliments enrichis en zinc (barres de céréales...).

3.6 – Les autres nutriments

D'autres nutriments peuvent être apportés en quantités insuffisantes par une alimentation végétarienne ou végétalienne mais il y a peu ou pas de lien avec la suppression des produits carnés dans ces régimes. Il s'agit notamment de la vitamine D et du calcium (revues de Craig, 2009 et 2010 ; revue de O'Neill, 2010).

3.6.1 – La vitamine D

La vitamine D est connue depuis longtemps pour son rôle important dans la santé des os. Elle intervient également dans la fonction immunitaire, la réduction de l'inflammation et la réduction du risque de maladies chroniques.

Le statut en vitamine D dépend à la fois de l'exposition au soleil et de l'apport en vitamine D d'origine alimentaire. La synthèse de vitamine D par la peau suite à une exposition au soleil pourrait procurer 80 à 90 % de la vitamine D requise. Mais cette synthèse est très variable et dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels le moment de la journée, la saison, la latitude, la pigmentation de la peau, l'usage de crèmes solaires et l'âge. Par exemple, une exposition (sans écran solaire) des mains, des avant-bras et du visage pendant 10 à 15 minutes (à la latitude de Toronto) entre 11 h et 14 h, à raison de 2 ou 3 fois par semaine, suffirait à assurer un apport adéquat à un adulte en bonne santé, d'avril à octobre environ (Chen *et al.*, 2007). Cependant, durant les mois hivernaux une source alimentaire ou une supplémentation en vitamine D peut s'avérer nécessaire. Les aliments les plus riches en vitamine D sont les œufs, le beurre, le foie (veau, bœuf, agneau), les poissons gras et surtout les huiles extraites du foie de certains poissons (huile de foie de morue). Les apports nutritionnels conseillés pour la vitamine D ont été établis en 2001 par l'AFSSA, le CNERNA et le CNRS (Martin, 2001) à 5 µg/j chez l'enfant de 4 ans et plus, l'adolescent(e), la femme et l'homme adulte.

Les apports alimentaires en vitamine D des végétaliens tendent à être plus faibles que ceux des ovo-lacto-végétariens et des omnivores : respectivement 1,0, 2,0 et 3,4 µg/j chez les hommes et 0,8, 2,1 et 3,6 µg/j chez les femmes (Craig, 2010). Dans l'étude EPIC-Oxford, les végétaliens avaient les apports moyens en vitamine D les plus faibles (0,88 µg/j), soit environ un quart des apports moyens des omnivores (Davey *et al.*, 2003).

Lorsque la synthèse de vitamine D par la peau n'est pas suffisante (période hivernale, personnes ayant la peau foncée, personnes âgées, durée d'exposition insuffisante...), les végétaliens, et dans une moindre mesure les végétariens, doivent s'assurer d'avoir une source régulière de vitamine D. Cela passe par la consommation de produits enrichis en vitamine D (lait de vache, jus de soja, yaourt, margarine, céréales pour le petit déjeuner...) ou par une supplémentation.

3.6.2 – Le calcium

Le calcium est le sel minéral le plus abondant dans l'organisme. Il représente 1 à 1,2 kg chez l'adulte, dont près de 99 % est concentré dans les os et les dents. Sa principale fonction est la minéralisation de l'os sous forme de sels de phosphates de calcium. Le calcium non osseux malgré sa faible part (1 %) intervient dans de multiples fonctions indispensables : la contraction musculaire, la coagulation du sang, la conduction nerveuse, la libération d'hormones et dans de nombreuses réactions enzymatiques au niveau cellulaire.

Le calcium doit être apporté par l'alimentation mais son absorption par la membrane intestinale est partielle, de 5 à 60 %. Elle est favorisée par la vitamine D et d'autres composants de l'alimentation. Elle varie selon les personnes, leur l'âge et leur état physiologique et selon le type d'aliment. Les principales sources de calcium sont le lait, les fromages et les produits laitiers. D'autres aliments comme l'eau minérale, les graines oléagineuses, les noix, les légumes verts (cresson, épinard, chou, haricot vert...) et de nombreux fruits (cassis, orange, groseille, rhubarbe...) sont également riches en calcium. Cependant, la biodisponibilité du calcium de ces différentes sources alimentaires n'est pas équivalente⁴. L'acide oxalique présent dans certains légumes verts (épinard, oseille) et l'acide phytique présent dans les noix et céréales complètes réduisent l'absorption du calcium. Au final, le calcium des légumes verts pauvres en oxalate (chou vert, chou-fleur, brocoli, cresson...) a une biodisponibilité de 50 à 60 % et celui du lait de vache ou du tofu de 30 à 35 % (Weaver *et al.*, 1999). La biodisponibilité du calcium des graines de sésame, amandes et haricots secs est un peu plus faible, 20 à 25 %. Et seulement 5 % du calcium des épinards est absorbé. Les apports nutritionnels conseillés pour le calcium sont fixés à 800 mg chez l'enfant de 4 à 9 ans, à 1200 mg/j chez l'adolescent(e), à 900 mg/j chez la femme et l'homme adulte et à 1200 mg/j chez la femme de plus de 55 ans et l'homme de plus de 65 ans (Martin, 2001).

Les apports en calcium des ovo-lacto-végétariens sont comparables à ceux des non-végétariens (906 vs. 946 mg/j chez les hommes et 875 vs. 898 mg/j chez les femmes, Craig (2010)) tandis que les apports des végétaliens sont inférieurs à ceux de ces deux groupes (755 et 622 mg/j chez les hommes et les femmes respectivement) et peuvent être inférieurs aux apports nutritionnels conseillés. Dans l'étude EPIC-Oxford, Davey *et al.* (2003) ont observé les mêmes tendances : les apports en calcium étaient chez les hommes de respectivement 1057, 1087 et 610 mg/j pour les omnivores, les végétariens et les végétaliens, et chez les femmes de 989, 1012 et 582 mg/j.

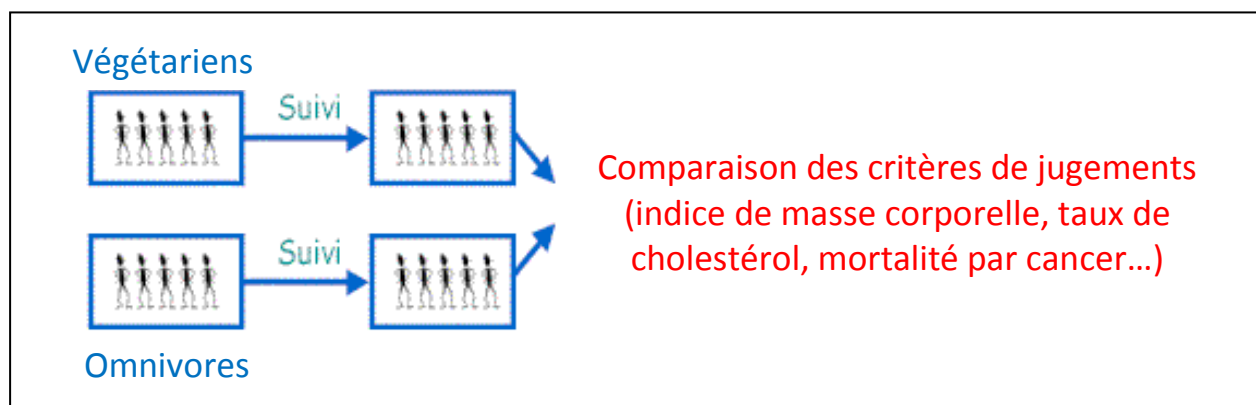
Pour assurer leurs apports en calcium, les végétaliens doivent consommer en plus des traditionnelles sources de calcium végétales (chou, brocoli, tofu...) des aliments enrichis en calcium (jus de soja, jus de riz, jus de fruit, barres céréalières...) ou prendre des suppléments de calcium.

⁴ Seuls les facteurs influençant l'absorption du calcium sont évoqués ici. Pour évaluer la biodisponibilité réelle du calcium, il faudrait également prendre en compte les pertes urinaires en calcium qui diminuent la quantité de calcium réellement disponible pour l'organisme. Cependant, dans la bibliographie, il n'y a pas consensus sur l'influence des facteurs alimentaires (fruits et légumes, produits laitiers, produits carnés...) qui pourraient augmenter ou réduire ces pertes.

4 – Incidence des régimes végétariens sur la santé

Dans la bibliographie, l'incidence des régimes végétariens sur la santé de l'Homme est étudiée à travers des études de cohortes prospectives. Très succinctement, une étude de cohorte prospective est une étude d'observation dans laquelle deux groupes de sujets, l'un exposé à un facteur de risque (par exemple : fumeurs ou alimentation végétarienne) et l'autre non exposé (pour les deux exemples cités ci-avant : non fumeur / alimentation omnivore) sont suivis pendant une longue période de temps (généralement plusieurs années – Figure 10). Les changements (par exemple : des problèmes de santé) qui apparaissent au cours du temps chez les sujets des deux groupes sont observés. A l'issue de l'étude de la cohorte, on compare le taux d'incidence dans les groupes exposé et non-exposé. Dans une étude de cohorte prospective, il n'y a pas d'intervention sur le facteur de risque. La phase la plus sensible de l'étude est la sélection des individus pour qu'il n'y ait pas de biais de sélection. Dans ce type d'étude, les sujets ne doivent pas présenter le critère de jugement au début de la période de façon à pouvoir calculer les taux d'incidence sans biais. Par ailleurs, la sélection des individus se fait sur le facteur de risque. Il n'y a donc pas de répartition au hasard des individus entre les deux groupes. Cela peut-entraîner des biais de sélection entre les deux groupes : différence d'âge, proportion de fumeurs, consommation d'alcool, pratique d'une activité physique...

Figure 10 : Etude de cohorte prospective



L'incidence des régimes végétariens sur la santé humaine est étudiée dans ce rapport bibliographique à partir de sept études de cohortes prospectives conduites sur des végétariens de pays occidentaux. Ces études sont décrites brièvement dans une première partie. L'incidence des régimes végétariens sur différents aspects liés à la santé sont abordés par la suite : obésité, cholestérol, maladies cardiovasculaires, cancer.

4.1 – Description succincte des cohortes végétariennes

Cette revue bibliographique s'appuie sur les résultats de 7 études de cohortes prospectives qui ont recruté un grand nombre de végétariens et pour comparaison des omnivores ayant un style de vie similaire. Ces études ont été conduites par 3 équipes de recherche : l'université californienne de Loma Linda, l'université anglaise d'Oxford et le centre allemand de recherche sur le cancer d'Heidelberg (Tableau 23).

Tableau 23 : Caractéristiques des 7 principales études de cohortes végétariennes

Etudes	Référence	Localisation	Années de recrutement	Année de fin de suivi	Nb individus	Durée moyenne du suivi (an)
Adventist Mortality	Snowdon, 1988	Californie	1959-1960	1965	24 538	5,6
Health Food Shoppers	Burr et Sweetnam, 1982	Royaume-Uni	1973-1979	1995	9 878	18,4
Adventist Health I	Beeson <i>et al.</i> , 1989	Californie	1976-1980	1988	28 952	11,1
Heidelberg	Frentzel-Beyme <i>et al.</i> , 1988	Allemagne	1978-1981	1989	1 757	9,9
Oxford Vegetarian	Thorogood <i>et al.</i> , 1994	Royaume-Uni	1980-1984	1995	11 047	13,7
EPIC Oxford	Davey <i>et al.</i> , 2003	Royaume-Uni	1993-1999	En cours	65 465	
Adventist Health II	Butler <i>et al.</i> , 2008	Californie	2002-.....	En cours	96 194 *	

* A la date du 31 mai 2007.

L'université de Loma Linda a conduit la première étude de cohorte sur les végétariens, « The Adventist Mortality Study », en recrutant plus de 25 000 individus (végétariens et non-végétariens) parmi les membres de l'Eglise Adventiste du 7^{ème} jour de 198 paroisses californiennes entre 1959 et 1965 (Snowdon, 1988). L'Eglise Adventiste du 7^{ème} jour est un mouvement protestant conservateur qui prône l'abstinence de tabac et d'alcool. Environ la moitié des adventistes sont ovo-lacto-végétariens. Cela permettait de suivre un groupe d'omnivores et un groupe de végétariens parmi une population peu exposée aux facteurs de risque que sont l'alcool ou le tabac. Une seconde étude a été conduite sur le même principe par cette même université : « The Adventist Health Study I ». Ce sont plus de 34 000 adventistes du 7^{ème} jour qui ont été recrutés à travers la Californie pour cette étude entre 1976 et 1988 (Frazer, 1999). Une troisième étude de la même équipe est actuellement en cours « The Adventist Health Study II ». Le recrutement des volontaires a débuté en 2002. Il s'étendait sur 50 états des Etats-Unis et du Canada et non plus sur la seule Californie et, contrairement aux précédentes études, il ne concernait pas seulement les américains de type caucasien mais également les noirs américains et quelques américains de type hispanique et asiatique. Au 31 mai 2007, près de 96 000 adventistes avaient été recrutés pour cette étude (Butler *et al.*, 2008).

L'équipe de l'université d'Oxford a conduit une première étude de cohorte « The Health Food Shoppers » entre 1973 et 1995. Près de 11 000 volontaires ont été recrutés au Royaume-Uni via des magasins d'alimentation naturelle, des sociétés végétariennes et des magazines végétariens (Key *et al.*, 1996). Cette même équipe a recruté une seconde cohorte au Royaume-Uni entre 1980 et 1984 « The Oxford Vegetarian Study » et l'a suivie jusqu'en 1995. Les quelques 11 000 volontaires de cette cohorte ont été recrutés via la Société Végétarienne du Royaume-Uni et par de la publicité dans les médias locaux et nationaux (Appleby *et al.*, 1999). Les non-végétariens étaient recrutés par les végétariens parmi leurs amis ou relations de même classe sociale et ayant le même mode de vie. Une troisième cohorte végétarienne a été suivie par l'université d'Oxford : « The EPIC-Oxford Study » (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford). Entre 1993 et 1999, plus de 65 000 individus ont été recrutés dans cette cohorte dont le suivi est encore en cours. Le recrutement était effectué soit par des pratiques générales de recrutement (infirmières travaillant dans des cabinets de médecine générale), soit par voie postale (questionnaire envoyé aux membres de la Société Végétarienne du Royaume-Uni et aux survivants de l'étude « Oxford Vegetarian » – Davey *et al.*, 2003).

Enfin, le centre de recherche d'Heidelberg a conduit une étude de cohorte, « The Heidelberg Study », dans l'ex-République Fédérale d'Allemagne entre 1978 et 1989 (Chang-Claude *et al.*, 2005). Près de 1 900 volontaires ont été recrutés pour intégrer cette cohorte via des magazines végétariens.

Les caractéristiques des volontaires participant à ces cohortes sont présentées dans les tableaux 24 et 25. Le taux de fumeurs réguliers varie assez fortement entre les cohortes, mais dans toutes les études le taux de fumeurs est plus faible chez les végétariens que chez les omnivores (en moyenne, -7 points chez les hommes et -3 points chez les femmes). Par ailleurs, le taux de fumeurs quotidiens était particulièrement faible dans les cohortes d'adventistes du 7^{ème} jour et dans la cohorte d'Heidelberg (inférieur à 10 % chez les hommes et inférieur à 4 % chez les femmes). Pour mémoire, selon le baromètre santé INPES 2010, la prévalence des fumeurs en France est de 31,8 % chez les hommes et de 25,7 % chez les femmes (Beck *et al.*, 2011). Par ailleurs, dans toutes les cohortes, les végétariens présentent un indice de masse corporelle plus faible que celui des omnivores (en moyenne, 1,2 kg/m² de moins chez les hommes et un 1,1 kg/m² de moins chez les femmes). Le pourcentage de consommateurs réguliers d'alcool est également plus faible chez les végétariens que chez les omnivores (en moyenne, -13 points chez les hommes et -11 points chez les femmes). Mais comme pour les fumeurs, le taux de consommateurs réguliers d'alcool était particulièrement faible dans les cohortes d'adventistes du 7^{ème} jour et dans la cohorte d'Hei-

Tableau 24 : Caractéristiques des volontaires masculins participant aux études de cohortes végétariennes

Etudes		Effectif ¹	Age médian (année)	Fumeurs réguliers (%)	IMC (kg/m ²)	Consommateurs d'alcool réguliers (%)	Exercice physique niveau haut (%)
Adventist Mortality	Omnivores	5023	49	7,2	25,7	2,0	77,9
	Végétariens	3971	51	2,9	24,6	0,7	81,2
Health Food Shoppers	Omnivores	2462	46	30,6	-	-	-
	Végétariens	1519	41	20,1	-	-	-
Adventist Health I	Omnivores	9045	52	8,5	25,4	14,0	65,8
	Végétariens	3169	51	0,2	23,8	0,4	71,3
Heidelberg	Omnivores	304	45	9,9	22,1	29,4	34,8
	Végétariens	480	43	4,2	21,3	14,1	40,3
Oxford Vegetarian	Omnivores	2572	34	29,1	23,0	86,0	62,6
	Végétariens	1603	33	17,5	22,0	63,2	67,4
EPIC Oxford	Omnivores	7767	51	10,0	24,9	-	-
	Végétariens	4171	39	9,0	23,5	-	-

D'après Key *et al.* (1998) et Davey *et al.* (2003).

¹ Sujets âgés de 16 à 89 ans lors du recrutement et dont les données concernant le régime alimentaire et le statut de fumeur étaient disponibles.

IMC : Indice de masse corporelle.

Fumeur régulier : > 1 cigarette par jour.

Consommateur d'alcool régulier : ≥ 1 boisson alcoolisée par semaine.

Le niveau d'exercice physique est défini comme haut ou bas à partir des critères de définition de l'activité physique propres à chaque étude.

Tableau 25 : Caractéristiques des volontaires féminins participant aux études de cohortes végétariennes

Etudes		Effectif ¹	Age médian (année)	Fumeurs réguliers (%)	IMC (kg/m ²)	Consommateurs d'alcool réguliers (%)	Exercice physique niveau haut (%)
Adventist Mortality	Omnivores	9257	50	1,2	25,1	1,6	-
	Végétariens	6287	54	0,1	24,0	0,7	-
Health Food Shoppers	Omnivores	3626	45	18,0	-	-	-
	Végétariens	2271	47	12,3	-	-	-
Adventist Health I	Omnivores	11904	52	2,7	24,8	4,8	51,9
	Végétariens	4834	54	0,2	23,0	0,2	54,9
Heidelberg	Omnivores	370	49	3,2	21,3	24,9	32,8
	Végétariens	603	53	2,2	20,9	7,3	37,0
Oxford Vegetarian	Omnivores	3801	34	18,5	22,1	76,3	58,4
	Végétariens	3071	32	13,4	21,3	56,5	65,4
EPIC Oxford	Omnivores	33883	48	11,0	24,3	-	-
	Végétariens	18840	35	8,0	22,7	-	-

D'après Key *et al.* (1998) et Davey *et al.* (2003).

¹ Sujets âgés de 16 à 89 ans lors du recrutement et dont les données concernant le régime alimentaire et le statut de fumeur étaient disponibles.

IMC : Indice de masse corporelle.

Fumeur régulier : > 1 cigarette par jour.

Consommateur d'alcool régulier : ≥ 1 boisson alcoolisée par semaine.

Le niveau d'exercice physique est défini comme haut ou bas à partir des critères de définition de l'activité physique propres à chaque étude.

-delberg (inférieur à 30 % chez les hommes et inférieur à 25 % chez les femmes à comparer respectivement aux 86 et 76 % de consommateurs réguliers d'alcool chez les omnivores de l'étude Oxford Vegetarian). Le niveau d'éducation entre végétariens et omnivores était en revanche du même ordre.

Au final, dans ces études de cohortes, et plus particulièrement pour les cohortes adventistes et pour la cohorte d'Heidelberg, les volontaires sont soucieux de leur santé. Ceci est d'autant plus vrai pour les végétariens qui fument moins que les omnivores, ont un indice de masse corporelle plus faible, consomment moins d'alcool et font davantage d'exercice physique. Tous ces éléments peuvent être une source de biais potentiel pour l'interprétation des résultats. Pour cela, un certain nombre de corrections statistiques sont généralement effectuées en ajustant les données sur l'âge des volontaires, leur sexe et leur statut tabagique. Des ajustements peuvent également être effectués sur d'autres facteurs de confusion tels que la consommation d'alcool, l'indice de masse corporelle, le niveau d'activité physique, le niveau d'éducation... En dépit de ces corrections, la définition des populations et la confusion d'effet restent des éléments de discussion des résultats issus de ce type d'étude.

4.2 – Régimes végétariens et obésité

Dans les différentes études conduites sur les végétariens occidentaux, il a été systématiquement observé un indice de masse corporelle (IMC) plus faible chez les végétariens que chez les omnivores. Ainsi, dans l'étude « Adventist Health I », Fraser (1999) a montré que l'IMC augmentait en fonction de la fréquence de la consommation de viande aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Pour les hommes, l'IMC était de 24,3 kg/m² chez les végétariens, de 25,2 chez les semi-végétariens et de 26,2 chez les omnivores et pour les femmes de respectivement 23,7, 24,8 et 25,9 (Tableau 26).

Tableau 26 : Indice de masse corporelle chez les omnivores, les semi-végétariens et les végétariens de la cohorte « Adventist Health 1 »

		Omnivores	Semi-végétariens	Végétariens
IMC (kg/m²)	Hommes	26,2	25,2	24,3
	Femmes	25,9	24,8	23,7
Poids prédit * (kg)	Hommes	83	80	77
	Femmes	69	66	63

Source : Fraser, 1999.

Sujets âgés de 45 à 64 ans (même tendance pour les autres catégories d'âge).

Les végétariens ne consomment ni viande ni poisson, les semi-végétariens consomment de la viande ou du poisson moins d'une fois par semaine et les omnivores une fois par semaine ou plus.

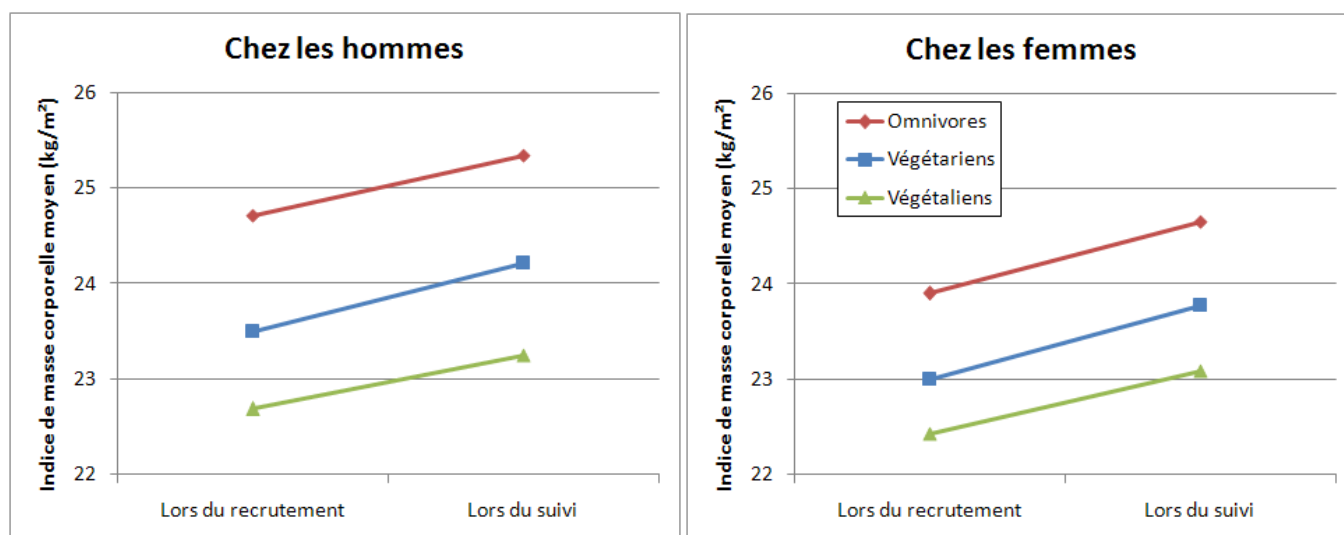
* Poids prédit à partir des modèles de régression pour une taille de 1,78 m chez les hommes et de 1,63 m chez les femmes.

Dans l'étude « EPIC-Oxford », portant sur 37 875 adultes, les mangeurs de viande avaient l'IMC (ajusté de l'âge) le plus élevé (24,4 kg/m² chez les hommes, 23,5 kg/m² chez les femmes) et les végétaliens avaient le plus bas (22,5 et 22,0 kg/m²), les végétariens ayant des valeurs intermédiaires (23,4 et 22,7 kg/m² – Spencer *et al.*, 2003). La différence d'IMC

entre les mangeurs de viande et les végétaliens était expliquée pour seulement 5 % par les différences dans les facteurs de mode de vie (tabagisme, activité physique, niveau d'éducation). En revanche, elle était expliquée pour près de la moitié par les différences dans l'apport en macronutriments. La teneur élevée en protéines et les faibles apports en fibres étaient les facteurs alimentaires les plus fortement et constamment associés à l'augmentation de l'IMC entre les régimes alimentaires. En moyenne, Key *et al.* (1999) évalue la différence d'IMC entre omnivores et végétariens à environ 1 kg/m².

Dans l'étude « EPIC-Oxford », au sein d'une cohorte soucieuse de sa santé, le poids corporel de 21 966 personnes a été suivi sur une période de 5 ans. Le gain de poids moyen annuel était d'environ 400 g avec de faibles différences entre omnivores, végétariens et végétaliens (Figure 11). La prise de poids la plus faible a été observée chez les personnes qui ont changé d'alimentation au cours du suivi pour passer à un régime contenant moins d'aliments d'origine animale (Rosell *et al.*, 2006).

Figure 11 : Variation de l'indice de masse corporelle des omnivores, des végétariens et des végétaliens de l'étude EPIC-Oxford au cours d'une période de suivi de 5 ans



Source : Rosell *et al.*, 2006.

L'IMC est ajusté de l'âge.

Seuls les volontaires n'ayant pas changé de régime alimentaire sont pris en compte sur ce graphique.

La proportion d'obèses chez les végétariens est plus faible que chez les omnivores. A partir des premières données de l'étude « EPIC-Oxford », Key et Davey (1996) ont mesuré une prévalence de l'obésité (IMC > 30 kg/m²) de respectivement 2,7 et 4,8 % chez les hommes et les femmes végétariens contre 6,4 et 9,2 % chez les omnivores. Cependant, malgré la différence d'IMC observée entre végétariens et omnivores, l'obésité est commune parmi des populations qui suivent assez largement un régime végétarien tels que les Indiens vivant au Royaume-Uni (Jebb *et al.*, 2004) ou en Inde (Shetty, 2002).

Tableau 27 : Teneurs plasmatiques en cholestérol total chez les omnivores, les végétariens et les végétaliens de différentes cohortes

	Omnivores			Végétariens			Végétariens		
Etudes	Sexe	Nb individus	Cholestérol mmol/L	Sexe	Nb individus	Cholestérol mmol/L	Sexe	Nb individus	Cholestérol mmol/L
Health Food Shoppers Burr et al., 1981	<i>Homme < 60 ans</i>	50	5,9 ± 1,3	<i>Homme < 60 ans</i>	8	4,7 ± 0,7			
	<i>Homme ≥ 60 ans</i>	32	5,7 ± 1,0	<i>Homme ≥ 60 ans</i>	21	5,5 ± 0,9			
	<i>Femme < 60 ans</i>	85	5,9 ± 1,0	<i>Femme < 60 ans</i>	28	5,4 ± 1,1			
	<i>Femme ≥ 60 ans</i>	48	6,5 ± 1,1	<i>Femme ≥ 60 ans</i>	28	5,9 ± 0,8			
Oxford Vegetarian Thorogood et al., 1987	<i>Ensemble</i>	1178	5,3	<i>Ensemble</i>	1550	4,9	<i>Ensemble</i>	114	4,3
Heidelberg Malter et al., 1989	<i>Ensemble</i>	22	5,1	<i>Ensemble</i>	22	4,8			

4.3 – Régimes végétariens et cholestérol

Dans les différentes études de cohortes végétariennes, il est systématiquement rapporté des teneurs plasmatiques en cholestérol total plus faibles chez les végétariens que chez les omnivores (Tableau 27). Par exemple, l'écart était de 0,61 mmol/L dans l'étude « Health Food Shoppers » (Burr *et al.*, 1981), de 0,43 mmol/L dans l'étude « Oxford Vegetarian » (Thorogood *et al.*, 1987), de 0,33 mmol/L dans l'étude d'Heidelberg (Malter *et al.*, 1989) et de 0,37 mmol/L dans l'étude « EPIC-Oxford » (Key *et al.*, 2006). Dans l'étude « Oxford Vegetarian », la teneur plasmatique en cholestérol total des végétaliens était plus faible que celle des végétariens (4,3 vs. 4,9 mmol/L).

Les effets des régimes végétariens sur la teneur plasmatique en cholestérol sont dépendants de la composition précise du régime et notamment de ses teneurs en acides gras saturés et insaturés. Les fibres solubles, les isoflavones du soja et les stérols végétaux présents dans les légumineuses, les fruits à coques, les graines, etc., pourraient également avoir une action significative sur le cholestérol plasmatique (Djoussé *et al.*, 2004),

4.4 – Régimes végétariens et maladies cardiovasculaires

Les deux grandes études de cohortes « Adventist Health I » (Fraser, 1999) et EPIC-Oxford (Key *et al.*, 2003) ainsi que la méta-analyse de Key *et al.* (1999) reprenant les résultats des 5 études « Adventist Mortality », « Adventist Health I », « Health Food Shoppers », « Oxford Vegetarian » et « Heidelberg » ont conclu que les végétariens avaient un risque de décès par cardiopathie ischémique inférieur à celui des omnivores (Tableau 28). Dans leur méta-analyse, Key *et al.* (1999) ont estimé cette diminution du risque de mortalité par cardiopathie ischémique à 24 %. Dans l'étude « EPIC-Oxford », il est estimé à 25 % (Key *et al.*, 2003) et dans le suivi prolongé de la cohorte de « Heidelberg » (Chang-Claude *et al.*, 2005), à 30 %.

Par ailleurs, dans la méta-analyse de Key *et al.* (1999), ce risque de décès plus faible chez les végétariens persiste après ajustement pour la consommation d'alcool, le niveau d'éducation et la pratique d'une activité physique. Il persiste également après ajustement pour l'indice de masse corporelle (Tableau 28). Ceci est particulièrement significatif car l'IMC généralement plus bas des végétariens est un facteur pouvant expliquer leur plus faible risque de maladies cardiovasculaires. Cela signifie que d'autres aspects de l'alimentation végétarienne pourraient être la cause de la diminution de ce risque. La diminution de la teneur plasmatique en cholestérol liée à une alimentation végétarienne pourrait ainsi être un de ces facteurs (Law *et al.*, 1994).

Tableau 27 : Risque de mortalité par cardiopathie ischémique des végétariens par rapport aux omnivores

Etudes	Death Rate Ratio (Intervalle de confiance à 95 %)		
	Cardiopathie ischémique	Maladies cérébro-vasculaires	Toutes causes
Adventist Mortality	0,74 (0,63-0,88)	0,65 (0,48-0,87)	0,83 (0,76-0,92)
Health Food Shoppers	0,97 (0,81-1,16)	0,99 (0,78-1,26)	1,11 (1,02-1,21)
Adventist Health I	0,62 (0,53-0,73)	0,93 (0,73-1,19)	0,80 (0,74-0,87)
Heidelberg	0,45 (0,22-0,95)	1,69 (0,69-4,15)	1,17 (0,85-1,63)
Oxford Vegetarian	0,90 (0,68-1,20)	1,17 (0,76-1,80)	1,00 (0,87-1,15)
Méta-analyses des 5 études	0,76 (0,62-0,94)	0,93 (0,74-1,17)	0,95 (0,82-1,11)
Suite Heidelberg	0,70 (0,41-1,18)		
EPIC Oxford	0,75 (0,40-1,37)		

Ajustement sur le sexe, l'âge et le statut tabagique.

Tableau 28 : Risque de mortalité par cardiopathie ischémique des végétariens ajusté pour différents facteurs

Etudes	Death Rate Ratio (Intervalle de confiance à 95 %)		
	Ajustements sur âge, sexe et statut tabagique	Ajustements sur âge, sexe, statut tabagique, éducation, consommation d'alcool, activité physique	Ajustements sur âge, sexe, statut tabagique, éducation, consommation d'alcool, activité physique, indice de masse corporel
Cardiopathie ischémique	0,61 (0,53-0,70)	0,64 (0,53-0,77)	0,66 (0,55-0,79)
Toutes causes	0,90 (0,72-1,12)	0,93 (0,76-1,13)	0,94 (0,76-1,16)

Source : Key *et al.*, 1999.

4.5 – Régimes végétariens et cancers

Les différentes études de cohortes ont montré qu'il n'y avait pas de diminution de la mortalité par les cancers du colon, de la prostate et du sein chez les végétariens par rapport aux omnivores (Tableau 29).

Tableau 29 : Risque de mortalité par cancer du colon-rectum, du sein ou de la prostate chez les végétariens par rapport aux omnivores

Etudes	Death Rate Ratio (Intervalle de confiance à 95 %)		
	Cancer colorectal	Cancer du sein	Cancer de la prostate
Adventist Mortality	1,37 (0,73-2,56)	0,65 (0,28-1,52)	1,41 (0,49-4,04)
Health Food Shoppers	0,90 (0,58-1,39)	1,74 (1,11-2,72)	1,31 (0,65-2,66)
Adventist Health I	1,01 (0,66-1,56)	0,52 (0,27-0,97)	0,79 (0,44-1,41)
Heidelberg	0,35 (0,06-2,11)	1,09 (0,18-6,67)	1,67 (0,14-19,6)
Oxford Vegetarian	0,94 (0,49-1,80)	1,10 (0,57-2,12)	0,42 (0,16-1,09)
Méta-analyses des 5 études	0,99 (0,77-1,27)	0,84 (0,59-1,18)	0,95 (0,55-1,63)

Ajustement sur le sexe, l'âge et le statut tabagique.

Les données de l'étude « Adventist Health I » ont révélé que les végétariens avaient un risque de développer un cancer du colon et de la prostate bien moindre par rapport aux omnivores (Fraser, 1999). Dans cette étude, le risque pour un végétarien d'avoir un cancer de la prostate serait 54 % plus faible que pour un omnivore et le risque d'avoir un cancer colorectal serait 88 % plus faible (Tableau 30). En revanche, cette étude n'a pas montré de différence significative pour l'incidence du cancer du sein.

Tableau 30 : Risque d'apparition du cancer du colon, du sein ou de la prostate chez les végétariens par rapport aux omnivores – Etude « Adventist Health I »

	Risque relatif (Intervalle de confiance à 95 %)	P
Cancer du colon	1,88 (1,24-2,87)	0,0032
Cancer du sein	1,25 (0,87-1,80)	0,22
Cancer de la prostate	1,54 (1,05-2,26)	0,03

Source : Fraser, 1999.

Cependant, dans l'étude « EPIC-Oxford », Key et al. (2009) n'ont pas observé ces résultats. Au contraire, le risque de développer un cancer colorectal était supérieur de 39 % chez les végétariens par rapport aux omnivores (Tableau 31). Il n'y avait pas de différence significative entre végétariens et omnivores pour les cancers du sein et de la prostate. Ces résultats sont surprenants et assez controversés. L'incidence du cancer colorectal dans cette

étude était plus faible que dans la population (13 % de moins), illustrant ainsi l'effet « volontaire sain ». Ceci ajouté à un manque de précision sur les quantités de viande consommée par les omnivores (petits et gros consommateurs de viande sont confondus) pourrait expliquer en partie l'écart observé entre ces résultats et ceux de l'étude « Adventist Health I ».

Tableau 31 : Incidence du cancer du colon-rectum, du sein ou de la prostate chez les végétariens par rapport aux omnivores – Etude « EPIC-Oxford »

	Incidence Rate Ratio (Intervalle de confiance à 95 %)	
	Omnivores	Végétariens
Cancer colorectal	1	1,39 (1,01-1,91)
Cancer du sein	1	0,94 (0,77-1,15)
Cancer de la prostate	1	0,89 (0,60-1,32)

Source : Key *et al.*, 2009.

4.6 – Limites inhérentes aux études de cohortes

Comme toutes les études de cohortes, les études de cohortes auxquelles il est fait référence ici présentent certaines limites. Elles reposent sur des questionnaires de fréquence alimentaire ou des questionnaires plus généraux que les volontaires remplissent seuls. La fiabilité des réponses peut alors poser question, notamment dans les premières études. En effet, dans les dernières études, un certain nombre d'éléments ont été mis en place pour sécuriser au maximum les réponses des volontaires. Il est maintenant fréquent qu'il y ait un rappel téléphonique dans les 24 heures pour confirmer les éléments. Par exemple, dans l'étude « Adventist Health I », la corrélation entre la consommation de viande reportée sur le questionnaire de fréquence alimentaire et le rappel téléphonique sous 24 heures était de 0,83. Et 93 % des volontaires classés parmi « les consommateurs de viande hebdomadaires » lors de l'entretien téléphonique étaient classés de la même façon sur le questionnaire (Singh *et al.*, 2003). Dans certaines études, il y a également un suivi dans le temps (tous les 5 ans par exemple) pour s'assurer que les réponses restent cohérentes. Sur certaines fractions de la cohorte, il peut également y avoir des prélèvements de sang pour mesurer des indicateurs biochimiques et confirmer les déclarations des volontaires.

Dans les cohortes végétariennes, la définition de la viande reste très sommaire. Elle est fréquemment désignée sous le terme de « viande » et comprend en général toutes les viandes hormis le poulet. La distinction entre viande fraîche et produits transformés est également assez rare. Par ailleurs, les notions de quantité ne sont pas systématiquement prises en compte et il est plus souvent fait référence à des notions de fréquence de consommation.

La définition des groupes peut aussi être sujette à caution. Suivant les études, elle est basée sur une autoévaluation. Par exemple, dans l'étude « Health Food Shoppers », le groupe des végétariens était constitué des personnes ayant répondu « oui » à la question « Etes-vous végétarien ? ». Dans l'étude « EPIC-Oxford », la classification des volontaires découlait des réponses aux quatre questions suivantes « Consommez-vous de la viande (incluant bacon,

jambon, poulet, gibier, pâté et saucisse) ? », « Consommez-vous du poisson ? », « Consommez-vous des produits laitiers (incluant lait, fromage, beurre, yaourt) ? » et « Consommez-vous des œufs (incluant les œufs dans les gâteaux et autres plats cuisinés ? » (Davey *et al.*, 2003). Et lorsque les volontaires ont eu à répondre aux 4 mêmes questions lors d'un questionnaire de suivi, 5 années plus tard, la très grande majorité a été classée dans le même groupe que celui dans lequel ils avaient été affectés lors du recrutement.

La question de la prise en compte des consommateurs de viande occasionnels est également très discutée et pourrait exacerber les résultats dans un sens ou dans l'autre.

Enfin, l'effet « volontaire sain » est également souvent mis en cause dans ce type d'étude. Il est notamment mis en avant pour discuter les résultats des études britanniques. Pour Singh *et al.* (2003), le fait que les cohortes britanniques soient des cohortes soucieuses de leur santé introduit un biais entre végétariens et omnivores. De même, un certain nombre de biais sont inhérents à la sélection des groupes végétariens et omnivores : différence d'âge, proportion de fumeurs, consommation d'alcool, pratique d'une activité physique... Malgré des ajustements statistiques, ces biais ne peuvent être complètement ignorés dans l'interprétation des résultats. En effet, les observations effectuées (indice de masse corporelle, cholestérol, incidence de différentes maladies...) résultent à la fois du facteur d'exposition (ici, le régime alimentaire) et de ces différents biais.

5 – Conclusion

La bibliographie sur les régimes végétariens (y compris végétaliens) et leur comparaison avec un régime omnivore est relativement bien documentée. L'Association Américaine de Diététique (American Dietetic Association) et l'association professionnelle nationale pour les diététistes du Canada (Dietitians of Canada) se sont appuyées sur cette bibliographie pour élaborer une position officielle sur l'alimentation végétarienne (ADA, 2009 ; ADA et DC, 2003) dans laquelle elles concluent que « *les alimentations végétariennes (y compris végétaliennes) bien conçues sont bonnes pour la santé et adéquates sur le plan nutritionnel et que les alimentations végétariennes bien conçues sont appropriées à tous les âges de la vie* ». La comparaison entre les apports alimentaires des végétariens et des non-végétariens montre généralement des quantités de céréales, de légumineuses, de noix, de fruits et légumes beaucoup plus importantes avec les régimes végétariens qu'avec les régimes non-végétariens. Ces différences, ajoutées à l'impact des apports en aliments d'origine animale, se traduisent par des différences d'apports en nutriments. Ainsi, comparativement aux régimes omnivores, les régimes végétariens et végétaliens sont généralement plus riches en glucides, en acides gras polyinsaturés *n*-6, en fibres alimentaires, en magnésium, potassium, vitamines C, vitamine E, vitamine B₉, caroténoïdes et autres phytonutriments, mais plus pauvres en protéines, en acides gras saturés, en acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne, en vitamine B₁₂, en vitamine D, en calcium et en zinc. Ces différences d'apports en nutriments peuvent avoir des effets favorables ou défavorables sur le statut nutritionnel et la santé des végétariens.

Les points les plus discutés concernent les apports en protéines, en acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne, la vitamine B₁₂, le fer et le zinc :

- Les protéines : Si le régime alimentaire est équilibré, l'absence de viande dans le régime ne se traduit pas par un déficit d'apport en protéines par rapport aux apports nutritionnels conseillés. Les protéines des produits laitiers et des œufs ainsi que les protéines végétales peuvent compenser l'apport protéique des produits carnés. Il faut toutefois veiller à la déficience en lysine et la moindre digestibilité de certaines sources de protéines végétales (céréales notamment).
- Les acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne (EPA et DHA) : Les apports en EPA et DHA des régimes végétariens sont plus faibles que ceux des régimes carnés, *a fortiori* si ces derniers incluent du poisson et des produits de la mer. Parallèlement, les régimes végétariens ont des apports en acide linoléique (C18:2 *n*-6) plus élevés que les régimes omnivores et donc un ratio AGPI *n*-6 / AGPI *n*-3 plus élevé et plus défavorable. Ceci a pour conséquence de limiter la conversion (déjà faible) de l'acide α -linoléique en EPA et DHA. Dans les conditions d'un régime végétarien, il est donc difficile de couvrir les apports nutritionnels conseillés en EPA et DHA.
- La vitamine B₁₂ : Les produits végétaux sont totalement dépourvus de vitamine B₁₂. De ce fait, sans une consommation régulière d'une source fiable de vitamine B₁₂, (œufs, produits laitiers, aliments enrichis, suppléments) les apports nutritionnels conseillés en vitamine B₁₂ ne sont pas couverts chez les végétariens et encore moins chez les végétaliens. Ceci se répercute sur le statut en vitamine B₁₂ qui est plus faible chez les végétariens, et plus particulièrement chez les végétaliens, que chez les omnivores.
- Le fer : Les apports alimentaires en fer des régimes végétariens sont similaires à ceux des régimes omnivores et ceux des régimes végétaliens sont même supérieurs. Cependant, les régimes végétariens et végétaliens contiennent uniquement du fer non héminique dont le taux d'absorption est de l'ordre de 5 % contre un taux d'absorption de 25 % pour le fer héminique contenu dans les produits carnés. Plus que la quantité de fer présente dans l'alimentation, c'est la qualité de ce fer qui

constitue le facteur déterminant pour la couverture des besoins. En se basant sur la différence de biodisponibilité du fer, les besoins en fer des végétariens et végétaliens pourraient être 1,8 fois ceux des omnivores. Toutefois, il semblerait que l'organisme humain s'adapte à des apports en fer relativement faibles et l'incidence de l'anémie ferriprive n'est pas plus importante dans la population végétarienne et végétalienne que dans la population omnivore. En revanche, leur statut nutritionnel en fer est plus faible tout en restant généralement dans la norme basse. Sans être associé à des symptômes spécifiques, il indique malgré tout un risque d'anémie en cas de stress accru ou de perte de sang excessive.

- Le zinc : Les apports en zinc des régimes végétariens et végétaliens sont proches ou un peu inférieurs à ceux des régimes omnivores et aux apports nutritionnels conseillés. Cependant, la biodisponibilité du zinc issue d'une alimentation végétarienne étant plus faible que celle issue d'une alimentation omnivore, les besoins en zinc des végétariens pourraient être supérieurs aux apports nutritionnels conseillés. Une carence en zinc reste malgré tout difficile à mettre en évidence chez les végétariens des pays occidentaux. Et l'évaluation des effets d'une alimentation végétarienne sur le statut nutritionnel en zinc se heurte à la difficulté de disposer d'un critère fiable et sensible pour des valeurs proches de la limite inférieure des besoins.

Si un régime végétarien correctement planifié et équilibré ne semble pas poser de problème majeur sur le plan nutritionnel, un régime végétarien mal géré n'est pas sans danger et peut déboucher sur des déficiences voire des carences pour certains nutriments : fer, vitamine B₁₂, acides gras polyinsaturés *n*-3 à longue chaîne... Des précautions doivent être prises pour concevoir une alimentation sans viande équilibrée et sont clairement mises en avant dans la position de l'Association Américaine de Diététique et dans les conclusions de nombreux articles. En l'absence de viande dans le régime alimentaire, il est ainsi conseillé :

- d'avoir une alimentation végétale variée (céréales, légumineuses, graines, noix...) et/ou d'augmenter la consommation de légumineuses et de produits à base de soja et/ou d'augmenter l'apport protéique global afin de compenser la déficience en lysine et la moindre digestibilité de certaines céréales ;
- d'incorporer dans leur alimentation de bonnes sources d'acide α -linolénique (huile de colza, noix, graine de lin...), notamment lorsque la consommation d'EPA et de DHA est très faible voire nulle, afin d'augmenter la conversion d'acide α -linolénique en EPA et DHA et/ou de consommer des algues marines, des aliments enrichis en DHA (jus de soja enrichi, barres de céréales enrichies...) ou des suppléments en DHA ;
- de consommer régulièrement des œufs et des produits laitiers (pour les ovo-lacto-végétariens) pour s'assurer un apport en vitamine B₁₂ et d'avoir également recours à des aliments enrichis en vitamine B₁₂ (boissons au soja ou au riz, céréales pour le petit déjeuner, levure nutritionnelle...) ou à des suppléments ;
- pour les jeunes femmes, de s'assurer que le régime inclut de bonnes sources alimentaires de fer mais aussi de vitamine C qui est un puissant facilitateur de l'absorption du fer et/ou d'avoir recours à des suppléments en fer ;
- d'adopter des techniques telles que le trempage et la germination des céréales et graines, ou la consommation de pain au levain pour réduire la rétention du zinc présent dans les végétaux par les phytates et/ou d'utiliser des acides organiques (acide citrique) pour faciliter son absorption et/ou de consommer des aliments enrichis en zinc.

L'élaboration d'un régime végétarien correctement planifié et équilibré doit prendre en compte l'ensemble de ces différents éléments. La suppression de la viande dans le régime alimentaire n'est donc pas quelque chose de simple et ne peut se faire sans un minimum d'information et de réflexion. Le recours systématique à des aliments enrichis ou des suppléments (notamment pour la vitamine B₁₂) pour remplacer les produits carnés peut également interpeler.

S'agissant des effets des régimes végétariens sur la santé humaine, les résultats sont issus d'études de cohortes avec toutes les limites inhérentes à ce type de protocole. Il est ainsi observé que les végétariens ont un indice de masse corporelle moyen plus faible d'environ 1 kg/m² que des omnivores de même âge, même sexe et même statut tabagique. Ils présentent également une teneur plasmatique en cholestérol total plus faible que les omnivores. Dans ces différentes études de cohortes, les végétariens ont une mortalité par cardiopathie ischémique inférieure à celle des omnivores. Cette diminution du risque de décès par cardiopathie ischémique est de l'ordre de 25 % chez les végétariens. Ceci pourrait être lié à la diminution de l'indice de masse corporelle mais surtout à la diminution de la teneur plasmatique en cholestérol induite par l'alimentation végétarienne. S'agissant des effets de l'alimentation végétarienne sur l'incidence du cancer colorectal, la bibliographie n'est pas concordante. Dans certaines études, une diminution de l'incidence est observée chez les végétariens alors que dans d'autres études, c'est au contraire une augmentation du risque de mortalité qui est observée. Par ailleurs, aucune différence de mortalité liée au cancer colorectal n'est enregistrée chez les végétariens par rapport aux omnivores. Ces résultats controversés seraient liés à des différences dans la définition des régimes alimentaires et dans le recrutement des cohortes.

L'interprétation des résultats d'études de cohortes requiert toutefois une certaine prudence. Ainsi, l'effet « volontaire sain » est souvent mis en cause dans ce type d'étude. De même, il existe un certain nombre de biais inhérents à la sélection des groupes végétariens et omnivores : différence d'âge, proportion de fumeurs, consommation d'alcool, pratique d'une activité physique... Des ajustements statistiques sont effectués afin de les corriger mais les effets positifs des régimes végétariens sur la santé humaine ne peuvent sans doute pas être entièrement attribués aux régimes en eux-mêmes et à leur composition. Une partie de ces effets pourrait être liée au fait que les végétariens sont globalement plus soucieux de leur santé que les omnivores : ils fument moins, ils consomment moins d'alcool et ont un niveau d'activité physique plus élevé...

BIBLIOGRAPHIE

Abdulla M., Andersson I., Asp N.G., Berthelsen K., Birkhed D., Dencker I., Johansson C.G., Jägerstad M., Kolar K., Nair B.M., Nilsson-Ehle P., Nordén A., Rassner S., Akesson B., Ockerman P.A., 1981. Nutrient intake and health status of vegans. Chemical analyses of diets using the duplicate portion sampling technique. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34, 2464–2477.

Abdulla M., Aly K.O., Andersson I., Asp N.G., Birkhed D., Dencker I., Johansson C.G., Jägerstad M., Kolar K., Nair B.M., Nilsson-Ehle P., Nordén A., Rassner S., Svensson S., Akesson B., Ockerman P.A., 1984. Nutrient intake and health status of lactovegetarians: chemical analyses of diets using the duplicate portion sampling technique. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 40, 325–338.

ADA (American Dietetic Association), DC (Dietitians of Canada), 2003. Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association* 103, 748–765.

ADA (American Dietetic Association), 2009. Position of the American Dietetic Association: vegetarians diets. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 1266–1282.

AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), 2003. Acides gras de la famille oméga-3 et système cardiovasculaire : intérêt nutritionnel et allégations. 104 p.
<http://www.anses.fr/Documents/NUT-Ra-omega3.pdf>

AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), 2007. Apports en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations – Synthèse du rapport de l'AFSSA. 68 p.
<http://www.anses.fr/Documents/NUT-Sy-Proteines.pdf>

AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), 2010. Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Saisine n°2006-SA- 0359. 10 p.
<http://www.anses.fr/Documents/NUT2006sa0359.pdf>

Alexander D., Ball M.J., Mann J., 1994. Nutrient intake and haematological status of vegetarians and age-sex matched omnivores. *European Journal of Clinical Nutrition*, 48, 538–546.

Anderson B.M., Gibson R.S., Sabry J.H., 1981. The iron and zinc status of long-term vegetarian women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34, 1042–1048.

ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), 2010. Consommation des poissons, mollusques et crustacés : aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme. 193 p.
<http://www.anses.fr/Documents/NUT2006sa0035Ra.pdf>

ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Rapport d'expertise collective. 327 p.

<http://www.anses.fr/Documents/NUT2006sa0359Ra.pdf>

Antony A.C., 2003. Vegetarianism and vitamin B-12 (cobalamin) deficiency. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 3–6.

Appleby P.N., Thorogood M., Mann J.I., Key T.J.A., 1999. The Oxford Vegetarian Study: an overview. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 525S–531S.

Astorg P., 2007. Apports en acides gras polyinsaturés, notamment en DHA, dans la population française adulte : données issues de l'étude SU.VI.MAX et comparaisons avec d'autres études. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 14, 28–34.

Ball M.J., Bartlett M.A., 1999. Dietary intake and iron status of Australian vegetarian women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 353–358.

Beck F., Guignard R., Richard J.B., Wilquin J.L., Peretti-Watel P., 2011. Augmentation récente du tabagisme en France : principaux résultats du Baromètre santé, France, 2010. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*, 20-21, 230–233.

Beeson W.L., Mills P.K., Phillips R.L., Andress M., Fraser G.E., 1989. Chronic disease among seventh-day adventists, a low-risk group. Rationale, methodology, and description of the population. *Cancer*, 64, 570–581.

Bissoli L., Di Francesco V., Ballarin A., Mandragona R., Trespidi R., Brocco G., Caruso B., Bosello O., Zamboni M., 2002. Effect of vegetarian diet on homocysteine levels. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 46, 73–79.

Burr M.L., Bates C.J., Fehily A.M., St Leger A.S., 1981. Plasma cholesterol and blood pressure in vegetarians. *Journal of Human Nutrition*, 35, 437–441.

Burr M.L., Sweetnam P.M., 1982. Vegetarianism, dietary fiber, and mortality. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 36, 873–877.

Butler T.L., Fraser G.E., Beeson W.L., Knutsen S.F., Herring R.P., Chan J., Sabaté J., Montgomery S., Haddad E., Preston-Martin S., Bennett H., Jaceldo-Siegl K., 2008. Cohort profile: The Adventist Health Study-2 (AHS-2). *International Journal of Epidemiology*, 37, 260–265.

Chang-Claude J., Hermann S., Eilber U., Steindorf K., 2005. Lifestyle determinants and mortality in German vegetarians and health-conscious persons: results of a 21-year follow-up. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 14, 963–968.

Chen T.C., Chimeh F., Lu Z., Mathieu J., Person K.S., Zhang A., Kohn N., Martinello S., Berkowitz R., Holick M.F., 2007. Factors that influence the cutaneous synthesis and dietary sources of vitamin D. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 460, 213–217.

CIV (Centre d'Information des Viandes), 2010. L'Essentiel des Viandes.

<http://www.lessentieldesviandes-pro.org/>

CIQUAL (Centre d'Information sur la Qualité des ALiments), 2008. Table de composition nutritionnelle des aliments CIQUAL 2008.

<http://www.anses.fr/TableCIQUAL/>

Cook J.D., Monsen E.R., 1976. Food iron absorption in human subjects. III. Comparison of the effect of animal proteins on nonheme iron absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 29, 859–867.

Cook J.D., Monsen E.R., 1977. Vitamin C, the common cold, and iron absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 30, 235–241.

Craig W.J., 2009. Health effects of vegan diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1627S–1633S.

Craig W.J., 2010. Nutrition concerns and health effects of vegetarian diets. *Nutrition in Clinical Practice*, 25, 613–620.

Combe N., Boué C., 2001. Apports alimentaires en acides linoléique et alpha-linolénique d'une population d'Aquitaine. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 8, 118–121.

Dagnelie P.C., Van Staveren W.A., Van den Berg H., 1991. Vitamin B-12 from algae appears not to be bioavailable. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 695–697.

Davey G.K., Spencer E.A., Appleby P.N., Allen N.E., Knox K.H., Key T.J., 2003. EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat-eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK. *Public Health Nutrition*, 6, 259–268.

Davis B.C., Kris-Etherton P.M., 2003. Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: current knowledge and practical implications. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 640S–646S.

Disler P.B., Lynch S.R., Charlton R.W., Torrance J.D., Bothwell T.H., Walker R.B., Mayet F., 1975. The effect of tea on iron absorption. *Gut*, 16, 193–200.

Djoussé L., Amett D.K., Coon H., Province M.A., Moore L.L., Ellison R.C., 2004. Fruit and vegetable consumption and LDL cholesterol: the National Heart, Lung, and Blood Institute Family Heart Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 213–217.

Draper A., Lewis J., Malhotra N., Wheeler E., 1993. The energy and nutrient intakes of different types of vegetarian: a case for supplements? *British Journal of Nutrition*, 69, 3–19.

Elmadfa I., Singer I., 2009. Vitamin B-12 and homocysteine status among vegetarians: a global perspective. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1693S–1698S.

Escalon H., Bossard C., Beck F., 2009. Baromètre santé nutrition 2008. INPES, coll. Baromètres santé, Saint-Denis, 424 p.

<http://www.inpes.sante.fr/barometre-sante-nutrition-2008/index.asp>

Fraser G.E., 1999. Associations between diet and cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California Seventh-day Adventists. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 532S–538S.

Fokkema M.R., Brouwer D.A.J., Hasperhoven M.B., Hettema Y., Bemelmans W.J.E., Muskiet F.A.J., 2000. Polyunsaturated fatty acid status of Dutch vegans and omnivores. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 63, 279–285.

Freeland-Graves J.H., Ebangit M.L., Hendrikson P.J., 1980. Alterations in zinc absorption and salivary sediment zinc after a lacto-ovo-vegetarian diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 33, 1757–1766.

Frentzel-Beyme R., Claude J., Eilber U., 1988. Mortality among German vegetarians: First results after five years of follow-up. *Nutrition and Cancer*, 11, 117–126.

Gillooly M., Bothwell T.H., Torrance J.D., MacPhail A.P., Derman D.P., Bezwoda W.R., Mills W., Charlton R.W., Mayet F., 1983. The effects of organic acids, phytates, and polyphenols on the absorption of iron from vegetables. *British Journal of Nutrition*, 49, 331–342.

Haddad E.H., Berk L.S., Kettering J.D., Hubbard R.W., Peters W.R., 1999. Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegetarians. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 586S–593S.

Hallberg L., Brune M., Erlandsson M., Sandberg A.S., Rossander-Hulthén L., 1991. Calcium: effect of different amounts on nonheme- and heme-iron absorption in man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 112–119.

Hercberg S., Preziosi P., Briançon S., Galan P., Triol I., Malvy D., Roussel A.M., Favier A., 1998. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study-design, methods, and participant characteristics. *Controlled Clinical Trials*, 19, 336–51.

Herrmann W., Schorr H., Purschwitz K., Rassoul F., Richter V., 2001. Total homocysteine, vitamin B12, and total antioxidant status in vegetarians. *Clinical Chemistry*, 47, 1094–1101.

Herrmann W., Schorr H., Obeid R., Geisel J., 2003. Vitamin B-12 status, particularly holotranscobalamin II and methylmalonic acid concentrations, and hyperhomocysteinemia in vegetarians. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 131–136.

Hokin B.D., Butler T., 1999. Cyanocobalamin (vitamin B-12) status in Seventh-day Adventist ministers in Australia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 576S–578S.

Hunt J.R., Matthys L.A., Johnson L.K., 1998. Zinc absorption, mineral balance, and blood lipids in women consuming controlled lactoovovegetarian and omnivorous diets for 8 wk. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 67, 421–430.

Hunt J.R., Roughead Z.K., 1999. Nonheme-iron absorption, fecal ferritin excretion, and blood indexes of iron status in women consuming controlled lactoovovegetarian diets for 8 wk. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 944–952.

Hunt J.R., Roughead Z.K., 2000. Adaptation of iron absorption in men consuming diets with high or low iron bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 94–102.

Hunt J.R., 2003. Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 633S–639S.

INCa (Institut National du Cancer), 2009. Nutrition et prévention des cancers : des connaissances scientifiques aux recommandations. INCa, Boulogne-Billancourt.

http://www.e-cancer.fr/component/docman/doc_download/1435-brochure-pnns-nutrition

Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2001. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington DC: National Academies Press, 773 p.

http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI//DRI_Vitamin_A/290-393_150.pdf

Janelle K.C., Barr S.I., 1995. Nutrient intakes and eating behavior scores of vegetarian and nonvegetarian women. *Journal of the American Dietetic Association*, 95, 180–189.

Jebb S.A., Rennie K.L., Cole T.J., 2004. Prevalence of overweight and obesity among young people in Great Britain. *Public Health Nutrition*, 7, 461–465.

Key T.J., Roe L., Thorogood M., Moore J.W., Clark G.M., Wang D.Y., 1990. Testosterone, sex hormone-binding globulin, calculated free testosterone, and oestradiol in male vegans and omnivores. *British Journal of Nutrition*, 64, 111–119.

Key T., Davey G., 1996. Prevalence of obesity is low in people who do not eat meat. *British Medical Journal*, 313, 816–817.

Key T.J.A., Thorogood M., Appleby P.N., Burr M.L., 1996. Dietary habits and mortality in 11 000 vegetarians and health conscious people: results of a 17 year follow up. *British Medical Journal*, 313, 775–779.

Key T.J., Fraser G.E., Thorogood M., Appleby P.N., Beral V., Reeves G., Burr M.L., Chang-Claude J., Frentzel-Beyme R., Kuzma J.W., Mann J., McPherson K., 1998. Mortality in vegetarians and non-vegetarians: a collaborative analysis of 8300 deaths among 76,000 men and women in five prospective studies. *Public Health Nutrition*, 1, 33–41.

Key T.J., Fraser G.E., Thorogood M., Appleby P.N., Beral V., Reeves G., Burr M.L., Chang-Claude J., Frentzel-Beyme R., Kuzma J.W., Mann J., McPherson K., 1999. Mortality in vegetarians and nonvegetarians: detailed findings from a collaborative analysis of 5 prospective studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 516S–524S.

Key T.J., Appleby P.N., Davey G.K., Allen N.E., Spencer E.A., Travis R.C., 2003. Mortality in British vegetarians: review and preliminary results from EPIC-Oxford. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 533S–538S.

Key T.J., Appleby P.N., Rosell M.S., 2006. Health effects of vegetarian and vegan diets. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65, 35–41.

Key T.J., Appleby P.N., Spencer E.A., Travis R.C., Roddam A.W., Allen N.E., 2009. Cancer incidence in vegetarians: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC-Oxford). *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1620S–1626S.

Koebnick C., Hoffmann I., Dagnelie P.C., Heins U.A., Wickramasinghe S.N., Ratnayaka I.D., Gruendel S., Lindemans J., Leitzmann C., 2004. Long-term ovo-lacto vegetarian diet impairs vitamin B-12 status in pregnant women. *The Journal of Nutrition*, 134, 3319–3326.

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 and Metabolism*, 52, 37–47.

Krajčovičová-Kudláčková M., Šimončič R., Babinská K., Béderová A., Brtková A., Magálová T., Grančičová E., 1995. Selected vitamins and trace elements in blood of vegetarians. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 39, 334–339.

Law M.R., Wald N.J., Wu T., Hackshaw A., Bailey A., 1994. Systematic underestimation of association between serum cholesterol concentration and ischaemic heart disease in observational studies: data from the BUPA study. *British Medical Journal*, 308, 363–366.

Lee H.Y., Woo J., Chen Z.Y., Leung S.F., Peng X.H., 2000. Serum fatty acid, lipid profile and dietary intake of Hong Kong Chinese omnivores and vegetarians. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54, 768–773.

Le Grusse J., Watier B., 1993. Les vitamines, données biochimiques, nutritionnelles et cliniques. CEIV, Roche Vitamines France, Neuilly-sur-Seine, 255–271.

Li D., Ball M., Bartlett M., Sinclair A. 1999. Lipoprotein(a), essential fatty acid status and lipoprotein lipids in female Australian vegetarians. *Clinical Science*, 97, 175–181.

Lonnerdal B., 2000. Dietary factors influencing zinc absorption. *The Journal of Nutrition*, 130, 1378S–1383S.

López M.A., Martos F.C., 2004. Iron availability: An updated review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55, 597–606.

Macfarlane B.J., Van der Riet W.B., Bothwell T.H., Baynes R.D., Siegenberg D., Schmidt U., Tol A., Taylor J.R.N., Mayet F., 1990. Effect of traditional Oriental soy products on iron absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51, 873–880.

Majchrzak D., Singer I., Männer M., Rust P., Genser D., Wagner K.H., Elmadfa I., 2006. B-vitamin status and concentrations of homocysteine in Austrian omnivores, vegetarians and vegans. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 50, 485–491.

Malter M., Schriever G., Eilber U., 1989. Natural killer cells, vitamins, and other blood components of vegetarian and omnivorous men. *Nutrition and Cancer*, 12, 271–278.

Mann N.J., Li D., Sinclair A.J., Dudman N.P., Guo X.W., Elsworth G.R., Wilson A.K., Kelly F.D., 1999. The effect of diet on plasma homocysteine concentrations in healthy male subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53, 895–899.

Mann N., Pirota Y., O'Connell S., Li D., Kelly F., Sinclair A., 2006. Fatty acid composition of habitual omnivore and vegetarian diets. *Lipids*, 41, 637–646.

Martin A., 2001. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 605 p.

McCance R.A., Edgecombe C.N., Widdowson E.M., 1943. Phytic acid and iron absorption. *Lancet*, 2, 126–128.

Monsen E.R., Hallberg L., Layrisse M., Hegsted D.M., Cook J.D., Mertz W., Finch C.A., 1978. Estimation of available dietary iron. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 31, 134–41.

Oberleas D., Harland B.F., 1981. Phytate content of foods: effect on dietary zinc bioavailability. *Journal of the American Dietetic Association*, 79, 433–436.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2003. Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques. Rapport d'une consultation d'experts commune OMS/FAO, 28 janvier-1 février 2002. OMS, WHO Technical Report Series 916, Genève.

http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916/en/index.html

O'Neill B., 2010. A scientific review of the reported effects of vegan nutrition on the occurrence and prevalence of cancer and cardiovascular disease. *Bioscience Horizons*, 3, 197–212.

Rana S.K., Sanders T.A., 1986. Taurine concentrations in the diet, plasma, urine and breast milk of vegans compared with omnivores. *British Journal of Nutrition*, 56, 17–27.

Rosell M.S., Lloyd-Wright Z., Appleby P.N., Sanders T.A.B., Allen N.E., Key T.J., 2005. Long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in plasma in British meat-eating, vegetarian, and vegan men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82, 327–334.

Rosell M., Appleby P., Spencer E., Key T., 2006. Weight gain over 5 years in 21 966 meat-eating, fish-eating, vegetarian, and vegan men and women in EPIC-Oxford. *International Journal of Obesity*, 30, 1389–1396.

Sandberg A.S., 1991. The effect of food processing on phytate hydrolysis and availability of iron and zinc. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 289, 499–508.

Sanders T.A.B., Ellis F.R., Dickerson J.W.T., 1978a. Studies of vegans: the fatty acid composition of plasma choline phosphoglycerides, erythrocytes, adipose tissue, and breast milk, and some indicators of susceptibility to ischemic heart disease in vegans and omnivore controls. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 31, 805–813.

Sanders T.A., Ellis F.R., Dickerson J.W., 1978b. Haematological studies on vegans. *British Journal of Nutrition*, 40, 9–15.

Sanders T.A.B., 1999. Essential fatty acid requirements of vegetarians in pregnancy, lactation, and infancy. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 555S–559S.

Schaafsma G., 2000. The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score. *Journal of Nutrition*, 130, 1865S–1867S.

Shaw N.S., Chin C.J., Pan W.H., 1995. A vegetarian diet rich in soybean products compromises iron status in young students. *Journal of Nutrition*, 125, 212–219.

Shetty P.S., 2002. Nutrition transition in India. *Public Health Nutrition*, 5, 175–182.

Singh P.N., Sabaté J., Fraser G.E., 2003. Does low meat consumption increase life expectancy in humans? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 526S–532S.

Snowdon D.A., 1988. Animal product consumption and mortality because of all causes combined, coronary heart disease, stroke, diabetes, and cancer in Seventh-day Adventists. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 48, 739–748.

Specker B.L., Miller D., Norman E.J., Greene H., Hayes K.C., 1988. Increased urinary methylmalonic acid excretion in breast-fed infants of vegetarian mothers and an identification of an acceptable dietary source of vitamin B12. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 47, 89–92.

Spencer E.A., Appleby P.N., Davey G.K., Key T.J., 2003. Diet and body mass index in 38000 EPIC-Oxford meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans. *International Journal of Obesity*, 27, 728–734.

Stahler C., 2006. How many adults are vegetarian? *Vegetarian Journal*, XXV (4).
<http://www.vrq.org/journal/vj2006issue4/vj2006issue4poll.htm>

Stahler C., 2009. How many vegetarian are there? *Vegetarian Journal*, XXVIII (4).
http://www.vrq.org/journal/vj2009issue4/2009_issue4_2009_poll.php

Thorogood M., Carter R., Benfield L., McPherson K., Mann J.I., 1987. Plasma lipids and lipoprotein cholesterol concentrations in people with different diets in Britain. *British Medical Journal*, 295, 351–353.

Thorogood M., Mann J., Appleby P., McPherson K., 1994. Risk of death from cancer and ischaemic heart disease in meat and non-meat eaters. *British Medical Journal*, 308, 1667–1670.

Tomé D., 2008. Qualité nutritionnelle des protéines de la viande. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 43, hors-série 1, 1S40–1S45.

Toohey M.L., Harris M.A., DeWitt W., Foster G., Schmidt W.D., Melby C.L., 1998. Cardiovascular disease risk factors are lower in African-American vegans compared to lacto-ovo-vegetarians. *Journal of the American College of Nutrition*, 17, 425–434.

USDA (United States Department of Agriculture), Agricultural Research Service, 2011. USDA national nutrient database for standard reference, Release 24.

<http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>

Waldmann A., Koschizke J.W., Leitzmann C., Hahn A., 2004. Homocysteine and cobalamin status in German vegans. *Public Health Nutrition*, 7, 467–472.

WCRF / AICR (World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research), 2007. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. AICR, Washington D.C.

http://www.fmrc.fr/pdfs/2007files/summary_2007/french_summary_5Nov07.pdf

http://www.dietandcancerreport.org/downloads/Second_Expert_Report.pdf

Weaver C., Proulx W., Heaney R., 1999. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 543S–548S.

Welch A.A., Shakya-Shrestha S., Lentjes M.A.H., Wareham N.J., Khaw K.T., 2010. Dietary intake and status of n–3 polyunsaturated fatty acids in a population of fish-eating and non-fish-eating meat-eaters, vegetarians, and vegans and the precursor-product ratio of -linolenic acid to long-chain n–3 polyunsaturated fatty acids: results from the EPIC-Norfolk cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92, 1040–1051.

WHO (World Health Organization), 1996. Trace elements in human nutrition and health.

http://whqlibdoc.who.int/publications/1996/9241561734_eng.pdf

WHO / FAO / UNU (Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization / United Nations University), 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation (2002, Geneva, Switzerland). Technical Report Series 935.

http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf

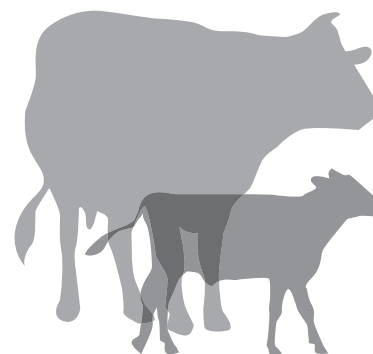
Williams C.M., Burdge G.C., 2006. Long-chain n-3 PUFA: plant v. marine sources. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65, 42–50.

Wilson A.K., Ball M.J., 1999. Nutrient intake and iron status of Australian male vegetarians. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53, 189–194.

Absence de viande dans le régime alimentaire de l'homme : conséquences nutritionnelles et effets sur la santé

Revue bibliographique

Les conséquences d'une absence de viande dans le régime alimentaire sur le statut nutritionnel et la santé chez l'Homme ont été étudiées à travers la bibliographie. Globalement, un régime végétarien équilibré ne semble pas poser de problème majeur sur le plan nutritionnel. En revanche, un régime végétarien mal géré peut déboucher sur des déficiences voire des carences pour certains nutriments : vitamine B12, acides gras polyinsaturés n 3 à longue chaîne, fer, zinc, protéines. L'équilibre d'un régime alimentaire sans produit carné nécessite donc quelques précautions quant aux pratiques alimentaires et un recours à des aliments enrichis ou à des suppléments. Par ailleurs, comparativement à un régime omnivore, les conséquences sur la santé d'un régime végétarien sont favorables : diminution de l'indice de masse corporel, diminution de la teneur plasmatique en cholestérol total, diminution de la mortalité par cardiopathie ischémique... Ces résultats sont toutefois obtenus à partir d'études de cohortes prospectives qui présentent certains biais et limites.



Édité par :

l'Institut de l'Élevage
www.idele.fr

Dépôt légal :

3^e trimestre 2012

© Tous droits réservés à l'Institut de l'Élevage

Août 2012

Réf. 00 12 32 012

ISSN 1773-4738

CONFIDENTIEL