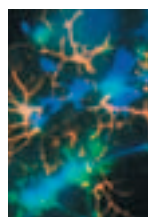


> De nombreux essais réalisés chez l'homme et de multiples expérimentations animales ont montré que les acides gras poly-insaturés ω -3 sont impliqués dans la mise en place et le maintien de divers organes (le cerveau en premier lieu), et qu'ils pourraient participer à la prévention de différentes pathologies (notamment les maladies cardiovasculaires ischémiques) et affections psychiatriques, dermatologiques ou rhumatologiques. Or, l'alimentation occidentale est déficiente en acides gras oméga-3. L'enjeu alimentaire est donc d'identifier les aliments qui en sont naturellement riches (voir Tableaux I et II), mais aussi de préciser l'impact réel de formulations enrichies en acides gras oméga-3 (ALA, EPA, DHA), utilisées dans les élevages, sur la valeur nutritionnelle des produits dérivés. Une synthèse des essais publiés montre que, en nourrissant par exemple les animaux avec des extraits de graines de lin ou de colza, la teneur en ALA est, dans les meilleures conditions, multipliée par environ 20 à 40 dans les œufs, 10 dans le poulet, 6 dans la viande de porc et 2 dans celle de bœuf. En nourrissant les animaux avec des extraits de poissons ou d'algues sous forme d'huiles, la quantité de DHA est multipliée par environ 20 dans le poisson (saumon), 7 dans le poulet, 3 à 6 dans les œufs et 2 dans la viande de bœuf. Le surcoût pour les consommateurs reste très faible par rapport au gain considérable en valeur nutritionnelle. <

Enrichissement de l'alimentation des animaux avec les acides gras ω -3

Impact sur la valeur nutritionnelle de leurs produits pour l'homme

Jean-Marie Bourre



eicosapentaénoïque, dit timnodonique) : 20 : 5 ω 3, 20:5 oméga-3, 20:5(n-3), et le DHA (acide docosahéxanoïque, dit cerwonique) : 22 : 6 ω 3, 22:6 oméga-3, 22:6(n-3). Très schématiquement, l'ALA

est principalement présent dans le monde végétal (huiles de colza, de noix) et dans les œufs naturels, pastoraux, dits « ω -3 », l'EPA et le DHA dans le monde animal (en faibles quantités chez les mammifères et les oiseaux, en fortes quantités chez les produits de la pêche et de l'aquaculture, pour autant qu'ils soient gras). Les teneurs en ALA des principaux aliments courants sont données dans le *Tableau I*, celles d'EPA et de DHA dans le *Tableau II*. Le DHA est l'acide gras ω -3 majoritairement impliqué dans les compositions des membranes biologiques ; il peut être obtenu soit par transformation hépatique de l'ALA (mais le rendement semble insuffisant, tout au moins à certains âges de la vie et dans bon nombre de situations physiopathologiques), soit directement dans les produits aquatiques, notamment les poissons gras, et dans les œufs pastoraux.

Sur le plan de la santé, les ω -3 sont mis en exergue dans le cadre de la prévention et du traitement des maladies cardiovasculaires, notamment ischémiques obstructives. Ils sont aussi impliqués dans l'élaboration

Inserm U.705, CNRS UMR 7157, 200, rue du Faubourg Saint-Denis, 75745 Paris Cedex 10, France.

jean-marie.bourre@fwidal.inserm.fr

Comme cela a été rappelé dans une revue récente de *médecine/sciences* [1], les acides gras oméga-3 constituent une famille dont le premier élément est l'acide α -linoléique (ALA, 18:3[n-3], 18 : 3 ω 3, 18:3 oméga-3). Les autres membres sont constitués de chaînes carbonées plus longues et plus insaturées dérivées de l'ALA, les principaux étant l'EPA (acide



des structures du cerveau et de ses fonctions cognitives [2]. D'autres domaines font l'objet de recherches, notamment l'inflammation, certaines pathologies rhumatologiques ou dermatologiques (le psoriasis), les cancers et, récemment, la psychiatrie [1]. L'objectif de cette revue est d'évaluer la pertinence de l'objectif d'amélioration du contenu en ω -3 de produits d'origine animale en nourrissant les animaux avec des lipides adaptés. Les possibilités d'enrichissement sont présentés dans les *Tableaux III et IV*.

	ALA (g/100 g)
Lait maternel	0,6
Matières grasses	
Saindoux	1
Suif de bœuf	0,5
Suif de mouton	0,2
Beurre	0,5
Margarine « ω -3 »	1,2
Huiles	
Colza (Canola)	10
Soja	7
Noix	12
Olive	0,7
Viandes	
Poisson, cheval	0,02 à 0,4
Lapin, porc	0,01 à 0,3
Poulet	0,01 à 0,2
Canard	0,01 à 0,2
Bovins et ruminants	0,01 à 0,02
Œuf « ω -3 »	0,2 à 0,4

Tableau I. Sources d'ALA pour l'homme (d'après [28]). En France, contrairement à d'autres pays, l'huile de lin, pourtant riche en ALA (54 g/100 g), est interdite à la consommation humaine, pure ou en combinaison avec d'autres huiles. Les huiles de pépins de groseilles et de cassis sont très riches en ALA (25 g/100 g et 12 g/100 g, respectivement), mais sont peu utilisées. Les viandes de polygastriques (bovins, ovins ou caprins) et leurs dérivés ne sont pas détaillés, car leurs contenus en ALA sont très faibles. L'œuf « ω -3 » est commercialisé sous les noms de *Benefic*® et *Columbus*®. En revanche, l'œuf standard ne contient que 0,015 g/100 g d'ALA aux États-Unis, et 0,05 g/100 g en France (type *Glon*®).

L'évaluation de cet enrichissement en ω -3 est justifiée par le fait que les apports nutritionnels de l'alimentation humaine sont insuffisants en ALA. En effet, une étude réalisée en Aquitaine [3] a montré que les femmes n'absorbent dans leur alimentation qu'environ 40 % de la dose journalière d'ALA indiquée dans les apports nutritionnels conseillés (ANC) [4]. Des résultats analogues ont été obtenus en Bretagne [5], et sur tout le territoire français dans l'étude *SUVIMAX* [6], ainsi que dans d'autres pays, notamment le Canada, la Suède et les États-Unis. En ce qui concerne les très longues chaînes carbonées ω -3 (EPA et DHA), des estimations de consommations [6] montrent que les adultes français (les tranches d'âge étant de 35-60 ans pour les femmes et 45-60 ans pour les hommes) consomment en moyenne environ 2 fois plus que les ANC français. Toutefois, il est très important de noter que des variations considérables sont relevées selon les individus : ainsi, sur un effectif beaucoup plus faible étudié en Bretagne, la consommation atteignait moins de la moitié des ANC [5], un résultat en accord avec ceux obtenus dans d'autres pays.

Viande de mammifères

Les lipides de réserve (lipides neutres, principalement les triglycérides), dont les quantités varient considérablement selon la situation anatomique et l'état d'engraissement de l'animal, présentent des profils en acides gras qui dépendent notablement de l'alimentation de l'animal. Les lipides de structure (principalement les phospholipides membranaires) sont globalement plus stables. Toutefois, selon les espèces animales, les mécanismes physiologiques et biochimiques de la digestion induisent des modifications (parfois considérables) des lipides absorbés [7]. Par exemple, chez les polygastriques (bovins, ovins, caprins), les bactéries du rumen hydrogènent les acides gras poly-insaturés des végétaux, les transformant notamment en acides gras saturés, leur faisant perdre leur intérêt nutritionnel ; de ce fait, leur viande est plus de 2 fois moins riche en ces acides gras poly-insaturés que la viande des monogastriques (lapin, porc, cheval). Une étude montre ainsi que le pouvoir hydrogénant du rumen du mouton est relativement important, et atteint les acides gras mono-insaturés et poly-insaturés ; les très longues chaînes poly-insaturées sont toutefois moins hydrogénées [8]. En d'autres termes, la viande de porc ou de lapin est incontestablement plus riche en acides gras poly-insaturés que la viande bovine. Et les tentatives d'enrichissement en acides gras poly-insaturés, en ajoutant par exemple dans l'alimentation des graines de lin (extrêmement riches en ALA), ou des produits de la mer ou leurs succédanés, sont beaucoup plus efficaces avec le porc qu'avec le bœuf ou l'agneau.

En ce qui concerne le beurre, et dans une moindre mesure les fromages, la valorisation par la dénomination « *beurre ω -3* » constitue un argument nutritionnellement inacceptable, alors même que l'enrichissement est non négligeable : en effet, les quantités d'acides gras ω -3 restent très faibles par rapport



	DHA (g/100 g)	EPA (g/100 g)
Maquereau	1,8 (1,1- 2,2)	1,2 (1,0-2,2)
Saumon d'élevage actuel	1,6 (1,4-2,2)	1,1 (0,9-1,3)
Sardine	1,3 (0,8-1,7)	1,1 (0,7-1,7)
Hareng	1,3 (0,7-1,5)	1,0 (0,9-1,2)
Saumon Atlantique sauvage	1,0 (0,8-1,3)	0,7 (0,5-0,8)
Thon	0,8 (0,1-1,2)	0,7 (0,2-0,9)
Esturgeon	0,6 (0,5- 0,9)	0,5 (0,4-0,8)
Truite	0,5 (0,4-0,7)	0,1 (0,1-0,2)
Merlu	0,5 (0,3-0,6)	0,15 (0,1-0,13)
Turbot	0,3 (0,3-0,5)	0,3 (0,2-0,5)
Morue (= cabillaud)	0,25 (0,2-0,3)	0,07 (0,06-0,09)
Flétan	0,22	0,16
Colin	0,22	0,05
Baudroie (= lotte)	0,10	0,03
Lieu	0,18	0,08
Eperlan	0,18	0,12
Coquille St. Jacques, crevette	0,15	0,17
Eglefin	0,14	0,07
Bar	0,12	0,03
Œuf « ω -3 »	0,12 à 0,19	–
Sole	0,12	0,07
Moule	0,11	0,13
Huître	0,09	0,09
Perche	0,07	0,12
Viande d'oiseaux	0,002 à 0,008	–
Viande de mammifères	0,005 à 0,009	–

Tableau II. Sources d'EPA et de DHA pour l'homme (d'après [28, 29]). Ces valeurs constituent les moyennes pondérées des résultats obtenus par divers auteurs : les écarts sont en effet très importants, selon les teneurs en lipides, les lieux de pêches, les saisons, la température de l'eau, le sexe, le poids, les parties anatomiques... De ce fait, les écarts ont été précisés dans ce tableau pour les poissons les plus gras. Selon qu'il s'agit de thon albacore, germon, listao ou rouge, les teneurs en lipides sont très différentes, et par conséquent aussi celles en acides gras ω -3. Les saumons d'élevage actuels, comme probablement les autres poissons d'élevage, sont fréquemment nourris avec des huiles de poisson, expliquant leur richesse en acides gras oméga-3, mais cette qualité pourrait ne pas perdurer (voir texte). Les viandes d'oiseaux et de mammifères, monogastriques ou polygastriques (bovins, ovins ou caprins), et leurs dérivés (lait, fromages, beurre, produits laitiers) ne sont pas détaillés, car leurs contenus en EPA et DHA sont très faibles, exceptés pour certains produits tripiers, qui ne sont plus consommés en quantités utiles (foie), voire interdits à la consommation (cervelle de certaines espèces). L'œuf « ω -3 » est commercialisé sous les noms de Benefic® et Columbus®. En revanche, l'œuf standard ne contient que 0,033 g/100 g de DHA aux États-Unis, et 0,04 g/100 g en France (type Glon®).

aux besoins de l'homme et la quantité d'acides gras saturés reste trop importante, bien que légèrement diminuée. Incidemment, des différences de contenu du beurre en ALA sont notables selon les saisons, puisqu'elles sont de 0,35 g/100 g de beurre au printemps, 0,43 g/100 g en été et 0,26 g/100 g en hiver [9]. Outre l'incorporation de graines de lin ou de colza dans la nourriture des vaches, celle des huiles de poisson constitue un moyen intéressant pour augmenter la teneur en EPA du lait [10] ; toutefois, l'utilisation de ces huiles modifie la lactation [11]. Si les acides gras ω -3 sont protégés des mécanismes d'hydrogénation réalisés par les micro-organismes du rumen, par exemple à l'aide de micro-encapsulation ou par traitement chimique, ils sont alors partiellement retrouvés dans les tissus et le lait des ruminants, ce qui a été vérifié chez la chèvre. Cependant, le débat se déplace alors sur le caractère naturel de ce type d'alimentation.

Poissons

Certes, le contenu des poissons en ALA représente en général moins de 1 % des acides gras, mais les poissons gras sont très riches en EPA et en DHA. Or, selon la nature des graisses qui leurs sont données, les quantités d'acides gras ω -3 peuvent varier considérablement dans leur chair, d'un facteur 1 à 20, car l'alimentation influence de façon importante la qualité de la chair du poisson [12]. L'objectif n'est donc pas d'enrichir les poissons en acides gras ω -3, mais de respecter les teneurs qu'ils présentent spontanément quand ils sont convenablement nourris, soit en leur fournissant en élevage des aliments similaires (au moins en composition chimique) à ceux qu'ils consomment naturellement à l'état sauvage, soit en enrichissant ceux qui leurs sont donnés avec les acides gras ω -3 pertinents. On peut soit utiliser des produits riches en ALA (par exemple graines de lin ou de colza), soit des produits riches en EPA et en DHA (huiles de poisson, extraits d'algues, de phytoplancton, de

zooplancton ou de petits organismes marins tels que les crustacés, produits de cultures d'organismes marins monocellulaires). L'ALA est manifestement intéressant chez les poissons végétaliens comme la carpe, qui possèdent les équipements enzymatiques assurant la transformation de l'ALA en EPA et DHA. En revanche, l'ALA est peu efficace chez les poissons carnivores, dont les activités enzymatiques sont réduites : il convient donc de les nourrir avec le mélange EPA + DHA (au rang des animaux terrestres, il en est de même pour les félidés). La quantité de DHA dans leur chair est alors directement fonction de sa concentration dans l'alimentation, notamment pour les truites [13] et les saumons [14, 15].

D'une manière générale, les poissons d'élevage présentent un rapport oméga-3/oméga-6 moins bon que celui trouvé chez les poissons sauvages [16], mais cette observation est sans conséquence puisque les contenus en acides ω -3 sont toujours très largement supérieurs à ceux des ω -6.

Pour des raisons de production de farines animales (des protéines), les huiles de poisson sont actuellement utilisées en alimentation animale, car relativement peu onéreuses ; dans un futur proche (comme dans un passé récent), notamment du fait de l'augmentation prévisible de la demande, de l'épuisement des réserves marines du fait de la surexploitation des mers et, enfin, de la contamination de certaines de ces huiles de poisson par les dioxines, les PCB ou le mercure, les huiles et graisses végétales pourraient à nouveau être utilisées, en particulier l'huile de palme et de coprah, ce qui est à éviter dans la perspective de l'alimentation humaine. La question pratique pour les éleveurs est donc de déterminer la durée d'une alimentation riche en ω -3 à donner aux poissons avant leur abattage, afin que leur chair présente une composition en acides gras ω -3 proche de celle du poisson sauvage.

	ALA dans le produit alimentaire consommé par l'homme	EPA+ DHA dans le produit alimentaire consommé par l'homme
Faux-filet de porc	X 6	X 0,9
Faux-filet de bœuf	X 2	X 1
Cuisse de poulet	X 9,5	X 3
Œuf	X 20 à 40	X 5

Tableau III. Facteurs de multiplication les plus favorables obtenus en nourrissant les animaux avec de l'ALA (graines de lin ou de colza) (d'après [28]). En ce qui concerne les œufs, les teneurs en acides gras oméga-3 sont voisines quand ils sont enrichis naturellement de manière optimale, ce qui permet de rapprocher, voire dépasser, les teneurs des œufs pastoraux « sauvages », c'est-à-dire crétois. En revanche, en ce qui concerne les œufs « industriels » actuels, les teneurs varient selon les aliments donnés aux poules pondeuses, et selon les pays. De ce fait, pour atteindre le même niveau, certains œufs sont enrichis 40 fois, alors que d'autres ne le sont que 20 fois.

Volailles

La physiologie digestive des oiseaux préserve relativement bien les acides gras poly-insaturés qu'ils consomment. Un effet dose est observé dans les tissus de l'animal, notamment pour les teneurs en ALA, qui peuvent passer d'environ 4 g/100 g à 22 g/100 g d'acides gras. Cet effet est moins net avec le DHA, d'autant que de fortes teneurs alimentaires en graines de lin diminuent légèrement cet acide, tandis que l'ALA est augmenté. La volaille est donc considérée, dans une étude américaine, comme un excellent moyen de modifier favorablement le statut nutritionnel en ω -3 [17].

Œufs

Contrairement au dogme qui a longtemps prévalu, la composition de l'œuf n'est pas constante, mais varie en fonction de la nourriture fournie aux poules pondeuses : la nature des acides gras du jaune d'œuf est ainsi en relation avec la nature des graisses mangées par la poule. Dans les œufs dits « industriels », par rapport aux œufs grecs pastoraux « sauvages », la quantité d'ALA est multipliée par 14 (et par 42 si les poules sont nourries avec des graines de lin), celle de DHA par 6 (par 5 si les poules sont nourries avec des graines de lin) [18]. Une explication en est la consommation par les poules grecques de divers végétaux, dont particulièrement le pourpier (variété de salade), d'escargots et de limaces.

L'enrichissement est proportionnel à la quantité d'acides gras ω -3 présents dans l'alimentation de la poule. Il est logiquement plus important avec des graines de lin qu'avec des graines de colza [19]. La relation est d'ailleurs linéaire entre le contenu en ALA dans les aliments et sa teneur dans le jaune d'œuf [20]. Par exemple, une alimentation destinée aux

poules pondeuses [21] contenant 0 %, 10 % ou 20 % d'huile de graine de lin provoque une augmentation croissante du contenu des œufs en ALA (de 28, 261 et 527 mg par œuf, respectivement) et en DHA (51, 81 et 87 mg par œuf), tout en ne modifiant pas leur teneur en cholestérol.

Les effets des ω -3 contenus dans les œufs ont été évalués à travers des études de paramètres physiologiques, notamment lipidiques sériques, chez l'animal et l'homme. Une étude [21] conclut, pour répondre aux prescriptions gouvernementales (canadiennes, en l'occurrence) et promouvoir l'augmentation de la consommation d'acides gras ω -3, que les œufs constituent un aliment très intéressant. Trois œufs « oméga-3 » apportent approximativement autant d'acides gras oméga-3 qu'une portion de poisson [22]. Actuellement, des œufs multi-enrichis de manière naturelle sont mis sur le marché dans certains pays (Benefic® en Europe,



Columbus® dans le monde) : cet enrichissement concerne notamment le contenu en acides gras ω -3, en vitamines D et E, en minéraux (iode, sélénium) et en caroténoïdes (lutéine et zéaxanthine).

En alimentation infantile, des extraits de jaune d'œufs, le plus souvent des lécithines (issues de poules nourries avec des aliments judicieusement choisis), ont été ajoutés par quelques marques de laits adaptés aux nourrissons : de ce fait, ces laits présentaient l'avantage de fournir les mêmes quantités d'acides gras à très longues chaînes – notamment les acides gras ω -3 – que le lait de femme. Le contenu en acides gras du plasma sanguin et des globules rouges est alors identique chez les enfants nourris au sein et chez ceux recevant un lait adapté contenant des extraits de jaune d'œuf enrichi en acides gras ω -3 [23]. Parallèlement, le lait de femmes consommant des œufs enrichis en acides gras ω -3 contient lui aussi de plus grandes quantités de ces acides gras [24].

Conclusions et perspectives

La modification de la composition des formulations destinées aux animaux induit des effets mesurables sur l'homme qui les consomme. La reconstitution d'une alimentation humaine utilisant des produits d'animaux nourris avec des graines de lin a ainsi été réalisée [5], doublant l'apport alimentaire d'ALA (passant de 0,75 g/j à 1,65 g/j) et permettant d'approcher les ANC, le total des ω -3 passant de 0,86 g/j à 1,91 g/j. Le rapport linoléique (acide gras oméga-6)/ALA est divisé par 2 (passant de 14,9 à 6,8), environ, atteignant presque les recommandations (le chiffre est de 5). Les effets sur les lipides sanguins des consommateurs sont mesurables, avec un doublement de la teneur de l'ALA dans le sérum (de 0,44 à 0,93), le rapport ω -6 totaux/ ω -3 totaux passant de 14,3 à 10,2. Les modifications organoleptiques et technologiques d'une l'alimentation dont le contenu en acides gras a été modifié sont toutefois à prendre en compte [25].

L'objet de cet article était d'évaluer la contribution réelle, à la couverture des besoins en acides gras ω -3 de l'homme, de la consommation de produits animaux dont le contenu en acides gras ω -3 est modifié par l'utilisation d'aliments, destinés aux animaux, riches eux-mêmes en ω -3. Les aliments enrichis par addition finale d'acides gras ω -3, par exemple le lait enrichi en huile de poisson micro-encapsulée, le pain enrichi en ω -3 par le même procédé ou avec des graines de lin, n'ont, à dessein, pas été inclus dans cette analyse. De même, les études d'animaux transgéniques exprimant les désaturases et élongases produits de la pêche et de l'aquaculture leur permettant de contenir des quantités beaucoup plus grandes d'acides gras ω -3 ne constituent actuellement qu'une voie d'exploration, et sort du cadre de cette revue : rentrent dans cette

catégorie le porc exprimant une désaturase de l'épinard [26] ou la souris exprimant une protéine de *Caenorhabditis elegans*, fat-1, capable de transformer l'acide linoléique, ω -6, en ALA [27]. Dans cet esprit, il est par ailleurs proposé de créer des végétaux transgéniques produisant l'ALA, l'EPA et le DHA, permettant de court-circuiter la filière poisson (avec le mauvais prétexte qu'elle peut être polluée), ce qui semble inacceptable sur le plan de la nutrition humaine, ne serait-ce que parce que les poissons bénéficient de multiples points de valorisation nutritionnelle, dont certains leur sont spécifiques : outre les acides gras ω -3, des protéines de qualité, des vitamines D et B12, des minéraux comme l'iode et le sélénium...

En pratique alimentaire [28], il est aisé de pallier le déficit en ALA avec les huiles de colza ou de noix (celle de soja est trop riche en acides gras ω -6), ainsi qu'avec des variétés d'œufs « ω -3 » (dénommées Columbus® ou Benefic®, à l'exclusion de toute autre qualité d'œuf, y compris « label » ou « bio ») et les noix ; les combinaisons d'huiles dont l'assemblage contient plus de 50 % d'huile de colza sont très intéressantes, comme Isio-protect®, sachant que les ANC pour l'ALA sont de 2 g pour les hommes, 1,6 g pour les femmes (2 g quand elles sont enceintes et 2,2 g quand elles allaitent) et de 1,5 g pour les personnes âgées.

Si toutes les études réalisées dans les pays industrialisés montrent que la consommation d'ALA est largement insuffisante, les apports en DHA semblent divers selon les études et les pays, alors que les recommandations en France [4] sont de 120 mg/j pour les hommes, 100 mg/j pour les femmes (250 mg/j quand elles sont enceintes ou qu'elles allaitent) et de 100 mg/j chez les personnes âgées. Le déficit chez les femmes enceintes, particulièrement préoccupant [3, 30, 31], pourrait être résorbé par la consommation de poissons gras sauvages, généralement très riches en EPA et DHA, mais aussi de poissons d'élevage dont la nourriture aura été satisfaisante, d'autant que les élevages assurent une composition constante, tandis que les variations au sein d'une même espèce de poisson peuvent être très importantes selon les lieux et les saisons [32].

La valeur nutritionnelle des poissons en termes de lipides, déterminée par la quantité d'acides gras ω -3, peut varier

	ALA dans le produit alimentaire consommé par l'homme	EPA+ DHA dans le produit alimentaire consommé par l'homme
Longe de bœuf	X 1,3	X 2
Cuisse de poulet	X 1	X 7
Saumon	–	X 20
Œuf	X 8	X 3 à 6

Tableau IV. Facteurs de multiplication les plus favorables obtenus en nourrissant les animaux avec des huiles de poisson (EPA + DHA) (d'après [28]).

considérablement selon la nature des graisses qui les ont alimentés. L'objectif de prévention de certains aspects des maladies cardiovasculaires peut ainsi être atteint, ou au contraire contrarié, selon la nature des acides gras présents dans la chair de poisson (et dans les œufs), conséquence directe de la nature des graisses avec lesquelles ils ont été nourris. Il en est de même pour d'autres maladies, comme certains cancers, notamment du sein et du côlon [33], de la prostate [34, 35], quelques pathologies à composante inflammatoire [36] et peut-être même le diabète de type 2 [37].

En ce qui concerne les « œufs ω -3 », le surcoût de l'alimentation animale est d'environ 5 %, soit 2 % à la production, ce qui devrait se traduire à moyen terme (quand les filières dédiées seront en place) par une augmentation du prix de quelques % pour le consommateur. Les différences sont probablement du même ordre de grandeur pour les poissons. Il importe donc que les cahiers des charges, ceux de la distribution et de la restauration collective notamment, ne se contentent plus d'exiger des teneurs minimales en toxiques, mais définissent aussi la valeur nutritionnelle réelle des aliments, qui doivent prioritairement nourrir sans intoxiquer.

En conclusion, on peut dire que l'apport d'acides gras ω -3 dans l'alimentation des animaux induit des résultats considérables pour les poissons et les œufs, importants pour la volaille, intéressants pour le porc et très modestes pour les bovins et les ovins, tout au moins par rapport à la couverture des besoins nutritionnels [28]. ♦

SUMMARY

Effect of increasing the ω -3 fatty acid in the diets of animals on the animal products consumed by humans

As shown by huge amount of assays in human as well as in animal models, ω -3 polyunsaturated fatty acids play important role in the development and maintenance of different organs, primarily the brain, and could be useful in the prevention of different pathologies, mainly the cardiovascular diseases, and, as proposed recently, some psychiatric, dermatological or rheumatological disorders. For ALA, the major and cheapest source for human is rapeseed oil (canola oil), and walnut « noix de Grenoble » oil. The actual goal is first to identify which foods are naturally rich in ω -3 fatty acids, and, second, to determine the true impact of the formulations (enriched in ω -3 fatty acids) in chows used on farms and breeding centres on the nutritional value of the products and thus their effect on the health of consumers, thanks to quantities of either ALA, or EPA or DHA or both. This concern fish (in proportion of their lipid content, mainly mackerel, salmon, sardine and herring), eggs (wildly naturally rich in ω -3 fatty acids, both ALA and DHA, or from laying hen fed ALA from linseed or rapeseed), meat from birds, mammals (from the highest concentration : rabbit, then pig and monogastrics, then polygastrics such as beef, mutton and goat); in butter, milk, dairy products, cheese (all naturally poor in ω -3 fatty acids)... Indeed, the nature of fatty acids of reserve

triglycerides (found in more or less large amounts depending on the anatomical localisation, that is to say the butcher's cuts) can vary mainly as a function of the food received by the animal. EPA and DHA are mainly present in animal's products. The impact (qualitative and quantitative) of alterations in the lipid composition of animal foods on the nutritional value of derived products (in terms of EPA and DHA content) eaten by humans are more important in single-stomach animals than multi-stomach animals (due to their hydrogenating intestinal bacteria). The intestinal physiology of birds results in the relatively good preservation of their dietary ω -3 fatty acids. The enrichment in eggs is proportional to the amount of ω -3 fatty acids in the hen's diet and can be extremely important. Including ALA in fish feeds is effective only if they are, like carp, vegetarians, as they have the enzymes required to transform ALA into EPA and DHA; in contrast, it is probably less effective for carnivorous fish (75 % of the fish used for human), which have little of these enzymes : their feed must contain marine animals, mainly fish or fish oil. Analysis of the published results shows that, under the best conditions, feeding animals with extracts of linseed and rapeseed grains, for example, increases the level of ALA acid by 20 to 40-fold in eggs (according to the low or high level of ALA in commercial eggs), 10-fold in chicken, 6-fold in pork and less than 2-fold in beef. By feeding animals with fish extracts or algae (oils), the level of DHA is increased by 20-fold in fish, 7-fold in chicken, 3 to 6-fold in eggs, less than 2-fold in beef. In practice, the effect is considerable for fish and egg, interesting for poultry and rabbit, extremely low for beef, mutton and sheep. The effect on the price paid by the consumer is very low compared to the considerable gain in nutritional value. ♦

RÉFÉRENCES

1. Bourre JM. Acides gras oméga-3 et troubles psychiatriques. *Med Sci (Paris)* 2005 ; 21 : 216-21.
2. Bourre JM. Effets des nutriments (des aliments) sur les structures et les fonctions du cerveau : le point sur la diététique du cerveau. *Rev Neurol* 2004 ; 160 : 767-92.
3. Combe N, Boué C. Apports alimentaires en acides linoléique et alpha-linolénique d'une population d'Aquitaine. *OCL* 2001 ; 8 : 118-21.
4. Legrand P, Bourre JM, Descomps B, et al. Lipides. In : Martin A, ed. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Paris : Tec et Doc Lavoisier, 2000 : 63-82.
5. Weill P, Schmitt B, Chesneau G, et al. Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Ann Nutr Metab* 2002 ; 46 : 182-91.
6. Astorg P, Arnault N, Czernichow S, et al. Dietary intakes and food sources of n-6 and n-3 PUFA in French adult men and women. *Lipids* 2004 ; 39 : 527-35.
7. Mourot J, Hermier D. Lipids in monogastric animal meat. *Reprod Nutr Dev* 2001 ; 41 : 109-18.
8. Ashes J, Siebert B, Gulati S, et al. Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipid of ruminants. *Lipids* 1992 ; 27 : 629-31.
9. Ledoux M, Chardigny JM, Darbois M, et al. Variations saisonnières et régionales des taux d'acides linoléiques conjugués dans les beurres français. *Sci Des Alim* 2003 ; 23 : 443-62.
10. Keady TW, Mayne CS, Fitzpatrick DA. Effects of supplementation of dairy cattle with fish oil on silage intake, milk yield and milk composition. *J Dairy Res* 2000 ; 67 : 137-53.
11. Chilliard Y, Ferlay A, Rouel J, Lamberet GA. Review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J Dairy Sci* 2003 ; 86 : 1751-70.
12. Medale F, Lefevre F, Corraze G. Qualité nutritionnelle et diététique des poissons : constituants de la chair et facteurs de variation. *Cah Nutr Diet* 2003 ; 1 : 37-44.

13. Boggio S, Hardy R, Babbitt J, Brannon E. The influence of dietary lipid source and alpha-tocopheryl acetate level of product quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 1985 ; 51 : 13-24.
14. Dosanjh B, Higgs D, Plotnikoff D, et al. Efficacy of canola oil, pork lard and marine oil singly or in combination as supplemental dietary lipid sources for juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 1984 ; 36 : 333-45.
15. Bell J, Henderson R, Tocher D, Sargent J. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil : modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids* 2004 ; 39 : 223-32.
16. Van Vliet T, Katan M. Lower ration of n-3 to n-6 fatty acids in cultured than in wild fish. *Am J Clin Nutr* 1990 ; 51 : 1-2.
17. Van Elslyk ME, Hatch SD, Stella GG, et al. Poultry-based alternatives for enhancing the ω 3 fatty acid content of American diets. *World Rev Nutr Diet* 1998 ; 83 : 102-15.
18. Simopoulos AP, Salem N. n-3 fatty acids in eggs from range-fed greek chickens. *N Engl J Med* 1989 ; 321 : 1412.
19. Cherian G, Sim JS. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Sci* 1991 ; 70 : 917-22.
20. Anderson GJ, Connor WE, Corliss JD, Lin DS. Rapid modulation of the n-3 docosahexaenoic acid levels in the brain and retina of the newly hatched chick. *J Lipid Res* 1989 ; 30 : 433-41.
21. Ferrier LK, Caston LJ, Leeson S, et al. Alpha-linolenic acid- and docosahexaenoic acid-enriched eggs from hens fed flaxseed : influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *Am J Clin Nutr* 1995 ; 62 : 81-6.
22. Lewis NM, Schalch K, Scheideler SE. Serum lipid response to n-3 fatty acid enriched eggs in persons with hypercholesterolemia. *J Am Diet Assoc* 2000 ; 100 : 365-7.
23. Bondia-Martinez E, Lopez-Sabater MC, Castellote-Bargallo AI, et al. Fatty acid composition of plasma and erythrocytes in term infants fed human milk and formulae with and without docosahexaenoic and arachidonic acids from egg yolk lecithin. *Early Hum Dev* 1998 ; 53 : S109-S19.
24. Cherian G, Sim JS. Changes in the breast milk fatty acids and plasma lipids of nursing mothers following consumption of n-3 polyunsaturated fatty acid enriched eggs. *Nutrition* 1996 ; 12 : 8-12.
25. Mourot J, Camara M, Fevrier C. Effects of dietary fats of vegetable and animal origin on lipid synthesis in pigs. *CR Acad Sci Paris III* 1995 ; 318 : 965-70.
26. Saeki K, Matsumoto K, Kinoshita M, et al. Functional expression of a Delta12 fatty acid desaturase gene from spinach in transgenic pigs. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004 ; 101 : 6361-6.
27. Ge Y, Wang X, Chen Z, et al. Gene transfer of the *Caenorhabditis elegans* n-3 fatty acid desaturase inhibits neuronal apoptosis. *J Neurochem* 2002 ; 82 : 1360-6.
28. Bourre JM. *La vérité sur les oméga-3*. Paris : Odile Jacob, 2004.
29. Ackman RG. Nutritional composition of fats in seafoods. *Prog Food Nutr Sci* 1989 ; 13 : 161-289.
30. Denomme J, Stark KD, Holub BJ. Directly quantitated dietary (n-3) fatty acid intakes of pregnant Canadian women are lower than current dietary recommendations. *J Nutr* 2002 ; 135 : 206-11.
31. Meyer BJ, Mann NJ, Lewis JL, et al. Dietary intakes and food sources of ω -6 and ω -3 polyunsaturated fatty acids. *Lipids* 2003 ; 38 : 391-8.
32. Cahu C, Salen P, de Lorgeril M. Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases : assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2004 ; 14 : 34-41.
33. Chajes V, Bougnoux P. ω -6/ ω -3 polyunsaturated fatty acid ratio and cancer. *World Rev Nutr Diet* 2003 ; 92 : 133-51.
34. Norat T, Bingham S, Ferrari P, et al. Meat, fish, and colorectal cancer risk : the European Prospective Investigation into cancer and nutrition. *J Natl Cancer Inst* 2005 ; 97 : 906-16.
35. Dewailly E, Mulvad G, Sloth PH, et al. Inuit are protected against prostate cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003 ; 12 : 926-7.
36. Mori TA, Beilin LJ. ω -3 fatty acids and inflammation. *Curr Atheroscler Rep* 2004 ; 6 : 461-7.
37. Nettleton JA, Katz R. N-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in type 2 diabetes : A review. *J Am Diet Assoc* 2005 ; 105 : 428-40.

TIRÉS À PART

J.M. Bourre





Infections virales émergentes
Enjeux collectifs
Bon de commande

À retourner à EDK, 19 Villa d'Orléans - 75014 PARIS
Tél : 01 53 91 06 06 - Fax : 01 53 91 06 07 - E-mail : edk@edk.fr

NOM : _____ Prénom : _____
Adresse : _____
Code postal : _____ Ville : _____
Pays : _____
Fonction : _____

Je souhaite recevoir l'ouvrage **Infections virales émergentes** : 20 € + 3 € de port = **23 € TTC**
soit _____ exemplaire, soit un total de _____ €

Par chèque, à l'ordre de EDK
 Par carte bancaire : Visa Eurocard/Mastercard

Carte n° : []
Date d'expiration : [] [] [] []

Signature : _____

Un ouvrage remarquable qui fait le point sur les infections virales émergentes, la prévention et les traitements : infections HIV et risque de sida, SRAS, autres virus respiratoires et grippe, Borna (varicelle), schistosomes, fièvre hémorragique virale, Ebola