

# Comment consommer davantage d'acides gras n-3 sans modifier nos pratiques alimentaires ?

Jacques Mourot<sup>1</sup>, Benoit-Pierre Mourot<sup>2</sup>, Nathalie Kerhoas<sup>3</sup>

## Introduction

Les acides gras n-6 et n-3 sont des acides gras essentiels. L'homme ou l'animal ne sait pas les synthétiser, il faut donc les apporter dans notre alimentation en quantité suffisante. Les recommandations proposées par l'AFSSA (ANC 2001) incitent à consommer davantage d'acides gras n-3 et à diminuer la consommation de ceux de la famille n-6 pour aboutir à un rapport C18:2/C18:3 voisin de 5 (il varie actuellement de 15 à 30 dans notre alimentation). La quantité préconisée est de 2 g/jour du précurseur C18:3 n-3 (acide  $\alpha$  linoléique : ALA). Les différentes enquêtes alimentaires montrent que la quantité consommée est voisine de 0,8 à 1 g. (Étude SU.VI.MAX 0,94 g/j chez les hommes et 0,74 g/j chez les femmes, Astorg et al 2004). Il reste donc une quantité importante à apporter dans l'alimentation humaine par de nouveaux vecteurs alimentaires pour combler ce déficit.

En revanche, pour un des dérivés à longue chaîne de ALA, le C22:6 n-3 (acide docosahexaénoïque : DHA) l'étude SU.VI.MAX montre une consommation de 270 mg/j chez les hommes, 226 mg/j chez les femmes (Astorg et al 2004), tandis que dans l'étude de Maillot et al (2007) les apports semblent plus faibles (130 mg/j chez l'homme, 100 mg/j chez la femme), mais ces apports sont supérieurs aux recommandations des ANC.

L'apport moyen en DHA dans la population française semble donc suffisant en se rapportant aux recommandations des ANC de 2001, mais comme toute consommation moyenne qui dans les chiffres reste trompeuse, il est certain qu'une partie non négligeable de la population n'en consomme pas suffisamment. Cette norme sera amenée à évoluer dans une prochaine édition des ANC.

Ces acides gras n-3 ont des rôles physiologiques importants (cf synthèse Legrand 2004). Ils ont un rôle protecteur vis-à-vis des maladies cardiovasculaires. Ils semblent réduire la pression artérielle et les triglycérides circulants, en revanche leur action est limitée par rapport à la baisse du cholestérol (Sanderson et al 2002).

Ils entrent en compétition avec les n-6 au niveau des désaturases et des acyltransférases (incorporant les acides gras dans les phospholipides). Par voie de conséquence, ils abaissent la teneur en acide arachidonique des lipides corporels et modèrent donc la production des prostaglandines correspondantes. Par cet effet de compétition avec les n-6 et/ou par l'effet direct des prostaglandines issues de l'EPA, les acides gras n-3 sont donc impliqués dans la physiologie vasculaire et les phénomènes d'agrégation plaquettaire. Enfin, EPA et DHA ont un effet hypotriglycémiant reconnu (Jacotot, 1988).

D'autre part, une carence en acide  $\alpha$ -linoléique provoque des anomalies de la vision et des troubles neurologiques chez l'homme (Holman et al 1982). Enfin, les acides gras n-3 ont des fonctions spécifiques dans le développement du cerveau et du système nerveux (Bourre et al 1989).

Les bienfaits des acides gras n-3 sont connus depuis de nombreuses années. Ces acides gras ne sont donc pas un produit du marketing mis en avant par les industriels de l'agro-alimentaire. Le débat reste posé de savoir si les effets bénéfiques de ces n-3 sont dus essentiellement aux dérivés à longue chaîne comme le C20:5 n-3 (acide eicosapentaénoïque : EPA) ou le C22:6 n-3 (DHA) voire le C22:5 n-3 acide docosapentaénoïque : DPA) ou si le précurseur ALA joue aussi un rôle. Comme bien souvent en nutrition, il semble apparaître que toutes les formes sont utiles à l'organisme et que les nutritionnistes défenseurs du tout poisson (pour EPA et DHA) ou du tout huile végétale (pour ALA) doivent composer. Il ne doit pas y avoir une compétition entre les sources de n-3 mais une complémentarité. Et les produits animaux issus de la filière lin ont aussi leur place (Mourot, 2005).

L'objectif de cet article est de montrer que ce n'est pas un aliment miracle qui permettra de résoudre le déficit en n-3 dans l'alimentation humaine mais bien une association d'aliments riches en n-3. La première partie de cette présentation sera volontairement caricaturale pour montrer la quantité d'un aliment unique que l'on devrait ingérer pour couvrir nos besoins en ALA. La deuxième partie proposera un bilan comparatif de l'apport en n-3 dans le cadre d'une consommation d'aliments standards ou bien d'une consommation à base de produits enrichis naturellement en n-3, via l'introduction de graines de lin dans l'alimentation des animaux ou la préparation de certains produits.

## **Quelle quantité d'un aliment unique faudrait-il consommer pour couvrir les besoins en ALA ?**

Ce chapitre a pour objectif de comparer quelques aliments plus ou moins riches en ALA.

La plupart de ces données sont issues de mesures effectuées dans notre laboratoire dans le cadre de protocoles de recherche ou de projet d'ingénieurs.

La méthodologie de dosage utilisée peut influencer le résultat final de la teneur en acides gras n-3. Les extractions de lipides réalisées à chaud avec des solvants de type éther-éther de pétrole peuvent sous-estimer la teneur globale en lipide en extrayant imparfaitement les lipides polaires constitutifs des membranes. Or, les acides gras de ces membranes sont souvent riches en acides gras polyinsaturés dont les n-3, ce qui aura pour conséquence de minimiser cette fraction. Ces techniques à chaud sont souvent utilisées en routine car elles sont rapides et peu coûteuses. Dans le cadre de nos travaux, nous utilisons une technique d'extraction à froid (méthode de Folch et col 1957) utilisant un mélange de méthanol et de chloroforme (1/2) qui extrait mieux toutes les fractions lipidiques dont les lipides polaires. Cette technique plus précise est cependant plus longue et plus coûteuse que la précédente.

Le profil en acides gras est réalisé par chromatographie en phase gazeuse après dérivation au trifluorure de Bore (BF<sub>3</sub>) selon la méthode de Morrisson et Smith (1964). La colonne capillaire en silice fondue a une longueur de 30 m, 0,25 mm de diamètre intérieur, et est remplie d'une phase stationnaire (80% de biscyanopropyl et de 20% de cyanopropylphényl). La température du four est programmée de 45° à 240° avec des montées 20 à 35°/min entrecoupées de plateaux. Les températures de l'injecteur et du détecteur sont respectivement de 220

et 280°C. Les acides gras sont exprimés en pourcentage des acides gras identifiés et en quantité totale grâce à un standard interne (C17). La teneur en lipides ayant été déterminée par la méthode de Folch, on peut exprimer les acides gras par 100 g de produit. Pour cette partie nous avons choisi quelques aliments que nous avons regroupés par catégories ; produits de la mer, produits laitiers, produits carnés. Pour la plupart des données nous indiquons la valeur moyenne en ALA exprimée en % des acides gras identifiés et en quantité, ainsi que les teneurs minimales et maximales observées. Nous rapportons aussi la teneur en lipides totaux de l'aliment et nous avons calculé la quantité d'un aliment à ingérer pour couvrir le besoin journalier de 2 g d'ALA.

### Les produits de la mer

Pour les 4 poissons analysés, la teneur en lipides varie de 2 à 20% de lipides (*tableau 1*). Ceci aura donc une conséquence sur la quantité d'acides gras n-3 puisque celle-ci est, d'une manière générale, en relation avec la teneur en lipide du produit. Le pourcentage d'ALA varie de 1,5 à 4,4 pour les poissons et atteint la valeur de 7,8 pour un produit dérivé comme le surimi.

Ce tableau montre la pertinence de l'expression des acides gras en quantité pour 100 g d'aliment. Le surimi qui a une valeur d'ALA élevée en pourcentage n'a qu'une faible quantité de cet acide gras pour 100 g du fait de sa faible teneur en lipides totaux. Les poissons riches en lipides apportent près de 300 mg d'ALA contre 25 à 40 mg pour les poissons maigres. Pour couvrir l'apport journalier en ALA avec un seul produit, il faudrait ingérer plus de 600 g de poissons gras et de 8 à 12 kg de poissons maigres. Cette vision très caricaturale met encore plus en évidence les différences qui existent entre les poissons. Cette variabilité importante est parfois « oubliée » dans les recommandations alimentaires.

Bien entendu, l'intérêt alimentaire des poissons et autres produits de la mer sont les apports importants en EPA et DHA. Volontairement ils ne sont pas discutés ici, car, comme il a été rapporté précédemment, l'alimentation humaine ne semble pas déficitaire en EPA et DHA mais seulement en ALA, du moins selon les recommandations moyennes actuelles des ANC.

*Tableau 1.* Teneur en ALA, EPA et DHA de quelques poissons ou produits de la mer (expression en % des acides gras identifiés et en mg par 100 g de produit). Teneur en lipides totaux et quantité d'aliment à ingérer pour couvrir les besoins journaliers en ALA.

	Filet maquereau	Pavé saumon	Steak thon rouge	Filet lieu noir	Surimi
% ALA	2,31	4,4	1,68	1,59	7,78
% EPA	12,28	5	4,72	10,96	0,61
% DHA	14,82	9,58	28,7	41,8	1,34
% lipides totaux	20,8	9,7	1,9	2,7	0,62
Mg ALA/100 g produit	304	323	16	24	41
Minimum ALA	186	157	3	16	31
Maximum ALA	373	574	26	43	45
Quantité aliment en kg/j pour apporter 2 g ALA	0,65	0,62	12,54	8,49	4,92

n = 10 pour chaque produit

Tableau 2. Teneur en ALA, EPA et DHA de quelques coquillages (expression en % des acides gras identifiés et en mg par 100 g de produit). Teneur en lipides totaux et quantité d'aliment à ingérer pour couvrir les besoins journaliers en ALA.

	Huître creuse	Huître plate	Coque	Palourde	Bulot cuit
% ALA	2,58	1,58	2,35	3,27	6,33
% EPA	23,65	19,94	21,15	14,89	21,17
% DHA	15,73	18,57	16,51	19,64	15,41
% lipides totaux	2,36	2,05	1,27	1,39	1,71
Mg ALA/100 g produit	24	8	7	12	29
Minimum ALA	8,5	3,9	3,8	9,8	16,6
Maximum ALA	41,5	11,5	10,6	13,7	48,5
Poids moyen d'un échantillon en g	7,6	6,7	2,8	5,2	13,4
Quantité ALA (mg) par échantillon	1,7	0,55	0,2	0,6	3,9
Quantité aliment en kg/j pour apporter 2 g ALA	8,45	24,22	29,32	17,28	6,81
Soit en nombre de douzaines	93	300	854	279	42

n = 12 pour chaque produit

Les coquillages rapportés ici ont une faible valeur en lipide qui varie de 1,3 à 2,3% (tableau 2). Ceci en fait donc des produits intéressants d'un point de vue nutritionnel. Le pourcentage en ALA varie de 1,5 (huitre plate) à 6,3% pour le bulot.

Quand on consomme une huître, l'apport en ALA est voisin de 7 mg et il est 2 fois plus important pour un bulot. Il faudra alors consommer de 90 à 300 douzaines huitres (respectivement creuses et plates) pour couvrir son besoin journalier en ALA ou près de 40 douzaines de bulot. Ceci relève donc de l'exploit pour y parvenir !

### Les produits carnés

Les teneurs en lipides varient selon les viandes et les morceaux (tableau 3). Le résultat concernant la viande de lapin qui est réputée comme une viande maigre peut surprendre (12% de lipide pour l'épaule), mais dans cette étude c'est l'ensemble de l'épaule qui a été analysée apportant donc du maigre mais aussi le tissu adipeux interscapulaire. Pour le porc, c'est également la côte entière qui a été dosée sans écarter le gras de couverture, mais lorsque le gras visible est écar-

té, nous rappelons que la teneur en lipides de la noix de côtelette est voisine de 2%. Il en est de même pour la côte de d'agneau (ici 21% pour la totalité des lipides contre 5 à 6% pour la viande parée).

En pourcentage, le lapin est la viande qui contient le plus d'ALA (environ 2%). Ceci est dû au fait que l'aliment de base du lapin standard contient une part non négligeable de luzerne déshydratée qui est une source intéressante de n-3 (Kouba et col 2008). Toutes les autres viandes contiennent de 0,3 à 1% de ALA, le mouton étant la viande qui en contient le moins. Chez ce dernier, l'alimentation est aussi à base d'herbe mais une grande partie des n-3 est transformée dans le rumen à hauteur de 90% pour ALA, EPA et DHA selon Loo et col 2005.

Les résultats sont rapportés pour des produits cuits pour le porc et le mouton, les autres viandes sont crues. En quantité, c'est l'épaule de lapin qui apporte le plus d'ALA combinant ainsi une teneur élevée en lipides et en pourcentage de ALA. La consommation de la peau de poulet avec le filet ou la cuisse permet d'augmenter notablement l'apport d'ALA. Le filet de veau et

Tableau 3. Teneur en ALA, EPA et DHA de quelques viandes (expression en % des acides gras identifiés et en mg par 100 g de produit). Teneur en lipides totaux et quantité d'aliment à ingérer pour couvrir les besoins journaliers en ALA.

Viande	% ALA	% EPA	% DHA	Lipides totaux	Mg ALA / 100 g	Min. ALA	Max. ALA	Quantité aliment, kg pour apporter 2 g ALA/jour
<b>POULET</b>								
Filet sans peau	0,59	0,27	0,15	0,91	3	2	5	66,7
Filet + peau	0,95	0,42	0,38	8,23	65	52	82	3,1
Cuisse sans peau	0,66	0,27	0,39	3,19	12	8	16	16,7
Cuisse + peau	0,86	0,29	0,49	8,95	73	58	92	2,7
<b>LAPIN</b>								
Cuisse	1,99	0,1	0,07	3,84	51	29	80	3,9
Épaule	2,39	0,07	0,05	10,31	170	109	211	1,2
<b>PORC</b>								
Côte cuite	0,8	0,04	0,05	12,43	78	54	97	2,6
Rôti cuit	0,68	0,03	0,06	8,66	51	40	59	3,9
<b>BOEUF</b>								
Filet	0,72	0,07	0,09	4,3	24	19	26	8,3
<b>VEAU</b>								
Filet	0,5	0,33	0,17	1,39	5	3	6	40
<b>AGNEAU</b>								
Côte cuite	0,29	0,03	0,02	21,3	40	30	55	5
Gigot cuit	0,37	0,07	0,05	6,7	16	6	43	12,5

n = 8 pour le boeuf, n = 12 pour le mouton, le poulet et le veau, n = 30 pour le porc et le lapin

de poulet sont les sources les plus faibles en ALA ce qui en ferait consommer respectivement 40 et 66 kg de viande pour couvrir les besoins journaliers en ALA.

Les produits de charcuterie sont des sources intéressantes de ALA en raison d'une teneur relativement élevée en lipides (tableau 4), toutefois, cette teneur n'est pas aussi élevée

Tableau 4. Teneur en ALA, EPA et DHA de quelques produits de charcuterie (expression en % des acides gras identifiés et en mg par 100 g de produit). Teneur en lipides totaux et quantité d'aliment à ingérer pour couvrir les besoins journaliers en ALA.

Produit du porc	% ALA	% EPA	% DHA	% lipides totaux	Mg ALA / 100 g	Min. ALA	Max. ALA	Quantité, kg pour 2 g ALA
Jambon cuit	0,63	0,07	0,08	2,87	19	14	27	10,52
Jambon sec	0,8	0,03	0,09	26,9	131	119	163	1,52
Mousse de foie	0,75	0,04	0,1	26,2	167	160	171	1,2
Andouille	0,33	0,07	0,06	18,2	45	42	46	4,44
Pâté	0,78	0,08	0,06	32,5	214	203	221	0,93
Saucisson cuit	0,74	0,03	0,04	18,2	125	115	139	1,6

n = 10 par produits

que ne laissent croire un certain nombre de fausses informations (Guillevic et col. 2009). Le jambon cuit qui est un produit pauvre en lipides apportera peu d'ALA alors que le jambon sec en apporte près de 10 fois plus.

### Les produits laitiers

Les produits laitiers sont une source importante et régulière d'apport d'acides gras n-3 du fait de l'importance des lipides laitiers dans notre alimentation (près de 28 g de matière grasse laitière par jour, source INCA). D'une manière générale, il est admis que les compositions en acides gras du lait ou des produits laitiers qui en sont issus sont similaires. On peut donc estimer l'apport en n-3 par les produits laitiers aux environs de 80 à 100 mg par jour, ce qui est conforté par les observations de Combes (2001).

Tableau 5. Teneur en ALA, EPA et DHA de quelques produits laitiers (expression en % des acides gras identifiés et en mg par 100 g de produit). Teneur en lipides totaux et quantité d'aliment à ingérer pour couvrir les besoins journaliers en ALA.

Produit	Lait	Beurre	Yaourt	Brie	Emmental
% ALA	0,3	0,3	0,35	0,3	0,27
% lipides totaux	1,8	83,6	3,5	31,7	28,1
mg ALA/100g	4,2	200	9	76	59
Min. ALA	4	184	7,68	72	63
Max. ALA	4,3	204	16,4	79	71
Quantité aliment en kg/j pour apporter 2 g ALA	47,6	1	20,2	2,6	3,3

n = 10 produits analysés

Cette première partie de l'article a montré les grandes variabilités existant entre les teneurs en acides gras n-3 selon les aliments. Le calcul de la quantité d'un aliment à ingérer pour couvrir les besoins journaliers en ALA montre clairement qu'un aliment seul ne pourra pas régler le déficit de l'apport en ALA dans notre alimentation.

### Comparaison des teneurs en ALA entre des produits standards et des produits issus de la filière lin.

Cette deuxième partie de l'article compare les teneurs en ALA de produits similaires issus soit d'un système de production standard soit issus de la filière lin.

Les conditions d'élevage ont une grande influence sur la qualité des produits animaux (Bourre 2003). Chez les animaux monogastriques, il existe une relation directe entre les matières grasses de l'aliment et les acides gras déposés dans la viande. Chez les ruminants, la relation est moins marquée en raison de l'action du rumen qui transforme une partie des acides gras (Chilliard et al., 2008). Il est donc possible d'utiliser cette relation pour modifier la qualité nutritionnelle des produits animaux en introduisant dans leur alimentation des acides gras d'intérêt pour la santé humaine, comme les acides gras n-3.

Ainsi, pour cette étude, les animaux ont reçu dans leur alimentation des graines de lin extrudées (Tradi-lin®) à hauteur de 5%, soit environ 2,5% d'une graine de lin sélectionnée pour sa teneur élevée en ALA.

Ces résultats de composition des aliments sont issus d'une étude réalisée au CERN à Lorient dans le cadre d'un projet européen Eureka (Valorex - Bleu Blanc Cœur - CERN - INRA) sur l'effet des acides gras n-3 sur le syndrome métabolique. Deux groupes de volontaires ont reçu des régimes équilibrés, isoénergétiques et isolipidiques. Seule variait l'origine des produits animaux qui venait d'une filière standard ou d'une filière lin. Ils mangeaient aussi du pain qui contenait ou non du lin (5 % de farine de blé sont remplacés par 5 % de Tradi-lin® broyée).

Selon les aliments, pour les produits de la filière lin, la teneur en ALA est augmentée de 2 à près de 10 (tableau 6). Le produit animal qui présente la variation la plus impor-

Tableau 6. Comparaison du pourcentage et de la teneur en ALA (mg/100 g) des produits issus d'une filière standard de production ou de la filière lin.

Produit	% ALA		Mg ALA		Augmentation
	Standard	Filière lin	Standard	Filière lin	
Côte de porc	0,5	1,29	77	398	5,2
Lardon	1,61	2,02	91	375	4,1
Jambon	0,85	1,14	31	84	2,7
Saucisse	0,88	2,98	122	451	3,7
Filet poulet	0,95	6,83	65	252	3,9
Cuisse poulet	0,86	7,24	74	361	4,9
Filet boeuf	0,72	2,13	28	48	1,8
Filet veau	0,37	0,95	34	58	1,7
Oeuf	0,56	6,02	34	330	9,7
Lait	0,4	0,7	4	10	2,5
Beurre		1,4		570	3,8 vs augmentation
Margarine	0,2		150		
Emmental	0,3	0,7	80	160	2
Pain	5,63	23,49	27	218	8,1

tante en ALA est l'œuf. La viande de veau et de bœuf est celle dont la variation est la moins marquée mais avec quand même une augmentation de 1,7. Pour le porc, les valeurs retrouvées sont similaires à d'autres études (Guillevic et col. 2009). Pour le pain, la quantité d'ALA est multipliée par 8 ce qui fait un apport de plus de 200 mg d'ALA par 100 g de pain, soit plus de 10% des ANC. Ce produit est donc particulièrement intéressant pour la santé, ce qui a été validé par une étude réalisée chez l'homme montrant un intérêt particulier sur la baisse des triglycérides (Weill et al, 2002)

Les apports alimentaires journaliers ont été constitués par les corps gras visibles (beurre ou margarine : 25 g), le fromage (30 g), le pain (100 g), le lait (100 ml). Les autres produits ont été les œufs à raison de 10 par semaine (teneur certainement élevée mais qui permettait un apport conséquent de ALA) et une ration normale des différentes viandes ou produits de charcuterie.

Au final, les volontaires du groupe standard ont eu un apport journalier de 300 mg

d'ALA alors que ceux du groupe lin ont eu 1,7 g d'ALA par jour. Pour couvrir les apports proposés par les ANC, le groupe de volontaires « lin » a reçu aussi chaque jour la valeur d'une cuillère (10 g) de farine de lin (Linette® à base de graine de lin Tradilin®), ce qui permettait d'augmenter la teneur de plus de 300 mg d'ALA.

Cette étude montre que l'apport en ALA est fortement augmenté en utilisant des produits animaux de la filière lin enrichis naturellement en ALA via leur alimentation ou par des produits céréaliers issus de filière lin. Les besoins sont pratiquement couverts avec un apport de 1,7 g d'ALA.

Dans cette étude, les produits de la mer avaient été volontairement écartés pour étudier principalement l'effet du précurseur n-3. Dans une alimentation courante, l'incorporation de poissons ou produits de la mer avec les produits de la filière lin permettra de couvrir sans problème les besoins recommandés en ALA soit 2 g/jour et d'apporter également des acides gras n-3 à longues chaînes.

## Conclusion

La première partie de cet article, volontairement caricaturale, montre clairement qu'un produit seul ne peut pas couvrir les besoins en ALA. Pour certains produits, la quantité à ingérer pour couvrir les besoins en ALA relèverait d'un véritable exploit. Ceci renforce donc pleinement les recommandations d'une alimentation variée et bien entendue équilibrée.

La deuxième partie de l'article montre l'intérêt d'utiliser les produits issus de la filière lin (Bleu Blanc Cœur<sup>1</sup>) pour augmenter notre consommation d'ALA. Ainsi, sans changer nos habitudes alimentaires, nous pouvons consommer 5 fois plus d'ALA. Ces produits ne pourront pas non plus à eux seuls couvrir la totalité des besoins en ALA. Il faudra donc les associer à des produits qui sont déjà des sources potentielles connues d'ALA comme les produits de la mer et l'huile de colza ou de noix.

L'équilibre alimentaire est un exercice difficile. Il passe par une éducation des consommateurs et par une meilleure diffusion des informations nutritionnelles. C'est un exercice à long terme. Mais, il ne doit pas exister d'à priori pour exclure tels ou tels types d'aliments, tous ont leur place si on sait les utiliser raisonnablement. Les facteurs d'élevage permettent de modifier la qualité nutritionnelle des produits. Cette dernière a été fortement modifiée au cours des dernières décennies et ceci doit maintenant être pris en compte par les nutritionnistes. L'acide  $\alpha$  linoléique C18:3 n-3 en est un bel exemple. Une agriculture à vocation santé s'intègre donc totalement dans une démarche de santé publique.

1. La démarche Bleu-Blanc-Cœur a été reconnue par l'État en septembre 2008 dans le cadre du Plan National de Nutrition Santé (PNNS). L'association a signé une charte d'engagement nutritionnel qui « valide la dynamique de progrès nutritionnel de l'association et son rôle en matière de politique nutritionnelle de santé publique ».

## Références

- ANC, *Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française*, 2001. AFSSA, Ed. Tec & Doc, Paris.
- Astorg P., Arnault N., Czernichow S., Noisette N., Galan P., Hercberg S., 2004. *Dietary intakes and food sources of n-6 and n-3 PUFA in French adult men and women*. *Lipids* 39, 527-535.
- Bourre J.M., 2003. *Alimentation animale et valeur nutritionnelle induite sur les produits dérivés consommés par l'homme : les lipides sont-ils principalement concernés ?* *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 10, 405-424.
- Bourre J.M., François M., Youyou A., Dumont O., Picotti M., Pascal G. and Durand G., 1989. *The effects of dietary  $\alpha$ -linolenic acid on the composition of nerve membranes, enzymatic activity amplitude of electrophysiological parameters, resistance to poisons and performance of learning tasks in rats*. *J. Nutr.*, 119, 1880-1892.
- Chilliard Y, Bauchart D., Lessire M., Schmidely P., Mourot J. 2008 *Qualité des produits : modulation par l'alimentation des animaux de la composition en acides gras du lait et de la viande*, *INRA Prod Anim*, 21, 95-106.
- Combe N. B. C., 2001. *Apports alimentaires en acides linoléique et alpha-linoléique d'une population d'Aquitaine*. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, 8/2, 118-121.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley G. H., 1957. *A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues*. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 3497-3509.
- Holman R.T., Johnson S.B. and Hatch F., 1982. *A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities*. *Am. J. Clin Nutr.*, 35, 617-623.
- Guillevic M., Kouba M., Mourot J., 2009. *Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumers evaluation of fresh meat and French cooked pork meats*. *Meat Science*. 81, 612-618.
- Jacotot B., 1988. *Acides gras alimentaires pour la prévention du risque coronarien*. *Cah. Nutr. Diet.*, 23, 211-214.
- Kouba M., Benatmane F., Blochet J.E., Mourot J., 2008. *Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat*. *Meat Science*, 80, 829-834.
- Legrand, P., 2004. *How to increase the nutritional contribution in n-3 fatty acids?* *Oléagineux Corps Gras Lipides*, 11, 50-54.
- Loor J.J., Ueda K., Ferlay A., Chilliard Y., Doreau M., 2005. *Intestinal flow and digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids (CLA) in dairy cows fed a high-concentrate diet supplemented with fish oil, linseed oil, or sunflower oil*. *Anim Feed Sci Tech* 119, 203-225.
- Maillot M., Darmon N., Vieux F., Drewnowski A., 2007. *Low energy density and high nutritional qua-*



lity are each associated with higher diet costs in French adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 86, 690-696.

- Morrison, W. R., & Smith L, M., 1964. *Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl 19 acetals from lipids with boron fluoride methanol.* *Journal of Lipid Research*, 5, 600-608.
- Mourot J. 2005 *Comment nourrir l'animal d'élevage pour satisfaire les recommandations du PNNS ?* *Revue de Nutrition Pratique*, 15, 78-83
- Mourot J., Guillevic M., Blochet J.E., Le Minous A.E. 2007 *Lutter contre les croyances : une nouvelle évaluation de l'intérêt nutritionnel des charcuteries.* *Revue de Nutrition Pratique* 19, 20-26
- Sanderson P., Finnegan Y. E., Williams C. M., Calder P. C., 2002. *UK Food Standards Agency alpha-linolenic acid workshop report.* *Br. J. Nutr.* 88, 573-579.
- Weill P, Schmitt B, Chesneau G, Daniel N, Legrand P., 2002. *Introduction de graines de lin cuites dans du pain. Effets sur les paramètres lipidiques sanguins de consommateurs réguliers de pain.* *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 2002, 16 suppl. 1 – 16-28.

## Les auteurs

Jacques Mourot<sup>1</sup>, Benoit-Pierre Mourot<sup>2</sup>,  
Nathalie Kerhoas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INRA - UMR 1079 SENAH  
35590 Saint-Gilles  
jacques.mourot@rennes.inra.fr

<sup>2</sup>ESITPA  
76134 Mont Saint-Aignan

<sup>3</sup>Association Bleu Blanc Coeur  
35210 Combourtille