

Juin 2017  
volume n°7 / numéro n°1  
www.agronomie.asso.fr

# Agronomie

environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



## Nutrition et agronomie



Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations [www.agronomie.asso.fr/aes](http://www.agronomie.asso.fr/aes). L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

## Utilisation du lin en alimentation animale : intérêt et conséquences sur la qualité nutritionnelle des produits animaux

*Flax in animal feed: interest and consequences on the nutritional quality of animal products*

Jacques MOUROT\*

\*INRA, UMR 1348 PEGASE, 35590 Saint-Gilles, jmourot35@gmail.com

### Résumé

La qualité nutritionnelle des produits animaux dépend de la composition des matières premières de l'aliment de l'animal. La fraction lipidique est particulièrement importante pour orienter les dépôts d'acides gras des produits animaux. Une filière s'est mise en place avec utilisation de graines de lin riches en acides gras n-3 (ou oméga 3) dans l'alimentation animale pour améliorer les lipides des produits animaux et ainsi répondre aux besoins de l'homme. La faisabilité technique et économique a été montrée ainsi que l'intérêt pour la santé de l'homme.

### Mots-clés

Lin oléagineux, acides gras, produits animaux.

### Abstract

Breeding factors and diet influence the quality of animal products. There is a direct relationship between the nature of the fatty acids in feed and those which are deposited in the animal products. A sector has been set up with the use of flax seeds rich in n-3 (or omega 3) fatty acids in animal feed to improve the lipids of animal products and thus meet the needs of humans. The technical and economic feasibility has been demonstrated as well as the interest in human health.

### Keywords

Flax seed, fatty acids, animal products.

### Introduction

Les productions animales ont fortement évolué au cours des soixante dernières années. Entre 1950 et les années quatre-vingt-dix, l'objectif était d'augmenter la production d'un point de vue quantitatif. Puis avec les crises sanitaires, les consommateurs sont devenus plus méfiants et ont accordé une plus grande importance à la qualité des produits animaux et à leur mode d'élevage. Depuis une quinzaine d'années, le consommateur est de plus en plus sensible à la qualité nutritionnelle de ce qu'il con-

somme.

Il existe une relation forte entre la nature des lipides apportés dans la ration de l'animal et les acides gras qui se déposent dans la viande, les œufs ou le lait. Cette relation est maintenant utilisée pour apporter dans l'aliment de l'animal des végétaux contenant des acides gras jugés bons pour la

santé de l'homme afin de les retrouver dans l'assiette du consommateur.

### Les objectifs

En comparant la consommation alimentaire des Français aux recommandations proposées par les spécialistes de la nutrition humaine à travers les ANC (Apports Nutritionnels Conseillés, 2001 et 2011), un déficit de consommation en acides gras n-3 apparaît, que ce soit pour le précurseur l'acide linoléique – ALA : C18:3 n-3 ou les dérivés à longue chaîne comme l'acide écosapentaénoïque – EPA : C20:5 n-3 et l'acide docosahexaénoïque – DHA : C22:6 n-3. Les enquêtes alimentaires montrent une consommation d'ALA voisine de 800 mg/j et de EPA + DHA entre 200 et 250 mg/j. Or les besoins recommandés sont de 2g/j pour ALA et 500 mg/j pour EPA+DHA. L'objectif est donc de combler ce déficit de consommation via les produits animaux. Un autre objectif est également visé qui consiste à mieux équilibrer le rapport entre les n-6 et n-3. En effet, au cours des cinquante dernières années, les consommations des acides gras n-6 comme l'acide linoléique (C18:2 n-6 ; LA) et l'acide arachidonique (C20:4 n-6) ont été augmentées d'environ 2,5 fois avec une valeur respective de 21g/j et 0,6 g/j. Mais celle du précurseur des acides gras n-3 comme l'acide linoléique (C18:3 n-3 ; ALA) a diminué de près de 50 % (Ailhaud *et al.*, 2006). Ces changements sont la conséquence d'une modification des pratiques alimentaires. Les unes sont en relation avec les huiles de table et les autres avec les produits animaux. De ce fait, ce rapport varie actuellement entre 10 et 15 dans notre alimentation alors que les recommandations sont voisines de 5. Il s'agit donc de diminuer l'apport des n-6 et d'augmenter l'apport des n-3.

Pour l'ANSES, tous les vecteurs alimentaires qui permettront d'apporter davantage d'acides gras n-3 dans l'alimentation humaine et de rééquilibrer le rapport n-6/n-3 sont à prendre en considération. Les produits animaux peuvent donc participer à cette stratégie d'une part en raison de l'importance des lipides qu'ils apportent et d'autre part en raison de leur contribution à l'apport des n-3 qui varie de 55 à 60% selon les enquêtes alimentaires (CREDOC, 2010, Combe et Boué, 2001).

### La stratégie

Des matières premières riches en acides gras n-3 ont été recherchées pour les incorporer dans l'alimentation des animaux. L'huile de poisson était une piste possible mais qui a été écartée en raison de la rareté de ce produit à terme et de son coût. Les recherches se sont donc orientées vers des ressources végétales. Les graines ou l'huile de colza contiennent une quantité intéressante d'acides gras n-3. Il en est de même avec certaines variétés de chanvre (Mourot et Guillevic, 2015). L'augmentation la plus importante en termes de dépôts de n-3 est obtenue avec les graines de lin sélectionnées pour leur teneur en acides gras n-3 et qui subissent aussi un traitement technologique.

L'utilisation du lin est très ancienne et remonterait à l'Homo sapiens qui utilisait les fibres d'un lin sauvage vivace (*Linum angustifolium*) originaire du Caucase ou du Proche Orient (Rousseaux, 2005). Ce lin sauvage serait à l'origine du lin cultivé (*Linum usitatissimum*) qui comprend plus de 200 espèces. Outre la taille et la composition des fibres de la plante, la graine contient des teneurs en matières grasses

très variables en fonction des espèces. La graine peut être pauvre en matières grasses (moins de 10 %) et en acide gras linoléique (C18 :3 n-3 – ALA) ou très riche en lipides (30 à 40 %) et également en ALA. Les écarts vont de 10g à 250 g en ALA pour 1kg de graines. Le choix des graines à forte teneur en ALA pour l'alimentation animale est donc primordiale pour obtenir une augmentation intéressante de cet acide gras dans les produits animaux.

Les graines contiennent des facteurs anti-nutritionnels et des composés cyanogènes. Pour les éliminer, elles subissent un traitement de chauffage, et la technique utilisée est l'extrusion où les graines de lin après broyage sont compressées avec de la vapeur et sortent à travers une filière. Cette phase est particulièrement importante car la digestibilité des acides gras varie selon la technologie utilisée et la finesse de broyage des graines (Noblet *et al.*, 2008).

Des comparaisons d'efficacité de dépôt des acides gras n-3 ont été réalisées chez le porc avec des régimes contenant des graines de lin extrudées ou de l'huile de lin issue de graines identiques mais non extrudées. Les régimes étaient iso-lipidiques et iso- n-3. Les performances de croissance des animaux et le dépôt des acides gras n-3 étaient meilleurs avec les régimes contenant les graines de lin extrudées, certainement en raison d'une meilleure utilisation digestive des lipides (Vorin *et al.*, 2003).

Chez les animaux monogastriques, la quantité du produit extrudé (Tradilin® - Valorex, 35210 Combourtille) est introduit à hauteur de 4 à 5 % en pondéral du régime. Ce produit

est composé à environ 50 % de graine de lin et de 50 % du support d'extrusion à base de protéine de tournesol. La quantité ingérée en termes de graines est donc faible. Par exemple un porc en croissance finition qui consomme environ 200kg d'aliment pendant les 2 derniers mois de son engraissement va ingérer 8 kg de Tradilin soit 4 kg de graines de lin.

Chez les ruminants les apports en graines de lin extrudées sont variables en fonction du type d'alimentation de l'animal (herbe ou ensilage).

### Effet de l'apport de lin dans l'aliment sur la qualité des produits animaux

L'apport de graines de lin extrudées dans l'aliment des animaux augmente le dépôt des acides gras n-3 (tableau1, exemple pour les monogastriques). L'effet est très significatif pour ALA (p<0,001). Ce régime permet aussi de réduire le rapport C18:2 n-6/C18:3 n-3 à une valeur voisine ou inférieure à 5, ce qui est une recommandation de l'ANSES.

Les coefficients de corrélation sont voisins de 0,9 chez les animaux monogastriques pour ALA. Chez les ruminants, le transfert de n-3 n'est pas aussi efficace en raison des bactéries du rumen qui transforment près de 80 % des acides gras n-3, mais on le retrouve en quantité intéressante dans le lait et la viande bovine (Chilliard *et al.*, 2008).

	Porc		Poulet		Lapin	
	témoin	GLE	témoin	GLE	témoin	GLE
C18:2 n-6 LA	12,73	14,73	15,22	21,92	26,62	20,93
C18:3 n-3 ALA	0,42	2,93	0,59	3,93	2,66	9,29
C20:5 n-3 EPA	0,16	0,97	0,42	0,85	0,05	0,09
C22:5 n-3 DPA	0,39	1,13	1,21	2,29	0,15	0,30
C22:6 n-3 DHA	0,18	0,20	1,13	1,96	0,05	0,05
LA/ALA	30,58	5,01	25,65	5,57	10,05	2,26

Tableau 1 : Comparaison des profils en acides gras n-6 et n-3 dans le filet de porc, de poulet de chair et de lapin en fonction des régimes (témoin avec huile de palme et soja vs graines de lin extrudées- GLE). Expression en % des acides gras identifiés (d'après Mourot, 2015)

Le dépôt du précurseur ALA est multiplié par 3 à 6 selon les espèces. Celui des dérivés à longue chaîne EPA et DPA (C22:5 n-3) est multiplié par 2 alors que le DHA ne varie pas pour le porc et le lapin et augmente de 1,5 pour le poulet. La synthèse du DHA à partir d'ALA est faible et est estimée à 1 à 5 % par rapport à la teneur en précurseur. Ce constat est valable pour toutes les espèces animales (Alessandri *et al.*, 1998). Ceci est dû au fait qu'il existe une compétition entre les désaturases  $\Delta 5$  et  $\Delta 6$  qui sont communes pour les acides gras n-6 et n-3 et la voie des n-6 semble privilégiée par rapport à celle des n-3 pour la synthèse du DPA et DHA.

Exprimée en quantité, l'apport d'acides gras n-3 dans l'assiette du consommateur est intéressant pour combler le déficit en ces acides gras par rapport aux besoins de l'Homme (tableau 2).

	Régimes	ALA	EPA	DHA
Côte de porc (1)	témoin	48	6	4
	GLE	238	15	9
	GLE-MAG	167	24	172

	MAG	61	32	317
Filet de poulet (2)	témoin	15	1	4
	GLE	46	4	4
	GLE-MAG	37	5	21
Râble de lapin (3)	MAG	13	5	54
	témoin	15	8	2
	GLE	85	7	2
Œufs (4)	GLE-MAG	28	6	26
	MAG	14	11	55
	témoin	111	1	143
	GLE	421	12	273
	GLE-MAG	375	20	410
	MAG	141	29	643

Tableau 2 : Effet de régimes contenant des graines de lin extrudées (GLE) et/ou des micro-algues (MAG) ou un mélange GLE-MAG (1/1) sur les teneurs en acides gras n-3 de divers produits animaux (mg/100g de produit)

(1) D'après de Tonnac *et col* 2016 ; (2) d'après Baeza *et col* 2015 a) ; (3) d'après Benatmane *et col* (2011) ; (4) d'après Baeza *et col* (2015 b)

Comme précédemment rapporté, les teneurs en DHA ne sont pas en relation avec les apports d'ALA dans le régime, à l'exception de l'œuf qui est donc une source importante de DHA.

Ces produits ont également fait l'objet d'analyses sensorielles par des jurys entraînés. Dans l'ensemble, les produits issus d'animaux ayant reçu des graines de lin sont jugés meilleurs que les produits standards si les régimes restent dans des limites de 4 à 5 % d'apport de graine de lin extrudée. Des cahiers des charges ont été établis ce qui permet de garantir à la fois un produit bon pour la santé et d'un point de vue sensoriel. Une filière pour développer ces produits a été mise en place : la filière Bleu Blanc Cœur (BBC). Elle est identifiée par un logo.

## Intérêt pour la santé de l'Homme

L'intérêt de cette stratégie pour augmenter la teneur en acides gras n-3 des produits animaux ou végétaux par la graine de lin extrudé a été validé par des études nutritionnelles chez l'homme (Mourot et de Tonnac, 2015). Deux exemples sont rapportés, l'un concerne les produits animaux, l'autre le pain.

A repas équilibrés équivalents comportant des produits animaux issus soit d'une filière standard, soit d'une filière lin, la quantité en acides gras n-3 dans l'assiette du consommateur passait respectivement de 0,75 à 1,8 g/jour et le rapport n-6/n-3 de 15 à 4. Des volontaires en surpoids ont reçu ces repas dans le cadre d'un suivi d'un service de nutrition (CERN, Lorient) pendant 3 mois. Des prises de sang ont été effectuées au début de l'étude puis tous les mois, avec mesure du poids, du tour de taille et la tension artérielle. A la fin de la période expérimentale, l'impact sur la santé humaine a été positif avec une diminution du poids corporel des volontaires, de leur tour de taille, de la pression artérielle, de la cholestérolémie et de la triglycémie et une augmentation des acides gras n-3 circulants (Legrand et al., 2010).

Dans le cas du pain, 5% de farine de blé ont été remplacés par une quantité équivalente de graines de lin extrudées (Weill et al., 2002). Pendant une période de 28 jours, 32 volontaires ont substitué leur pain habituel par ce pain enrichi en n-3. La consommation moyenne a été de 80 g de pain/jour qui apportait 800 mg d'ALA. Chaque sujet était son propre témoin. Des prises de sang ont été réalisées au début et à la fin de la période expérimentale pour mesurer les paramètres lipidiques circulants. Le cholestérol a baissé de 8% ( $p < 0,01$ ), les triglycérides de 35 % ( $p < 0,05$ ) et la concentration d'ALA et EPA sanguin est augmentée de 30%. Il existe donc un effet positif pour la santé de l'homme avec la consommation de ces produits enrichis en n-3 via la graine de lin extrudée.

## Conclusion

L'ensemble des études réalisées chez l'Homme avec la consommation de produits animaux ou céréaliers enrichis naturellement en acides gras n-3 via les graines de lin extrudées valide donc l'intérêt de cette démarche bénéfique pour la santé publique.

Pour la production du lin oléagineux, il est nécessaire de mener des recherches pour augmenter les rendements des variétés les plus riches en n-3 et attirer également de nouveaux producteurs. La surface cultivée en France pour cette production est passée de 2000 ha il y a dix ans à plus 15.000

ha en 2017. Des contrats de production assurent les revenus des producteurs. Il faut aussi rechercher de nouvelles sources de n-3 végétales pour accroître la diversité d'approvisionnement.

La santé humaine est très dépendante de la qualité nutritionnelle des produits végétaux et animaux. Il est donc nécessaire d'inciter à la mise en place de réflexion commune entre les spécialistes de la nutrition humaine et des filières de production végétales et animales pour développer une agriculture à vocation santé correspondant aux besoins de l'homme.

## Références bibliographiques

Alessandri, J. M., Goustard, B., Guesnet, P., Durand, A. Docosahexaenoic acid concentrations in retinal phospholipids of piglets fed an infant formula enriched with long-chain polyunsaturated fatty acids: Effects of egg phospholipids and fish oils with different ratios of eicosapentaenoic acid to docosahexaenoic acid. 1998 American Journal of Clinical Nutrition, 67, 377-385.

Ailhaud G., Massiera F., Weill P., Legrand P., Alessandri JM., Guesnet P. Temporal changes in dietary fats: Role of n-6 polyunsaturated fatty acids in excessive adipose tissue development and relationship to obesity. 2006 Progress in Lipid Research ; 45, 203-236.

ANC - Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française, 2001 AFSSA, Ed. Tec & Doc Paris.

(a) Baeza E, Chartrin P., Lessire M., Meteau K., Chesneau G., Guillevic M., Mourot J. Is it possible to increase n-3 fatty acid content of meat without affecting its technological and/or sensory quality and the growing performance of chickens? 2015 British poultry science, 56, 543-550.

(b) Baeza E, Chartrin P., Lessire M., Meteau K., Chesneau G., Guillevic M., Mourot J. Is it possible to increase the n-3 fatty acid content of eggs without affecting their technological and/or sensorial quality and the laying performance of hens? 2015 British poultry science, 56, 748-54.

Benatmane F., Kouba M., Youyou A., Mourot J. Effect of a linseed diet on lipogenesis, fatty acid composition and stearyl-CoA-desaturase in rabbits. 2011 Animal 5, 1993-2000.

Chilliard Y., Bauchart D., Lessire M., Schmidely P., Mourot J. Qualité des produits : modulations par l'alimentation des animaux de la composition en acides gras du lait et de la viande. 2008, INRA Productions Animales 21, 95-106.

Combe N., Boué C. Apports alimentaires en acides linoléique et  $\alpha$ -linoléique d'une population d'Aquitaine. Oléagineux Corps Gras Lipides 2001 ; 8 : 118-21.

CREDOC. Base de données Comportements et consommations alimentaires en France (CCAF), 2010.

De Tonnac A, Meteau K, Guillevic M, Chesneau G, Mairesse G, Mourot J. Influence de la nature des acides gras n-3 sur les critères de performances de croissance du porc et sur les qualités nutritionnelles et sensorielles de la viande. 2016, Journées de la Recherche Porcine, 48, 279-284.

Legrand P, Schmitt B, Mourot J, Catheline D, Chesneau G, Mireaux M, Kerhoas N, Weill P. The Consumption of Food

Products from Linseed-Fed Animals Maintains Erythrocyte Omega-3 Fatty Acids in Obese Humans. *Lipids* 2010; 45, 11-19.

Mourot J. Evolution de la qualité des produits animaux au cours des cinquante dernières années. 2015 *Cahiers de Nutrition et Diététique* 50 ; 6530-6535.

Mourot J., Guillevic M. Effect of introducing hemp oil into feed on the nutritional quality of pig meat. *OCL* 2015, 22(6) DOI: 10.1051/ocl/2015035.

Mourot J., de Tonnac A. The Bleu Blanc Coeur path: impacts on animal products and human health. *OCL* 2015, 22(6) DOI: 10.1051/ocl/2015051.

Noblet J., Jaguelin-Peyraud Y., Quemeneur B., Chesneau G., 2008. Valeur énergétique de la graine de lin chez le porc : impact de la technologie de cuisson-extrusion. *Journées de la Recherche Porcine* 40, 203-208.

Rousseaux E. Le lin et ses secrets. 2005, In *Petite encyclopédie des savoirs populaires*, Geste Edition (79260 La Créche), 55 p.

Vorin V., Mourot J, Weill P., Robin G., Peiniau P., Mounier A., 2003. Effet de l'apport d'acides gras oméga 3 dans l'alimentation du porc sur les performances de croissance et la qualité de la viande. *Journées de la recherche porcine* 35, 251-256.

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. 2002, *Nutr. Clin. Métabol.* 16, 16-20.