

Maisons-Alfort, le 25 juillet 2006

AVIS

de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation de l'emploi de l'huile de lin , nature ou en mélange, dans l'alimentation courante ainsi que de son intérêt nutritionnel en matière d'apport d'acide alpha-linolénique

LA DIRECTRICE GENERALE

Par courrier reçu le 28 décembre 2004, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie le 20 décembre 2004 par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) d'une demande d'évaluation de l'emploi d'huile de lin, nature ou en mélange, dans l'alimentation courante ainsi que de son intérêt nutritionnel en matière d'apport d'acide alpha-linolénique.

Il s'agit d'un dossier complémentaire faisant suite à deux avis rendus par l'Afssa.

L'évaluation du dossier initial déposé par le pétitionnaire avait conduit à l'avis formulé le 1^{er} août 2003 (Avis de l'Afssa, 2003). Les conclusions de cet avis étaient les suivantes :

« L'Afssa estime qu'avant de donner un avis final sur ce dossier, des compléments d'informations sont nécessaires, concernant :

- la composition exacte en acides gras des triglycérides et la stéréochimie ;
- la biodisponibilité de l'huile de lin ;
- le mode de consommation dans les autres pays de l'Union européenne où cette huile est autorisée en alimentation humaine ;
- une évaluation de la consommation et de l'usage potentiels de l'huile de lin en France, à partir des données obtenues dans les autres pays européens où cette huile est consommée en alimentation humaine ;
- la stabilité physico-chimique de l'huile de lin pour une utilisation en tant qu'huile de table.

Elle estime également qu'afin de confirmer le rôle clé joué par l'étape de raffinage dans la « décontamination » de l'huile au regard de ces contaminants, il est nécessaire de disposer de résultats d'analyses relatifs à la teneur en contaminants de l'huile de lin avant et après raffinage pour :

- les pesticides autorisés sur la culture du lin ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
- les métaux, en particulier plomb et cadmium. »

Par courrier reçu le 22 décembre 2003, l'Afssa avait été saisie d'une demande d'évaluation d'un dossier complémentaire.

Dans ce second avis rendu le 21 juin 2004 (Avis de l'Afssa, 2004), l'Afssa indiquait que :

- « pour les aspects nutritionnels, toutes les informations demandées n'ont pas été fournies et les données du dossier complémentaire sont insuffisantes pour permettre une évaluation des bénéfices et des risques pour le consommateur liés à la consommation d'huile de lin nature ou en mélange ;
- pour les aspects relatifs aux contaminants susceptibles d'être présents dans l'huile de lin raffinée, en raison du nombre très restreint d'échantillons analysés et en l'absence de documents attestant de la qualité des analyses réalisées concernant les pesticides, les métaux lourds et les HAP, il n'est pas possible de se prononcer sur le risque sanitaire pour le consommateur au vu des seuls résultats présentés pour ces contaminants. »

Le dossier dont l'expertise a conduit au présent avis constitue donc le second complément d'information du dossier initial.

Après consultation du Comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » réuni les 24 mars, et 27 octobre 2005, ainsi que les 26 janvier, 23 mars et 20 avril 2006, l'Afssa rend l'avis suivant :

Considérant que la demande du pétitionnaire concerne l'utilisation de l'huile de lin en tant qu'ingrédient en mélange dans des huiles combinées et des matières grasses tartinables ; que, cependant, le décret du 12 février 1973 « interdit de détenir en vue de la vente, de mettre en vente ou de vendre sous quelque dénomination ou forme que ce soit, en vue de la consommation humaine, de l'huile de lin en nature ou en mélange avec d'autres denrées alimentaires » (Décret 73/139 du 12 février 1973) ; que la demande initiale du pétitionnaire a par conséquent été re-qualifiée par la DGCCRF comme suit : évaluation de la « possibilité d'employer l'huile de lin, nature ou en mélange, en alimentation courante, ainsi que l'évaluation de son intérêt nutritionnel en matière d'apport d'acide alpha-linolénique (ALA) » ; qu'il s'agit, en définitive, de rendre un avis de portée générale sur l'intérêt nutritionnel et les risques éventuels liés à l'emploi d'huile de lin en alimentation humaine ; qu'il convient par conséquent de répondre aux questions suivantes :

- l'huile de lin est-elle utilisable en alimentation humaine ?
- dans l'affirmative, cette introduction de l'huile de lin en alimentation humaine doit-elle être assortie de conditions spécifiques d'utilisation, notamment en lien avec les risques de peroxydation, les quantités consommées et les populations cibles visées ?

Considérant qu'il est relevé que les informations fournies par le pétitionnaire restent très imprécises quant aux niveaux de consommation de l'huile de lin et la forme de consommation dans les autres pays de l'Union Européenne ;

En ce qui concerne l'évaluation du caractère éventuellement alimentaire de l'huile de lin

Considérant que l'huile de lin est une huile végétale caractérisée par une teneur élevée en ALA, c'est-à-dire environ 50 g pour 100 g, voire au delà (des teneurs de l'ordre de 70 g/100 g ayant été relevées dans la littérature) ; que cette teneur en ALA est supérieure à celle des huiles de colza (environ 10 g pour 100 g), de soja (8 g pour 100 g) et de noix (13 g pour 100 g) qui sont autorisées en alimentation humaine ; que l'huile de lin présente un taux particulièrement élevé de diesters et de triesters d'alpha-linolénate (respectivement environ 38 et 24 % des triglycérides de l'huile) ; qu'elle possède des propriétés siccatives liées à la capacité de polymérisation de l'ALA ; que ces propriétés s'expriment lorsque l'huile de lin est en contact avec l'oxygène (peroxydation) ou lorsqu'elle est portée à haute température (supérieure ou égale à 250°C) ;

Considérant que l'évaluation du caractère alimentaire de l'huile de lin doit être basée, d'une part, sur les connaissances portant sur les aspects sécuritaires éventuels (facteurs anti-nutritionnels, teneurs en résidus et contaminants et stabilité physico-chimique) et, d'autre part, sur les données portant sur son intérêt nutritionnel éventuel ;

Considérant que, selon l'avis du 1^{er} août 2003 (Avis de l'Afssa, 2003), « les facteurs anti-nutritionnels présents dans les graines de lin sont des substances polaires très hydrosolubles : les composés cyanogéniques (linamarine, linustatine, néolinustatine et lotaustraline) et la linatine (anti-vitamine B₆) ne peuvent donc se retrouver dans l'huile qu'à l'état de traces, éliminées lors des opérations de raffinage de l'huile » ;

Considérant les résultats d'analyse fournis par le pétitionnaire :

- les teneurs en métaux lourds (plomb, cadmium et arsenic) sur des échantillons d'huile de lin non raffinée sont inférieures aux limites de détection ;
- les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sur deux échantillons d'huile de lin brute (c'est-à-dire non raffinée) et raffinée sont inférieures aux limites de quantification (LOQ) pour les 11 HAP recherchés ;
- les teneurs en organochlorés et organohalogénés recherchés (55 au total) sont inférieures aux LOQ, les teneurs en organophosphorés (108 au total) sont inférieures aux LOQ sauf pour le chlorpyrifos, le fenthion et le malathion qui ont été détectés dans l'huile de lin brute mais ne sont plus détectés dans l'huile de lin raffinée, et les teneurs en pyréthriinoïdes (14 au total) sont inférieures aux LOQ ;

Considérant qu'en ce qui concerne la stabilité physico-chimique de l'huile de lin, le pétitionnaire fournit des données analytiques portant sur les différents marqueurs de la stabilité¹ des huiles en mélange comprenant de 6,5 à 25 % d'huile de lin ; que ces données montrent des résultats comparables à ceux obtenus sur l'huile de colza et l'huile de noix ;

Considérant que l'avis du 21 juin 2004 précise que « les acides gras *trans*, spécialement les isomères géométriques, qui peuvent être générés dans l'étape de désodorisation du raffinage, ne sont pas indiqués » (Avis de l'Afssa, 2004) ; qu'il convient que les recommandations de l'Afssa en matière de teneurs maximales en acides gras *trans* apportés par les aliments soient respectées (Rapport de l'Afssa, 2005) :

- teneur inférieure à 1 % des acides gras totaux dans les matières grasses tartinables ;
- teneur inférieure à 0,5 % des acides gras totaux dans les huiles de table ;
- teneur inférieure à 1 % des acides gras totaux dans les huiles fortement insaturées (riches en ALA) et faiblement consommées ;

Considérant que plusieurs études récentes montrent que le taux de conversion de l'ALA en acide docosahexaénoïque (DHA) chez l'homme jeune est très faible voire nul, ce taux étant néanmoins plus élevé chez la femme jeune (9 %) (Pawlosky et al., 2001, Burdge et al., 2002, Burdge and Wootton, 2002) ;

Considérant les données disponibles sur les effets biologiques induits par la consommation d'huile de lin ou de matières grasses en contenant :

- une étude réalisée chez le hamster montre que la digestibilité apparente de l'huile de lin est bonne (Morise et al., 2004) ; l'ALA s'intègre dans les phospholipides membranaires, les esters de cholestérol et les triglycérides plasmatiques et sa transformation en acide éicosapentaénoïque (EPA) et acide docosapentaénoïque (DPA) est effective ; en revanche, la teneur en DHA des classes lipidiques analysées n'est pas modifiée après consommation d'huile de lin ;
- les études publiées conduites chez l'Homme ayant consommé de l'huile de lin raffinée pure ou en mélange, ou sous la forme de matières grasses tartinables, pendant des durées allant de 8 à 104 semaines, ne rapportent pas d'intolérance digestive, de réaction allergique ou d'effet délétère (Natvig et al., 1968, Mantzioris et al., 1994, Bemelmans et al., 2002, Finnegan et al., 2003b, Rallidis et al., 2003, Rallidis et al., 2004) ; dans ces études, les niveaux d'apport d'ALA varient entre 3,9 et 13,7 g/jour ; la durée d'utilisation de l'huile de lin est supérieure ou égale à un an dans deux de ces études (Bemelmans et al., 2002, Natvig et al., 1968), et quatre d'entre elles portent sur un effectif limité de sujets (n=15-109) (Borchgrevink 1966, Mantzioris 1994, Bemelmans 2002, Rallidis 2003) ; toutefois, un cas isolé de réaction anaphylactique, après ingestion d'une cuillerée d'huile de lin, a été rapporté (Alonso et al., 1996) ;

¹ Indice de peroxydation, indice de p-anisidine, absorbances à 230 nm, reflet des quantités d'hydroperoxydes et de diènes présentes, et absorbance à 270 nm, reflet des produits secondaires d'oxydation tels que les alpha-dicétones ou cétones alpha-insaturées présents

- une diminution des teneurs en acide arachidonique est rapportée dans différentes fractions des lipides plasmatiques (phospholipides, triglycérides et esters de cholestérol) suite à la consommation d'huile de lin, tant chez l'Homme (Mantzioris et al., 1994, Morise et al., 2004) que chez le hamster (Mantzioris et al., 1994, Morise et al., 2004) ; chez l'Homme, cette diminution n'est significative que lorsque la consommation journalière moyenne d'ALA, sous forme d'huile de lin, atteint 13,5 g, soit plus de 6 fois l'apport nutritionnel conseillé fixé pour l'homme adulte (Mantzioris et al., 1994) ;
- en revanche, aucune diminution significative n'est observée pour des consommations moyennes journalières comprises entre 4,5 et 9,5 g d'ALA provenant en partie d'huile de lin (Finnegan et al., 2003b, Bemelmans et al., 2002) ;
- une étude clinique norvégienne dans laquelle l'huile de lin est consommée à raison de 10 g/j montre un surnombre significatif d'infarctus chez les sujets ayant une angine de poitrine par rapport au groupe témoin recevant de l'huile de tournesol ($p=0,02$) (Natvig et al., 1968) ; toutefois cette différence est plus en relation avec une faible incidence d'infarctus dans le groupe témoin (0,9 %) qu'avec une augmentation dans le groupe recevant de l'huile de lin (5,1 %) pour lequel l'incidence est comparable avec celle attendue dans la population générale norvégienne ; les auteurs concluent à l'impossibilité d'attribuer cette différence observée chez les sujets angineux à un effet protecteur de l'huile de tournesol ou à un effet délétère de l'huile de lin ;
- un régime contenant de l'huile de lin est sans effet sur les paramètres de la coagulation et de la fibrinolyse mais augmente les triglycérides plasmatiques à jeun (Finnegan et al., 2003b, Finnegan et al., 2003a) et diminue le cholestérol HDL (Finnegan et al., 2003b, Rallidis et al., 2004) ;

Sur la base de l'évaluation des dossiers du pétitionnaire et des données bibliographiques disponibles, l'Afssa conclut qu'il n'existe pas d'élément scientifique s'opposant à l'introduction dans l'alimentation humaine de l'huile de lin, telle que décrite dans cet avis, en tenant compte :

- **des facteurs antinutritionnels (composés cyanogéniques et linatine) éliminés par le raffinage ;**
- **des analyses du contenu en métaux lourds (plomb, cadmium et arsenic), en HAP, et en pesticides (organohalogénés, organochlorés, organophosphorés et pyréthriinoïdes) ;**
- **des marqueurs de stabilité (indice de peroxydation, indice de p-anisidine, absorbances à 230 et 270 nm) ;**
- **des teneurs en acides gras *trans* respectant les préconisations de l'Afssa.**

En ce qui concerne les conditions d'utilisation de l'huile de lin en alimentation humaine

Considérant, bien que le caractère alimentaire de l'huile de lin puisse être admis, qu'il convient d'analyser les conditions de son introduction dans l'alimentation humaine, au regard des risques de peroxydation, des quantités consommées et des populations cibles visées ;

Stabilité de l'huile de lin et des aliments susceptibles d'en contenir

Considérant que les conditions d'utilisation de l'huile de lin doivent offrir toutes les garanties de stabilité ; que les résultats analytiques rapportés par le pétitionnaire montrent que la stabilité de l'huile de lin vierge², surtout après exposition à la lumière, est moins bonne que celle des huiles combinées (contenant de 6,5 à 25 % d'huile de lin et obtenues par co-raffinage) qui ont une stabilité comparable à celle obtenue avec de l'huile de colza ou de l'huile de noix ; qu'en conséquence, il convient que :

² C'est-à-dire non mélangée à d'autres huiles et non raffinée,

- l'huile de lin soit utilisée sous forme de mélanges obtenus selon la technique du co-raffinage permettant de limiter la production de dérivés oxydés lors de la phase de désodorisation (chauffage à 180-200°C) et ceci grâce à la présence de l'alpha- et du gamma-tocophérols apportés par l'autre (ou les autres) huile(s) végétale(s) associée(s) (cas des huiles combinées et des matières grasses tartinables) ;
- une éventuelle utilisation de l'huile de lin vierge soit soumise à une évaluation préalable, au cas par cas, afin que les conditions de stabilité soient assurées ;

Considérant que l'huile de lin brute (c'est-à-dire matière première non raffinée) contient 440 à 590 mg/kg de tocophérols totaux, le gamma-tocophérol étant très largement majoritaire (environ 97 % du total) ; que si l'activité vitaminique E de l'alpha-tocophérol est supérieure à celle des autres isoformes, il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus permettant d'établir une supériorité, sur le plan de l'activité antioxydante, de l'alpha-tocophérol par rapport aux autres isoformes ; qu'en effet, l'activité antioxydante des tocophérols dépend de leur concentration, de la température, de la composition lipidique et de la forme (huile ou émulsion) des produits, ainsi que de la méthodologie utilisée pour la mesure du processus d'oxydation (Léger, 2000, Wagner & Elmadfa, 2000, Yanishlieva et al., 2002) ; qu'en conséquence, les capacités protectrices antioxydantes des différents isoformes de tocophérols peuvent être prises en compte dans l'appréciation de la stabilité des huiles, notamment de celle de l'huile de lin ;

Considérant qu'il n'existe pas de données relatives au ratio optimal ALA/ tocophérols en lien avec la stabilité ; que l'huile de colza, identifiée comme ayant une bonne stabilité, présente des teneurs élevées en ALA (environ 10 g pour 100 g) et en alpha- et gamma-tocophérols (teneurs combinées de ces deux isoformes) (de 289 à 1139 mg/kg d'huile) (Codex alimentarius, 1999 amendé en 2003 et 2005) ; que sur la base de ces données, il est envisagé de se baser uniquement sur les teneurs en alpha et gamma-tocophérols, isoformes majoritaires dans l'huile de lin, pour fixer un rapport entre les teneurs en tocophérols et celles en ALA dans les huiles combinées et les matières grasses tartinables contenant de l'huile de lin ; qu'il est proposé que ce rapport soit égal ou supérieur au rapport de l'huile de colza, à savoir environ 3 à 11 mg d'alpha- et gamma-tocophérol/g d'ALA ; que la plage de valeurs prévue pour le rapport alpha- et gamma-tocophérol/ALA permet de s'affranchir des variations de la teneur en ALA de l'huile de lin qui dépendent de l'origine des graines (origine non précisée par le pétitionnaire) ;

Considérant que, sur le plan réglementaire (Décret du 11 mars 1908 modifié), une huile végétale dont la teneur en ALA est supérieure à 2 % est considérée comme une huile « pour assaisonnement » alors qu'une huile végétale dont la teneur en ALA est inférieure à 2 % est considérée comme une huile « pour friture et assaisonnement » ; que l'Afssa considère, dans son avis du 22 juin 2005, que ce critère « ...n'est plus à considérer comme un facteur de protection sanitaire du consommateur... et qu'il peut être abandonné pour les huiles commercialisées.. » (Avis de l'Afssa, 2005) ; que toutefois « la mise sur le marché de nouvelles huiles végétales nécessite, au cas par cas, l'évaluation de leur comportement à la chaleur (au minimum 6 heures à 180 °C) au regard de l'apparition de substances chimiques indésirables » ; que, compte tenu du manque de données analytiques et toxicologiques concernant l'emploi de l'huile de lin en friture, il convient de limiter l'utilisation des mélanges contenant de l'huile de lin à un usage à cru, à savoir comme huiles d'assaisonnement et matières grasses tartinables ;

Niveau de consommation

Considérant que l'apport nutritionnel conseillé d'ALA chez l'Homme adulte (hormis le cas de la femme allaitante) est compris entre 1,6 et 2 g/j (Martin, 2001) ; qu'en outre, l'intérêt de l'ALA en prévention cardio-vasculaire au sein de la population a été montré pour des quantités ingérées inférieures à 2 g/j, en ce qui concerne les études d'intervention sur le critère de mortalité cardiovasculaire (Rapport de l'Afssa, 2003) ; que néanmoins, une limitation des apports en ALA n'avait pas été préconisée en 2003 : « compte tenu de son métabolisme avec utilisation énergétique et des capacités limitées d'élongation, il n'est pas nécessaire de recommander une limitation de l'apport en ALA dans les conditions usuelles de consommation » ; que le pétitionnaire propose de limiter l'utilisation de l'huile de lin en tant

qu'ingrédient de telle sorte que la teneur en ALA soit inférieure à 15 % de l'apport lipidique dans le produit contenant de l'huile de lin (mélange d'huiles et matière grasse tartinable) ;

Considérant qu'il existe des données expérimentales (modèles cellulaires et animaux) et épidémiologiques récentes concernant l'ALA et le cancer de la prostate :

- les données expérimentales montrent un effet plutôt protecteur des acides gras polyinsaturés à longue chaîne (AGPI-LC) oméga 3 (EPA, DHA) (Rapport de l'Afssa - NACRe, 2003)³ ;
- en revanche, l'ALA a été très peu étudié dans ces modèles ;
- les données issues de l'épidémiologie analytique révèlent que sur onze études publiées, neuf montrent une association avec une augmentation du risque de cancer de la prostate lors des consommations les plus élevées d'ALA (supérieures ou égales à 2 g/j) (Astorg, 2004) ;
- cette augmentation est statistiquement significative pour cinq des onze études, avec un test de tendance (relation dose-effet) également significatif ;

Considérant qu'il existe donc des incertitudes quant à la sécurité de quantités d'ALA ingérées supérieures ou égales à 2 g/j chez le sujet adulte de sexe masculin, malgré l'éventualité d'une confusion d'effet avec un aliment contributeur et l'absence d'identification d'hypothèse mécanistique biologiquement plausible ; qu'en conséquence, il est prudent, désormais, de ne pas promouvoir des consommations d'ALA supérieures à 2 g/j chez le sujet adulte de sexe masculin ; qu'à cet effet, il convient que la mise sur le marché de tout ingrédient ou aliment contribuant à une augmentation substantielle des apports en ALA (nouvelle source d'ALA y compris huile de lin, aliments enrichis, compléments alimentaires contenant de l'ALA) soit précédée d'une simulation de consommation vérifiant l'innocuité et l'utilité de cet apport supplémentaire d'ALA, telle que recommandée par l'Afssa (Rapport de l'Afssa, 2004) ; que ce principe s'applique dès lors que l'allégation « riche en acides gras oméga 3 » peut être revendiquée pour le produit contenant de l'huile de lin selon les critères définis par l'Afssa (Rapport de l'Afssa, 2003) ; que cette vérification peut être basée : (i) sur l'absence de risque de dépassement d'un apport de 2 g/j d'ALA pour les percentiles de consommation les plus élevés, et (ii) sur l'amélioration des niveaux de consommation moyen et des percentiles les plus faibles ; que cette simulation devra tenir compte de toutes les sources d'apport d'ALA, y compris les compléments alimentaires ;

Populations cibles

Considérant l'absence d'étude conduite chez l'enfant de moins de trois ans sur l'intérêt nutritionnel et l'innocuité de la consommation d'huile de lin à cet âge,

L'Afssa conclut qu'il convient :

- **que l'huile de lin soit utilisée sous forme de mélanges obtenus selon la technique du co-raffinage permettant de limiter la production de dérivés oxydés lors de la phase de désodorisation (chauffage à 180-200°C) et ceci grâce à la présence de tocophérols apportés par l'autre (ou les autres) huile(s) végétale(s) associée(s) (cas des huiles combinées et matières grasses tartinables),**
- **qu'une éventuelle utilisation de l'huile de lin vierge soit soumise à une évaluation préalable, au cas par cas, ayant pour objectif de s'assurer des conditions de stabilité ;**
- **que le rapport entre les teneurs en tocophérols et celles en ALA des aliments contenant de l'huile de lin soit égal ou supérieur à celle de l'huile de colza, à savoir environ 3 à 11 mg d'alpha- et gamma-tocophérols/g d'ALA ;**
- **de limiter, compte tenu du manque de données analytiques et toxicologiques concernant l'emploi de l'huile de lin en friture, l'utilisation des mélanges contenant de l'huile de lin à un usage cru et sous formes de mélanges dans des huiles d'assaisonnement ou des matières grasses tartinables ;**

³ NACRe : Réseau National Alimentation Cancer Recherche

- que la mise sur le marché de tout ingrédient ou aliment contribuant à une augmentation substantielle des apports en ALA (nouvelle source d'ALA y compris huile de lin, aliments enrichis, compléments alimentaires contenant de l'ALA) soit précédée d'une simulation de consommation vérifiant l'innocuité et l'utilité de cet apport supplémentaire d'ALA ; que l'on peut considérer que ce principe s'applique dès lors que l'allégation « riche en acides gras oméga 3 » peut être revendiquée pour le produit contenant de l'huile de lin selon les critères définis par l'Afssa ; que les simulations peuvent être basées sur la vérification de l'absence de risque de dépassement d'un apport de 2 g/j d'ALA pour les percentiles de consommation les plus élevés et sur la vérification de l'amélioration des niveaux de consommation moyen et des percentiles les plus faibles (Rapport de l'Afssa, 2004) ; que ces simulations devront tenir compte de toutes les sources d'apport d'ALA, y compris les compléments alimentaires ;
- de ne pas utiliser l'huile de lin dans l'alimentation des enfants âgés de moins de trois ans, et de prévoir une mention d'étiquetage sur ce point.

En résumé,

L'Afssa estime qu'il n'existe pas d'élément scientifique s'opposant à l'introduction dans l'alimentation humaine de l'huile de lin pour un usage cru et sous formes de mélanges dans des huiles d'assaisonnement ou des matières grasses tartinables ;

L'Afssa propose, en ce qui concerne la stabilité des aliments contenant de l'huile de lin, que le rapport entre les teneurs en tocophérols et celles en ALA des aliments contenant de l'huile de lin soit égal ou supérieur à celle de l'huile de colza, à savoir environ 3 à 11 mg d'alpha- et gamma-tocophérols/g d'ALA ;

Enfin, l'Afssa considère :

- qu'une éventuelle utilisation de l'huile de lin vierge doit être soumise à une évaluation préalable, au cas par cas, ayant pour objectif de s'assurer des conditions de stabilité ;
- que la mise sur le marché d'ingrédient ou d'aliment contribuant à une augmentation substantielle des apports en ALA doit être précédée d'une simulation de consommation vérifiant l'innocuité et l'utilité de cet apport supplémentaire d'ALA ;
- que l'huile de lin ne doit pas être utilisée dans l'alimentation des enfants âgés de moins de trois ans, et qu'une mention d'étiquetage doit préciser ce point.

Références bibliographiques

- Alonso, L., Marcos, M. L., Blanco, J. G., Navarro, J. A., et al. (1996) Anaphylaxis caused by linseed (flaxseed) intake. *J Allergy Clin Immunol* 98, pp. 469-70.
- Astorg, P. (2004) Dietary N-6 and N-3 polyunsaturated fatty acids and prostate cancer risk: a review of epidemiological and experimental evidence. *Cancer Causes Control*, 15, pp. 367-86.
- Avis de l'Afssa - saisine 2002-SA-0014 (2002) Avis de l'Afssa du 21 octobre 2002 relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition au mercure des femmes enceintes et allaitantes et des jeunes enfants. <http://www.afssa.fr>.
- Avis de l'Afssa - saisine 2003-SA-0100 (2003) Avis de l'Afssa du 1er août 2003 relatif à l'évaluation de l'emploi d'huile de lin, nature ou en mélange, dans l'alimentation courante ainsi que son intérêt nutritionnel en matière d'apport d'acide alpha-linolénique. <http://www.afssa.fr>.
- Avis de l'Afssa - saisine 2003-SA-0380 (saisine liée 2002-SA-0014) (2004) Avis de l'Afssa du 16 mars 2004 relatif à la réévaluation des risques sanitaires du méthylmercure liés à la consommation des produits de la pêche au regard de la nouvelle dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP). <http://www.afssa.fr>.
- Avis de l'Afssa - saisine 2003-SA-0396 - saisine liée 2003-SA-0100 (2004) Avis de l'Afssa du 21 juin 2004 relatif à l'évaluation de l'emploi d'huile de lin, nature ou en mélange, dans l'alimentation courante ainsi que son intérêt nutritionnel en matière d'apport d'acide alpha-linolénique. <http://www.afssa.fr>.
- Avis de l'Afssa - saisine 2004-SA-0412 (2005) Avis de l'Afssa du 22 juin 2005 relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour " assaisonnement " et pour " friture et assaisonnement " fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique . <http://www.afssa.fr>.

- Bemelmans, W. J., Broer, J., Feskens, E. J., Smit, A. J., et al. (2002) Effect of an increased intake of alpha-linolenic acid and group nutritional education on cardiovascular risk factors: the Mediterranean alpha-linolenic enriched Groningen Dietary Intervention (MARGARIN) study. *Am J Clin Nutr*, 75, pp. 221-7.
- Borchgrevink, C. F., Skaga, E., Berg, K. J. and Skjaeggstad, O. (1966) Absence of prophylactic effect of linolenic acid in patients with coronary heart-disease. *Lancet*, 2, pp. 187-9.
- Burdge, G. C., Jones, A. E. and Wootton, S. A. (2002) Eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids are the principal products of alpha-linolenic acid metabolism in young men. *Br J Nutr*, 88, pp. 355-63.
- Burdge, G. C. and Wootton, S. A. (2002) Conversion of alpha-linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in young women. *Br J Nutr*, 88, pp. 411-20.
- Codex alimentarius (1999, amendée en 2003 et 2005) CODEX STAN 210. Norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique.
- Décret 73/139 du 12 février 1973 (JO du 15/02/1973) modifiant le décret du 11 mars 1908 portant règlement d'administration publique pour l'application de la loi du 1er août 1905 sur la répression des fraudes en ce qui concerne les graisses et les huiles comestibles.
- Finnegan, Y. E., Howarth, D., Minihane, A. M., Kew, S., et al. (2003a) Plant and marine derived (n-3) polyunsaturated fatty acids do not affect blood coagulation and fibrinolytic factors in moderately hyperlipidemic humans. *J Nutr*, 133, pp. 2210-3.
- Finnegan, Y. E., Minihane, A. M., Leigh-Firbank, E. C., Kew, S., et al. (2003b) Plant- and marine-derived n-3 polyunsaturated fatty acids have differential effects on fasting and postprandial blood lipid concentrations and on the susceptibility of LDL to oxidative modification in moderately hyperlipidemic subjects. *Am J Clin Nutr*, 77, pp. 783-95.
- Léger, C. L. (2000) La vitamine E : état actuel des connaissances, rôle dans la prévention cardiovasculaire, biodisponibilité. *OCL*, 7, pp. 258-65.
- Mantzioris, E., James, M. J., Gibson, R. A. and Cleland, L. G. (1994) Dietary substitution with an alpha-linolenic acid-rich vegetable oil increases eicosapentaenoic acid concentrations in tissues. *Am J Clin Nutr*, 59, pp. 1304-9.
- Martin, A. Eds. (2001) Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris, Tec & Doc.
- Morise, A., Combe, N., Boue, C., Legrand, P., et al. (2004) Dose effect of alpha-linolenic acid on PUFA conversion, bioavailability, and storage in the hamster. *Lipids*, 39, pp. 325-34.
- Natvig, H., Borchgrevink, C. F., Dedichen, J., Owren, P. A., et al. (1968) A controlled trial of the effect of linolenic acid on incidence of coronary heart disease. The Norwegian vegetable oil experiment of 1965-66. *Scand J Clin Lab Invest Suppl*, 105, pp. 1-20.
- Pawlosky, R. J., Hibbeln, J. R., Novotny, J. A. and Salem, N., Jr. (2001) Physiological compartmental analysis of alpha-linolenic acid metabolism in adult humans. *J Lipid Res*, 42, pp. 1257-65.
- Rallidis, L. S., Paschos, G., Liakos, G. K., Velissaridou, A. H., et al. (2003) Dietary alpha-linolenic acid decreases C-reactive protein, serum amyloid A and interleukin-6 in dyslipidaemic patients. *Atherosclerosis*, 167, pp. 237-42.
- Rallidis, L. S., Paschos, G., Papaioannou, M. L., Liakos, G. K., et al. (2004) The effect of diet enriched with alpha-linolenic acid on soluble cellular adhesion molecules in dyslipidaemic patients. *Atherosclerosis*, 174, pp. 127-32.
- Rapport de l'Afssa - NACRe - saisine 2002-SA-0332 (2003) Acides gras alimentaires et cancers : état des connaissances et perspectives. <http://www.afssa.fr>.
- Rapport de l'Afssa - saisine 2000-SA-0239 (2004) Cahier des charges pour le choix d'un couple Nutriment-Aliment vecteur. <http://www.afssa.fr>.
- Rapport de l'Afssa - saisine 2003-SA-0388 (2005) Risques et bénéfices pour la santé des acides gras trans apportés par les aliments et recommandations. <http://www.afssa.fr>.
- Rapport de l'Afssa - saisines 2001-SA-0104 et 2001-SA-0046 (2003) Acides gras de la famille oméga 3 et système cardiovasculaire : intérêt nutritionnel et allégations. <http://www.afssa.fr>.
- Wagner, K. H. and Elmadfa, I. (2000) Effects of tocopherols and their mixtures on the oxidative stability of olive oil and linseed oil under heating. *Eur J Lipid Sci Technol*, 102, pp. 624-9.
- Yanishlieva, N. V., Kamal-Eldin, A., Marinova, E. M. and Toneva, A. G. (2002) Kinetics of antioxidant action of a- and g-toco-pherols in sunflower and soybean triacylglycerols. *Eur J Lipid Sci Technol*, 104, pp. 262-70.