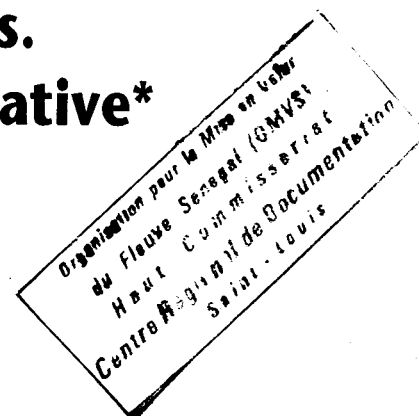


09865

# Les isomères 18 : 1 *trans* dans l'alimentation des Européens. Évaluations quantitative et qualitative\*



Robert L. WOLFF

ISTAB, Laboratoire de lipochimie  
alimentaire, Université Bordeaux I,  
Allée des Facultés, 33405 Talence Cedex

**Résumé :** Les données de la littérature concernant les teneurs en acides 18 : 1 *trans* des aliments sont nombreuses mais peu fiables, car généralement obtenues avec des méthodes au mieux semi-quantitatives, sur un nombre restreint d'échantillons disparates. Nous avons donc repris le problème à la base et redosé, à l'aide d'une méthode quantitative, les isomères 18 : 1 *trans* dans les matières grasses de ruminants et les huiles partiellement hydrogénées (margarines). En ce qui concerne les premières, les valeurs moyennes obtenues, compte tenu des variations saisonnières, sont : matière grasse du lait de vache :  $3,7 \pm 0,8 \%$  ( $n = 36$ ) ; de la viande de bovin :  $1,9 \pm 0,8 \%$  ( $n = 20$ ) ; du tissu adipeux (suif) :  $5,0 \pm 0,8 \%$  ( $n = 9$ ). Pour les laits de chèvre et de brebis, qui peuvent avoir une importance non négligeable dans certains pays méditerranéens :  $2,7 \pm 0,9 \%$  ( $n = 8$ ) et  $4,5 \pm 1,1 \%$  ( $n = 7$ ), respectivement. Dans l'alimentation de la majorité des Européens (Grecs mis à part), c'est la matière grasse de lait de vache, parmi toutes les graisses de ruminants, qui est la source prépondérante d'isomères 18 : 1 *trans* : environ 90 % de l'apport total quotidien. En ce qui concerne les margarines, une teneur moyenne de  $13 \pm 7 \%$  a été établie pour la France. Les valeurs, dans ce cas, sont beaucoup plus fluctuantes que pour les matières grasses de ruminants.

En nous fondant sur des données officielles de consommation d'aliments, nous avons calculé l'apport quotidien en isomères 18 : 1 *trans* pour les habitants de tous les pays de la CEE. Pour la France, cet apport est de 2,8 g/personne/j (soit 10 fois moins que dans les études de Mensink et Katan), dont 60 % proviennent des graisses de ruminants. Cette évaluation a été confirmée par l'analyse fine des isomères 18 : 1 *trans* individuels dans le lait de 10 femmes françaises. Au niveau de la CEE, nous avons mis en évidence un gradient croissant de consommation du sud-ouest vers le nord-est : de 1,5 g en Espagne à 5,8 g au Danemark. Une ligne, dite des 3 g, partage la CEE en deux : sous cette ligne, la contribution des graisses de ruminants à l'apport d'acides 18 : 1 *trans* est supérieure à celle des margarines. Au dessus, c'est l'inverse. Si l'on met en relation les consommations de ces isomères dans les douze pays de la CEE avec les risques de mortalité par maladie cardiovasculaire dans ces mêmes pays (regroupant environ 350 millions d'individus), on ne retrouve pas la relation positive de Willett et al. entre ces deux facteurs. Pour les pays au nord-est de la ligne des 3 g, cette relation est même négative. En revanche, nous avons observé une relation très nette entre ces risques et la consommation de laits liquides en nous fondant sur des données concernant quinze pays dont ceux de la CEE.

**Mots-clés :** acides gras *trans*, consommation, Europe, matières grasses de ruminants, margarines.

FONDAMENTAL

\* Conférence présentée à l'occasion de la Journée «Acides gras *trans*» qui s'est tenue le 18 octobre à Marseille.

**Abstract :** Literature data concerning the trans 18 : 1 acid content of foods are numerous but seldom reliable. These data are generally obtained with simple methods, at best semi-quantitative, on a limited number of heterogeneous samples. Consequently, we reinvestigated the trans-18:1 acid content in foods (ruminant fats and margarines) with a method recognized as quantitative. For ruminant fats, the mean values are : cow milkfat,  $3.7 \pm 0.8 \%$  ( $n=36$ ) ; beef meat (lean),  $1.9 \pm 0.8 \%$  ( $n=20$ ) ; beef adipose tissue (tallow),  $5.0 \pm 0.8 \%$  ( $n=9$ ). Seasonal variations for these values were taken into account. Goat and ewe milkfats may be of concern for some Mediterranean countries ; their mean trans-18 : 1 contents are  $2.7 \pm 0.9 \%$  ( $n=8$ ) and  $4.5 \pm 1.1 \%$  ( $n=7$ ), respectively. For most European people (the Greeks being an exception), the fat from cowmilk contributes the highest part to the daily intake of trans-18 : 1 acids from all ruminant fats : about 90 % of the total. French margarines present a trans-18 : 1 acid content of  $13 \pm 7 \%$  (relative to total fatty acids). This level is considerably more variable than in ruminant fats.

Based on official consumption data, we could calculate the daily trans-18 : 1 acid intake by people from the twelve EEC member states. In France, this intake is ca. 2.8 g/ person/d (that is 10 times less than in the experiments of Mensink and Katan), of which 60 % come from ruminant fats. This estimate was confirmed by the detailed analysis of individual trans-18 : 1 isomers in the milk from ten French women. There is a gradient of trans-18 : 1 acid consumption from the southwest to the northeast of the EEC : from 1.5 g/person/d in Spain to 5.8 g/person/d in Denmark. One can draw a virtual line grossly spanning from Ireland to Greece (the 3 g line) that divides the EEC into two groups of countries. Southwest of this line are countries in which the consumption of trans-18 : 1 acids from ruminant fats is higher than that of margarines. The contrary holds true for countries northeast of this line. Plotting the daily individual trans-18:1 acid consumption by populations from the twelve EEC countries (totalling about 350 millions people) as a function of infarct heart disease risks does not support the relationship established by Willett et al. between these two factors. For those countries lying northeast of the 3-g line, this relation would even be negative. On the other hand, we observed a fairly good relationship between liquid milk consumption and infarct heart disease risks for 15 countries including all EEC member states.

**Key-words :** trans fatty acids, consumption, Europe, ruminant fats, margarines.

## Acides gras naturels et acides gras trans

Les liaisons éthyléniques dans les acides gras insaturés peuvent être de configuration *cis*, et c'est le cas le plus général en ce qui concerne les acides gras alimentaires. Dans cette géométrie où la molécule est coudee au niveau de la double liaison, les deux atomes d'hydrogène sont du même côté de la liaison. Dans quelques cas, la double liaison est de configuration *trans* : les deux atomes d'hydrogène sont alors situés de part et d'autre de la liaison, au niveau de laquelle la géométrie de la molécule est plutôt linéaire. Mais quelles sont les origines de ces doubles liaisons *trans* ?

Elles sont au nombre de trois principalement : la biohydrogénation des acides gras polyinsaturés *cis* alimentaires par les bactéries du premier estomac des ruminants (le rumen), l'hydrogénation catalytique partielle des huiles et matières grasses, et la désodorisation des huiles (leur chauffage, plus généralement).

Mais dès à présent, il convient de préciser le sens des termes utilisés. De façon universelle, on utilise l'expression générique «acides gras *trans*». Cela est commode, les opposant ainsi aux acides gras *cis*, souvent qualifiés de naturels. Il existe, quoi qu'on en dise, une trouble assimilation entre acides gras *trans* et acides gras «non-naturels». Nous verrons plus loin que cette synonymie tendancieuse est le résultat d'un long conflit dont l'histoire est plus que centenaire. Pour le moment, il suffit de pointer le manque de rigueur dans l'utilisation de l'expression «acides gras

*trans*», qui ne recouvre aucune réalité métabolique précise. L'acide 18 : 2 9-*cis*,12-*trans*, son isomère 18 : 2 9-*trans*, 12-*cis*, l'acide 18 : 1 9-*trans*, l'isomère 18 : 3 *cis*-9,*cis*-12,*trans*-15 ont chacun, dans l'organisme, une destinée biochimique différente. Notons toutefois que l'amalgame consistant à rassembler tous les isomères contenant une ou plusieurs liaisons éthyléniques *trans* sous la dénomination unique «acides gras *trans*» permet de rejeter sur tous les membres du groupe les inconvénients de l'un d'entre eux. C'est ce qui s'est passé, et sans cesse reparait dans la littérature scientifique, à propos de l'acide 18 : 2 *trans*-9,*trans*-12. Certes, cet isomère est capable d'inhiber la désaturation de l'acide linoléique (18 : 2 *cis*-9,*cis*-12) et donc d'affecter le métabolisme de l'acide arachidonique. Mais il est absent de notre alimentation : l'intérêt de son étude est purement académique, et les effets de cet acide gras très particulier, étudié surtout parce que sa synthèse est aisée, ne doivent être en aucun cas généralisés. Parlant des acides gras *trans* alimentaires, qui nous intéressent seuls, il est clair que les résultats obtenus avec l'isomère di-*trans* de l'acide linoléique doivent être, purement et simplement, ignorés, y faire référence relève du procès d'intention.

## Quelques éléments d'histoire

Ces précautions étant prises, c'est par facilité de langage que nous parlerons nous aussi d'«acides gras *trans*». Nous l'avons dit plus haut, il

existe trois origines à cette catégorie particulière d'acides gras : l'une naturelle, la biohydrogénation, les deux autres artificielles (c'est-à-dire, étymologiquement, dues à la technique) : l'hydrogénation et la désodorisation. Et ne nous y trompons pas : si c'est le procès des acides gras *trans* que l'on tente de faire, ce n'est pas celui des acides gras *trans* d'origine naturelle (matières grasses de ruminants). La consommation de ceux-ci, plus que traditionnelle, plus qu'historique, remonte aux temps forts reculés et immémoriaux où l'homme préhistorique chassait puis se mit à élever des ruminants pour leur chair, leur lait (peut-être 10 000 ans et plus). En revanche, et si l'on se limite à l'hydrogénation partielle des huiles, la comparaison est difficilement tenable : son invention ne date que de 1902 !

### *Le long procès des margarines*

Et à ce propos, il convient là de faire une parenthèse. À quoi pense-t-on lorsque l'on évoque l'hydrogénation partielle des huiles, ce procédé chimique qui transforme les huiles fluides en matières grasses concrètes ? Aux margarines, aux shortenings. N'insistons pas sur ces derniers, que 99 % au moins des Français ignorent et qui, incorporés comme ingrédients dans les aliments élaborés, demeurent invisibles aux consommateurs. Aux margarines donc. Et au travers des acides gras *trans*, ne serait-ce pas très précisément le procès des margarines que l'on tente de faire ? Mais oui, et ce procès dure depuis cent trente ans, depuis l'invention des margarines, au moins de celles qui furent les ancêtres des nôtres. Car le mot est encore plus ancien : on le doit à Chevreul, qui le forgea en 1813 pour désigner un mélange d'acides gras concrets préparés à partir de graisse de porc. Mais ce n'est qu'en 1869 que Mèges-Mouriès fit passer le mot, qui changea d'acception, des laboratoires des chimistes à la table des Français. Barattant une fraction fluide de graisse de vache (l'oléomargarine) avec du lait, il obtenait un produit gras, tartinable (le beurre économique) destiné à pallier la déficience en beurre, et sa cherté, à l'époque. Immédiatement, on permit que le produit fut commercialisé mais on interdit aussi que son appellation puisse évoquer le beurre. Sans doute Mèges-Mouriès rêvait-il d'une assimilation (il était persuadé d'avoir reconstitué du beurre), ce fut, du jour de sa création, une rupture définitive de la margarine d'avec le beurre aux torts exclusifs de la première. Pour la petite histoire, rappelons que le Canada interdit la fabrication et la commercialisation des margarines jusqu'en 1949 ! Très rapidement, l'on «marqua», comme au fer certains condamnés, les margarines : obligation légale fut faite d'y incorporer des composés détectables, tels que l'huile de sésame, puis la fécule de pomme de terre et enfin l'amidon, pour les identifier et éviter toute falsification du beurre. Pas de mélange possible donc que ne puissent détecter les chimistes.

### *L'hydrogénation des huiles*

Seconde étape décisive dans l'histoire de la margarine, l'application de l'hydrogénation aux huiles fluides en présence d'un catalyseur par Normann en 1902, et le développement industriel de cette technique en Allemagne vers 1912 environ. Cela, bien évidemment, permettait de s'affranchir de l'utilisation de matières grasses animales, dont la production, malgré tout, restait limitée. Pas vraiment en France, terre d'élevage par tradition, et dont les nombreuses colonies assuraient l'approvisionnement en matières grasses végétales concrètes. De plus, le procédé d'hydrogénation permettait d'utiliser à des fins alimentaires des huiles pratiquement non-comestibles, telles celles de lin ou d'animaux marins. De substitut de matière grasse butyrique, la margarine

de Mèges-Mouriès devenait substitut de substitut, véritable «ersatz», par les travaux de Normann.

### *Le problème des acides gras trans*

Très tôt, les nutritionnistes (mais le terme n'existait pas encore) s'intéressèrent aux propriétés des margarines. Tout d'abord à celles de Mèges-Mouriès, et dès les alentours de 1900, on montra que, malgré leur point de fusion plus élevé que celui du beurre, les margarines avaient un coefficient de digestibilité équivalent à celui du beurre. Puis à celles issues des travaux de Normann, vers les années 20 : aucun problème, les huiles de baleine hydrogénées étaient très convenablement assimilées. Mais il faut attendre 1935 pour voir paraître une première étude biochimique sur l'acide élaïdique, isomère *trans* de l'acide oléique. Déjà synthétisé en 1832 par Boudet, il fut avec d'autres acides «iso-oléiques», caractérisé par Moore dans des huiles partiellement hydrogénées en 1919. Et s'il est une époque à laquelle il faut faire remonter le problème des acides gras *trans*, c'est sans doute celle-ci.

Soixante ans après les travaux de Sinclair, où en sommes-nous ? Si les acides gras *cis* font partie de la «logique du vivant», les acides gras *trans* apparaissent plus que jamais comme bio-illogiques. J.-M. Bourre suggérait d'élever à la mémoire de Mèges-Mouriès une statue pour les margarines «qui ont sauvé bien des artères» (mais il pensait aux acides gras poly-insaturés qu'elles contiennent). Pour leur part, Willett *et al.* font le compte des morts provoquées par ces mêmes margarines aux États-Unis (mais eux pensent aux acides gras *trans*).

Sans se tromper, on peut affirmer que le vrai existe certainement entre ces extrêmes. Mais rejetons l'optimisme euphorique de l'un et le pessimisme alarmiste des autres.

### *Les études récentes*

Une certaine vérité semble se dégager de toute une série de travaux, dont ceux de Katan et Mensink ne sont pas des moindres, et qui montrent que la consommation d'acides gras *trans* peut affecter la distribution du cholestérol dans les lipoprotéines sériques, allant, si l'on peut dire, dans le mauvais sens, celui d'une augmentation des risques de maladies cardiovasculaires. Les chercheurs cités étant sérieux, cette tendance apparaît comme bien établie. Mais à quelle dose le «poison» agit-il ? Tout le problème est là. Dans les expériences de Mensink et Katan, citées plus haut, des doses quotidiennes de 24 ou 33 g ont été utilisées pour observer des effets (assez faibles, d'ailleurs, mais significatifs). Mais qui consomme de telles quantités d'acides gras *trans* ? Pour certains auteurs, cela pourrait arriver ponctuellement aux États-Unis. Un simple calcul montre que cela est exceptionnellement possible : il est toutefois nécessaire de consommer environ 150 g de margarine à 18 % d'acides gras *trans* par jour. Cette dernière valeur est assez probable pour une margarine américaine moyenne, mais 150 g de margarine par jour correspondrait premièrement à un très gros mangeur, et deuxièmement à un individu particulièrement amateur de margarines. Cela doit être plutôt rare. À titre de comparaison, la consommation moyenne par les Français de matières grasses est d'une centaine de grammes par jour, dont tout au plus 10 proviennent des margarines, et encore, ce dernier chiffre est-il sujet à des variations régionales sur lesquelles nous reviendrons.

### *Des méthodes simples et imprécises*

Quoi qu'il en soit, les effets des acides gras *trans* sur le cholestérol sérique sont apparemment dépendants de la dose ingérée. Il convient

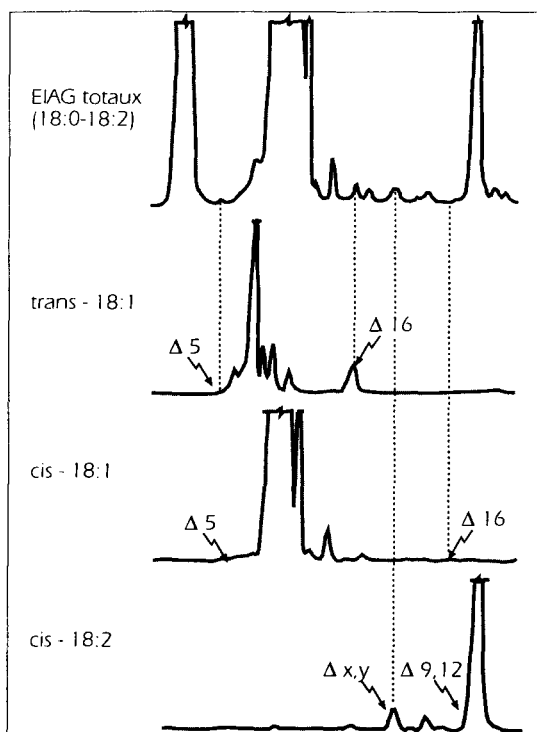


Figure 1. Chromatogrammes partiels de la région 18 : 0 - 18 : 2 d'esters isopropyliques d'acides gras (EIAG) préparés à partir de la matière grasse de viande de bœuf. Chromatogramme du haut : EIAG totaux. Chromatogrammes inférieurs : fractions d'EIAG isolés par chromatographie sur couche mince de gel de silice imprégné de nitrate d'argent. Identification des pics par comparaison avec des esters isopropyliques d'acides gras individuels de synthèse. Conditions chromatographiques : colonne capillaire, CP-Sil 88, 50 m x 0,25 mm d.i., Chrompack, Middelburg, Pays-Bas ; température, 160 °C ; pression du gaz vecteur (hélium) en entrée de colonne : 100 kPa.

donc de s'interroger sur cette dose, et de l'établir avec la plus grande précision possible. Et la première étape, dans cette entreprise, consiste à savoir combien la matière grasse des aliments contient d'acides gras *trans*. Ce n'est pas là le plus simple si l'on sait que les résultats des dosages dépendent de la méthodologie analytique employée. Sans remonter aux méthodes de précipitation des acides iso-oléiques solides du premier tiers de ce siècle, nous citerons les deux méthodes qui ont été les plus utilisées : l'absorption dans l'infrarouge (IR) à 970  $\text{cm}^{-1}$  des doubles liaisons *trans* isolées (dès 1952) et la séparation des isomères *trans* par chromatographie en phase gazeuse (CPG) dès 1960, parfois couplée à un pré-fractionnement par chromatographie sur couche mince (ou sur colonne) de gel de silice imprégné de nitrate d'argent (Ag-CCM). La méthode d'absorption dans l'IR est, au mieux, seulement semi-quantitative lorsque les acides gras contenant une liaison éthylénique *trans* sont présents à des taux inférieurs à 10-15 %, ce qui est le cas le plus général. C'est notre opinion qu'il convient de considérer les résultats obtenus par cette méthode avec la plus grande suspicion, voire de les laisser de côté dans le cadre d'évaluations quantitatives des isomères *trans* ingérés. De plus, cette méthode, que nous pouvons qualifier de globale, ne donne nullement accès au détail de la distribution des isomères. On peut penser d'ailleurs qu'elle est un peu

la cause de l'amalgame fait entre ceux-ci et responsable en partie de l'appellation générique «acides gras *trans*». La CPG, en revanche, permet un meilleur dosage, quoique encore imparfait, de ces composés. Qu'elle soit réalisée sur colonne remplie ou sur colonne capillaire, la CPG ne permet pas d'éviter un grand nombre d'interférences entre les isomères *trans* et d'autres acides gras. Là aussi, la plus grande prudence est de mise dans l'interprétation des chromatogrammes, dans l'identification des composés et dans leur quantification. Pour se limiter aux acides 18 : 1 *trans*, qui sont d'un point de vue nutritionnel de loin les plus importants, il n'est pas possible, quel que soit le pouvoir de résolution de la colonne, de les séparer complètement des isomères *cis* : des isomères *cis* interfèrent avec les *trans* et réciproquement. Un dosage basé sur une seule analyse par CPG n'est donc, lui-aussi, que semi-quantitatif. Mais les deux méthodes évoquées, absorption dans l'IR et CPG, ont pour elles les avantages de la simplicité et de la rapidité : c'est sans doute pour ces raisons que la très grande majorité des résultats accessibles dans la littérature a été obtenue par l'une ou l'autre de ces deux méthodes. Mais c'est aussi à cause de l'imprécision de ces méthodes que ces résultats sont difficilement utilisables pour déterminer les quantités d'isomères *trans* consommées quotidiennement. Et c'est cette imprécision qui nous a conduit à reprendre le problème à son origine, et à redoser systématiquement les isomères *trans* dans les aliments.

### Une méthode plus complexe mais quantitative

En effet, si l'on se contente de puiser dans la littérature, on pourra soit adopter des valeurs élevées si l'on est pessimiste, soit des valeurs basses si l'on est optimiste. Cela n'est guère rationnel, et bien moins encore scientifique. Il nous est apparu indispensable de disposer de moyennes établies à partir d'un grand nombre d'échantillons, à l'aide d'une méthode reconnue quantitative que nous décrivons brièvement. Son principe est simple bien que sa mise en œuvre soit relativement fastidieuse. Il consiste à se débarrasser des isomères 18 : 1 *cis* qui interfèrent lors de la CPG. Pour cela, on fractionne les esters d'acides gras par Ag-CCM : les esters vont se séparer les uns des autres en fonction, notamment, de leur nombre de liaisons éthyléniques, mais aussi, et cela nous intéresse plus particulièrement, en fonction de la configuration géométrique (*cis* ou *trans*) de celles-ci. De ce fait, on peut isoler sans difficulté majeure les esters d'acides saturés et d'acides mono-énoïques *trans* que l'on récupère et que l'on réanalyse par CPG. Les esters d'acides stéarique et palmitique sont alors utilisés comme standards internes pour quantifier les acides 18 : 1 *trans*. Les colonnes capillaires (CP-Sil 88) que nous utilisons étant particulièrement résolutive, nous avons également accès au détail de la distribution des isomères *trans* individuels, au moins en partie, et ce, sans technique complémentaire (figure 1).

### Les sources alimentaires d'acides gras *trans*

Quelles sont les sources alimentaires importantes d'acides gras *trans* ? Si l'on écarte les huiles linoléiques désodorisées, dont l'étude est trop récente, elles sont au nombre de deux. Les matières grasses de ruminants d'une part : viandes de bœuf et de mouton, suif, laits de vache, brebis et chèvre. Les huiles partiellement hydrogénées d'autre part : margarines ménagères et industrielles, ainsi que leurs dérivés allégés, et shortenings. Une différence très importante sépare ces deux sources : une certaine invariabilité dans le cas des graisses de ruminants, dont les isomères *trans* sont issus d'un processus métabolique bien précis,

et à l'opposé, une grande variabilité dans le cas des huiles partiellement hydrogénées. Pour ces dernières, beaucoup de paramètres entrent en jeu, au nombre desquels la nature de l'huile, celle du catalyseur, les conditions de l'hydrogénation (température, pression, agitation). En outre, des facteurs économiques entrent également en jeu dans la formulation des margarines : selon les cours, on utilisera telle huile plutôt que telle autre, afin de réduire le coût du produit. Aussi, et de plus en plus, la tendance est à la fabrication de margarines à taux réduit ou nul en acides gras *trans*. De ce fait, les dosages effectués au cours d'une année ne se répéteront pas forcément l'année suivante : cela n'est bien évidemment pas le cas pour les graisses de ruminant. Par voie de conséquences, si l'on peut atteindre une certitude pour ces dernières, cela n'est pas évident pour les margarines et une large plage de variation est à attendre.

## Les matières grasses de ruminants

### Les variations saisonnières des produits laitiers

Parmi les graisses de ruminants, la plus importante quantitativement est sans conteste la matière grasse du lait de vache, que l'on consomme sous un grand nombre de formes : lait, crème, beurre, fromage, etc. Ces produits font partie de notre panoplie culinaire quotidienne et sont inévitables, sauf peut-être pour les végétariens. Nous leur avons donc consacré une partie importante de nos études. Mais revenons sur le processus de la biohydrogénation par les micro-organismes du rumen. L'un des substrats de ce mécanisme est l'acide alpha-linolénique. Selon qu'il abondera ou non dans l'alimentation du bétail, des acides 18 : 1 *trans* seront synthétisés, puis assimilés par l'animal en plus ou moins grande quantité. Or, l'une des sources prépondérantes d'acide linoléique est l'herbe. Par conséquent, c'est en période de pâturage (printemps et été) que les acides 18 : 1 *trans* seront à leur maximum dans la matière grasse du lait, et à leur minimum en période de stabulation (hiver). Si l'on désire obtenir une valeur annuelle moyenne de la proportion d'isomères *trans* dans la matière grasse du lait, il est donc impératif de tenir compte de leurs variations saisonnières. Ces dernières, pourtant connues depuis près de quarante ans, sont malheureusement négligées, et l'on trouvera, dans la littérature, des valeurs isolées variant de 1 à 8 % ou plus, sans que les auteurs ne se soient souciés de la saison de prélèvement de leurs échantillons. Sans oublier qu'à ces variations biologiques s'ajoutent les variations liées à la méthodologie du dosage, comme nous l'avons détaillé plus haut.

Afin d'éliminer les facteurs saisonniers et méthodologiques de variation, nous avons établi la teneur en acides 18 : 1 *trans* par couplage CPG/Ag-CCM de 36 beurres, correspondant à la matière grasse de plusieurs milliers ou dizaines de milliers de litres de lait, prélevés au cours de trois saisons : printemps, été et automne. Des beurres d'hiver sont en cours d'étude. De notre travail il ressort que la teneur moyenne annuelle en acides 18 : 1 *trans* dans la matière grasse du lait de vache est de  $3,73 \pm 0,68$  % des acides gras totaux avec un maximum moyen de  $4,28 \pm 0,47$  % au printemps. En l'absence de valeurs pour l'hiver, on peut penser qu'il n'est pas impossible que ce chiffre soit révisable à une très légère baisse. Munis de cette donnée, de la teneur moyenne en matière grasse du lait (3,7 %) et des consommations annuelles de lait (publiées régulièrement par le Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière), nous sommes en mesure de calculer précisément les quantités d'acides 18 : 1 *trans* consommées quotidiennement à partir du lait de vache (tableau 1). À l'exception de la péninsule

Tableau 1. Consommation individuelle journalière moyenne de matière grasse de lait et d'acides 18 : 1 *trans* de cette matière grasse par les habitants des douze pays de la CEE.

a) Evaluation de la quantité de lait entier (à 3,7 % de matière grasse) utilisé pour la fabrication de tous les produits laitiers dérivés consommés en un an (source : CNIEL).

b) Valeurs obtenues en multipliant la consommation quotidienne de matières grasses laitières par 0,95 (proportion des acides gras dans les triglycérides) et par 0,038 (teneur moyenne en acides 18 : 1 *trans* des acides gras totaux de la matière grasse laitière).

Pays	kg lait/an a	g mat. gr./j	g 18:1 trans/j b
France	399	40,4	1,46
Allemagne	365	37,0	1,37
Italie	289	29,3	1,08
Pays-Bas	304	30,8	1,14
Belgique-Luxembourg	360	36,5	1,35
Royaume-Uni	302	30,6	1,13
Irlande	358	36,3	1,34
Danemark	446	45,2	1,66
Grèce	190	19,3	0,71
Espagne	162	16,4	0,61
Portugal	153	15,5	0,57
CEE (12 pays)	311	31,5	1,16

ibérique et de la Grèce, les résultats ainsi obtenus pour les pays de la CEE sont assez constants : de 1,3 à 1,6 g/personne/j. Ces valeurs constitueraient donc une sorte de ligne de base de consommation d'acides 18 : 1 *trans*, inévitable. On retrouve d'ailleurs des valeurs similaires pour les habitants des États-Unis. En se fondant sur une teneur moyenne en acides saturés de la matière grasse du lait de 69 % (n= 36), et en utilisant les mêmes données que pour le calcul de consommation d'acides 18 : 1 *trans*, on peut estimer à 28 g/personne la quantité d'acides gras saturés, issus du lait, ingérés quotidiennement par les Français. Soit près de 20 fois plus que d'isomères 18 : 1 *trans* de même origine. C'est donc bien plus à l'étude des incidences potentielles des acides gras saturés qu'il convient de donner la priorité plutôt qu'à celle des acides 18 : 1 *trans* !

### Les sources mineures d'acides gras trans

Concernant les bovins, s'ajoutent aux isomères *trans* du lait ceux de la viande et du « gras », le suif. La consommation moyenne de viande de bœuf en France — une des plus importantes en Europe — est de l'ordre de 50 g/personne/j. Première interrogation : quelle est la teneur moyenne en matières grasses de cette viande ? Contrairement aux idées reçues, le bœuf n'est pas gras :  $5,1 \pm 3,5$  % de matière grasse dans le « maigre » de 22 pièces de viande différentes d'autant d'animaux différents. Le nombre d'analyses est peut-être encore trop faible pour que cette valeur puisse servir de référence, et nous le multiplions actuellement par deux. Mais le problème est plus complexe, dépendant des techniques culinaires et des habitudes alimentaires. Lors de la cuisson d'un steak à la poêle, par exemple, une partie du gras du muscle fond, mais en revanche, une partie du gras périphérique infiltre la viande. Et puis, que penser des steacks hachés, de plus en plus consommés (par facilité de préparation, probablement), et dont la teneur en matière grasse avoisine les 15 % ? C'est pour ces raisons que

contenter des valeurs de la littérature. Malheureusement, celles-ci sont rares et disparates et ne concernent généralement que le tissu adipeux. Mais un taux de 4-5 % d'acides 18 : 1 *trans* apparaît comme raisonnable. Quoi qu'il en soit, du fait que les viandes de mouton et d'agneau sont consommées en moindres quantités que celles de bœuf ou de veau, la proportion d'isomères 18 : 1 *trans* qu'elles apportent ne peut être que très faible (tableau 2). À titre d'exemple, en France, la viande de mouton consommée représente moins de 10 % de celle de bœuf.

### Bilan de consommation

Si l'on fait le bilan de la consommation d'acides 18 : 1 *trans* apportés par les graisses de ruminants pour l'ensemble des pays de la CEE, on constate que les variations entre pays sont très faibles. À deux exceptions près (Portugal et Espagne), cette consommation est comprise entre 1,3 et 1,8 g/personne/j, c'est-à-dire similaire à celle estimée pour les États Unis. Pour le Portugal et l'Espagne, ces valeurs sont réduites à 0,8-0,9 g/personne/j. Dans tous les cas, ce sont les produits laitiers qui contribuent pour la plus grande part à l'apport quotidien d'acides 18 : 1 *trans* issus de ruminants. Tous pays confondus, cette proportion est de 82 à 91%. Les viandes de ruminants et le suif représentent des sources alimentaires d'acides 18 : 1 *trans* tous comptes faits très marginales.

Pour clore cette partie sur les matières grasses de ruminants, disons ceci. Si l'on tient compte des variations saisonnières possibles, les teneurs moyennes en isomères 18 : 1 *trans* établies sur une année sont systématiquement inférieures à 5 % des acides gras totaux. Nous recommandons d'«oublier» les données plus anciennes faisant état de valeurs supérieures, au moins dans le cadre fixé d'estimations de consommation. Deuxièmement, les profils de distribution des isomères 18 : 1 *trans* dans les matières grasses de ruminants présentent, indépendamment de leur origine, une allure constante et unique (tableau 3). À cet égard, ces matières grasses apparaissent comme particulièrement homogènes, et cela les oppose aux huiles partiellement hydrogénées, qui présentent des profils en isomères 18 : 1 *trans* fort variés. Dernier point, sur lequel nous ne nous sommes pas encore penchés : les isomères 18 : 1 *cis*. Chez les ruminants, ils sont constitués à près de 98 % d'acides oléique et *cis*-vaccénique, que l'on peut qualifier de naturels dans la mesure où ils sont présents dans toutes les matières grasses animales et huiles végétales natives. Ce n'est nullement le cas des huiles partiellement hydrogénées, dans lesquelles on retrouve toute une série d'isomères 18 : 1 *cis*, en proportions variables mais bien plus élevées que dans les matières grasses de ruminants.

## Les taux moyens dans les margarines

### Des variations insaisissables

La détermination du taux moyen d'acides 18 : 1 *trans* dans les margarines est un exercice difficile et délicat, non pas tant sur un plan méthodologique que parce que le taux d'acides 18 : 1 *trans* varie considérablement d'un échantillon à un autre. Nous nous y sommes intéressés il y a quatre ans environ et avons analysé 17 margarines et produits apparentés commercialisés en France. Nous avons également réalisé une série d'analyses sur des produits belges similaires. Le premier point marquant est la très grande variabilité entre produits dans leur teneur en acides 18 : 1 *trans* : pour les deux pays cités, les valeurs extrêmes étaient de 3 et 27 %. Cette variabilité est sans commune mesure avec celle observée sur les matières grasses de ruminants (2-6 %).

Tableau 3. Proportions, en pourcentages de leur total, des acides 18 : 1 *trans* isolés par Ag-CCM de différentes matières grasses de ruminants.

Isomères	Proportions				
	Lait de vache (Printemps)	Lait de chèvre	Lait de brebis	Viande bœuf (Hiver)	Suif (Hiver)
trans-6 à trans-9	7,2	12,6	8,3	8,7	11,6
trans-10 + trans-11	58,2	44,9	56,7	66,9	63,8
trans-12	6,2	8,7	6,7	5,9	4,7
trans-13 + trans-14	15,4	18,2	15,6	9,5	10,5
trans-15	5,7	6,8	5,2	4,1	4,6
trans-16	7,3	8,8	7,5	4,9	4,7

De plus, il faut savoir que l'on commercialise maintenant des margarines sans acides gras *trans*, mais que d'un autre côté, certaines industries agro-alimentaires utilisent des huiles partiellement hydrogénées «titrant» 40 à 50 % d'isomères *trans*. Autant les données de consommation de margarines sont assez bien établies, autant celles concernant l'utilisation de telles huiles demeurent imprécises, voire tout simplement inconnues. D'autre part, si comme semble l'indiquer l'étude de Willett *et al.*, les isomères *trans* auraient une incidence positive sur les accidents cardiovasculaires, on imagine bien que cela n'est pas dû aux margarines telles qu'elles sont formulées actuellement, mais telles qu'elles l'étaient dans les précédentes décennies. Or de tels produits ne sont plus accessibles à l'analyse. Nous sommes donc conduits, ignorance oblige, à postuler que l'évolution des formulations n'a été que minime, ce que, nous l'admettons, est un peu osé et même certainement faux. Rappelons cette simple anecdote : il y a une trentaine d'années, avant la diffusion massive des réfrigérateurs, les margariniers adaptaient encore le point de fusion de leurs produits à la température ambiante et l'on pouvait ainsi noter des variations saisonnières dans leur teneur en acides 18 : 1 *trans*. Rappelons aussi que si les margarines actuelles sont riches en acides gras polyinsaturés, ce n'était pas, au départ, pour des raisons diététiques ou nutritionnelles : l'adaptation aux basses températures des réfrigérateurs nécessitait leur utilisation, afin de conserver aux margarines leurs propriétés de tartinabilité (c'est-à-dire une température de fusion relativement basse) en sortie de réfrigérateur. Les margarines sont donc des produits à formulation éminemment variable, à l'opposé du beurre, les unes étant l'oeuvre des chimistes, l'autre celle de la nature.

### A propos de l'étiquetage

Ouvrons ici une nouvelle parenthèse. Il est régulièrement fait état, dans plusieurs pays, de l'établissement d'une forme de réglementation dont l'objectif serait de mentionner sur leur étiquetage, pour les produits en contenant, les teneurs en acides gras *trans*. Vu la difficulté de l'identification de ces composés, ce type de proposition paraît déraisonnable. Qui sait, avec certitude, identifier les isomères géométriques de l'acide linoléique, les isomères méthylène ou non-méthylène interrompus de l'acide linoléique, les isomères individuels 18 : 1 *trans*, les isomères conjugués ? Et les isomères 18 : 1 *cis* ? Très, très peu de laboratoires en vérité (en existe-t-il d'ailleurs un ?). Et à quel prix de telles analyses complexes seraient-elles faites ? Nos aînés, qui en savaient moins que nous, mais qui en savaient beaucoup, parlaient, à propos

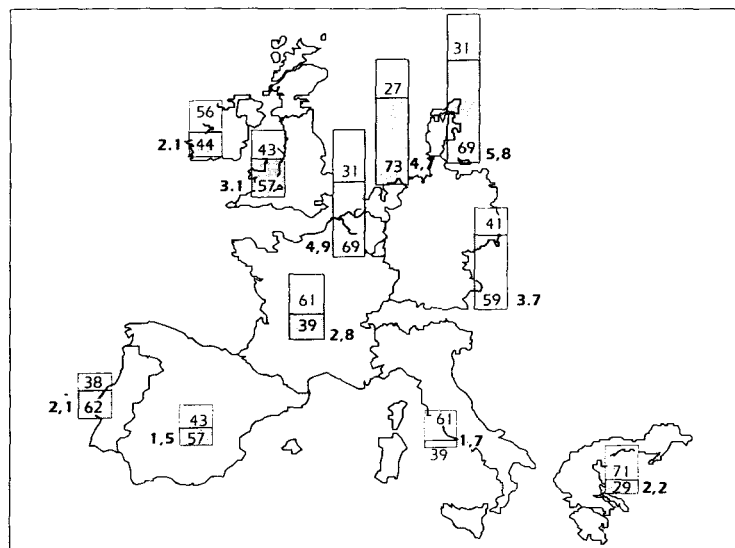


Figure 2. Estimations de la consommation individuelle quotidienne d'acides 18 : 1 trans par les habitants des États membres de la CEE. Volumes grisés, total des acides 18 : 1 trans issus de ruminants. Volumes jaunes, acides 18 : 1 trans provenant des margarines. Les valeurs au pied des colonnes correspondent à la consommation totale quotidienne d'acides 18 : 1 trans et sont exprimées en g/personne/j. Les autres valeurs correspondent aux contributions relatives des deux sources, ruminants et margarines, en pourcentage.

l'huile native. En fait, nous proposons de rassembler, sous une appellation commune, les isomères iso-oléique, iso-linoléique et iso-linolénique, indépendamment de la présence de liaisons éthyléniques de configuration trans. L'étiquetage d'une margarine mentionnerait ainsi qu'elle contient, par exemple, x % d'iso-acides. Parenthèse fermée.

### Les teneurs moyennes

La teneur moyenne en isomères 18 : 1 trans des margarines et produits apparentés est de  $13,3 \pm 6,8$  % en France, et peu différente en Belgique. Ces valeurs sont tout à fait comparables à celles rapportées pour l'Allemagne (ex-RFA) et la Suède. Il ne paraît donc pas abusif d'utiliser la valeur de 13 % dans nos estimations, tout en sachant qu'une certaine variabilité existe. En utilisant cette donnée et les quantités de margarine consommées par individu et par an, on peut calculer les quantités d'isomères 18 : 1 trans, provenant des margarines, ingérées quotidiennement dans les différents pays de la CEE. Ces valeurs, ainsi que celles correspondant aux graisses de ruminants, sont illustrées sur la carte de la figure 2. On est immédiatement frappé, à l'examen de ce document, par l'existence d'un gradient croissant de consommation d'acides 18 : 1 trans allant du sud-ouest au nord-est de

des isomères de l'acide oléique, d'acides «iso-oléiques». Cette ancienne appellation, quelque part, pourrait resservir. Prenons une huile végétale, que l'on hydrogène. Au départ, elle ne contient, au maximum, que trois acides gras principaux susceptibles d'être modifiés par hydrogénation : acides oléique, linoléique et linoléique. L'hydrogénation va conduire à la formation de très nombreux isomères, en plus de l'acide stéarique, dont certains cependant ont une structure identique aux acides gras initiaux. Il suffit de les repérer, ce qui est relativement aisé : tous ceux qui ne sont ni acide oléique, ni acides linoléique ou linoléique, peuvent être qualifiés d'«iso-acides». C'est leur somme qui serait, clairement, indicative de l'état de modification de

Tableau 4. Proportions des différents isomères 18 : 1 trans, isolés par Ag-CCM à partir des esters isopropyliques d'acides gras préparés à partir des lipides de lait humain.

a) Pourcentages relatifs au total des isomères 18 : 1 trans.

Isomères	Proportions a (n = 10)
trans-6 à trans-9	20,3 ± 7,8
trans-10 + trans-11	49,2 ± 7,3
trans-12	10,5 ± 6,9
trans-13 + trans-14	11,3 ± 2,1
trans-15	3,9 ± 1,0
trans-16	4,9 ± 1,7

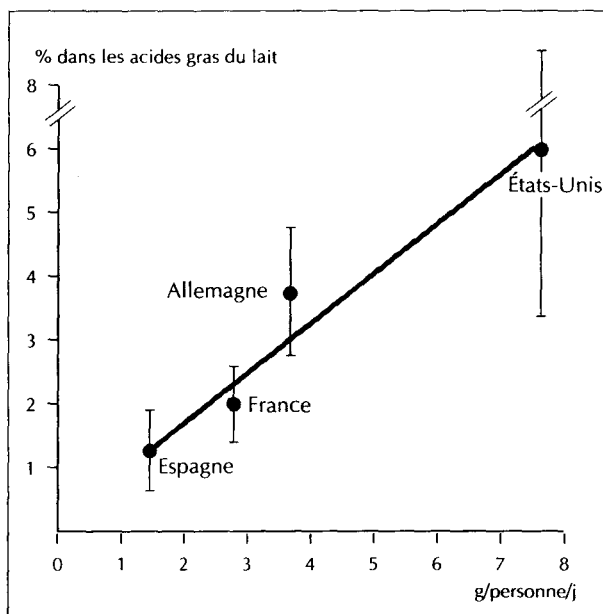


Figure 3. Relation entre les consommations estimées quotidiennes, par personne, d'acides 18 : 1 trans (en g) et les teneurs (en % des acides gras totaux) des acides 18 : 1 trans dans les lipides de lait humain. Les valeurs concernant les pays étrangers, obtenues par simple analyse en CPG, ont été multipliées par 1,25 (facteur de correction). (légende de l'ordonnée : % dans les acides gras du lait ; de l'abscisse : g/personne/j).

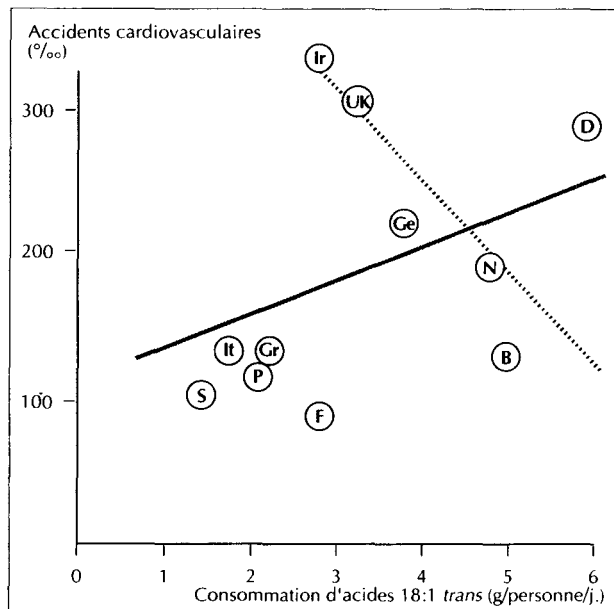


Figure 4. Représentation graphique des risques d'accidents cardiovasculaires (IHD) en fonction de la consommation individuelle quotidienne d'acides 18 : 1 *trans* dans les populations des pays de la CEE. Ligne continue : tous pays ; ligne en tirets : pays au nord-est de la ligne des 3 g. Les données concernent les sujets mâles de tous âges. S : Espagne ; P : Portugal ; F : France ; It : Italie ; Gr : Grèce ; B : Belgique + Luxembourg ; N : Pays-Bas ; Ge : Allemagne ; UK : Royaume-Uni ; Ir : Irlande ; D : Danemark.

l'Europe. Les Espagnols ne consommeraient que 1,5 g/personne/j de ces isomères, contre 5,8 g/personne/j pour les Danois. Plus au nord encore, en Suède, cette consommation serait de 7,8 g/personne/j. On peut également observer qu'il existe deux catégories de pays, ceux pour lesquels la part revenant aux graisses de ruminants est supérieure à la part revenant aux margarines dans l'ingestion quotidienne d'isomères 18:1 *trans*, et ceux où c'est l'inverse qui se produit. Ces deux groupes de pays sont séparés par une ligne imaginaire s'étendant en gros de l'Irlande à la Grèce et correspondant à une consommation moyenne d'acides 18 : 1 *trans* de 3 g/personne/j (ligne des 3 g). Cette ligne sépare également la France en deux et ce n'est pas tout à fait un hasard : on consomme dans le Nord presque quatre fois plus de margarines et deux fois plus de beurre que dans le sud-ouest ou le sud-est du pays. En France toujours, la consommation moyenne d'acides 18 : 1 *trans* est de 2,8 g/personne/j, soit environ 10 fois moins que dans les expériences de Mensink et Katan. Cette valeur correspond aussi assez bien au quintile représentant la consommation la plus basse dans l'étude épidémiologique de Willett *et al.*, c'est-à-dire celui présentant le taux le plus bas d'accidents cardio-vasculaires. Les acides 18 : 1 *trans*, selon nos estimations pour la France sont à 60 % environ originaires de graisses de ruminants et à 40 % issus de margarines.

Ces proportions, basées sur des données de consommation et nos propres dosages d'isomères 18:1 *trans* dans les aliments, ont pu être confirmées par l'étude fine des isomères 18:1 *trans* dans 10 échantillons de lait de femmes de la région de Dijon. Dans ces laits, tout comme dans les matières grasses de ruminants, l'isomère majeur est

l'acide vaccénique (tableau 4). Les laits humains, à vrai dire, constituent un marqueur de choix aisément accessible de la quantité d'isomères 18:1 *trans* ingérés : nous avons ainsi pu établir une relation linéaire, en nous basant sur des données pour quatre pays, entre cette quantité et la teneur en isomères 18:1 *trans* dans les acides gras du lait de femme (figure 3).

## Un gradient de consommation dans la CEE

Nous allons maintenant, pour finir, nous livrer à un exercice fort délicat, en essayant de mettre en relation les quantités d'acides 18 : 1 *trans* consommées quotidiennement par les habitants des différents pays de la CEE (totalisant environ 350 millions de personnes) avec les risques de mortalité par accident cardio-vasculaire dans ces mêmes pays. Ces données accessibles auprès de l'Organisation Mondiale pour la Santé, à Genève, sont rassemblées dans la figure 4. N'importe quelle «calculatrice» équipée d'un programme de statistiques permet d'établir une droite de régression. Mais quelle en est la signification ? Si l'on prend en compte tous les pays, certains s'éloignent notablement de la droite ainsi établie : par défaut, la France et la Belgique, et par excès, l'Irlande et le Royaume-Uni. Pire : si l'on ne considère que les pays de la CEE «gros» consommateurs de margarines (au nord-est de la ligne des 3 g), une corrélation carrément négative peut être établie, dont seul le Danemark s'éloigne quelque peu. Pour nous, il est clair qu'une seule conclusion peut être tirée de ces faits : il n'y a pas de lien de cause à effet entre la consommation d'isomères 18:1 *trans* et les risques de décès par accident cardio-vasculaire au niveau de la CEE. Même si l'on admet, comme Willett *et al.*, qu'une telle corrélation basée sur 5 points

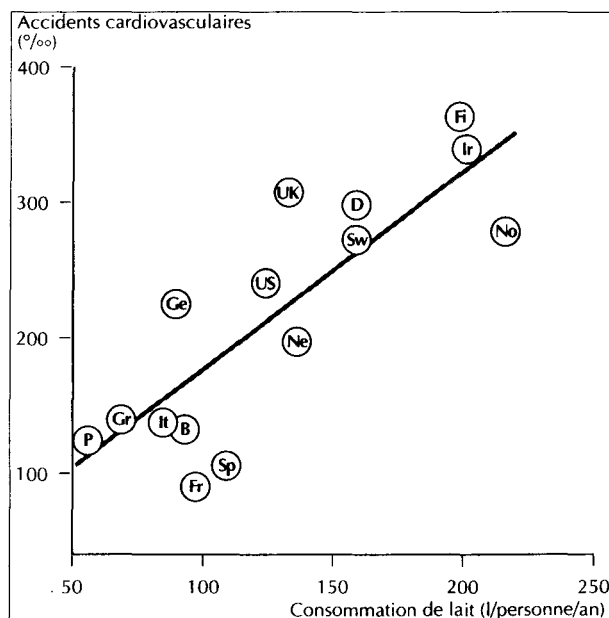


Figure 5. Représentation graphique des risques d'accidents cardiovasculaires (IHD risks) en fonction de la consommation individuelle annuelle de laits liquides pour les pays de la CEE, ceux du nord de l'Europe et les États-Unis. Mêmes abréviations que pour la figure 4 ; US : États-Unis ; Sw : Suède ; No : Norvège ; Fi : Finlande.



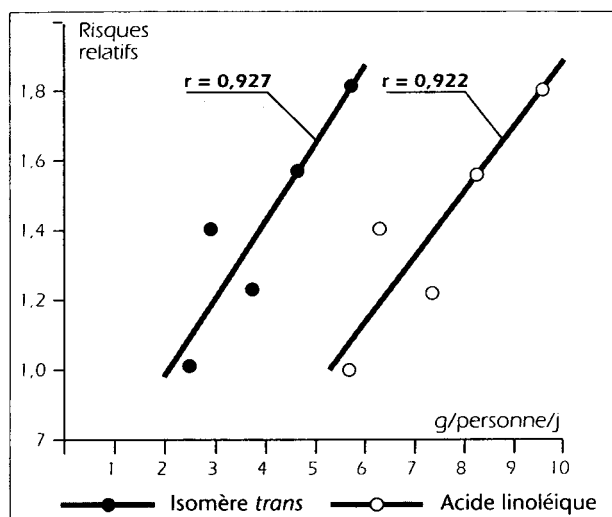


Figure 6. Risques relatifs de maladies cardiovasculaires en fonction des consommations quotidiennes d'isomères trans et d'acide linoléique. Graphique établi d'après les données de Willett et al.

seulement peut exister, les margarines seules ne peuvent être incriminées. D'ailleurs, ces mêmes auteurs n'ont-ils pas observé une corrélation similaire entre la consommation de pain blanc et les risques cardiovasculaires ? Nous ne savons pas si le pain blanc aux États-Unis contient de fortes quantités de shortenings, mais les données de Willett *et al.* signifient aussi qu'il y a corrélation entre consommations de pain blanc et de margarine, les margarines étant probablement étalées sur ce même pain blanc avant consommation. Leurs données sont peut-être révélatrices d'habitudes alimentaires propres aux populations à risque : peut-être des obèses à l'appétit gargantuesque ? Ces tartines de margarine sont probablement accompagnées d'une boisson : gazeuse au cola, lait ou autre encore. Poursuivant cette idée, nous avons eu la curiosité de mettre en relation la consommation de lait liquide avec les risques de maladies cardio-vasculaires dans une quinzaine de pays. La corrélation ainsi obtenue est nettement meilleure qu'avec les margarines (figure 5). Doit-on pour autant, comme Willett *et al.* à propos des margarines, suggérer d'en supprimer la consommation ? À comparer les relations consommation de margarines ou de lait/risques de maladies cardiovascu-

laire, il semble plus pressant de s'intéresser aux laits liquides qu'aux margarines.

## Une autre conclusion

Pour conclure, nous ferons le constat suivant. Les travaux de Katan *et al.* ont été réalisés avec des doses d'acides 18 : 1 *trans* qui ne sont consommées dans aucun des pays de la CEE. D'autre part, Willett *et al.* ont observé une corrélation entre ingestion de ces mêmes isomères et les risques de maladies cardiovasculaires sur quelques dizaines de milliers d'infirmières américaines, corrélation que nous ne retrouvons pas au niveau des pays de la CEE qui regroupent près de 350 millions d'habitants. Les observations de Katan *et al.* ne peuvent être mises en doute : seules les doses utilisées limitent la portée de leurs études. Dans le cas de l'étude épidémiologique de Willett *et al.*, la corrélation observée ne serait, d'après nos propres observations pour la CEE, que coïncidence.

Notons aussi que, selon les propres données de Willett *et al.* la consommation d'acide linoléique est parallèle à celle des acides gras *trans* : les plus gros mangeurs d'acides gras *trans* sont aussi les plus gros consommateurs d'acide linoléique. La raison pour laquelle Willett *et al.* incriminent les acides gras *trans* n'est certainement pas mathématique : les facteurs de corrélation consommation d'isomères *trans* ou d'acide linoléique et risque par maladie cardio-vasculaire sont identiques (figure 6). Pour finir, remarquons que dans l'étude de Willett *et al.* la consommation de margarines dans le premier quintile est inférieure à une cuillerée par mois contre deux à trois cuillerées par jour dans le cinquième : soit un rapport global de 1 à 75 ! Or les risques de maladies cardio-vasculaires ne passent entre ces quintiles, que de 1 à 1,03. Dans ces conditions est-il raisonnable d'attribuer aux margarines un effet quelconque ?

## RÉFÉRENCES

- MENSINK RP, KATAN MB (1990). *N Eng J Med*, 323 : 439.
- ZOCK PL, KATAN MB (1992). *J Lipid Res*, 33 : 399.
- WILLETT WC *et al.* (1993). *Lancet*, 341 : 581.
- WILLETT WC, ASCHERIO A (1994). *Amer J Public Health*, 84 : 722.
- WOLFF RL (1994). *J Am Oil Chem Soc*, 71 : 277.
- WOLFF RL (1995). *J Am Oil Chem soc*, 72, sous presse.