

FORMATION CONTINUE – ARTICLE DE SYNTHÈSE

Acides gras : nomenclature et sources alimentaires

Cuvelier C., Cabaraux J.-F., Dufrasne I., Hornick J.-L., Istasse L.

Nutrition, Département des Productions Animales, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège B43, Sart-Tilman, 4000 Liège, Belgique

Correspondance : Dr. CUVELIER Christine
ccuvelier@ulg.ac.be

RESUME : Les acides gras sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique hydrophobe saturée ou insaturée. Appartenant à la catégorie des lipides, ils font l'objet de plusieurs nomenclatures : la nomenclature internationale normalisée, une nomenclature communément appelée « oméga » et une nomenclature usuelle.

Les acides gras sont des constituants majeurs des huiles et des graisses. Parmi les acides gras saturés, ceux en C12, C16 et C18 sont les plus largement distribués, alors que parmi les acides gras insaturés, ceux en C18 pourvus de 1, 2 ou 3 doubles liaisons sont les plus importants au sein du monde végétal et animal terrestre. Les acides gras à 4 ou plus de 4 doubles liaisons et 20 à 24 atomes de carbone sont quant à eux majoritaires dans le monde marin.

INTRODUCTION

Les acides gras font actuellement l'objet d'une abondante littérature. Leurs qualificatifs de « polyinsaturés », « oméga 3 », ou « linoléiques conjugués » sont autant de termes à connotations positives utilisés en santé humaine. Une attention croissante est en effet portée aux « bonnes » et aux « mauvaises » sources d'acides gras pour l'homme. Les produits d'origine animale et plus particulièrement le lait et la viande bovine, en font partie. Il est donc important de pouvoir qualifier et quantifier les acides gras présents dans ces produits. Devant l'engouement que suscitent ces composés, auxquels on attribue de nombreux effets physiologiques bénéfiques, il est paru intéressant de réaliser une revue sur les acides gras. Cet article a pour but, dans un premier temps, de clarifier certains points de la nomenclature des acides gras.

La seconde partie de cet article traite des différentes sources d'acides gras saturés et insaturés, ainsi que des teneurs qui y sont rencontrées.

CLASSIFICATION ET NOMENCLATURE

Les acides gras font partie de la famille des lipides, molécules organiques insolubles dans l'eau. Les lipides ont fait l'objet de nombreuses classifications. Celle de Hennen (1995) classe ces molécules en 6 catégories de substances : les triglycérides, les glycérophospholipides, les sphingolipides, les terpénoïdes, les stérols et stéroïdes et enfin les acides gras.

Les triglycérides

Les triglycérides ou plus exactement les triacylglycérols sont des triples esters d'acides gras et de glycérol. Il s'agit de molécules très hydrophobes, constituant une forme de réserve de l'énergie très courante dans le règne animal, au niveau du cytoplasme des adipocytes.

Les glycérophospholipides

Les glycérophospholipides ou phospholipides sont des dérivés de l'acide phosphatidique. Les 2 premiers atomes de carbone du glycérol portent, par liaison ester, les chaînes aliphatiques d'acides gras, tandis que le

troisième carbone est estérifié à un groupement phosphoryle relié lui-même par une autre liaison ester à un alcool, qui peut être du glycérol, de l'inositol, de l'éthanolamine ou ses dérivés choline et sérine. Le carbone 1 du glycérol porte un acide gras saturé à 16 ou 18 atomes de carbone, tandis que le carbone 2 est lié à un acide gras insaturé de 16 ou 18 atomes de carbone. Les lécithines et les céphalines sont deux groupes de phospholipides ; leur groupement phosphoryle est relié pour le premier à la choline et pour le second à l'éthanolamine ou à la sérine. Les phospholipides constituent la structure de base des membranes biologiques. La molécule d'alcool ainsi que le groupement phosphoryle du troisième carbone étant fortement polaires, les phospholipides ont une structure caractérisée par une tête polaire et une queue hydrophobe, qui détermine l'organisation en double couche des phospholipides au sein des membranes.

Les sphingolipides

Les sphingolipides sont constitués d'un acide gras et d'un alcool aminé, la sphingosine, ainsi que, dans cer-

tains cas, d'un substituant qui peut être de la choline ou un groupement de nature glucidique. Ils sont caractérisés par une liaison amide formée suite à la réaction entre le groupement aminé de la sphingosine et le groupement carboxyle de l'acide gras. Les sphingolipides sont, tout comme les glycérophospholipides, des constituants des membranes biologiques, mais dans une moindre mesure.

Les terpénoïdes

L'unité de base des terpénoïdes est l'isoprène. La condensation de 4 de ces unités donne naissance aux précurseurs des vitamines A, E et K, tandis que la liaison de 6 unités donne le squalène, précurseur du cholestérol et des stéroïdes.

Les stérols et stéroïdes

Le stérol le plus important dans les graisses animales est le cholestérol. Il est non seulement le précurseur des acides biliaires, des hormones stéroïdes et de la vitamine D, mais aussi un constituant important des membranes plasmiques. Les stérols sont également présents dans le monde végétal où ils sont appelés «phytostérols». Les deux phytostérols les plus importants sont le β -sitostérol et le stigmasterol (Sonntag, 1979a).

Les acides gras

Les acides gras, molécules peu abondantes sous forme libre dans les matières grasses fraîches, sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique hydrophobe, saturés ou non saturés selon qu'ils ne contiennent pas ou contiennent des doubles liaisons. Ils sont notés $n : m$, où n représente le nombre d'atomes de carbone et m est le nombre de doubles liaisons. Les acides gras diffèrent donc entre eux non seulement par la longueur de la chaîne carbonée, mais aussi par le nombre, la position et la structure spatiale (*cis*, *trans*) des doubles liaisons. La longueur de la chaîne carbonée permet une classification des acides gras en 4 catégories: les acides gras volatils, avec 2, 3 ou 4 atomes de carbone, les acides gras à chaîne courte qui possèdent entre 6 et 10 atomes de carbone, les acides gras à chaîne moyenne, avec 12 à 14 atomes de carbone et les acides gras à chaîne longue, avec 16 ou plus de 16 atomes de carbone.

Tableau I: Masse moléculaire et point de fusion des principaux acides gras (Formo, 1979; Sonntag, 1979a; 1979b)

	Acide gras saturé	Masse moléculaire (Kda)	Point de fusion (°C)
C4 : 0	butyrique	88.10	-7.9
C6 : 0	caproïque	116.16	-3.4
C8 : 0	caprylique	144.21	16.7
C10 : 0	caprique	172.26	31.6
C12 : 0	laurique	200.31	44.2
C14 : 0	myristique	228.36	54.4
C16 : 0	palmitique	256.42	62.9
C18 : 0	stéarique	284.47	69.6
C20 : 0	arachidique	312.52	75.4
C22 : 0	béhénique	340.57	80.0
C24 : 0	lignocérique	368.62	84.2
	insaturé		
C12 : 1	lauroléique	198.29	- (1)
C14 : 1	myristoléique	226.34	- (1)
C16 : 1	palmitoléique	254.39	- (1)
C18 : 1	oléique	282.44	- (1)
C20 : 1	gadoléique	310.50	- (1)
C22 : 1	érucique	338.55	- (1)
C24 : 1	sélacholéique	366.60	- (1)
C18 : 2	linoléique	280.43	- (1)
C18 : 3	α -linoléique	278.41	- (1)
C20 : 4	arachidonique	304.45	- (1)

(1) Le point de fusion des acides gras insaturés varie de -50 à 30 °C

La commission sur la nomenclature biochimique a fixé les règles de la nomenclature des acides gras (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1968; 1978). Selon cette nomenclature internationale normalisée, après avoir déterminé le nombre d'atomes de carbone de la molécule, ceux-ci sont identifiés et le carbone du groupement carboxyle est toujours noté 1. Les autres carbones portent leur numéro d'ordre. Une méthode d'identification alternative consiste à attribuer aux atomes de carbone adjacents au carbone 1 les lettres de l'alphabet grec. Le carbone 2 est ainsi le carbone α , le carbone 3 est le carbone β , etc. La lettre ω désigne toujours le dernier carbone de la chaîne aliphatique, soit le carbone du groupement méthyle terminal, CH_3 .

La commission sur la nomenclature biochimique a néanmoins estimé qu'il était parfois intéressant de réaliser une numérotation de la chaîne carbonée à partir du groupement méthyle terminal. Il existe donc, parallèlement à la

première, une deuxième nomenclature, utilisée notamment par les nutritionnistes. Celle-ci est souvent désignée par le terme «nomenclature oméga», malgré l'avis défavorable de la commission. Ainsi, le carbone du groupement méthyle terminal est noté 1 (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978). Par ailleurs, les acides gras font l'objet, depuis très longtemps, d'une nomenclature usuelle. L'acide gras C16: 0 est ainsi appelé, dans le langage courant, acide palmitique. Ces noms usuels ne s'appliquent toutefois qu'au composé présent à l'état naturel lorsque des isomères de la molécule existent (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978).

Les acides gras saturés

La formule chimique générale des acides gras saturés est la suivante :

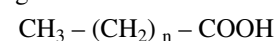
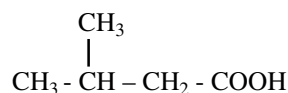


Tableau II : Principaux acides gras saturés et insaturés retrouvés à l'état naturel (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978 ; Kramer et al., 1998)

Symbole (nomenclature normalisée)	Symbole (nomenclature oméga)	Structure chimique	Nom systématique de l'acide	Nom commun de l'acide
C1 : 0	C1 : 0	Acides gras saturés CHOOH	Méthanoïque	formique
C2 : 0	C2 : 0	CH ₃ COOH	Éthanoïque	acétique
C3 : 0	C3 : 0	CH ₃ CH ₂ COOH	Propanoïque	propionique
C4 : 0	C4 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	Butanoïque	butyrique
C5 : 0	C5 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	Pentanoïque	valérique
C5 : 0 iso	C5 : 0 iso	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ COOH	Méthyl-3 butanoïque	isovalérique
C6 : 0	C6 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	Hexanoïque	caproïque
C7 : 0	C7 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₅ COOH	Heptanoïque	éthanthique
C8 : 0	C8 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	Octanoïque	caprylique
C9 : 0	C9 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₇ COOH	Nonanoïque	pélagonique
C10 : 0	C10 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	Décanoïque	caprique
C12 : 0	C12 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	Dodécanoïque	laurique
C14 : 0	C14 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	Tétradécanoïque	myristique
C16 : 0	C16 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	Hexadécanoïque	palmitique
C18 : 0	C18 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	Octadécanoïque	stéarique
C20 : 0	C20 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH	Icosanoïque ¹	arachidique
C22 : 0	C22 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₂₀ COOH	Docosanoïque	béhenique
C24 : 0	C24 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH	Tétracosanoïque	lignocérique
C26 : 0	C26 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₂₄ COOH	Hexacosanoïque	cerotique
C28 : 0	C28 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₂₆ COOH	Octacosanoïque	montanique
C30 : 0	C30 : 0	CH ₃ (CH ₂) ₂₈ COOH	Tricostanoïque	mélissique
C12 : 1 (9)	C12 : 1 ω-3	CH ₃ CH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -9-dodécénoïque	lauroléique
C14 : 1 (9)	C14 : 1 ω-5	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -9-tétradécénoïque	myristoléique
C16 : 1 (9)	C16 : 1 ω-7	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -9-hexadécénoïque	palmitoléique
C18 : 1 (trans 6)	C18 : 1 ω-12	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH=CH(CH ₂) ₄ COOH	<i>trans</i> -6-octadécénoïque	pétrosélaïdique
C18 : 1 (9)	C18 : 1 ω-9	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -9-octadécénoïque	oléique
C18 : 1 (trans 9)	C18 : 1 ω-9	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>trans</i> -9-octadécénoïque	élaïdique
C18 : 1 (11)	C18 : 1 ω-7	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₉ COOH	<i>cis</i> -11-octadécénoïque	vaccénique
C18 : 1 (trans 11)	C18 : 1 ω-7	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₉ COOH	<i>trans</i> -11-octadécénoïque	<i>trans</i> -vaccénique
C20 : 1 (9)	C20 : 1 ω-11	CH ₃ (CH ₂) ₉ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -9-icosénoïque ⁽¹⁾	gadoléique
C22 : 1 (11)	C22 : 1 ω-11	CH ₃ (CH ₂) ₉ CH=CH(CH ₂) ₉ COOH	<i>cis</i> -11-docosénoïque	cétoléique
C22 : 1 (13)	C22 : 1 ω-9	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₁₁ COOH	<i>cis</i> -13-docosénoïque	éruçique
C24 : 1 (15)	C24 : 1 ω-9	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₁₃ COOH	<i>cis</i> -15-tétracosénoïque	sélaçoléique
C18 : 2 (9,12)	C18 : 2 ω-6	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis,cis</i> -9,12-octadécadiénoïque	linoléique
C18 : 2 (9,trans 11)	C18 : 2 ω-7	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CHCH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis,trans</i> -9,11-octadécadiénoïque	linoléique conjugué <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 ou ruménique
C18 : 2 (trans 10,12)	C18 : 2 ω-6	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH=CH(CH ₂) ₈ COOH	<i>trans,cis</i> -10,12-octadécadiénoïque	linoléique conjugué <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12
C18 : 3 (6,9,12)	C18 : 3 ω-6	CH ₃ (CH ₂) ₃ (CH ₂ CH=CH) ₃ (CH ₂) ₄ COOH	<i>cis,cis,cis</i> -6,9,12-octadécatriénoïque	γ-linolénique
C18 : 3 (9,12,15)	C18 : 3 ω-3	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH=CH) ₃ (CH ₂) ₇ COOH	<i>cis,cis,cis</i> -9,12,15-octadécatriénoïque	α-linolénique
C18 : 3 (9,trans 11,trans 13)	C18 : 3 ω-5	CH ₃ (CH ₂) ₃ (CH=CH) ₃ (CH ₂) ₇ COOH	<i>cis,trans,trans</i> -9,11,13-octadécatriénoïque	α-éléostéarique
C20 : 4 (5,8,11,14)	C20 : 4 ω-6	CH ₃ (CH ₂) ₄ (CH=CHCH ₂) ₃ CH=CH(CH ₂) ₂ COOH	<i>cis,cis,cis,cis</i> -5,8,11,14-icosatétraoïque ⁽¹⁾	arachidonique
C20 : 5 (5,8,11,14,17)	C20 : 5 ω-3	CH ₃ CH ₂ (CH=CHCH ₂) ₄ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH	<i>cis,cis,cis,cis,cis</i> -5,8,11,14,17-icosapentaénoïque ¹	
C22 : 5 (4,8,12,15,19)	C22 : 5 ω-3	CH ₃ CH ₂ CH=CH(CH ₂) ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH	<i>cis,cis,cis,cis,cis,cis</i> -4,8,12,15,19-docosapentaénoïque	
C22 : 6 (4,7,10,13,16,19)	C22 : 6 ω-3	CH ₃ CH ₂ (CH=CHCH ₂) ₂ CH=CH(CH ₂) ₂ COOH	<i>cis,cis,cis,cis,cis,cis</i> -4,7,10,13,16,19-docosahexaénoïque	cuplanodonique

(1) Le préfixe *icosano* a remplacé *éicosano*

La plupart des acides gras retrouvés à l'état naturel sont à nombre pair de carbones et à chaîne linéaire, il en existe néanmoins quelques-uns à nombre impair de carbones et à chaîne ramifiée. Ainsi, lorsqu'un groupement méthyle est fixé sur l'avant-dernier atome de carbone en partant du groupement méthyle terminal ou sur l'antépénultième, le préfixe iso ou antéiso est placé devant le nom usuel de l'acide gras qui compte le même nombre total d'atomes de carbone. L'acide isovalérique, par exemple, présente la structure chimique suivante :



Les acides gras saturés peuvent avoir un grand nombre de conformations possibles. En effet, chaque liaison chimique du squelette étant simple, elle a tout pouvoir de rotation. La chaîne hydrocarbonée est donc flexible. La conformation en extension totale étant celle nécessitant le moins d'énergie, il est probable qu'elle soit aussi la plus fréquente (Lehninger, 1975).

Le point de fusion des acides gras augmente avec la longueur de la chaîne carbonée; ainsi, les acides gras à courte chaîne sont liquides à température ambiante, alors que les acides gras pourvus de 10 atomes de carbone ou plus sont solides (tableau I).

En chimie organique, le terme «acide gras» s'applique à tout acide carboxylique, quelque soit le nombre d'atomes de carbone de la chaîne hydrocarbonée, en commençant par l'acide méthanoïque (C1 : 0) jusque l'acide octadécanoïque (C18 : 0) et même plus. Cependant, les quatre premiers acides gras, à très courte chaîne, ne se comportent pas du tout comme des lipides et sont même des molécules tout à fait hydrophiles, solubles dans l'eau. Si les «acides gras» étaient définis de façon stricte et si cette dénomination ne devait s'appliquer qu'aux substances pourvues réellement de propriétés de corps gras, elle n'engloberait que les molécules à partir de l'acide butanoïque (C4 : 0), légèrement hydrophobe, voir même à partir de l'acide hexanoïque (C6 : 0) totalement insoluble dans l'eau (Sonntag, 1979a).

Les acides gras insaturés

Les acides gras insaturés peuvent contenir entre 1 et 6 doubles liaisons et sont dits, selon le cas, mono-insaturés ou polyinsaturés. A titre d'exemple, il est fréquent de rencontrer les acides gras insaturés suivants en C18 :

- Acide oléique C18 : 1
- Acide linoléique C18 : 2
- Acide linoléinique C18 : 3

Selon la commission sur la nomenclature biochimique, la position de la double liaison dans les acides gras insaturés ou désaturés est notée (N), où N correspond au premier atome de carbone impliqué dans la double liaison par rapport à C₁, l'atome de carbone du groupement carboxyle. L'acide linoléique, noté C18 : 2(9,12), possède ainsi 2 doubles liaisons, la première entre les carbones 9 et 10 et la deuxième entre les carbones 12 et 13. Sur base de la

Tableau III : Composition en acides gras de différents produits d'origine animale et végétale⁽¹⁾

Acides gras	Origine végétale										
	Huile de coiza ⁽²⁾	Huile de maïs ⁽²⁾	Huile de coton ⁽²⁾	Huile de lin ⁽²⁾	Huile de palmiste ⁽²⁾	Huile d'arachide ⁽²⁾	Huile de sésame ⁽²⁾	Huile de soja ⁽²⁾	Huile de tournesol ⁽²⁾	Huile de coprah ⁽³⁾	Huile de d'olive
C4 : 0											
C6 : 0										0-0.8	
C8 : 0										5-9	
C10 : 0										6-10	
C12 : 0										44-52	
C14 : 0	-	0.0	0.8	-	1.0	0.1	-	0.1	-	13-19	0.1-1.2 ⁽³⁾
C16 : 0	4.8	10.9	22.7	5.3	43.5	9.5	8.9	10.3	5.4	8-11	7-16 ⁽³⁾
C16 : 1	0.5	-	0.8	-	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0-1	1,6 ⁽⁴⁾
C18 : 0	1.6	1.8	2.3	4.1	4.3	2.2	4.8	3.8	3.5	1-3	1-3 ⁽³⁾
C18 : 1	53.8	24.2	17.0	20.2	36.6	44.8	39.3	22.8	45.3	5-8	65-85 ⁽³⁾
C18 : 2	22.1	58.0	51.5	12.7	9.1	32.0	41.3	51.0	39.8	Traces-2.5	4-15 ⁽³⁾
C18 : 3	11.1	0.7	0.2	53.3	0.2	-	0.3	6.8	0.2		
C20 : 0										0-0.4	0.1-0.3 ⁽³⁾
Autres	6.1	4.4	4.7	4.4	5.0	11.3	5.2	5.0	5.6		

Tableau III : Composition en acides gras de différents produits d'origine animale et végétale⁽¹⁾

Acides gras	Origine animale									
	Lait ⁽⁵⁾	Saindoux ⁽⁶⁾	Suif ⁽⁶⁾	Graisse de mouton ⁽⁸⁾	Graisse de volaille ⁽²⁾	Graisse péri-rénale de cheval ⁽⁹⁾	Huile de hareng ⁽¹⁰⁾	Huile de foie de morue ⁽⁴⁾		
C4 : 0	1.92	ND ⁷								
C6 : 0	1.87	ND ⁷								
C8 : 0	1.37	ND ⁷								
C10 : 0	3.61	ND ⁷	0.1	0.3						
C12 : 0	4.39	0.08	0.2	0.6						
C13 : 0		0.01								
C14 : 0	13.54	1.27	2.5	5.5	1.0	4.6	9.0	2.8		
C14 : 1	1.13	0.03	0.5	-	-					
C15 : 0		0.02	0.2	0.8				0.3		
C16 : 0	33.86	24.0	22.8	25.8	22.1	30.8	14.2	11.6		
C16 : 1	1.49	2.82	2.5	1.5	7.2	6.7	5.5	8.6		
C17 : 0		0.29	0.5	1.4		0.4		0.3		
C18 : 0	9.52	13.0	17.1	30.5	6.5	5.9	2.2	2.7		
C18 : 1	23.16	43.5	45.5	30.0	43.0	35.4	7.5	25.2		
C18 : 2	2.61	11.2	7.2	1.4	18.5	5.7	1.2	2.5		
C18 : 3	0.25	1.30	0.2	0.2	0.9	10.0	1.2	0.7		
C18 : 4							3.2	2.2		
C20 : 0		0.34	0.1	0.2						
C20 : 1		0.34	0.2	0.1		0.1	10.3	13.1		
C20 : 2		0.54								
C20 : 4		0.13						-		
C20 : 5		0.04					9.0	9.3		
C22 : 0		0.04								
C22 : 1		0.02					17.9	6.3		
C22 : 5		0.02						1.0		
C22 : 6							8.5	8.6		
Autres					0.7					

(1) Teneur exprimée en pourcentage des acides gras totaux (g/100g d'acides gras * 100), sauf huile de hareng, exprimée en pourcentage des lipides totaux (g/100g de lipides * 100)

(2) National Research Council, 2001

(3) Sonntag, 1979c

(4) Sonntag, 1979a

(5) Jenkins, 1998

(6) Iverson *et al.*, 1965

(7) Non déterminé

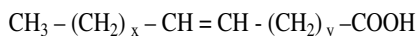
(8) Sreenivasan, 1968

(9) Bowland et Newell, 1974

(10) Aidos *et al.*, 2002

numérotation à partir du groupement méthyle terminal, la position de la double liaison dans la molécule est notée n-x, où n correspond au nombre d'atomes de carbone de la chaîne et x au premier atome de carbone impliqué dans la double liaison en partant du groupement méthyle terminal. L'acide palmitoléique, dont le symbole est C16 : 1(9) dans la nomenclature internationale normalisée, peut donc être également décrit C16-7 dans la nomenclature oméga, ou plus communément C16 : 1 n-7 (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978). De même, un acide gras polyinsaturé tel que l'acide linoléique, est quant à lui noté C18 : 2 n-6, 9. En général, cependant, dans le cas des acides gras polyinsaturés, seule l'indication (n-x) relative à la position de la première double liaison par rapport au groupement méthyle terminal est suffisante. L'acide linoléique est donc usuellement noté C18 : 2 n-6. Bien que non recommandée par la commission sur la nomenclature biochimique, la notation (n-x) de la nomenclature « oméga » est souvent remplacée par la notation (ω -x). L'acide linoléique est donc souvent noté C18 : 2 ω -6. Les acides gras insaturés peuvent ainsi être classés en série oméga : les oméga 3 (ω -3) sont des acides gras insaturés dont la première double liaison est située sur le troisième carbone en partant du groupement méthyle terminal et les oméga 6 (ω -6) sont des acides gras insaturés dont la première double liaison est située entre le sixième et le septième carbone à partir de cette extrémité.

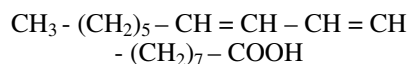
La formule chimique générale des acides gras monoinsaturés est la suivante :



Pour une même formule chimique, il peut donc exister un grand nombre d'isomères, en fonction de la position de la double liaison, mais aussi en fonction de la configuration *cis* ou *trans*. Ainsi, lorsque des isomères sont pourvus d'une double liaison dont la position n'est pas identique, ils sont appelés des isomères de structure ou isomères constitutionnels. Lorsque des isomères ont la même structure chimique - dans le cas présent, la double liaison en même position - mais qu'ils possèdent une configuration spatiale *cis/trans* différente, ils

sont appelés des isomères géométriques (Hart, 1987). La présence de multiples doubles liaisons au sein des acides gras polyinsaturés augmente évidemment le nombre d'isomères possibles. A l'état naturel, la majorité des acides gras ont la configuration *cis*.

Dans le cas plus précis de l'acide linoléique C18 : 2, il est possible d'identifier parmi ses nombreux isomères les acides linoléiques conjugués, plus communément désignés par leur abréviation CLA (*conjugated linoleic acid*). Le terme CLA fait référence à l'ensemble des isomères constitutionnels et géométriques de l'acide linoléique qui se caractérisent par un arrangement en diène conjugué, c'est-à-dire une structure dans laquelle les deux doubles liaisons ne sont séparées l'une de l'autre que par une simple liaison sans groupement méthylène. Ainsi, les deux doubles liaisons peuvent être dans les positions suivantes : C8 et C10, C9 et C11, C10 et C12 ou C11 et C13. Chaque double liaison peut avoir la configuration *cis* ou *trans*. Les CLA les plus fréquents sont tout d'abord l'acide *cis,trans*-9,11-octadécadiénoïque (C18 : 2(9,*trans* 11)), appelé communément acide ruménique (Kramer *et al.*, 1998) et ensuite l'acide *trans, cis*-10,12-octadécadiénoïque (C18 : 2(*trans* 10,12)). La structure chimique du C18 : 2(9, *trans* 11) se présente donc comme suit :



Les CLA font actuellement l'objet d'une littérature abondante, car des recherches récentes ont suggéré leurs effets potentiels bénéfiques sur la santé humaine, en particulier au niveau du métabolisme lipidique, du système immunitaire, de la carcinogénèse et sur leur rôle de modulateur de la composition corporelle (Pariza *et al.*, 2001 ; Roche *et al.*, 2001).

Enfin, il faut remarquer que, dans le langage courant, certains isomères de structure d'acides gras polyinsaturés sont distingués par des lettres grecques, tels que les acides α - et γ -linoléiques. La commission sur la nomenclature biochimique recommande néanmoins de distinguer ces composés par la localisation de leurs doubles liaisons, en l'occurrence les acides (9,12,15)- et (6,9,12)-linoléiques, respectivement (International Union of Pure and Applied Chemistry

and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature, 1978).

La présence de double(s) liaison(s) rend toute rotation entre les atomes impliqués impossible, la structure des acides gras insaturés est donc beaucoup plus rigide que celle des acides gras saturés. La configuration *cis* au niveau d'une double liaison génère un angle de $\pm 30^\circ$ dans la chaîne aliphatique, alors que la configuration *trans* donne une conformation proche de la forme en extension des acides gras saturés (Lehninger, 1975).

La littérature fournit des valeurs de points de fusion pour de nombreux acides gras insaturés. Ces données doivent néanmoins être utilisées avec précaution. Elles sont en effet relativement anciennes et sont issues d'analyses souvent réalisées sur des produits manquant de pureté. De plus, les valeurs rencontrées font souvent abstraction de l'existence des différents isomères de la molécule, alors que le point de fusion d'une substance dépend précisément de sa structure et de sa configuration spatiale. Quoiqu'il en soit, les acides gras insaturés sont caractérisés, d'une façon générale, par un point de fusion plus faible que leurs homologues saturés (tableau I).

La liste des principaux acides gras saturés et insaturés retrouvés à l'état naturel, classés en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique est donnée dans le tableau II, qui permet la comparaison des 3 nomenclatures utilisées.

SOURCES ALIMENTAIRES D'ACIDES GRAS

Les acides gras alimentaires sont issus de tous les règnes du monde vivant. La nature et la répartition de ceux-ci au sein des aliments font l'objet d'une littérature abondante, parfois non convergente entre les auteurs. Cette situation est principalement liée, d'une part à l'évolution des méthodes de dosage et d'autre part à la variabilité des teneurs dans les échantillons.

Le tableau III reprend la composition en acides gras de différents produits d'origine végétale et animale.

Acides gras saturés

L'acide formique, l'acide acétique et l'acide propionique ne sont pas des constituants des huiles et des graisses.

Par contre, l'acide butyrique se retrouve à raison de 2 % des acides gras totaux de la matière grasse du lait de divers mammifères. L'acide caproïque (C6 : 0) se rencontre également dans la graisse du lait (2 %), de même que l'acide caprylique (C8 : 0) (1 %) et l'acide caprique (C10 : 0) (4 %) (Jenkins, 1998).

L'acide laurique (C12 : 0) est l'un des trois acides gras saturés les plus fréquemment rencontrés à l'état naturel avec l'acide palmitique (C16 : 0) et l'acide stéarique (C18 : 0). Une des sources les plus riches d'acide laurique est l'huile de coprah, qui en contient de 44 à 52 % (Sonntag, 1979c). La matière grasse du lait en contient également, de l'ordre de 4 % des acides gras totaux (Jenkins, 1998). L'acide myristique (C14 : 0) constitue 14 % des acides gras de la matière grasse du lait (Jenkins, 1998) et 13 à 19 % de l'huile de coprah (Sonntag, 1979c). L'acide palmitique est l'acide gras saturé le plus rencontré; il est présent dans pratiquement toutes les graisses végétales et animales, y compris au sein du tissu graisseux des animaux marins (minimum 5 %). C'est un constituant majeur du saindoux et du suif (23 %) (Sreenivasan, 1968), de l'huile de palme (44 %) (National Research Council, 2001) et du beurre de cacao (25 %). L'acide stéarique est également largement distribué, tant dans le règne végétal que dans le règne animal. La plupart des huiles végétales en contiennent de 1 à 5 %, le beurre de cacao 35 %, tandis que le saindoux et le suif en contiennent respectivement 13 % (Iverson *et al.*, 1965) et 17 % (Sreenivasan, 1968).

Enfin, les acides arachidique (C20 : 0), béhénique (C22 : 0) et lignocérique (C24 : 0) présentent une large distribution, mais en quantités très restreintes. Ils peuvent être notamment détectés dans les huiles de soja, d'olive, de maïs, d'arachide, de colza et de coton (Sonntag, 1979a).

Acides gras insaturés

Les acides gras contenant 1, 2 ou 3 doubles liaisons et 18 atomes de carbone constituent les acides gras insaturés les plus importants du monde végétal et du monde animal terrestre; ceux qui contiennent 4 ou plus de 4 doubles liaisons et de 20 à 24 atomes de carbone se rencontrent principalement dans les huiles marines.

Acides gras monoinsaturés

A l'exception notamment de l'acide érucique (C22 : 1(13)), la majorité des acides gras monoinsaturés qui ne possèdent pas leur double liaison en position 9 sont des constituants mineurs de la plupart des graisses dans lesquelles ils sont présents.

Parmi les acides gras monoinsaturés, l'acide palmitoléique (C16 : 1(9)) est largement représenté, tout comme l'acide oléique (C18 : 1(9)), mais il est présent en quantités bien moins importantes que ce dernier. L'acide palmitoléique est un constituant de presque toutes les catégories de plantes et d'animaux, des espèces les plus évoluées aux moins évoluées. Les huiles d'animaux marins en contiennent généralement de 15 à 20 %, les huiles de poissons entre 8 et 15 % (Sonntag, 1979a), tandis que la matière grasse du lait en contient 1,5 % (Jenkins, 1998). La plupart des huiles issues des graines ont des teneurs inférieures à 1 %, à l'exception de l'huile d'olive (1,6 %) (Sonntag, 1979a). L'acide oléique est l'acide gras le plus distribué de tous; il se rencontre dans presque toutes les graisses végétales et animales et peut représenter plus de 50 % des acides gras totaux. Des sources importantes d'acide oléique sont l'huile d'olive (65 à 85 %) (Sonntag, 1979c), l'huile d'arachide (45 %) (National Research Council, 2001) et l'huile de pécan (85 %) (Sonntag, 1979a). Peu de graisses contiennent moins de 10 % d'acide oléique. L'acide *trans* vaccénique (C18 : 1(*trans* 11)) et l'acide élaidique (C18 : 1 (*trans* 9)) ne se rencontrent pas dans les graisses d'origine végétale, mais constitueraient entre 5 et 10 % de la graisse de bœuf (Sonntag, 1979a). L'acide érucique (C22 : 1(13)), quant à lui, est présent dans la matière grasse des graines de crucifères, telles que l'huile de colza (Sonntag, 1979a). L'acide cétoléique (C22 : 1(11)) est un constituant mineur de nombreuses huiles marines, de même que l'acide sélacholéique (C24 : 1(15)) présent uniquement à l'état de traces (Sonntag, 1979a).

Acides gras polyinsaturés

Les acides gras polyinsaturés à moins de 18 atomes de carbone sont absents ou présents en quantités extrêmement faibles dans les graisses végétales et animales, mais les acides gras en C14 et en C16 ont été mentionnés dans les huiles d'animaux marins.

Les acides gras polyinsaturés les plus importants et les plus répandus sont l'acide linoléique (C18 : 2(9,12)) et l'acide α -linoléique (C18 : 3 (9,12,15)). Ils appartiennent respectivement à la famille des ω -6 et des ω -3.

L'acide linoléique est l'acide gras polyinsaturé le plus distribué et le plus abondant. Il est également un acide gras essentiel. Présent dans les huiles végétales, sa teneur moyenne varie : 40 % dans l'huile de tournesol, 52 % dans l'huile de coton, 51 % dans l'huile de soja, 58 % dans l'huile de maïs, 41 % dans l'huile de sésame (National Research Council, 2001). L'acide α -linoléique est également largement rencontré dans la nature, surtout comme composant majeur des huiles végétales hautement insaturées. Lorsque sa teneur atteint 35 %, l'huile n'est plus considérée comme une huile comestible mais est dite siccativante, c'est-à-dire accélérant le séchage des vernis et des peintures. L'huile de lin en contient 53 % (National Research Council, 2001). La teneur dans les graisses animales est relativement faible (moins de 1 %), excepté chez le cheval au pâturage (10 %) (Bowland et Newell, 1974). L'acide arachidonique (C20 : 4(5,8,11,14)) se rencontre quant à lui dans les graisses d'origine animale; il constitue moins de 1 % du lard et du suif (Sonntag, 1979a).

Enfin, les acides gras polyinsaturés à plus de 4 doubles liaisons, tels que le C20 : 5(5,8,11,14,17) (acide icosapentaénoïque), le C22 : 5(4,8,12,15,19) (acide docosapentaénoïque) et le C22 : 6(4,7,10,13,16,19) (acide docosahexaénoïque), sont présents dans les huiles marines. Le C20 : 5 et le C22 : 6 peuvent être isolés à partir de l'huile de hareng ou de foie de morue, où leurs teneurs atteignent 9 %, tandis que le C22 : 5 se rencontre dans presque toutes les huiles d'origine marine (Sonntag, 1979a; Aidos *et al.*, 2002).

Le lecteur qui souhaiterait en apprendre davantage sur les sources alimentaires d'acides gras peut consulter l'ouvrage récent et très complet de Dacosta (2004).

CONCLUSION

Les acides gras constituent une famille de molécules caractérisées par une structure chimique de base identique, une chaîne hydrocarbonée satu-

rée ou insaturée, pourvue d'une fonction carboxylique terminale. Trois nomenclatures différentes coexistent pour désigner ces substances. Il s'agit de la nomenclature biochimique, qui a défini le nom systématique, de la nomenclature oméga, utilisée par les nutritionnistes et de la nomenclature usuelle dont sont issus les noms communs de la majorité des acides gras. L'existence de ces 3 nomenclatures a tendance à créer ambiguïté et confusion.

Les acides gras sont présents dans de nombreux produits d'origine animale et végétale. Parmi les acides gras saturés, le C12, le C16 et le C18 sont les plus fréquents ; au sein des acides gras monoinsaturés, il s'agit du C18: 1 et dans une moindre mesure du C16: 1,

tandis que parmi les acides gras polyinsaturés, le C18: 2 et le C18: 3 sont les plus répandus.

Fatty acids: nomenclature and dietary sources.

SUMMARY

Fatty acids are member of the lipid family. They are aliphatic monocarboxylic acids with or without double bond. They are classified according different nomenclatures : the international systematic name, the omega nomenclature and the trivial names.

Fatty acids are major compounds of oils and fats. Among the saturated fatty acids, C12, C16 and C18 fatty acids are the most widely distributed, whereas in the unsaturated fatty acids group, C18 with 1, 2 or 3 double bonds are the most important within the vegetable and animal terrestrial products. Fatty acids with 4 or more than 4 double bonds and 20 to 24 atoms of carbon are largely represented in the marine products.

BIBLIOGRAPHIE

- AIDOS I., MASBERNAT-MARTINEZ S., LUTEN J.B., BOOM R.M., VAN DER PADT A. Composition and stability of herring oil recovered from sorted byproducts as compared to oil from mixed byproducts. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50**, 2818-2824.
- BOWLAND J.P., NEWELL J.A. Fatty acid composition of shoulder fat and perinephric fat from pasture-fed horses. *Can. J. Anim. Sci.*, 1974, **54**, 373-376.
- DACOSTA Y. Les acides gras oméga-3. Synthèse des connaissances actuelles. Dacosta Y.: Paris, 2004, 313 p.
- FORMO M.W. Physical properties of fats and fatty acids. In : Swern D. (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products*, volume 1. Fourth edition. Wiley-Interscience: New-York, 1979, 177-232.
- HART H. Alkanes and cycloalkanes; conformational and geometric isomerism. In: Hart H., *Organic chemistry: a short course*. Seventh edition. Houghton Mifflin Company: Boston, 1987, 40-66.
- HENNEN G. Les matériaux biologiques de base. In : Hennen G., *Biochimie 1^{er} cycle*. Dunod: Paris, 1995, 8-35.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY AND INTERNATIONAL UNION OF BIOCHEMISTRY COMMISSION ON BIOCHEMICAL NOMENCLATURE. La nomenclature des lipides. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1968, **50**, 1363-1378.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY AND INTERNATIONAL UNION OF BIOCHEMISTRY COMMISSION ON BIOCHEMICAL NOMENCLATURE. The nomenclature of lipids. *J. Lipid Res.*, 1978, **19**, 114-129.
- IVERSON J.L., EISNER J., FIRESTONE D. Detection of trace fatty acids in fats and oils by urea fractionation and gas-liquid chromatography. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1965, **42**, 1063-1068.
- JENKINS T.C. Fatty acid composition of milk from Holstein cows fed oleamide or canola oil. *J. Dairy Sci.*, 1998, **81**, 794-800.
- KRAMER J.K., PARODI P.W., JENSEN R.G., MOS-SOBA M.M., YURAWECZ M.P., ADLOF R.O. Rumenic acid: a proposed name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids*, 1998, **33**, 835.
- LEHNINGER A.L. Lipids, lipoproteins, and membranes. In : Lehninger A.L., *Biochemistry*. Second edition. Worth Publishers: New York, 1975, 279-308.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press: Washington, 2001, 381 p.
- PARIZA M.W., YEONHWA P., COOK M.E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progr. Lipid Res.*, 2001, **40**, 283-298.
- ROCHE H.M., NOONE E., NUGENT A., GIBNEY M.J. Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutr. Res. Rev.*, 2001, **14**, 173-187.
- SONNTAG N.O.V. Structure and composition of fats and oils. In : Swern D. (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products*, volume 1. Fourth edition. Wiley-Interscience: New-York, 1979a, 1-98.
- SONNTAG N.O.V. Reactions of fats and fatty acids. In : Swern D. (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products*, volume 1. Fourth edition. Wiley-Interscience: New-York, 1979b, 99-175.
- SONNTAG N.O.V. Composition and characteristics of individual fats and oils. In: Swern D. (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products*, volume 1. Fourth edition. Wiley-Interscience: New-York, 1979c, 289-477.
- SREENIVASAN B. Component fatty acids and composition of some oils and fats. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1968, **45**, 259-265.