

¹ INRA-INA PG, UMR Physiologie
de la nutrition et alimentation, 16
rue Claude Bernard, 75231 Paris
Cedex 05.

² Association Française de
Zootechnie, 16 rue Claude Bernard,
75231 Paris Cedex 05.

Courriel : morand@inapg.inra.fr

La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale

La fraction lipidique des aliments et les corps gras ingérés par des animaux monogastriques ou ruminants ont des répercussions importantes sur la qualité diététique des produits animaux. Malheureusement, les lipides des aliments utilisés en alimentation animale sont une fraction chimique assez peu analysée, et par conséquent une des moins connues de ces aliments. Cet article essaie de combler ce déficit d'information autant sur la teneur lipidique des fourrages et des aliments concentrés que sur les caractéristiques de leur composition en acides gras.

Résumé

La fraction lipidique des fourrages et des aliments concentrés est généralement moins bien connue que leurs fractions glucidiques, protéiques et minérales. La teneur lipidique de ces aliments se mesure par le dosage de l'extrait éthéré selon deux procédés suivant qu'une hydrolyse à chaud est nécessaire ou non pour obtenir l'extraction la plus complète possible des lipides de l'aliment. Les fourrages ont une teneur en extrait éthéré de 2 à 12 % et un taux d'acide linoléique le plus souvent supérieur à 50 % des acides gras totaux. A mesure que la plante fourragère passe du stade jeune pousse au stade de maturité, les proportions des acides palmitique, stéarique et oléique augmentent alors que celle de l'acide linoléique diminue.

L'article présente la composition en acides gras d'une vingtaine d'aliments concentrés parmi les plus utilisés en alimentation animale. Ces valeurs sont issues de quatre bases de données (AFZ, CVB, MAFF et Souci) et d'une synthèse bibliographique récente de Givens pour les huiles végétales. Les céréales et les graines protéagineuses ont des teneurs en extrait éthéré souvent assez faibles (1,2 à 2,2 %) sauf le maïs et les co-produits de meunerie, une proportion très élevée d'acide linoléique (plus de 50 % des acides gras totaux) et des proportions faibles d'acides gras saturés, dominé par l'acide palmitique. La composition en acides gras des graines oléagineuses est variable selon l'espèce. Les huiles et farines de poisson sont caractérisées par une proportion importante d'acides gras polyinsaturés contenant plus de 18 atomes de carbone. Les compositions lipidiques des graisses et farines issues d'animaux terrestres sont remarquables par leur richesse en acides saturés et leur très faible proportion d'acides polyinsaturés.

Il existe une bonne concordance entre les valeurs des banques AFZ et CVB pour les céréales et les graines oléagineuses, et entre les valeurs AFZ, SOUCI et celles de Givens pour les huiles et les graisses animales. En revanche, la table MAFF présente quelques divergences avec les tables AFZ et CVB. Même si l'apparition des bases de données a permis d'accéder à une connaissance plus objective dans ce domaine, des progrès restent à faire sur les facteurs de variation des teneurs en extrait éthéré et de la composition en acides gras des aliments, ainsi que sur les proportions des acides gras mineurs et isomères des familles n-6 et n-3.

Les lipides présents dans les rations des animaux domestiques représentent généralement de 3 à 6 % de la matière sèche ingérée et, très exceptionnellement, plus de 10 %. Toutefois, ils ne doivent pas être sous-estimés car ce sont des sources très intéressantes d'énergie, d'acides gras essentiels, de vitamines liposolubles et de pigments, ce qui leur confère un rôle nutritionnel important. En outre, ils ont une influence majeure sur la qualité organoleptique des produits animaux (goût et tendreté de la viande, onctuosité de la pâte et flaveur d'un fromage) et aussi sur leur qualité diététique (teneurs en matière grasse, en cholestérol, en acides gras saturés et en acides gras polyinsaturés (AGPI) des deux familles n-3 et n-6). Au cours des vingt dernières années, plusieurs études françaises ou étrangères ont tenté de rassembler l'information disponible sur le sujet malgré son hétérogénéité liée à des objectifs variés (Bauchart 1981, Morand-Fehr 1981, Bauchart *et al* 1985, Van Kempen et Jansman 1987, Foures 1988, Wiseman et Inbarr 1990).

Ce sujet est redevenu d'actualité au cours de ces dernières années en raison des recherches réalisées pour maîtriser les teneurs et les compositions en lipides des produits animaux et, en particulier, pour augmenter les proportions des acides gras qui joueraient chez l'homme un rôle, soit négatif

comme certains acides octadécénoïques trans, soit positif comme les acides gras ω -3 (EPA) et docosahexaénoïques (DHA) ou leurs précurseurs, c'est-à-dire les acides gras de la famille n-3 (Sargent 1997, Givens *et al* 2000). Selon les connaissances actuelles, ces acides gras pourraient réduire les risques de maladies cardio-vasculaires et de cancer du sein.

L'objectif de cet article est donc de préciser les teneurs en lipides et surtout la composition en acides gras des aliments destinés aux ruminants et aux monogastriques en soulignant les limites de l'information disponible et en mettant en évidence les facteurs de variation de ces paramètres. Une telle information doit aider les nutritionnistes à concevoir des régimes qui favoriseraient le dépôt de certains acides gras dans les muscles ou les tissus adipeux ou encore leur sécrétion dans le lait.

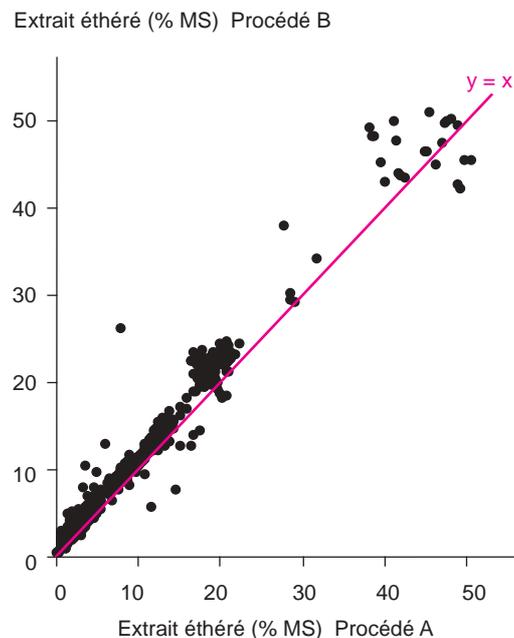
1 / Méthodes d'analyse des lipides alimentaires

1.1 / Teneur en matières grasses

Depuis 1986, deux méthodes officielles (procédés A et B) ont été reconnues par l'Union Européenne pour déterminer la teneur en lipides des aliments. La teneur en matières grasses brutes d'un échantillon correspond à la quantité de produits extraits par un solvant organique, l'éther de pétrole. Comme ce solvant est très peu polaire, il extrait les triglycérides et les acides gras libres à chaîne longue mais pas les savons, les phospholipides ou les corps gras altérés. En conséquence, le procédé A est fondé sur l'extraction par l'éther de pétrole et est applicable aux aliments simples d'origine végétale et aux aliments composés qui renferment essentiellement des triglycérides et des acides gras libres à l'exception des graines oléagineuses. En revanche, dans le procédé B, on procède à une hydrolyse à chaud avant l'extraction à l'éther de pétrole. Ce procédé est applicable aux aliments simples ou composés et aux matières premières soumises à des traitements technologiques (température et pression) comme les produits extrudés ou les aliments d'allaitement. Ces méthodes de dosage présentent de bonnes reproductibilités et fiabilités. Dans une matière première qui contient des classes de lipides plus ou moins polaires, le procédé A risque d'aboutir à une extraction incomplète et il est alors souhaitable d'appliquer le procédé B qui permet de rompre les liaisons lipides-support avant l'extraction au solvant. Cela explique pourquoi le résultat par le procédé B est généralement supérieur à celui du procédé A comme le montre la figure 1.

Il est parfois regrettable que les laboratoires d'analyse, voire même les auteurs rapportant leurs expériences dans ce domaine, ne précisent pas toujours quel procédé ils ont utilisé pour estimer la teneur en matière grasse des aliments. Par ailleurs, le nutritionniste applique généralement la même valeur alimentaire à la matière grasse dosée par les

Figure 1. Relation entre les teneurs en extrait éthéré par les procédés A et B des matières premières concentrées. Source : AFZ 2000.



deux procédés alors que des données manquent pour savoir si la fraction grasse qui représente la différence entre les valeurs estimées par les procédés B et A à la même digestibilité et la même utilisation métabolique que celle donnée par le procédé A.

1.2 / Composition en acides gras

La composition en acides gras de la fraction grasse d'un aliment est généralement analysée par chromatographie en phase gazeuse. Les progrès réalisés depuis 30 ans sur cette technique (résolution permise par la phase liquide, colonne capillaire, etc) permettent d'obtenir actuellement des analyses d'une grande reproductibilité et d'une bonne précision et, en particulier, une séparation améliorée des pics représentant des acides gras mineurs ou isomères.

Pour l'utilisateur, la principale difficulté dans ce domaine vient du fait que les résultats peuvent être exprimés diversement : en pourcentage molaire ou pondéral d'esters méthyliques, d'acides gras ou autres. De plus, les acides gras présentés dans les résultats ne sont pas toujours les mêmes pour un même aliment ou une même matière grasse. Auparavant exprimées en pourcentage des esters méthyliques totaux, les teneurs en acides gras sont actuellement le plus souvent exprimées en pourcentage d'acides gras totaux.

2 / Fraction lipidique des fourrages

2.1 / Données disponibles

L'information disponible sur la composition lipidique des fourrages est relativement réduite et souvent ancienne. Elle provient fré-

quement de travaux recherchant les effets des régimes alimentaires sur la composition lipidique du lait de vache.

Nous avons donc rapporté des données de composition de fourrages verts et conservés en éliminant certains résultats ne présentant pas des garanties suffisantes sur le plan méthodologique et sur la qualité ou la conservation des échantillons. Toutefois, l'information disponible dans les publications sur ce sujet est souvent limitée, ce qui ne permet pas de garantir totalement la qualité des données rapportées.

Pour cette raison et compte tenu du nombre limité de données disponibles, les résultats ne sont pas présentés de façon synthétique sous forme de moyennes et d'écart types.

Enfin, nous nous sommes limités à rapporter les proportions des 5 à 8 principaux acides gras (selon les cas) car l'hétérogénéité des résultats sur les acides gras mineurs et sur ceux sortant après l'acide C20:0 sur le chromatogramme est souvent très importante.

2.2 / Les fourrages verts

La teneur en extrait éthéré des fourrages verts est d'autant plus élevée qu'ils sont jeunes, riches en feuilles et en lipides chloroplastiques (Hawke 1963). Elle est donc assez variable, entre 4 et 12 % de la matière sèche. Mais, à la différence des graines oléagineuses ou de céréales, la teneur en acides gras des fourrages est sensiblement plus faible que leur teneur en extrait éthéré (45 à 65 %, figure 2) en raison de leur teneur élevée en pigments, représentant environ un tiers de l'extrait éthéré, et en lipides complexes (glycolipides et phospholipides ; tableau 1).

La composition en acides gras des fourrages verts (tableau 2) se caractérise par un pourcentage très élevé d'acides gras polyinsaturés (AGPI), surtout dû à l'acide linoléique (C18:3, n-3) qui représente généralement plus de 50 % des acides gras totaux, et, dans une moindre mesure, à l'acide linoléique (C18:2, n-6, 10 à 20 %). Elle se caractérise aussi par un rapport n-6/n-3 dont la valeur est fréquemment proche de 0,20. En conséquence, les teneurs en acides saturés (10 à 20 %) et en acides monoènes (1 à 17 %) sont faibles. En raison du nombre limité de données et des différences importantes inter-références, il

n'est pas possible d'identifier des caractéristiques différentes de composition en acides gras entre les légumineuses et les graminées, ou entre les différentes espèces fourragères.

Les jeunes pousses de plantes fourragères sont plus riches en acide linoléique et plus pauvres en acides saturés et oléique que les mêmes plantes à des stades végétatifs plus avancés (tableau 3). Les variations du pourcentage d'acide linoléique sont moins importantes et inconstantes. Des variations de composition en acides gras assez comparables s'observent entre les tissus végétaux de la base des feuilles de graminées par rapport aux extrémités distales des mêmes feuilles, plus riches en acide linoléique et plus pauvres en acides saturés et oléique (tableau 4). En réalité, Gray *et al* (1967) ont montré que ces variations de composition seraient plus liées à l'activité photosynthétique du tissu végétal, et en particulier à sa teneur en chlorophylle, qu'à son âge.

Bauchart et Vérité (données non publiées, citées par Bauchart 1981) ont observé qu'un ray-grass en troisième cycle contenait moins de lipides et d'acide linoléique et plus d'acides saturés que le même ray-grass en

Figure 2. Relation entre les teneurs en extrait éthéré et en acides gras des fourrages. D'après la revue de Bauchart *et al* (1985) et Sutton *et al* (1970), Nada *et Delic* (1976).

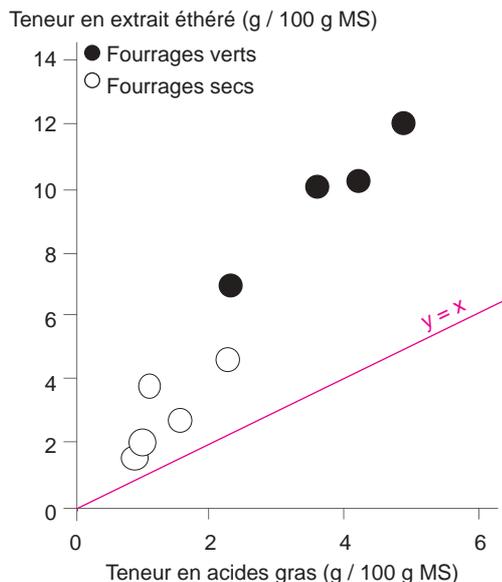


Tableau 1. Composition lipidique des feuilles de ray-grass (Hudson *et Warwick* 1977). Teneur en lipides totaux = 12 % de la matière sèche.

Lipides simples : 23,4 %		Phospholipides : 9,2 %		Glycolipides : 30,8 %		Pigments : 36,8 %	
Diacylglycérols (8,8 %)		Phosphatidyl inositol (1,3 %)		Sulphoquinovosyl diacylglycérols (4,4 %)		Chlorophylles (14,1 %)	
Acides gras (8,4 %)		Phosphatidyl choline (3,5 %)		Digalactosyl diacylglycérols (10,5 %)		Carotènes (3,4 %)	
Stérols (3,2 %)		Phosphatidyl éthanolamine (4,4 %)		Stérylglycosides (1,6 %)		Tocophérols (0,3 %)	
Cires (3,0 %)				Monogalactosyl diacylglycérols (10,5 %)			
Composition en acides gras (41,5 % des lipides totaux) en % des acides gras totaux							
C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Autres		
15,9 %	1,0 %	2,3 %	12,0 %	62,0 %	6,8 %		

Tableau 2. Composition en acides gras des fourrages verts (en % des acides gras ou de leurs esters méthyliques totaux).

	Trèfle blanc	Trèfle violet	Trèfle violet	Luzerne	Luzerne	Ray-grass	Ray-grass	Ray-grass	Dactyle	Herbe de pâturage	Herbe de pâturage
Références	(3)	(3)	(5)	(4)	(7)	(1)	(4)	(6)	(3)	(2)	(3)
C14:0	1,1	2,2	0,9	2,4	0,3	0,2	1,7	0,6	1,4	1,1	
C16:0	6,5	14,5	13,2	17,6	17,3	11,9	15,3	15,7	11,2	15,9	15,9
C18:0	0,5	3,7	1,5	4,4	0,6	1,0	1,4	1,9	2,6	2,0	2,0
Saturés C > 18	2,0				0,2			2,4		0,5	
C16:1 (n-9)	2,5	Tr	1,5	1,7	0,4	1,7	1,9	2,7	6,4	2,5	
C18:1 (n-9)	6,6		1,0	3,0	0,4	2,2	1,8	2,7		3,4	3,4
C18:2 (n-6)	18,5	5,6	13,6	26,2	13,0	14,6	11,2	11,9		13,2	13,2
C18:3 (n-3)	60,7	72,3	67,4	47,6	66,7	68,2	66,4	56,5	76,5	61,3	61,3
n-6 / n-3	0,30	0,08	0,20	0,55	0,19	0,21	0,17	0,21		0,22	0,22

(1) Gray *et al* 1967, (2) Garton 1967, (3) Hawke 1973, (4) Schnetzer 1975, (5) Outen *et al* 1975, (6) Body et Hansen 1978, (7) Novikov *et al* 1987.

Tableau 3. Influence du stade végétatif sur la composition en acides gras des fourrages verts (en % des acides gras totaux).

Stade	Ray-grass Hawke 1963		Ray-grass Gonda <i>et al</i> 1992		Trèfle blanc Gonda <i>et al</i> 1992	
	jeune	maturité	jeune	maturité	jeune	maturité
C14:0	0,6	1,0	2,4	6,5	1,3	2,2
C16:0	11,8	16,2	20,5	33,3	20,1	23,5
C16:1	1,5	1,5	2,3	2,0	4,0	3,3
C18:0	0,9	1,3	5,7	11,4	4,4	6,9
C18:1	1,6	2,6	4,1	10,7	3,5	6,0
C18:2	8,4	11,9	14,5	13,5	15,6	20,8
C18:3	74,8	64,9	46,3	15,5	47,1	33,8

Tableau 4. Teneur en lipides et composition en acides gras de fractions de feuilles de ray-grass pérenne (Gray *et al* 1967). Les fractions de feuilles de ray-grass sont à une hauteur par rapport à la base de 0-10, 10-20 ou 20-30 cm.

	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Lipides (% MS)	9,4	10,1	9,8
C14:0	1,3	0,9	0,7
C16:0	20,9	16,6	15,5
C16:1	1,0	1,1	1,4
C18:0	1,4	1,5	1,6
C18:1	2,4	1,3	1,2
C18:2	17,9	12,6	11,7
C18:3	53,9	64,6	67,0
C20:0	1,2	1,4	0,9

Tableau 5. Effet du cycle végétatif sur la composition et la teneur en acides gras du ray-grass en vert (d'après Bauchart et Vérité (1981 non publié), cités par Bauchart 1981).

	1er cycle	3ème cycle
Acides gras totaux (g/100 gMS)	3,2	1,2
C16:0	11,4	14,9
C18:0	3,3	2,6
C18:1	3,3	2,9
C18:2	9,5	13,0
C18:3	63,6	57,1

premier cycle (tableau 5). Bien qu'il soit difficile de comparer des cycles exactement au même stade végétatif, les différences observées peuvent aussi refléter une différence d'activité photosynthétique entre les deux cycles.

Schnetzer (1975) a montré que la fertilisation en acide phosphorique et en potasse a peu d'effets sur la teneur et la composition en acides gras du ray-grass italien et de la luzerne alors que la fumure azotée tend à augmenter la teneur en acides gras avec des compositions en acides gras plus variables.

2.3 / Les fourrages conservés

Les fourrages secs, en particulier les foin, ont une teneur en extrait étheré nettement inférieure (1,5 à 5 %, figure 2) à celle des fourrages verts, en raison de l'oxydation et la polymérisation des lipides polyinsaturés lors du fanage. Par exemple, Nada et Delic (1976) observent qu'au cours d'un fanage de 48 heures, les teneurs en extrait étheré et en acides gras libres baissent nettement, mais que la baisse de teneur en acides gras est relativement plus importante (38 %) que celle de la teneur en extrait étheré (24 %).

Si on compare la composition en acides gras des foin (tableau 6) à celle des fourrages verts correspondants (cf tableau 2), on constate que les pourcentages d'acides saturés, oléique, linoléique sont généralement plus élevés dans les foin au détriment de

Tableau 6. Composition en acides gras des foins (en % des acides gras ou de leurs esters méthyliques totaux).

	Trèfle violet (4)	Luzerne (1)	Luzerne (5)	Ray-grass (2)	Ray-grass (6)	Dactyle (3)	Féтуque (7)	Prairie (8)
C14:0			0,9					1,3
C16:0	20,7	26,0	33,9	28,6	34,0	17,9	20,2	19,2
C18:0	2,6	6,4	3,8	6,9	6,6	1,8	3,1	3,5
C18:1 (n-9)	2,5	4,8	3,0	9,6	9,9	1,2	4,5	5,1
C18:2 (n-6)	21,0	17,2	24,0	25,0	26,5	14,0	11,2	12,3
C18:3 (n-3)	47,2	30,8	31,0	20,2	23,0	64,3	42,8	40,2
n-6 / n-3	0,45	0,56	0,77	1,23	1,15	0,22	0,26	0,31

(1) Moore *et al* 1968, (2) Steele *et al* 1971, (3) Outen *et al* 1974, (4) Outen *et al* 1975, (5) Harfoot 1981, (6) Clapperton 1982, (7) D. Bauchart (non publié), (8) Bauchart *et al* 1987.

Tableau 7. Effet de la fenaison sur la teneur et la composition en acides gras (en % des acides gras totaux) des feuilles de luzerne après fanage (Nada et Delic 1976).

	Vert	Après 1h30 de fanage	Après 48 h de fanage
Extrait éthéré (g/100 gMS)	10,3		7,8
Acides gras totaux (g/100 gMS)	4,20		2,57
C14:0	0,9	1,0	1,7
C16:0	13,2	19,1	22,9
C16:1	1,5	2,6	0,7
C18:0	1,5	1,3	1,86
C18:1	1,0	1,2	1,0
C18:2	13,6	14,2	16,7
C18:3	67,4	60,0	54,2

l'acide linoléique ; ceci explique que les rapports n-6/n-3 soient nettement plus élevés dans les foins et indiquerait que les acides les plus polyinsaturés seraient préférentiellement catabolisés lors du fanage. Nada et Delic (1976), en suivant la composition des feuilles de luzerne pendant le fanage, ont observé les mêmes variations des pourcentages d'acides gras et ont remarqué que celles-ci étaient déjà très nettes 90 minutes après le début du fanage (tableau 7). Toutefois, quand le fourrage est séché rapidement en séchoir, la composition en acides gras est très faiblement modifiée (Outen *et al* 1975). En revanche, plus le fourrage est fané dans de mauvaises conditions, plus les pourcentages des acides en C16:0, C18:0 et C18:1 augmentent et plus celui de l'acide linoléique baisse.

Le broyage des foins ou des fourrages secs s'accompagne généralement de très faibles variations de la composition en acides gras (Outen *et al* 1974 et 1975). Un fourrage broyé risque d'être plus exposé à l'oxygénation qu'un fourrage en l'état, bien que Hudson et Warwick (1977) aient montré un haut degré de résistance à l'auto-oxydation des lipides de feuilles de ray-grass.

L'ensilage de maïs (tableau 8) a une composition assez proche de celle du maïs grain

Tableau 8. Composition en acides gras (en % des acides gras totaux) des ensilages de maïs et du haylage de luzerne.

	Ensilage de maïs			Haylage de luzerne	
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)
C16:0	21,1	16,3	21,0	25,6	22,4
C16:1 (n-9)	0,6	0,3		1,7	2,0
C18:0	2,5	2,5	3,6	2,8	4,2
C18:1 trans	Traces	1,0			
C18:1 (n-9)	19,2	18,9	29,2	3,3	3,3
C18:2 (n-6)	47,1	52,9	34,8	18,2	8,6
C18:3 (n-3)	6,3	5,2	3,7	35,7	37,1
Autres acides gras	3,0	2,9	3,3	12,6	11,8

(1) Kalsheur *et al* 1997a, (2) Kalsheur *et al* 1997b, (3) Givens *et al* 2000

(voir plus loin) avec des proportions élevées d'acides linoléique et oléique et une faible proportion d'acide linoléique, ce qui le différencie des autres fourrages. Toutefois, la proportion d'acide linoléique de l'ensilage a tendance à être plus faible que dans le grain tandis que les proportions des acides saturés (C18:0 et C16:0) et de l'acide linoléique sont plus élevées.

Le haylage de luzerne (tableau 8) qui a subi un début de fanage contient, comme on pouvait le supposer par ce qui précède, moins d'acide linoléique et plus d'acides saturés, oléique et linoléique que la luzerne en vert (cf tableau 2).

Dewhurst et King (1998) ont montré que généralement un ensilage a une composition en acides gras proche de celle du fourrage vert correspondant, sauf s'il a subi un préfanage dans des conditions plus ou moins bonnes avant la mise en silo.

Dans ce qui précède sur la composition des fourrages, il n'a pas été question d'acides gras isomères géométriques ou de position parce qu'à notre connaissance, le règne végétal n'en renferme que dans des cas exceptionnels. Comme le montre le tableau 8, les fourrages ne contiennent que des proportions négligeables d'isomères *trans*.

3 / Fraction lipidique des aliments concentrés et corps gras ajoutés dans les aliments composés

3.1 / Sources d'information

A la différence des fourrages, l'information concernant les céréales, les graines oléagineuses et leurs co-produits, les autres aliments concentrés utilisés en alimentation animale ainsi que les corps gras ajoutés dans les aliments composés est nettement plus riche, en particulier lorsque ces aliments sont aussi utilisés en alimentation humaine. Dans ces conditions, nous n'avons pas souhaité présenter des tableaux de données issues de la bibliographie dont la présentation aurait été très fastidieuse alors que nous disposons maintenant d'outils d'information performants constitués par les banques de données sur les aliments. Nous avons donc sélectionné une vingtaine de matières premières courantes dans les aliments concentrés des monogastriques et des ruminants. A titre de comparaison, et compte tenu de leur importance passée, nous rappelons les valeurs pour certains produits animaux faisant l'objet d'interdiction réglementaire en France et dans d'autres pays. Pour chacune de ces matières premières sont rapportées les données de teneur en matière grasse (extrait éthéré) et de composition en acides gras (5 à 6 acides gras pour les aliments d'origine végétale et 7 à 11 pour les aliments d'origine animale) issues des quatre banques de données suivantes : la banque de données de l'Association Française de Zootechnie (AFZ 2000), la table nutritionnelle du Central Veevoederbureau des Pays-Bas (CVB 1996), la table nutritionnelle de Ministry of Agriculture, Food and Fisheries du Royaume-Uni (MAFF 1990) et la table d'alimentation humaine 'Souci, Fachmann, Kraut' publiée en Allemagne (Scherz et Senser 1994). Pour les huiles végétales, nous avons également tenu compte de la revue bibliographique très exhaustive de Givens *et al* (2000).

a / AFZ

Les données fournies par la banque de données de l'alimentation animale gérée par l'Association Française de Zootechnie sont collectées pour l'essentiel dans les laboratoires des organisations associées (recherche, organisations professionnelles, industrie) et complétées par des données bibliographiques. Ces valeurs sont en général d'origine française et ont été obtenues à partir de 1985 (sauf pour celles d'origine bibliographique). Compte tenu des nombreuses sources, ces données présentent une grande hétérogénéité, partiellement contrôlée par la prise en compte des méthodes d'analyse et des laboratoires. Les données brutes sont compilées (moyennes, écarts types, intervalle de variation et nombre d'échantillons) et stockées sous forme informatique. Chaque acide gras est présenté dans les tableaux par son pourcentage pondéral dans l'ensemble des acides gras totaux identifiés en chromatographie.

b / CVB

Les données du CVB (Pays-Bas) sont, comme pour l'AFZ, issues des laboratoires de recherche et des laboratoires industriels associés à cet organisme. La table choisie pour référence est la version 1996. Les données présentées sont des valeurs moyennes. Le CVB ne fournit pas l'écart type pour les acides gras, ni le nombre d'échantillons. Comme pour les données françaises, on peut imaginer qu'il existe une forte hétérogénéité des origines des données.

Les valeurs d'acides gras indiqués par le CVB sont, à quelques exceptions près, identiques pour une graine (ou un grain) et ses produits et co-produits. Ainsi, le CVB considère comme invariant le profil en acides gras de la graine ou du tourteau de soja, ou celui du grain de blé et des issues de meunerie. Il en est de même pour les profils en acides gras des produits animaux. L'unité d'origine de présentation des teneurs en acides gras est la même que dans la banque AFZ.

c / MAFF

Les données du MAFF (Royaume-Uni) sont une compilation de données originales provenant de différents organismes de recherche britanniques (ADAS, Rowett Research Institute, etc). En particulier, les données analytiques ont été obtenues sur des échantillons fournis par l'UKasta (United Kingdom Agricultural Supply Trade Association) dans le cadre de la réalisation de ces tables entre 1984 et 1988. Il y a 5 à 10 valeurs par matière première. Les valeurs présentées sont les valeurs moyennes avec l'écart type et le nombre de données.

L'unité d'origine de présentation des acides gras est le g/kg de MS. Afin de recalculer les données en pourcentage d'acides gras, et pour pouvoir comparer ces valeurs avec celles des autres banques, nous avons utilisé les teneurs en acides gras totaux des échantillons originaux, exprimées en g/kg de matières grasses, mesurées mais non publiées dans la table du MAFF (Givens, communication personnelle).

d / SOUCI

Ces données proviennent de la table d'alimentation humaine allemande dite de 'Souci, Fachmann, Kraut' (Scherz et Senser 1994). Cette table est une compilation de nombreuses sources bibliographiques et industrielles et donc très hétérogènes a priori. Les données présentées sont les moyennes et les valeurs minimales et maximales. Ni l'écart type ni le nombre de valeurs ne sont fournis dans la table.

Les valeurs sont présentées à l'origine en g/100 g ou mg/100g de produit brut. Nous les avons converties en % d'acides gras à partir de la teneur en matières grasses, sans corriger pour le taux d'acides gras dans l'extrait éthéré, cette correction n'étant pas évoquée dans la table.

3.2 / Précision sur l'expression des valeurs rapportées dans les tableaux

Compte-tenu du fait que l'extrait étheré sur-estime la teneur en acides gras totaux, le passage d'une expression rapportée au produit brut ou sec à une expression en % d'acides gras nécessite une estimation du taux de conversion entre matières grasses (extrait étheré) et acides gras. La formule est la suivante :

$$AG_{\% \text{ brut ou sec}} = AG_{\% \text{ acides gras}} \times MG_{\% \text{ brut ou sec}} \times T / 10000$$

avec :

$AG_{\% \text{ brut ou sec}}$: teneur en un acide gras en % du produit brut ou sec

$AG_{\% \text{ acide gras}}$: teneur en un acide gras en % du total des acides gras

$MG_{\% \text{ brut ou sec}}$: teneur en matières grasses en % du produit brut ou sec

T : taux de conversion (estimation du % d'acides gras totaux dans la matière grasse).

Les taux de conversion utilisés par le CVB sont publiés dans la table de cet organisme. L'AFZ utilise les mêmes éléments pour calculer les teneurs en acides gras rapportées à la matière sèche. En ce qui concerne le MAFF, nous avons utilisé les données originales (non publiées) de taux de conversion pour faire la correction. Cela a posé certaines difficultés. En effet, si l'application du taux de conversion conduit à des valeurs plus proches de celles des autres sources, un doute existe sur la valeur des matières grasses servant de référence à ce taux. Ainsi, l'application du taux à chaque échantillon a donné, dans certains cas, des sommes des proportions des acides gras supérieures à 100 %. Par ailleurs, même en partant des valeurs moyennes, le résultat final est différent selon que l'on se base sur les matières grasses obtenues avec ou sans hydrolyse préalable. Cela est particulièrement sensible pour les matières premières contenant peu de matières grasses, pour lesquelles le procédé B (avec hydrolyse) peut conduire à des valeurs supérieures de 60-80 %. Cela n'a que peu d'importance en valeur absolue (les teneurs sont faibles), mais change considérablement les estimations de profils d'acides gras. En règle générale, nous avons retenu comme base de calcul la teneur en matières grasses permettant de se rapprocher au plus près d'une somme de 100 % des proportions des différents acides gras.

3.3 / Présentation des tableaux

Les tableaux 9 à 12 sont présentés par aliment et rapportent les valeurs suivantes provenant des quatre banques de données et de Givens *et al* (2000) quand elles existent :

- MG "A" et MG "B" : teneurs en matières grasses obtenues respectivement par les procédés d'extraction à l'oxyde diéthylique sans ou avec hydrolyse préalable, tels que décrits par exemple dans la norme AFNOR (1980), exprimées en % de la matière sèche ;

- pour chaque acide gras, la valeur indiquée est sa proportion (%) dans la somme des

acides gras totaux. C14:0 = acide myristique, C16:0 = acide palmitique, C16:1 = acide palmitoléique, C18:0 = acide stéarique, C18:1 = acide oléique, C18:2 = acide linoléique, C18:3 = acide linoléique, C20:4 = acide arachidonique, C20:5 = acide timmodonique, C22:5 = acide docosapentanoïque, C22:6 = acide docosahexanoïque ;

- Σ AG : somme des teneurs en acides gras identifiés, exprimée en % de la somme des acides gras totaux ;

- AG/MG : rapport entre la teneur en acides gras totaux et la teneur en matières grasses, exprimée en % de la matière sèche ou brute ;

- n-6/n-3 : rapport de la teneur en acides gras en n-6 sur la teneur en acides gras en n-3. Pour les produits végétaux dont il est question ici, il s'agit en pratique d'un rapport acide linoléique/acide linoléique, en supposant négligeables les proportions de C18:2 n-7,9 et de C18:3 n-6. Pour les huiles et farines de poisson, les proportions des acides gras en n-6 et n-3 sont estimées respectivement par les sommes C18:2 + C20:4 et C18:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6. Pour les graisses d'animaux terrestres (suif, saindoux et graisse 15), la proportion d'acides gras en n-6 est estimée par la somme C18:2 + C20:4.

Nous mentionnons après chaque tableau la nature des produits quand il existe des différences entre les sources. Dans le cas des données AFZ, nous avons choisi les matières premières présentant le plus d'échantillons ayant des mesures d'acides gras, ce qui explique que certaines d'entre elles sont de type générique, c'est-à-dire que leur dénomination précise (au-delà du nom courant) n'est pas connue.

3.4 / Remarques sur les différences entre banques et la validité des données

On constate, de façon générale, une bonne concordance entre les valeurs proposées par les banques AFZ et CVB, pour les grains, graines et co-produits, et entre les valeurs AFZ, Souci et celles de la compilation de Givens *et al* (2000) pour les huiles et les graisses animales.

La table MAFF présente des valeurs assez concordantes avec les deux tables AFZ et CVB, au prix cependant de corrections aux modalités discutables et qui n'empêchent pas l'apparition de divergences importantes (maïs, corn gluten feed, tourteau de soja).

En ce qui concerne le taux de conversion entre acides gras et matières grasses, les valeurs fournies par le CVB et le MAFF vont dans le même sens, mais les valeurs MAFF sont presque systématiquement supérieures à celles du CVB (7 points de plus en moyenne). Il en ressort que les valeurs d'acides gras rapportées au produit brut ou à la matière sèche sont plus importantes si l'on utilise les valeurs MAFF.

La table Souci est plutôt en concordance avec les tables AFZ et CVB, sauf pour le son de blé, le maïs et le pois pour lesquels elle donne des valeurs inférieures, ce qui peut

s'expliquer de différentes façons. Il peut s'agir d'abord d'un problème d'échantillonnage : le fait de rapporter la teneur en acides gras (exprimée en % de matière sèche) à la quantité moyenne de matière grasse obtenue sur des échantillons différents de ceux sur lesquels la teneur en acides gras a été obtenue introduit un biais d'autant plus marqué que la teneur en matières grasses est faible. Selon une autre hypothèse, les auteurs de cette table auraient appliqué un coefficient de correction pour la teneur en acides gras de l'extrait éthéré. La table Souci ne mentionne pas l'utilisation d'une telle correction, mais on peut remarquer que la table MAFF n'en fait pas état non plus (et propose même de faire le calcul directement) alors qu'un tel coefficient a bien été mesuré. Enfin, on peut imaginer que l'obtention par les tables Souci de données d'acides gras exprimés sur la matière sèche ou brute résulte d'un calcul permettant de s'abstraire d'une étape de conversion.

Toutefois, les valeurs sur la composition en acides gras concernant des produits contenant peu de matières grasses sont sujettes à de nombreuses incertitudes, classiques dans l'analyse chimique des matières premières de l'alimentation animale. Notamment, il est fréquent que des matières premières pour lesquelles des analyses très précises de ce type sont réalisées soient très mal identifiées. Souvent ces analyses sont confiées à des structures peu ou non spécialisées en alimentation animale qui peuvent sous-estimer l'intérêt des informations descriptives liées à la nature des échantillons et aux conditions d'obtention. Dans le cas des acides gras, ces incertitudes sont exacerbées par les problèmes d'expression des valeurs et par le faible nombre d'échantillons disponibles.

Une façon de contourner ce problème est la solution du CVB, qui affecte des valeurs d'acides gras identiques à tous les produits d'une même famille : globalement, cela consiste à analyser l'huile et à appliquer ces valeurs à tous les produits et co-produits qui la contiennent. Il est difficile, faute d'informations suffisamment nombreuses, de valider complètement cette solution. Il est certes tentant, quand des mesures obtenues sur un très petit nombre d'échantillons d'un co-produit végétal sont différentes de celles de l'huile, de supposer l'existence d'un problème analytique : c'est le cas par exemple des données AFZ et MAFF pour le corn gluten feed. En revanche, la méthode est plus discutable quand il s'agit des co-produits animaux, pour lesquels il existe une certaine variabilité des profils d'acides gras, compte tenu de la diversité des espèces et des tissus animaux considérés.

Enfin, il faut remarquer que l'information disponible est très limitée. En règle générale, ne sont publiés que des profils partiels dans lesquels seuls les acides gras considérés comme majeurs sont mentionnés. Quand les acides gras mineurs sont présents, il arrive souvent qu'il soient simplement sommés et non détaillés, ce qui rend difficile l'établissement de tableaux comparatifs. A l'exception de travaux spécifiques, les isomères, notamment les isomères cis-trans, ne sont pas présentés.

En tout état de cause, la connaissance des profils d'acides gras et des teneurs en acides gras des matières premières pauvres en lipides est encore largement améliorable et les valeurs disponibles doivent être considérées avec précaution.

3.5 / Caractéristiques des aliments analysés

a / Aliments d'origine végétale

Les céréales et les graines protéagineuses (tableau 9) ont des teneurs en extrait éthéré généralement faibles (de 1,2 à 2,2 % excepté le maïs et les co-produits de meunerie : 4,2 à 4,4 %) et une composition en acides gras voisine caractérisée par un pourcentage d'acide linoléique élevé (50 % ou plus) et un très faible pourcentage d'acides saturés (20 % ou moins) dominé par l'acide palmitique. Les protéagineux ont tendance à présenter un pourcentage d'acide oléique supérieur et un pourcentage d'acide linoléique plus faible. Les co-produits de céréales (tableau 11) ont une teneur en lipides dépendant de la proportion de germes qu'ils renferment et leur composition en acides gras est en général très voisine de celle de la céréale originelle. La variété de blé, dur ou tendre, de printemps ou d'hiver, influence très peu la composition lipidique (moins de 1 point ; Wisemann et Inbarr 1990).

Les graines oléagineuses (figure 3) ont des teneurs en lipides et des compositions en acides gras caractéristiques de l'espèce végétale : l'huile de palme contient beaucoup d'acide palmitique (tableau 10), la graine de colza est très riche en acide oléique (+ de 50 %) et, dans une moindre mesure, en acide linoléique, alors que c'est le contraire pour les graines de soja et de tournesol ; dans la graine de tournesol, la somme des pourcentages des acides oléique et linoléique atteint plus de 88 % des acides gras totaux.

Il n'apparaît généralement pas de différence entre la composition en acides gras des graines et des huiles (tableau 10) ; en revanche la composition des tourteaux correspondants semble plus variable en raison du nombre d'échantillons beaucoup plus faible. Déjà, il y a vingt ans, Morand-Fehr (1981) se posait la question de savoir si les tourteaux, notamment dans le cas du soja, ne renfermaient pas relativement plus de phospholipides ou d'insaponifiable que les graines. A notre connaissance, il est encore difficile de répondre clairement à cette question.

L'amélioration génétique des plantes oléagineuses ayant souvent porté sur des caractères liés à leurs lipides, leur teneur et leur composition lipidique peuvent varier selon la variété à l'intérieur d'une même espèce comme c'est le cas pour le colza (tableau 13) ou le lin (tableau 10). Les façons culturales et souvent la maturité à la récolte (tableau 14) peuvent avoir une forte influence sur la teneur et la composition, en particulier sur le rapport acides mono-poly-insaturés. Tous ces facteurs peuvent expliquer les différences de composition des graines oléagineuses d'origines géographiques différentes.

Tableau 9. Teneurs en lipides et composition en acides gras des céréales et protéagineux (n : nombre d'échantillons).

	MG «A»	MG «B»	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Σ AG poly- insaturés	Σ AG totaux	AG/MG	n-6/n-3
Blé												
AFZ (n)	(4885)	(4)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)				
Moyenne	1,8	2,4	0,1	17,5	0,9	14,6	60,1	5,4	65,5	98,6		11,1
Ecart-type	0,3	0,5										
CVB												
Moyenne	2		0,1	19	1	15	57	5	62	97,1	70%	11,4
Ecart-type	0,5											
MAFF (n)	(45)	(29)		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)				
Moyenne	1,7	2,1		15,4	0,7	10,9	56,5	6,4	62,9	90	74,1%	8,8
Ecart-type	0,3	0,3		0,9	0,8	0,7	2,2	0,8			2,2	
Souci												
Moyenne	2,3			19,5	1,5	14	55	3,8	58,8	93,8		14,5
Min-max	2,2-2,4			16,5-38	1-1,9	7,5-20	52,5-57,5	2,9-4,8				
Orge												
AFZ (n)	(1594)	(9)										
Moyenne	2,2	3,1										
Ecart-type	0,3	0,5										
CVB												
Moyenne	2,5		0,4	23	1	13	56	6	62	99,4	70%	9,3
Ecart-type	0,7											
MAFF (n)	(65)	(50)		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)				
Moyenne	1,6	2,6		18,1	0,9	11,1	49,3	8	57,3	87,3	76,5%	6,2
Ecart-type	0,6	0,7		2,4	0,4	1,5	4,8	1,7			1,7	
Souci ⁽¹⁾												
Moyenne	2,4		1,9	21,4	1,9	11	54,8	5,2	60	96,2		10,5
Min-max	2-2,6			20-22,9		8,6-13,3	53,3-56,2	3,8-6,7				
Maïs												
AFZ (n)	(5848)	(316)	(16)	(194)	(194)	(194)	(200)	(194)				
Moyenne	4,4	4,9	0,1	10,5	1,8	26	59,6	1,3	60,9	99,3		45,8
Ecart-type	0,5	0,7	0	0,7	0,2	3	3,4	0,3				
CVB												
Moyenne	4,4		0,2	12	2	28	55	1	56	98,2	90%	55
Ecart-type	0,6											
MAFF (n)	(28)	(11)		(5)	(5)	(5)	(5)	(5)				
Moyenne	3,9	4,2		12,3	1,9	31,3	61,7	1,3	63	108,5	85,3%	47,5
Ecart-type	0,7	0,7		1,2	0,3	3,3	3,8	0,2			3	
Souci												
Moyenne	4,3			12,4	2,4	29	42,9	1,1	44	87,8		39
Min-max	3,7-4,9			6,6-18,2	1-3,8		15,5-64,7	0,8-1,8				
Pois												
AFZ (n)	(1987)	(157)	(2)	(28)	(28)	(28)	(28)	(28)				
Moyenne	1,2	2	0,3	13,7	3,5	24,9	47,6	9,2	56,8	99,2		5,2
Ecart-type	0,3	0,3		1,2	1,1	5,3	4,7	2				
CVB												
Moyenne	1,3		0,4	12	3	24	49	11	60	99,4	75%	4,45
Ecart-type	0,4											
MAFF (n)	(11)	(5)		(5)	(5)	(5)	(5)	(5)				
Moyenne	1,4	2,5		10,5	3,1	24,4	44,4	14,8	59,2	97,2	82%	3
Ecart-type	0,3	0,2		1,5	0,6	6,2	2,3	1,4			4	
Souci ⁽²⁾												
Moyenne	1,6			16	2,1	7,6	43,8	11,1	54,9	80,6		3,9
Min-max	1,1-2,4						41,7-45,1	9,7-11,8				
Féverole												
AFZ (n)	(92)	(40)	(2)	(23)	(23)	(23)	(23)	(23)				
Moyenne	1,4	2,1	0,4	18	2,8	25	48,5	3,6	52,1	98,3		13,5
Ecart-type	0,4	0,3		1,9	0,5	6,1	7,9	0,6				
CVB ⁽³⁾												
Moyenne	1,6		0,5	14	3	26	50	4	54	97,5	75%	12,5

⁽¹⁾ Orge déglumée, grains entiers.

⁽²⁾ Pois jaune sec ; la valeur d'acide oléique semble extrêmement faible (3 fois inférieure à celle indiquée dans les autres tables).

⁽³⁾ Féverole à fleurs blanches.

Tableau 10. Teneurs en lipides et composition en acides gras des graines oléagineuses, huiles et coproduits d'oléagineux (n : nombre d'échantillons).

	MG «A»	MG «B»	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Σ AG poly- insaturés	Σ AG totaux	AG/MG	n-6/n-3
Graine de soja													
AFZ ⁽¹⁾	(506)	(16)		(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)				
Moyenne	19,3	21,8		0,1	11,7	3,5	23,4	52,3	7,3	59,6	98,3		7,2
Ecart-type	1,3	1,8		0	0,4	0,2	1	0,8	0,5				
CVB													
Moyenne	21,4			0,2	11	4	22	54	8	62	99,2	95%	6,8
Ecart-type	1												
MAFF	(9)	(8)			(5)	(5)	(5)	(5)	(5)				
Moyenne	22,2	22,9			10,2	3,5	21,3	55	8,9	63,9	98,9	97,1%	6,2
Ecart-type	1,5	0,5			0,3	0,2	0,7	1,1	0,4			1,7	
Souci													
Moyenne	19,8			0,2	9,6	3,4	22	54,1	5,1	59,2	94,4		10,6
Min-max	17,8-23,3				2,2-10,2	2,3-6,6	20,6-29,4	47,5-58,6	4,5-5,5				
Tourteau de soja													
AFZ (n) ⁽²⁾	(374)	(9)		(2)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)				
Moyenne	2,1	2,5		0,1	13,2	4	16,2	57,4	7,8	65,2	98,7		7,4
Ecart-type	0,7	1			1,3	0,4	5,4	7	0,4				
CVB ⁽³⁾													
Moyenne	2,1			0,2	11	4	22	54	8	62	99,2	65%	6,8
Ecart-type	0,5												
MAFF ⁽⁴⁾	(15)	(5)			(5)	(5)	(5)	(5)	(5)			4	
Moyenne	1,8	2,7			12,1	3,1	15,2	48,4	9,4	57,8	88,1	73,3%	5,2
Ecart-type	0,4	0,3			2,6	0,6	2,7	9,7	2			1,4	
Huile de soja													
AFZ (n)				(8)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)				
Moyenne				0,2	10,8	3,8	22,7	54,6	7,4	62	99,5		7,4
Ecart-type				0,3	0,7	0,4	1,4	1,5	0,7				
In Givens et al/2000													
Ranken et Kill 1993				Tr - 0,2	9,2-12,2	3,6-5,4	17,7-25,5	50,5-56,8	7,5				
Holland et al/1992				0	11	4	20,8	51,5	7,3	58,8	94,6		7,1
Souci													
Moyenne					9,6	3,5	20,4	54,2	7,7	61,9	95,4		7,0
Min-max					6,7-14,5	0,5-8,9	14,3-28,7	36,5-57,8	1,9-14,7				
Graine de colza													
AFZ (n) ⁽⁵⁾	(689)	(467)		(2)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)				
Moyenne	45,4	46,3		0,2	4,5	1,6	60,5	20,7	10,2	30,9	98,6		2,0
Ecart-type	2,5	2,3			0,4	0,1	0,8	0,5	0,5				
CVB ⁽⁶⁾													
Moyenne	38,2			0,2	5	2	56	22	9	31	97,1	95%	2,4
Ecart-type	2,1												
Tourteau de colza													
AFZ (n)	(4627)	(72)											
Moyenne	2,9	4,1											
Ecart-type	1,2	0,8											
CVB ⁽⁶⁾													
Moyenne	2,5			0,2	5	2	56	22	9	31	94,2	65%	2,4
Ecart-type	0,9												
MAFF (n)	(17)	(13)			(5)	(5)	(5)	(5)	(5)			5	
Moyenne	3,4	5,3			6,7	1,5	50,1	26	8,9	34,9	93,1	79,3%	2,9
Ecart-type	1,8	1,7			1,1	0,4	11,1	5	2			2,3	

	MG «A»	MG «B»	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Σ AG poly- insaturés	Σ AG totaux	AG/MG	n-6/n-3
Huile de colza													
AFZ (n)				(8)	(24)	(24)	(24)	(24)	(23)				
Moyenne				0,1	4,8	1,7	59,3	20,8	9,6	30,4	96,3		2,2
Ecart-type				0,1	0,5	0,3	3,8	1,6	11				
In Givens et al 2000													
Holland et al 1992				Traces	4	2	58	19,7	9,6	29,3	93,3		2,1
Ranken et Kill 1993				Tr - 0,2	3,6-6,0	0,9-3,7	52,0-65,7	16,9-24,8	6,5-14,1				
Hands (1996)					4	2	56	20,3	9,3	29,6	91,6		2,2
Souci													
Moyenne				0	4,1	1,5	58,6	19,7	9,2	28,9	93,1		2,1
Min-max					3,1-5,9	1-2,4	50,1-60,2	17,8-26,1	8-14,8				
Graine de tournesol													
AFZ (n)	(171)	(11)		(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)				
Moyenne	47,9	48,1		0,1	6,3	4,4	24,3	63,5	0,3	63,8	98,9		212
Ecart-type	2,9	2,3		0	0,2	0,6	2,9	2,2	0,1				
CVB													
Moyenne	47,9			0,3	7	4	22	65	0,4	65,4	98,7	95%	163
Souci													
Moyenne	52,5				6,4	4,3	27,3	56,9	0,2	57,1	95,1		285
Min-max	38,5-60,4												
Huile de tournesol													
AFZ (n)				(6)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)				
Moyenne				0,1	6,5	4,6	19,5	68,1	0,3	68,4	99,1		227
Ecart-type				0	0,4	0,4	2,3	4	0,3				
In Givens et al 2000													
Holland et al 1992				0	6	4	20,2	63,2	0,1	63,3	93,5		63,2
Ranken et Kill 1993				Tr - 1,3	5,6-7,4	3-6,6	14,0-34,0	55,5-73,9	Tr - 0,1				
Souci													
Moyenne					6	4,3	20,5	62,7	0,5	63,2	94		125
Min-max					2,9-13,3	1-9,6	1,3-68,8	19,1-74,8	0,1-1,9				
Graine de lin													
AFZ (n)	(28)	(42)											
Moyenne	34,9	38,5											
Ecart-type	5,2	2,9											
CVB ⁽⁶⁾													
Moyenne	35,1			0,1	7	4	18	16	54	70	99,1	95%	0,3
Ecart-type	3,4												
Tourteau de lin expeller													
AFZ (n)	(271)	(6)											
Moyenne	9	10											
Ecart-type	2,5	4,2											
CVB ⁽⁶⁾													
Moyenne	7,7			0,1	7	4	18	16	54	70	99,1	75%	0,3
Ecart-type	1,4												
Huile de lin													
AFZ (n)					(1)	(1)	(1)	(1)	(1)				
Moyenne					6,7	3,1	21,4	15,3	53,4	68,7	99,9		0,3
Ecart-type													
In Givens et al 2000⁽⁷⁾													
Hands 1996					6	3	17	13,4	55,3	68,7	94,7		0,2
'Linola', Froment (com pers)				0,05	5,9	3,5	13,3	72,6	2,7	75,3	98,05		26,9
'Linola', Froment (com pers)				0,05	6	3,4	13,2	73,4	2	75,4	98,05		36,7

	MG «A»	MG «B»	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Σ AG poly- insaturés	Σ AG totaux	AG/MG	n-6/n-3
Souci													
Moyenne					6	3,6	18,2	13,9	54,2	68,1	95,9		0,3
Min-max					5,7-6,2	3,4-3,8	17,2-19,1	13,4-14,3	52,8-55,3				
Tourteau de palmiste expeller													
AFZ (n)	(557)												
Moyenne	6,4												
Ecart-type	1,6												
CVB													
Moyenne	9,1		47	15	9	3	16	2	0,4	2,4	92,4	75%	5
Ecart-type	1,4												
MAFF (n)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)			5	
Moyenne	7,7	8,7	48,8	16,1	9,2	3	15,8	2,7	3,6	6,3	99,2	89,4%	0,8
Ecart-type	0,8	0,8										2,5	
Huile de palme													
AFZ (n)				(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)				
Moyenne				1,2	45,7	4,5	37,6	10	0,4	10,4	99,4		25
Ecart-type				0,2	2,3	0,4	0,6	1,4	0,2				
In Givens et al 2000													
Ranken et Kill 1993				0,8-1,3	43,1- 46,3	4,0-5,5	36,7- 40,8	9,4-11,9	0,1-0,4				
Holland et al 1992				0,1	42	5	37,1	10,1	0,3	10,4	94,6		33,7
Hands 1996				0,1	44	4	36,6	9,1	0,2	9,3	94		45,5
Hands 1996				0,1	41	4	37,5	10,8	0,2	11	93,6		54
Souci													
Moyenne				1	41,6	4,8	37,1	10,1	0,5	10,6	95,1		20,2
Min-max				0,4-5,6	30,5-48,8	1,4-7,6	34,2-49,2	4,8-12	0,1-0,5				
Tourteau de coprah expeller													
AFZ (n)	(122)												
Moyenne	9,9												
Ecart-type	3												
CVB⁽⁸⁾													
Moyenne	9		48	18	9	3	7	2		2	87	75%	
Ecart-type	1,1												
MAFF (n)⁽⁹⁾	(6)												
Moyenne	16,8												
Ecart-type	9,6												
Huile de coprah													
AFZ (n)			(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)				
Moyenne			45,2	19	10,2	3,2	7,6	1,8	0,1	1,9	87,1		18,3
Ecart-type			0,1	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0	0,1			
In Givens et al 2000													
Holland et al 1992			45	17	8	3	6	1,5		1,5	80,5		
Ranken et Kill 1993			45,9- 50,3	16,8- 19,0	7,9-9,7	2,3-3,2	5,4-7,4	1,3-2,1	Tr - 0,2				
Hands 1996			45	17	8	3	6	1,8		1,8	80,8		
Raffinée ; Hands 1996			45	17	9	2	7	1,4		1,4	81,4		

(1) Graine de soja extrudée.

(2) Tourteau générique (proche d'un 48).

(3) Tourteau avec 5-7% de cellulose brute (% brut) ; les valeurs indiquées pour le tourteau sont les mêmes que celles de la graine.

(4) Tourteau avec coques (proche d'un 48).

(5) Graine de colza 00.

(6) Les valeurs indiquées sont identiques pour le tourteau et la graine.

(7) Les Linola sont des variétés de lin à faible teneur en acide linoléique.

(8) Tourteau de coprah expeller dont la teneur en matières grasses est inférieure à 10 % sur produit brut.

(9) La valeur élevée s'explique par la présence d'échantillons très riches en huile (33 % MS).

Tableau 11. Teneurs en lipides et composition en acides gras d'autres produits végétaux (n : nombre d'échantillons).

	MG «A»	MG «B»	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Σ AG poly- insaturés	Σ AG totaux	AG/MG	n-6/n-3
Coproduits de meunerie												
AFZ (n)⁽¹⁾	(981)		(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)				
Moyenne	4,2		0,2	16,7	0,6	14,8	60,3	5,8	66,1	98,4		10,4
Ecart-type	0,8											
CVB⁽²⁾												
Moyenne	4,1		0,2	19	1	15	57	5	62	97,2	70%	11,4
Ecart-type	0,5											
MAFF (n)⁽³⁾	(10)	(5)		(5)	(5)	(5)	(5)	(5)				
Moyenne	3,9	5,2		15,9	0,5	15,3	57,9	5,8	63,7	95,5	80,2%	10
Ecart-type	0,7	0,3		1,2	0,1	1,6	4,1	0,6			3,3	
Souci⁽⁴⁾												
Moyenne	5,3		0,2	14,8	0,9	15,3	47,3	3,4	50,7	81,9		13,9
Min-max	4,5-6,1											
Corn gluten feed												
AFZ (n)⁽⁵⁾	(2780)	(259)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)				
Moyenne	3,5	4,1	1,2	20,5	10	38,3	20,4	2,5	22,9	92,9		8,2
Ecart-type	1,1	0,8										
CVB⁽⁶⁾												
Moyenne		4,3	0,2	12	2	28	55	1	56	98,2	80%	55
Ecart-type		0,6										
MAFF (n)	(28)	(28)		(5)	(5)	(5)	(5)	(5)				
Moyenne	4,4	5,1		11,9	1,6	16	42,7	2,8	45,5	75	87,9%	15,3
Ecart-type	1,7	1,6		1,5	0,3	2,3	6,4	0,4			1,7	
Pulpe d'agrumes déshydratée												
AFZ (n)	(381)											
Moyenne	2,5											
Ecart-type	0,7											
CVB												
Moyenne	2,4		0,8	27	5	25	36	6	42	99,8	55%	6
Ecart-type	0,6											
MAFF (n)	(13)	(10)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)				
Moyenne	2,2	2,2	0,5	25,1	4,6	27,8	36,6	6,7	43,3	101,3	62%	5,5
Ecart-type	0,6	0,6	0,1	2,9	0,6	4,6	3,1	0,6			3,8	
Luzerne déshydratée												
AFZ (n)⁽⁷⁾	(108)											
Moyenne	2,9											
Ecart-type	0,8											
CVB⁽⁸⁾												
Moyenne	3		1	27	3	10	25	30	55	96	50%	0,8
Ecart-type	0,6											
MAFF (n)	(9)											
Moyenne	2,8											
Ecart-type	0,5											

⁽¹⁾ Remoulage de blé demi-blanc.

⁽²⁾ Indiqué comme remoulage, mais correspond à un son selon la composition en fibres, Les teneurs en acides gras sont identiques à celles du blé, sauf pour C14:0.

⁽³⁾ Son de blé.

⁽⁴⁾ Son de blé pour l'alimentation humaine.

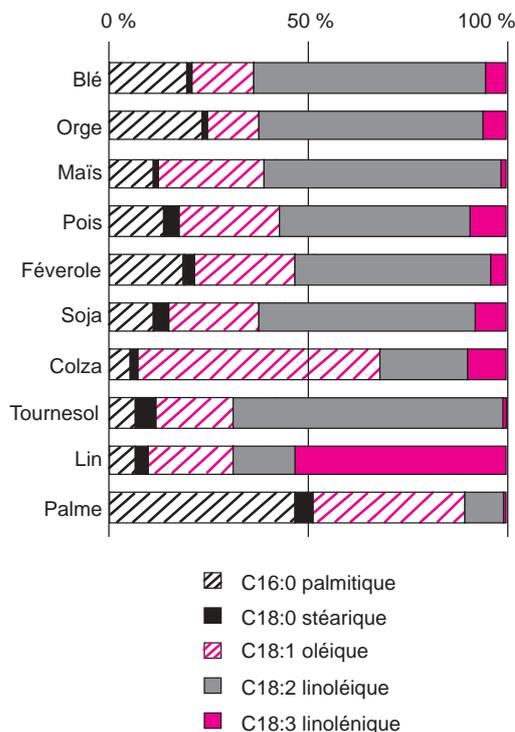
⁽⁵⁾ Les valeurs sont fortement discordantes quand on les compare à celle de l'huile ou de la graine (plus de C18:1 que de C18:2).

⁽⁶⁾ Les valeurs indiquées sont identiques pour le grain de maïs et tous ses coproduits.

⁽⁷⁾ Luzerne générique (proche d'une luzerne 18).

⁽⁸⁾ Luzerne contenant 16 à 18 % de protéines (% brut) ; les teneurs en acides gras sont identiques pour toutes les luzernes.

Figure 3. Comparaison des compositions en acides gras majeurs de différentes plantes (grains de céréales, graines protéagineuses et oléagineuses et huile de palme). Source : AFZ 2000.



Par ailleurs, un traitement technologique comme l'extrusion réalisée dans des conditions satisfaisantes ne modifie généralement pas la composition lipidique de la graine (tableau 15).

Les co-produits industriels comme le corn gluten feed ou les pulpes d'agrumes (tableau 11) présentent des compositions plus variables dépendant de leur origine végétale, de leur traitement technologique et de la définition du produit. Rappelons enfin que ces aliments d'origine végétale ne contiennent pas, ou seulement des traces d'acides gras isomères de position ou géométriques.

b / Aliments d'origine animale

Les huiles et farines de poisson ont des teneurs en lipides très variables selon qu'elles proviennent de poissons maigres ou gras, de poissons entiers ou de déchets. En outre, elles se caractérisent par une proportion très importante d'acides à plus de 18 atomes de carbone qui demandent une analyse en chromatographie en phase gazeuse particulière (tableau 12), d'où des informations peu satisfaisantes dans certains cas.

La teneur et la composition lipidique des graisses et farines issues d'animaux terrestres sont extrêmement variables selon qu'elles proviennent d'une seule ou de plusieurs espèces ou types d'animaux, qu'elles sont dégraissées ou non, etc (tableau 12). Ces produits se caractérisent par une proportion très élevée d'acides saturés (stéarique et palmitique) et une proportion très faible d'acides linoléique et linoléique. La présence d'isomères conjugués et trans dépend de la proportion de tissus de ruminants qu'ils contiennent.

De même, la composition lipidique des graisses animales dépend de leur origine : étal ou abattage (tableau 16), d'une seule espèce ou d'un mélange d'animaux de différents types (tableau 17), d'un tri ou non des gras à l'abattage selon leur origine anatomique.

Les graisses de porc ou de volaille (tableau 12) ont un pourcentage d'acide linoléique nettement supérieur à celui des graisses de ruminants (tableau 16) alors que leur proportion d'acide stéarique est plus faible. Les suifs sont nettement plus riches en acides gras isomères de position et géométriques que les graisses de monogastriques en raison des phénomènes digestifs du rumen, les suifs de petits ruminants étant généralement plus riches en isomères que ceux de bovins. En outre, la répartition des acides gras saturés sur les positions 1, 2, 3 de la molécule de glycérol est différente dans les suifs et les saindoux, ce qui expliquerait des différences de digestibilité de ces acides. A l'intérieur d'une même classe de graisses animales, comme les graisses de volaille, la composition en acides gras est fort variable selon l'espèce animale (tableau 17) et, en particulier, le rapport C18:1/C18:2 varie de 2 à 5.

Conclusion

Même si, au cours de ces dernières années, la connaissance de la fraction lipidique des aliments destinés aux animaux domestiques s'est notablement améliorée, un déficit en information fiable persiste autant sur l'estimation ou la prévision de la teneur en lipides que sur la composition en acides gras de certains aliments. Cette impression est illustrée par les résultats manquants et par le très faible nombre d'échantillons utilisés dans les banques de données et dans la bibliographie.

Ce déficit d'information est particulièrement net en ce qui concerne les acides gras en C18:1, C18:2 ou C18:3 isomères *cis* et *trans* ou appartenant aux familles n-3 ou n-6. En conséquence, les rapports des acides n-6/n-3 actuellement proposés dans les tables ne sont pas toujours d'une grande fiabilité et devront être précisés dans un proche avenir. Néanmoins, les connaissances actuelles permettent déjà de mettre en évidence l'intérêt d'utiliser les fourrages verts par rapport aux foin ou aux aliments concentrés pour favoriser l'ingestion des acides gras de la famille n-3 chez les ruminants.

Les imprécisions des valeurs présentées, comme nous l'avons vu, sont notamment dues aux causes suivantes :

- l'estimation de la teneur en lipides d'un aliment par l'utilisation du dosage de l'extrait éthéré s'applique sous forme de deux méthodes analytiques selon les aliments ;
- la nécessité d'utiliser un taux de conversion qui est le rapport entre les teneurs en acides gras totaux et en matière grasse dans la matière sèche ou brute, taux dont la valeur peut être variable selon les sources de documentation ;
- le mode d'expression des proportions des acides gras peut être rapporté à l'ensemble des acides gras totaux ou aux esters méthyliques sans que cette précision ne soit indiquée par les auteurs ou sans être sûr que la

Tableau 12. Teneurs en lipides et composition en acides gras de produits animaux (n : nombre d'échantillons).
Attention : certains des produits ci-dessous sont sujets à des interdictions réglementaires et ne sont mentionnés que pour faciliter la comparaison avec les autres sources de matières grasses.
 Le rapport n-6 / n-3 est calculé dans le tableau ci-dessous comme le rapport (C18:2 + C20:4) / (C18:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6),

	MG «A»	MG «B»	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C:20:1	C:20:4	C:20:5	C22:1	C22:5	C22:6	Σ AG poly-insaturés	Σ AG totaux	AG/MG	n-6/n-3
Farine de poisson																			
AFZ (n) ⁽¹⁾	(322)	(200)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)		(2)	(2)		(2)	(2)				
Moyenne	9,4	9,9	10,3	24,4	12	4,6	7,6	0,9	1,9		2,4	9		2,6	6,6	23,4	82,3		0,2
Ecart-type	1,7	2	1,2	5,4	0,5	1	3,1	0,3	0,5		0,6	4,4		1,1	3,8				
CVB ⁽²⁾																			
Moyenne		10,3	7	16	7	2,2	15	1	1								49,2	80%	
MAFF (n) ⁽³⁾	(10)	(7)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)										
Moyenne	8,8	10,3	5,4	17	6,2	3,8	9,6	2,6									44,6	73,1%	
Ecart-type	1,4	0,9	0,3	0,5	0,4	0,2	1	0,9										3,1	
Huile de poisson																			
AFZ																			
Générique (n) ⁽⁴⁾			(18)	(19)		(19)	(19)	(19)	(17)	(18)									
Moyenne			6,3	13,6		1,9	15,4	1,9	1,5	49,3		70							
Ecart-type			1,1	2,3		0,5	3,7	0,5	0,5	5,4									
Anchois (n)			(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(2)	(2)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)				
Moyenne			7	18,2	9,1	3,7	12,4	1	0,7	2,1	0,4	19,6	1,6	1,3	8,2	31,2	85,3		0,1
Ecart-type			0,7	1,4	0,2	0,4	1			1									
Capelan (n)			(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(1)	(1)	(3)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)				
Moyenne			7,8	10,2	8,6	1,3	15,1	0,7	0,2	20,7	0,1	2,8	19,4	0,2	1	5	88,1		0,2
Ecart-type			0,7	1,8	0,7	0,1	4,5			6,3									
Hareng (n)			(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)				
Moyenne			6,4	12,1	7,1	1,4	11,2	1,1	1	13,3	0,4	5,3	22,4	0,8	5,6	14,2	88,1		
Menhaden (n)			(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)				
Moyenne			9,7	21,4	12,7	3,2	11,2	0,9	1,2	1,5	0,5	13,9	0,5	1,7	9,7	27,9	88,1		0,1
Suif																			
AFZ (n)			(11)	(11)	(3)	(11)	(11)	(11)	(11)										
Moyenne			3,2	26,1	3,1	20,1	38,2	2,7	0,7							3,4	94,1		3,9
Ecart-type			0,7	3	0,8	4,3	3,8	1,2	0,3										
Souci																			
Moyenne			3	25	3,4	15,3	39,1	3,9	0,5		0,2					4,6	90,2		8,2
Min-max			1-7,7	19,3-35,7	0,7-8,5	5,8-38,6	25,2-53,1	0,5-4,9											
Saindoux																			
AFZ (n)			(6)	(8)	(5)	(8)	(8)	(8)	(8)										
Moyenne			1,7	24,9	2,8	15,5	43,4	9,5	0,9							10,4	98,7		10,6
Ecart-type			0,1	2,6	0,8	2,5	3,6	1,7	0,7										
Souci																			
Moyenne			1,2	23,5	3,4	13,4	41,2	8,6	1		1,7					11,3	94		10,3
Min-max			0,5-2,7	19,1-30,5	1,6-4,8	4,8-22,9	19,3-59,3	2,8-15,4	0,4-1,9		0,4-3								
Graisse 15 ⁽⁵⁾																			
AFZ (n)			(85)	(85)	(28)	(85)	(84)	(85)	(82)										
Moyenne			2,6	24,1	3,6	15,6	40,5	7,7	1,1		0,2					9	95,2		7,2
Ecart-type			1,5	3,3	0,6	3,8	4,2	3,6	0,5										
Farine de viande																			
AFZ (n) ⁽⁶⁾	(494)	(393)	(6)			(6)	(6)	(6)											
Moyenne	11,5	11,9	28			17	46,3	4,3								4,3	95,6		
Ecart-type	1,7	2,4	4,3			2,6	3,7	3,7											
CVB ⁽⁷⁾																			
Moyenne		13,5	3	26	3	16	36	7	1							8	92	80%	7
Ecart-type		1,4																	
MAFF (n)	(13)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)											
Moyenne	12,8	15,1	2,5	27	3,5	19,8	37,6	3,2								3,2	93,4	69,1%	
Ecart-type	4,7	1,2	0,1	3,3	0,5	0,4	5,6	1,5										3,3	

⁽¹⁾ Farine de poisson générique (espèce et origine indéterminée).

⁽²⁾ Farine ayant un teneur en protéines de 63-68% (% brut).

⁽³⁾ Farine de poisson Chili

⁽⁴⁾ Huiles de poisson d'espèce indéterminée. Nous ne disposons pour ces données que d'une somme globale (peut-être incomplète) pour les C20 et les C22.

⁽⁵⁾ Graisse animale à 15 % maximum d'acides gras libres.

⁽⁶⁾ Farine de viande dont la teneur en matières grasses est supérieure à 7,5 % (brut).

⁽⁷⁾ Farine de viande dont la teneur en matières grasses est supérieure à 10 % (brut).

Tableau 13. Composition en acides gras (en % des acides gras totaux) de 2 variétés d'huile de colza : Major, riche en acide érucique, et Primor, sans acide érucique (Chérif 1993).

	Major	Primor
C16:0	3	6
C18:0	1	2
C18:1	14	60
C18:2	12	21
C18:3	9	10
C20:1	13	1
C22:1	48	Traces

Tableau 15. Composition lipidique des graines de soja crues et extrudées (d'après Michalet-Doreau et al 1985).

	Crues	Extrudées
Extrait étheré (g/100 g)	22,8	17,7
Lipides (g/100 g)	23,7	23,4
C12:0	0,4	1,0
C14:0	0,3	0,6
C16:0	10,9	10,9
C16:1	0,4	0,4
C18:0	4,4	4,3
C18:1	23,1	23,1
C18:2	51,0	50,6
C18:3	6,6	6,6
C20 + C22	1,0	1,7

Tableau 17. Influence de l'espèce sur la composition en acides gras (en % des esters méthyliques totaux) des graisses de volailles (n : nombre d'échantillons ; d'après Viau et Gandemer 1991).

	Mélange poulet-poule	Poulet	Canard standard	Canard gras	Oie
n	6	6	21	1	1
C14:0	1,0	1,1	1,1	0,7	0,7
C16:0	22,1	22,6	24,9	24,7	24,7
C16:1	5,3	5,5	3,2	4,0	4,6
C18:0	5,8	5,6	8,7	7,8	7,0
C18:1	41,2	40,7	44,3	49,8	52,3
C18:2	21,4	21,1	15,2	11,6	9,8
C18:3	1,8	1,6	1,2	0,6	0,3

transformation ait été effectuée avant le regroupement des résultats dans les banques de données ;

- il y a un manque d'information très fréquent concernant les acides gras comptabilisés dans les acides gras totaux. Il est assez rare de savoir si les acides gras à chaîne courte comme le C12:0 ou les acides mineurs C15:0, C17:0, C17:1, C20:0 ont été inclus ou non dans la somme à partir de laquelle le pourcentage de chaque acide gras est calculé ;

- il y a un manque d'information sur l'origine des échantillons, les variétés végétales concernées, les modes de récolte et de conservation avant l'analyse, notamment pour les fourrages.

En conséquence, il est recommandé au nutritionniste de n'utiliser ces valeurs qu'avec prudence. Il doit surtout veiller à connaître, dans la mesure du possible, la fiabilité relative des valeurs indiquées dans les tables et d'essayer de les ajuster à ses conditions d'application. Cette fiabilité dépend du nombre d'échantillons à partir desquels la valeur a été

Tableau 14. Effet du stade de maturité des graines de colza (Primor) sur leur composition en acides gras (en % des acides gras totaux) (Chérif 1993).

	Graines jeunes	Graines mûres
C16:0	30	6
C18:0	9	1,5
C18:1	5	60
C18:2	44	20
C18:3	10	10

Tableau 16. Effet de l'origine de suif sur sa composition en acides gras (d'après Foures 1988).

	Suif d'abattage	Suif d'étal
C14:0	3,2	3,3
C16:0	25,7	25,0
C16:1	2,9	3,6
C18:0	22,0	18,2
C18:1	37,0	40,0
C18:2	1,6	2,5
C18:3	0,6	0,1

calculée et, dans le cas d'une variabilité des données de base, de la connaissance des principaux facteurs de variation et de leur effet sur la teneur et la composition lipidique de l'aliment. Cette fiabilité est relativement médiocre pour les fourrages et les aliments concentrés dont la teneur en extrait étheré est faible.

La mise en place de banques de données sur la valeur des matières premières destinées aux animaux domestiques est un progrès objectif car elle permet de mieux apprécier leur variabilité. Cependant, elles mettent aussi en évidence les insuffisances méthodologiques ou celles liées à la connaissance des échantillons analysés, et, plus généralement, les lacunes en matière de connaissance de la fraction lipidique des fourrages et des matières premières concentrées. Compte tenu de l'intérêt renouvelé des filières animales pour les lipides, un effort important devra être réalisé à l'avenir pour enregistrer de nouveaux progrès dans la connaissance des fractions lipidiques des aliments.

Références

- AFNOR, 1980. NF V18-104 - Aliments des animaux - Détermination de l'extrait à l'oxyde diéthylique. Association Française de Normalisation, 11 avenue Francis de Pressensé 93571 St Denis La Plaine.
- AFZ. 2000. La Banque de Données de l'Alimentation Animale. Association Française de Zootechnie, 16 rue Claude Bernard 75213 Paris Cedex 05.
- Bauchart D., 1981. Digestion comparée des lipides chez les ruminants et chez les monogastriques. Bull. Tech. CRVZ Theix, INRA, 46, 45-55.
- Bauchart D., Doreau M., Legay-Carmier F., 1985. Utilisation digestive des lipides et conséquences de leur introduction sur la digestion du ruminant. Bull. Tech. CRVZ Theix, INRA, 61, 65-77.
- Bauchart D., Doreau M., Kindler A., 1987. Effect of fat and lactose supplementation on digestion in dairy cows. 2 Long chain fatty acids. J. Dairy Sci., 70, 71-80.
- Body D.R., Hansen R.P., 1978. The occurrence of C13 to C31 branched chain fatty acid in the faeces of sheep fed rye grass and of C12 to C14 normal acids in both the faeces of the rye grass. J. Sci. Fd Agric., 29, 107-114.
- Cherif A., 1993. Formation de l'acide linoléique dans les graines de colza. 6è Cong. Intern. Colza, Paris, 17-19 Mai 1993, 2, 1288-94.
- Clapperton J.L., 1982. The effect of sunflower oil on the fatty acid composition of the milk of cows fed either a fat-depressing diet or grass silage. J. Sci. Fd Agric., 33, 741-753.
- CVB, 1996. Veevoedertabel. Centraal Veevoederbureau, Runderweg 6, Postbus 2176, 8203 AD Lelystad, Pays-Bas.
- Dewhurst R.J., King P.J., 1998. Effect of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. Grass Forage Sci., 53, 219-224.
- Foures C., 1988. Les corps gras d'origine animale en alimentation du bétail. Rev. Fr. Corps Gras, 35, 223-228.
- Garton G.A., 1967. The digestion and absorption of lipids in ruminant animals. Nutr. Diet, 7, 225-247.
- Givens D.I., Cottrill B.R., Davies M., Lee P.A., Mansbridge R.J., Moss A.R., 2000. Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets - A review. Nutr. Abst. Rev., 70, (1): 1-20 and (8): 1-13.
- Gonda H.L., Rearte D.H., Garcia P.T., Santini F.J., Maritano M., 1992. Effects del contenido de lipidos de la pastura sobre la composition de la grasa de la leche. Rev. Arg. Prod. Anim., 12, 235-251.
- Gray J.K., Rumsby M.G., Hawke J.C., 1967. The variations in linolenic acid and galactolipid levels in Graminae species with age of tissue and light environment. Phytochemistry, 6, 107-113.
- Hands E.S., 1996. Lipid composition of selected foods. In: Y.H. Hui (ed) Bailey's Industrial Oil and Fat Products (5th edition), Volume 1, 427-505. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
- Harfoot C.G., 1981. Lipid metabolism in the rumen. In: Moore J.H. and Christie W.W. (eds), Lipid metabolism in ruminant animals, 21-55. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Hawke J.C., 1963. Studies on the properties of New Zealand butterfat: the fatty acid composition of the milk fat of cows grazing on rye-grass at two stages of maturity and the composition of rye-grass lipids. J. Dairy Res., 30, 67-75.
- Hawke J.C., 1973. Lipids. In: Butler G.W. and Bailey R.W. (eds), Chemistry and biochemistry of herbage, 212-263. Academic Press, London, UK.
- Holland B., Welch A.A., Buss D.H., 1992. Vegetable dishes. In: McCance R.A. and Widdowson E.M. (eds), The composition of foods (5th edition), 223-272. Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK.
- Hudson B.J.F., Warwick M.J., 1977. Lipid stabilisation in leaf protein concentrates from rye-grass. J. Sci. Agric., 28, 259-264.
- Kalscheur K.F., Teter B.B., Piperova L.S., Erdman R.A., 1997a. Effect of dietary forage concentration and butter addition on duodenal flow of trans C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. J. Dairy Sci., 80, 2104-2114.
- Kalscheur K.F., Teter B.B., Piperova L.S., Erdman R.A., 1997b. Effect of fat source on duodenal flow of trans C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. J. Dairy Sci., 80, 2115-2126.
- MAFF, 1985. The feedingstuffs regulation 1985, Statutory Instr. N°419, London HMSO, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, devenu Department for Environment, Food and Rural Affairs, Nobel House, 17 Smith Square London SW1P 3JR, UK.
- MAFF, 1990. UK Tables of nutritive value and chemical composition of feedingstuffs. Standard Committee on Tables of Feed Composition, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK.
- Michalet-Doreau B., Bogaert C., Bauchart D., 1985. Valeur nutritive des graines de soja crues ou extrudées pour les ruminants. Bull. Tech. CRVZ Theix, INRA, 59, 29-38.
- Moore J.H., Noble R.C., Steele W., 1968. Factors affecting the polyunsaturated fatty acid content of the plasma lipids of sheep. Br. J. Nutr., 22, 681-688.
- Morand-Fehr P., 1981. Les lipides dans les aliments concentrés des ruminants. In: C. Demarquilly (ed), Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, 297-305. INRA, Paris.
- Nada V., Delic I., 1976. The changes of lipids and amino-acids in leaves of wilting green alfalfa. Veterinaria, 25, 137-140.
- Novikov Y.U., Nikitenko L.I., Koganov M.M., 1987. A study of fatty acid composition of protein concentrates from vegetative organs of lucerne. Fiziologiya i Biokhimiya Kul'turmykh. Rastenu, 19, 278-281.
- Outen G.E., Beever D.E., Osbourn D.F., 1974. Digestion and absorption of lipid by sheep fed chopped and ground dried grass. J. Sci. Fd Agric., 25, 981-987.
- Outen G.E., Beever D.E., Osbourn D.F., Thomson D.J., 1975. The digestion of the lipids of processed red clover herbage by sheep. J. Sci. Fd Agric., 26, 1381-1389.
- Ranken M.D., Kill R.C., 1993. Food Industries Manual (23rd edition). Blackie Academic and Professional, Glasgow, UK.
- Sargent J.R., 1997. Fish oils and human diets. Br. J. Nutr., 78, Suppl 1, S5-S13.
- Schnetzler H.L., 1975. Steigaende N-, P- und K- Zufuhr in ihrer Auswirkung auf gehalt und Fettsaurenverteilung in Lipiden von Italienisch-Raiagrass und Luzerne. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung, 14, 177-187.
- Scherz H., Senser F., 1994. Food composition and nutrition tables. Medpharm, CRC Press.
- Steele W., Noble R.C., Moore J.H., 1971. The relationship between plasma lipid composition and milk fat secretion in cows given diets containing soybean oil. J. Dairy Res., 38, 57-64.
- Sutton J.D., Storry J.E., Nicholson J.W.G., 1970. The digestion of fatty acids in the stomach and intestines of sheep given widely different rations. J. Dairy Sci., 37, 97-105.
- Van Kempen G.J.M., Jansman A.J.M., 1987. Use of EC produced oil seeds. In: Wiseman J. and Cole D.J.A. (eds), Feedstuff evaluation, 31-56. Butterworth.
- Viau M., Gandemer G., 1991. Principales caractéristiques de composition des graisses de volaille. Rev. Fr. Corps Gras, 38, 171-177.
- Wiseman J., Inbarr J., 1990. The nutritive value of wheat and its effect on broiler performance. In: Recent advances in Animal Production, 82-95. Nottingham Press.

Abstract

Feed lipids and fats in animal nutrition.

Lipids in roughages and concentrates are less known than carbohydrate, protein and mineral fractions. The fat content of feeds is usually estimated by ether extraction, sometimes with previous hydrolysis with boiling HCl when this is necessary to ensure a complete extraction. The content of ether extract in roughages varies from 2 to 12 %. The percentage of linolenic acid in the total fatty acids is very high and generally exceeds 50 %. As roughage plants move from young shoots to maturity stages, the percentages of palmitic, stearic and oleic acids rise while the linolenic acid percentage decreases.

Twenty concentrate feeds were selected among those which are the most used in the nutrition of monogastric animals and ruminants. Their ether extract contents and fatty acid compositions have been reported from four databases: AFZ, CVB, MAFF, and SOUCI. For vegetable oils, the comprehensive literature review of Givens was considered.

The ether extract content of cereals and legume grains is generally low (1.2-2.2 %), with the exception of maize and several cereal by-products. There are also low quantities of saturated

fatty acids, with palmitic acid giving the highest values. The fatty acid composition of oil seeds varies according to the species. The fatty acid composition of fish oils and fish meals is characterised by a large amount of polyunsaturated fatty acids having more than 18 carbon atoms. The lipid composition of land animal fats and meals is rich in saturated acids and low in polyunsaturated acids.

A good relationship can be observed between the AFZ and CVB data for cereals and oil seeds, and between the AFZ, SOUCI and Givens data for vegetable oils and animal fats. However, several discrepancies were noted between the MAFF database and the AFZ and CVB databases. Databases such as the ones studied here make objective knowledge about lipids in feeds more available, but much progress remains to be done regarding the causes of variation of ether extract contents and fatty acid compositions, and, particularly, regarding the values of minor fatty acids and isomer acids of n-6 and n-3 families.

MORAND-FEHR P., TRAN G., 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Prod. Anim.*, 14, 285-302.