

Variations de la composition des dépôts lipidiques chez les bovins

Les dépôts lipidiques jouent un rôle essentiel, par leur importance et leur composition, dans la qualité des carcasses de bovins et certains d'entre eux contribuent à l'expression des qualités organoleptiques des viandes. La viande bovine présente parfois une image négative en raison de sa teneur plus élevée en acides gras saturés et plus faible en acides gras polyinsaturés que les viandes de porc ou de volailles. L'addition de certaines matières grasses aux rations des bovins pourrait permettre de modifier les proportions des différents acides gras dans leurs viandes selon l'objectif nutritionnel souhaité.

L'influence des facteurs nutritionnels sur la proportion et la répartition de ces dépôts a déjà fait l'objet de revues complètes mais assez anciennes (Kempster 1981, Robelin 1986). Mais, à notre connaissance, en dehors

du travail de Clinquart *et al* (1995) relatif aux effets des matières grasses sur la qualité des viandes, aucune revue n'a encore été consacrée à la composition des acides gras des dépôts lipidiques des bovins.

Résumé

La teneur et le profil des acides gras (AG) des dépôts adipeux et des muscles influencent la qualité de la viande. Les principales causes de variation de la composition des lipides de ces dépôts ont été étudiées chez les bovins par méta-analyse des données publiées. Le taux de lipides intramusculaires est influencé par le génotype et par le niveau d'ingestion d'énergie. L'accroissement des teneurs en lipides intramusculaires est presque exclusivement constitué de triglycérides (TG). La teneur en phospholipides (PL) varie peu pour un type de muscle donné. Les TG sont plus riches en AG monoinsaturés (AGMI) et en AG saturés (AGS) (TG / PL = 1,9 - 1,3 - 4,5 - 1,2 et 1,1 pour les AGMI - AGS - C14:0 - C16:0 et C18:0, respectivement) mais plus pauvres en AG polyinsaturés (TG / PL : environ 1/15 pour les AGPI) que les PL. Avec des rations contenant des aliments concentrés non supplémentés en matières grasses, les dépôts adipeux et les muscles présentent des teneurs plus faibles en C18:0 et en C18:3 mais plus élevées en C18:1 qu'avec des rations constituées uniquement de fourrage. En outre, dans les lipides intramusculaires, le rapport des AGPI n-6/n-3 est plus élevé avec des aliments concentrés qu'avec du fourrage. Excepté les huiles de palme et les graines de coton, les matières grasses végétales réduisent les teneurs en AGS dans les dépôts adipeux par rapport aux matières grasses d'origine animale. Les graines de lin et de carthame induisent les teneurs en AGPI les plus élevées dans les dépôts adipeux et le lin induit les teneurs les plus élevées en C18:3 dans les muscles. Dans les muscles, les teneurs en C18:2 sont peu influencées par la nature de la matière grasse ajoutée à la ration lorsque celle-ci n'est pas protégée. Les huiles de poisson diminuent les teneurs en C18:0 des muscles et augmentent les teneurs en AGPI à longue chaîne de la série n-3. Une supplémentation de la ration en matières grasses a un effet différent sur la composition en acides gras des triglycérides et des phospholipides des muscles selon la proportion relative des différentes classes de lipides.

Les ruminants présentent des teneurs en acides gras saturés plus élevées et une composition en acides gras plus stable que les monogastriques en raison de l'hydrogénation ruminale des lipides alimentaires (cf. revues de Doreau et Ferlay 1994, Wood et Enser 1997, Sauvant et Bas 2001). La viande bovine présente parfois une image négative en raison de ces teneurs élevées en acides gras saturés et faibles en acides gras polyinsaturés (AGPI). Les acides gras saturés ont en effet été associés aux risques de maladies cardiovasculaires, ce qui conduit parfois à conseiller des viandes contenant plus de lipides insaturés que celles des bovins.

Les compositions en acides gras des lipides des bovins ont été mesurées dans différents tissus et à l'occasion de nombreuses études publiées dont les objectifs étaient très divers. Dans la plupart des cas il s'agissait d'évaluer l'impact d'un régime alimentaire particulier ou bien d'une supplémentation en matière grasse alimentaire spécifique. Compte tenu de l'importance du sujet, il a été décidé de rassembler les données publiées en une base interprétée par une méta-analyse statistique pour en dégager les principales réponses de la composition des lipides des bovins aux variations de régime alimentaire.

1 / Elaboration et traitement de la base de données

L'objectif du travail a nécessité la mise en place d'une base de données permettant de coder et d'interpréter les résultats des publications disponibles sur le sujet. Cette base de données a regroupé les résultats provenant de 128 publications et de 16 pays. Elle comporte 208 expériences et 1270 observations qui correspondent chacune à des lots d'animaux variables en nombre, de 1 à 76 (moyenne = 13,8 écart type = 12,9). Une expérience correspond à un ensemble de lots liés par un objectif expérimental explicite dans la publication. Pour être retenue, une publication devait, pour le moins, fournir des informations précises sur la composition en acides gras d'un dépôt adipeux ou d'un muscle. Elle devait en outre indiquer des caractéristiques liées à l'animal (race, poids vif, âge, sexe, etc) et / ou des informations relatives à la ration ou à la conduite d'élevage. Ces caractéristiques de race, de sexe, de type de tissu, de classe de lipides, de type de ration, de source énergétique, azotée, et de matières grasses correspondent à une quinzaine de variables codées. Plus de 40 variables explicatives résultent de mesures relatives à la composition chimique du concentré et de la ration totale, de résultats zootechniques de croissance, d'ingestion, et de composition de carcasse et de tissus. Les proportions des classes de lipides et des différents acides gras, pris individuellement ou groupés en acides gras saturés, monoinsaturés, polyinsaturés, des séries n-6 et n-3 représentent plus de 40 variables expliquées. Les critères les plus documentés concernent la durée d'expérimentation, le proportion de fourrage dans la ration, le poids et l'âge à l'abattage, la nature de la source principale d'énergie et d'azote (avec 75, 69, 66, 59, 60, et 50% des observations, respectivement). Les bovins pré-ruminants sont caractérisés principalement par la nature de la matière grasse incorporée dans le lait. Une telle base de données constitue un tableau incomplet qui nécessite la mise en œuvre d'approches statistiques appropriées. En particulier, il convient de privilégier l'étude des relations entre les variables prises deux à deux et de les décomposer entre leurs composantes globales, inter- et intra-expériences. Nous avons d'abord considéré les différences entre types de lipides (triglycérides vs phospholipides) puis procédé à des analyses statistiques destinées à séparer au mieux les effets site, tissu, type de ration et type de matière grasse en considérant séparément les lipides des tissus adipeux et les lipides intramusculaires. Les nombres de mesures disponibles et leur répartition parmi les facteurs et les expériences ont été pris en compte afin de hiérarchiser le crédit à accorder aux différents effets évoqués.

L'étude de la supplémentation lipidique a été conduite par analyse de variance selon les modèles :

1- tissus adipeux : $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$; avec μ = moyenne, α_i = effet expérience

(24 à 36 ddl), β_j = effet tissu (2 ddl), γ_k = effet du type de matières grasses (12 ddl), ε_{ijk} = erreur résiduelle (148 à 260 ddl)

2- muscles : $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$; avec μ = moyenne, α_i = effet expérience (19 à 25 ddl), γ_k = effet du type de matières grasses (7 à 10 ddl), ε_{ijk} = erreur résiduelle (43 à 59 ddl).

Les données ont été analysées par les procédures GLM, REG ou NLIN des logiciels SAS (SAS, 1987) ou Minitab (1998).

2 / Caractéristiques générales des lipides des muscles

Compte tenu du mode de sélection des articles, la base de données utilisée est vraisemblablement loin d'être exhaustive dans ce domaine. Les muscles ne contiennent en moyenne que 5% de lipides dans le tissu frais ($4,8 \pm 3,11$; $n = 299$). Le taux de lipides intramusculaires, très faible à la naissance ($0,2 \pm 0,2$ %, $n = 6$; Robelin 1986, Nürnberg *et al* 1999), n'évolue pratiquement pas au cours des trois premiers mois de vie. Dans l'ensemble, les bovins en croissance des races à viande ou de maturité physiologique plus tardive (Limousine, Charolaise, Blanc Bleu Belge) ont des teneurs en lipides intramusculaires plus faibles que les races plus précoces (Angus, Hereford, Holstein, Jersey) (figure 1 ; Johnson 1987, Malau-Aduli *et al* 2000). Chez les animaux de race Blanc Bleu Belge, dont le taux de lipides intramusculaires est très faible (de moins de 1 % chez les culards à 2,4 % chez les normaux, cf. revue de Clinquart *et al* 1998), le taux d'accroissement de la teneur en lipides intramusculaires est d'environ de 0,03 % par mois contre 0,19 % en moyenne pour les six autres catégories considérées (figure 1). L'apport d'une ration d'engraissement riche en énergie a un effet de 1,5 à 2,3 fois plus important sur l'accroissement des dépôts intramusculaires en période de finition (vers 2 ans) qu'en période de croissance (entre 6 mois et 1 an) (figure 2).

L'augmentation des teneurs en lipides intramusculaires n'est que de faible amplitude (pentes = 0,09 et 0,04 % par mois pour les bovins Charolais et Hereford, respectivement, Rule *et al* 1997) au cours de la croissance lorsque le niveau d'ingestion d'énergie est faible (pâturage naturelle). En revanche, la teneur en lipides intramusculaires augmente plus fortement avec des rations riches en énergie (figure 3, Duckett *et al* 1993). Pour une même durée d'engraissement, la teneur en lipides intramusculaires est significativement plus élevée lorsque la ration est complétée avec du concentré plutôt qu'avec une ration de fourrage seul. Pour les 4 essais recensés dans lesquels ces deux types de ration sont comparés, l'écart a été de $0,9 \pm 0,06$ % de lipides (figure 3). Cette teneur en lipides intramusculaires est plus élevée avec le maïs qu'avec le blé ou le triticale.

Cet accroissement de dépôt de lipides dans les muscles correspond de façon quasi exclusive à celui des triglycérides (TG) comme l'in-

Figure 1. Influence du génotype et du stade de croissance sur la teneur en lipides intramusculaires chez le bovin.

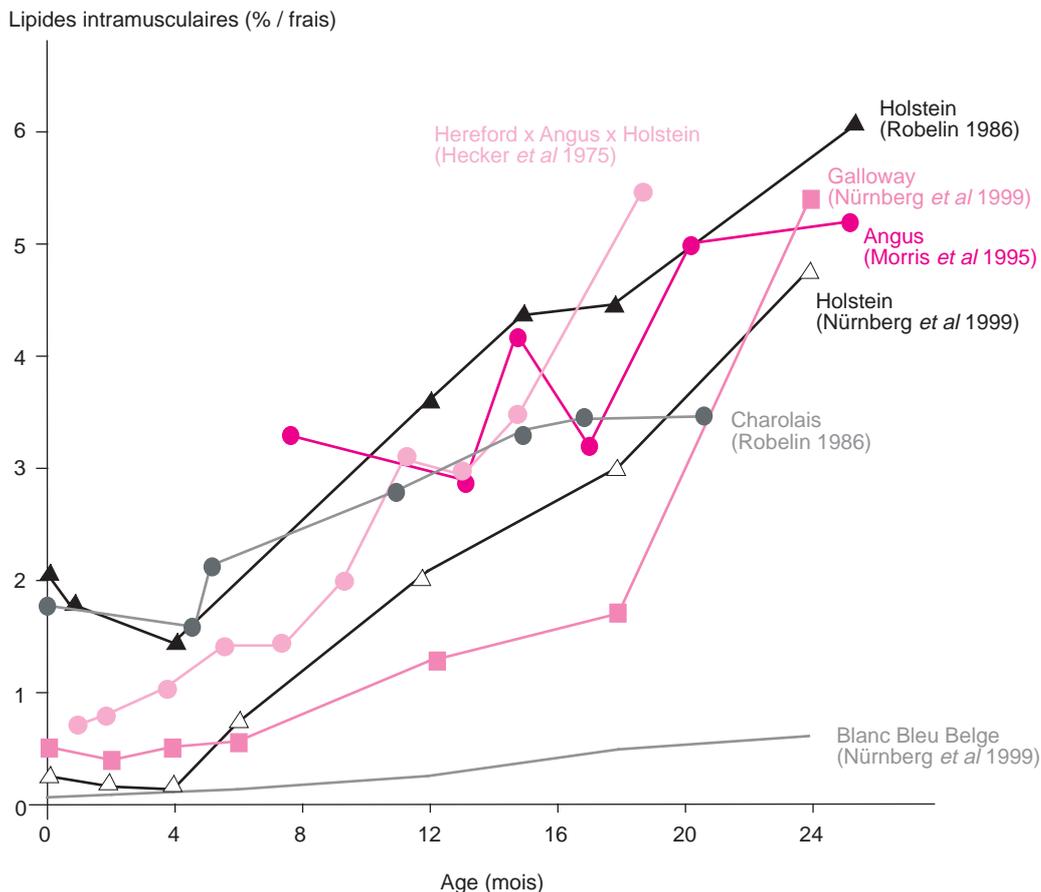


Figure 2. Influence du stade de croissance sur l'accroissement de la teneur en lipides intramusculaires chez le bovin recevant une ration de finition à base d'orge (Rule et al 1997).

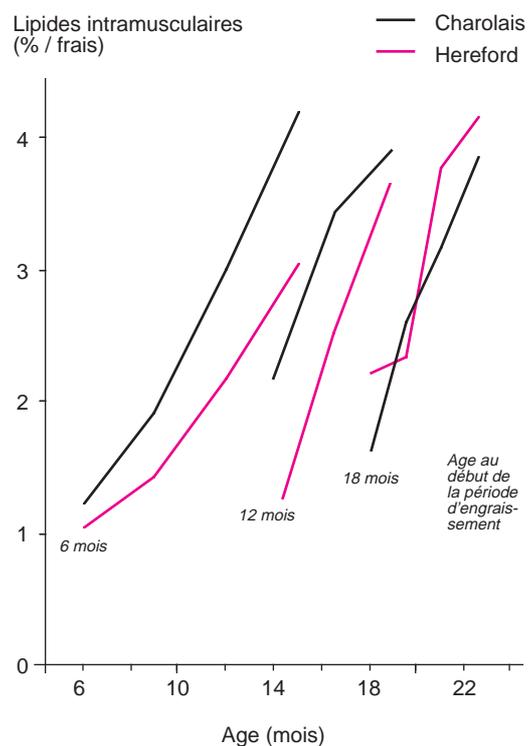
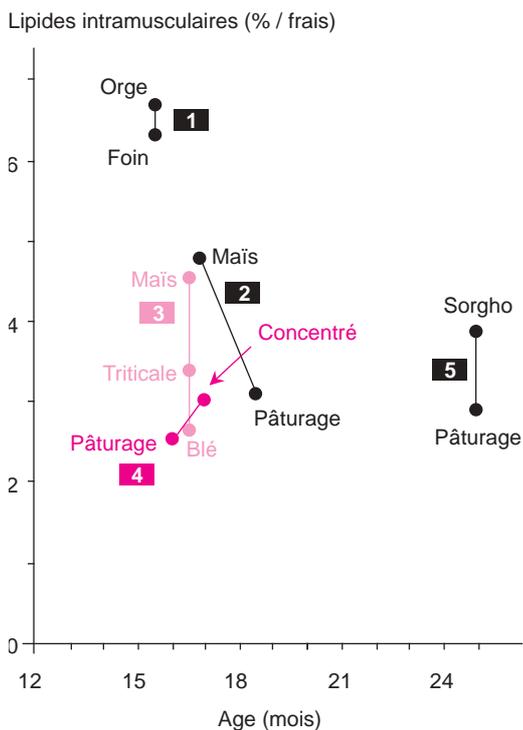


Figure 3. Influence du type de ration de finition sur la teneur en lipides intramusculaires des bovins de différents génotypes. (1) Hereford (Roberts 1966), (2) croisement Hereford x Angus x Brangus (Marmar et al 1984), (3) Hereford (Reddy et al 1975), (4) Angus x Hereford (Duckett et al 1993), (5) Angus (Garcia et al 1992).



dique la relation suivante dans laquelle TG et lipides sont exprimés en % du tissu frais :

$$\text{TG} = (1,00 \times \text{Lipides}) - 0,70$$

$$R^2 = 0,99 ; \text{ETR} = 0,18 ; n = 52.$$

En conséquence, le taux des triglycérides dans les lipides totaux s'accroît de 20 à 95 %, environ au cours de la croissance (figure 4).

Lorsque l'accroissement de la teneur en lipides rapportée à la matière sèche (MS) s'accroît de 1 point, celle de la matière sèche du muscle augmente de 0,2 point.

$$\text{MS} (\%) = (0,197 \times \text{Lipides} (\% \text{ MS})) + 24,06$$

$$R^2 = 0,42 ; \text{ETR} = 2,07 ; n = 92.$$

De ce fait, pendant cette période de croissance considérée (entre 9 et 30 mois), la teneur en matière sèche du muscle croît de 0,25 point par mois environ tandis que celle de protéines décroît de 0,16 point par mois environ.

La teneur en phospholipides (PL) est peu variable pour un type de muscle, quel que soit l'âge et le génotype des animaux. ($\text{PL} (\%) = 0,55 \pm 0,17 ; n = 52$). Si bien qu'en proportion des lipides intramusculaires, la teneur en phospholipides décroît d'environ 1 point par mois, principalement entre 9 et 30 mois (figure 4). De même que pour les phospholipides, la teneur en cholestérol du muscle ne semble pas varier au cours de la croissance ($56,4 \pm 17,8 \text{ mg} / 100 \text{ g muscle} ; n = 75$).

3 / Variations de la composition en acides gras des dépôts adipeux et des muscles

Dans cette partie, les données analysées ne concernent que des expérimentations dans lesquelles les rations n'ont pas été supplémentées en lipides.

3.1 / Lipides intramusculaires : influence de la classe de lipides

Il existe une forte disparité de composition entre les fractions de lipides neutres et celles de lipides polaires dans les lipides intramusculaires (figure 5). Les phospholipides contiennent 12 points de moins d'acides gras saturés (AGS) totaux et 24 points de moins d'acides gras monoinsaturés (AGMI) que les TG. La différence de composition en AGS entre les PL et les TG est la plus importante pour le C14:0 (environ 4 fois) alors qu'elle est pratiquement nulle pour le C18:0. A l'inverse, les phospholipides des muscles sont pratiquement 10 fois plus riches en acides gras polyinsaturés (AGPI) que les triglycérides ($32,3 \pm 5,9 \% ; n = 54$ pour les PL vs $3,4 \pm 5,9 \% ; n = 33$ pour les TG). Pour les AGPI, la disparité la plus grande concerne les AG à chaîne longue (20 atomes de carbone et plus) qui, en dehors de l'acide arachidonique, sont pratiquement

Figure 4. Relations entre les proportions des triglycérides et des phospholipides et la teneur en lipides intramusculaires.

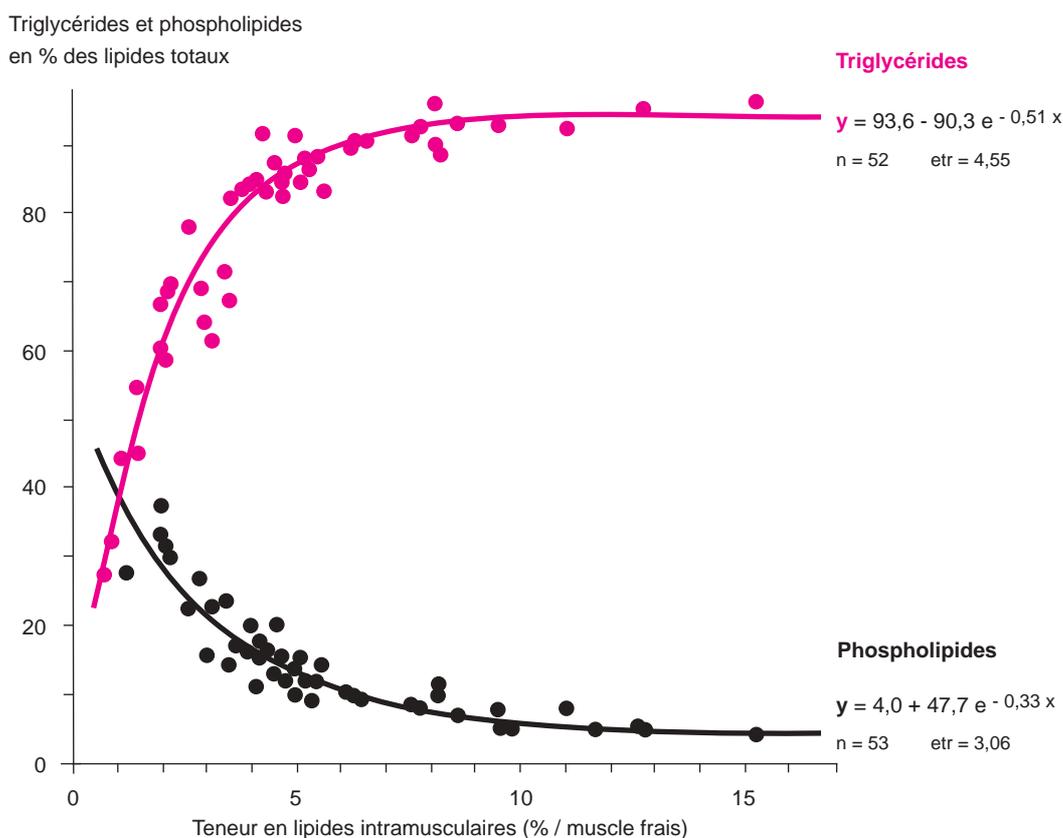


Figure 5. Proportions moyennes des acides gras dans les triglycérides, les phospholipides et les lipides intramusculaires totaux du muscle chez des bovins recevant une alimentation non supplémentée en matières grasses.

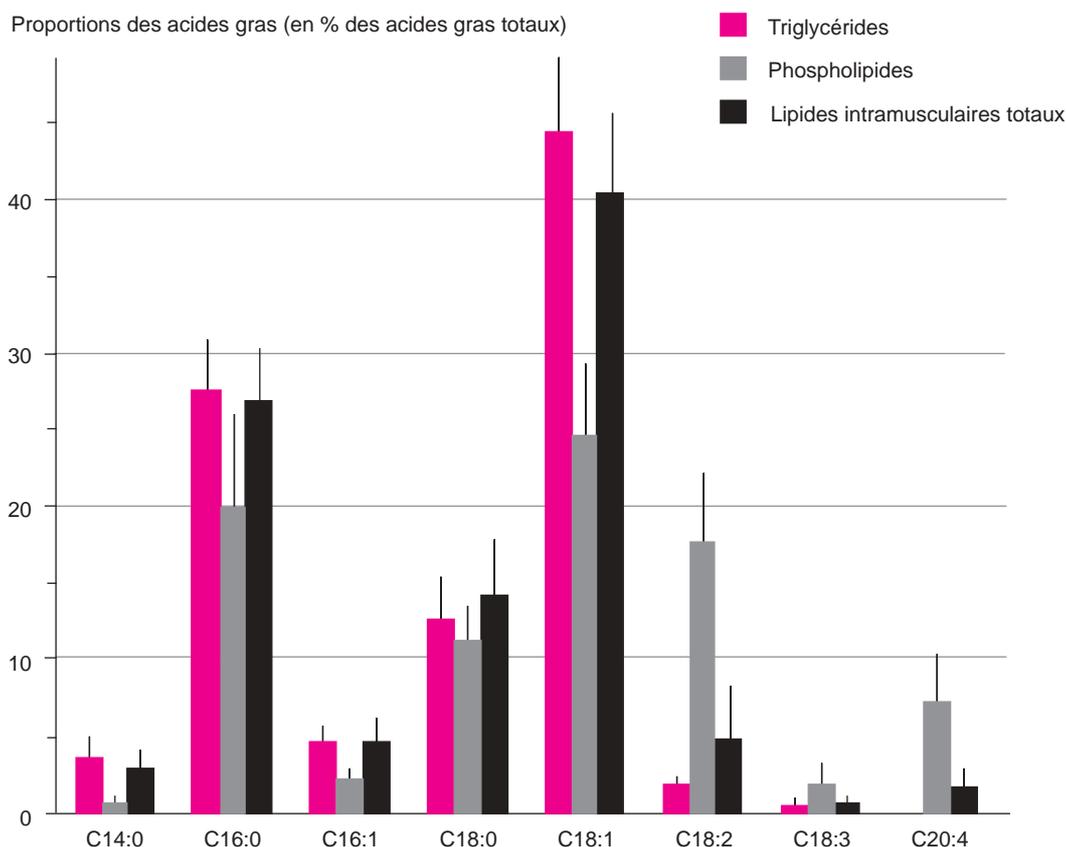
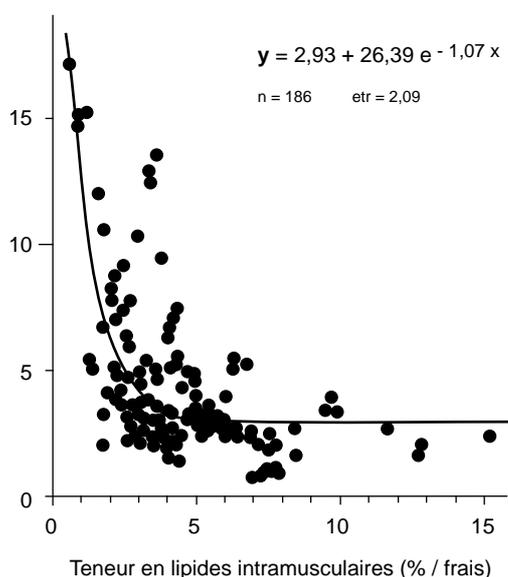


Figure 6. Relation entre la proportion de C18:2 et la teneur en lipides intramusculaires chez les bovins.

Proportion (%) de C18:2 dans les acides gras totaux



Les proportions des acides gras C14:0, C14:1, C16:0 et C18:1 varient dans le même sens que la teneur en lipides totaux des muscles, alors que c'est l'inverse pour tous les acides polyinsaturés. Comme l'accroissement du taux de lipides intramusculaires ne résulte que d'une augmentation de la teneur en TG, cela signifie que plus la teneur en lipides intramusculaires est élevée, plus la proportion d'AGPI est faible. Ainsi, la courbe de la proportion de C18:2 dans les acides gras des muscles a une allure voisine de celle de la proportion des phospholipides dans les lipides intramusculaires (figure 6).

En conséquence, les facteurs qui influencent la teneur en lipides des muscles modifient également leur profil en acides gras.

3.2 / Dépôts adipeux : influence de la classe de lipides

Les dépôts adipeux internes et les dépôts sous-cutanés sont constitués presque exclusivement de triglycérides (plus de 98%). Bien que le nombre de données disponibles soit plus réduit pour les dépôts adipeux que les muscles ($n = 10$ pour les TG et $n = 6$ pour les PL des tissus adipeux sous-cutanés), il semble que la différence de composition entre PL et TG du dépôt adipeux sous-cutané reflète celle observée pour les muscles. Cependant la différence des teneurs en acides gras entre les TG et les PL paraît être de

indétectables dans les lipides neutres. L'écart des proportions des AGPI à 18 atomes de carbone entre les PL et les TG est deux fois plus important pour C18:2 que pour C18:3.

moindre amplitude que celle observée dans les muscles ($5,1 \pm 2,6\%$; $n = 6$ vs $2,2 \pm 0,7\%$; $n = 10$, respectivement pour les proportions d'AGPI dans les PL et les TG des tissus sous-cutanés).

3.3 / Dépôts adipeux : influence du type de dépôt

Les données ont été analysées par analyse de variance selon un modèle qui intègre les effets du type de dépôt (α_i), de la ration (β_j), de l'interaction entre ces deux facteurs ($\alpha\beta_{ij}$), et des expérimentations (γ_k) : $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijkl}$

Les analyses portent sur les quatre types de dépôts les mieux représentés dans la base de données ($i = 1$ à 4) : intramusculaires, intermusculaires, sous-cutanés et internes (périréal, omental et mésentérique). Les résultats indiqués dans ce paragraphe ont été élaborés à partir de 97 expérimentations correspondant, pour les principaux AG, à 598 observations. Le tableau 1 présente les valeurs, ajustées des effets régimes et expériences, des compositions en acides gras des quatre dépôts considérés.

Dans les lipides de ces quatre adipeux, trois acides gras (C16:0, C18:0 et C18:1) représentent plus de 80 % des AG (81,0 - 85,7 - 82,7 et 87,7 % respectivement dans les dépôts intramusculaires, intermusculaires, sous-cutanés et internes ; tableau 1). L'influence du type de dépôt est hautement significative pour tous les AG, excepté pour C14:0 et C16:0. Les dépôts adipeux internes contiennent environ 10 points d'AGS totaux de plus que les dépôts intermusculaires et 15 points de plus que les dépôts sous-cutanés et intramusculaires. Les teneurs en AGMI sont les plus élevées dans les dépôts sous-cutanés (environ 50 %). L'écart des teneurs en AGMI est de faible amplitude (de 1 à 2 points) entre les dépôts sous-cutanés et intermusculaires, mais il est important entre les dépôts sous-cutanés et intramusculaires (de 5 à 6 points) et plus encore entre les dépôts sous-cutanés et internes (environ 15 points). Les teneurs en

AGPI sont nettement plus élevées dans les dépôts intramusculaires que dans les trois autres dépôts adipeux (11,4 - 2,8 - 2,7 et 2,3%, respectivement dans les dépôts intramusculaires, intermusculaires, sous-cutanés et internes). Les différences de teneurs en AGPI entre le muscle et les autres tissus sont presque exclusivement dues à l'acide linoléique (C18:2 $n-6$) et à ses acides dérivés de la série $n-6$.

Le tableau 2 montre que les liaisons entre les acides gras diffèrent selon leur localisation. Les variations du C14:0 sont positivement corrélées à celles du C16:0 dans les quatre dépôts mais négativement corrélées à celles du C18:0 dans les lipides intermusculaires et les lipides internes. Dans l'ensemble, le C16:1 est positivement corrélé au C18:1 et négativement avec le C18:0. Dans les muscles, les variations du C18:2 sont opposées à celles des variations des AG saturés à chaîne moyenne (C14:0 et C16:0) ainsi qu'à celles du C18:1.

Les teneurs en C18:2 $n-6$ et en C18:3 $n-3$ des muscles présentent des corrélations particulièrement élevées avec celles de leurs dérivés eicosatétraénoïques (C20:4 $n-6$ et C20:4 $n-3$) : $r = 0,72$ ($n = 165$, $P < 0,001$) entre C18:2 $n-6$ et C20:4 $n-6$ et $r = 0,94$ ($n = 13$, $P < 0,001$) entre C18:3 $n-3$ et C20:4 $n-3$.

4 / Influence du régime sur la composition en acides gras des dépôts adipeux et des muscles

4.1 / Apport de concentré

Les résultats des essais ont été regroupés selon deux types de ration : F = fourrages uniquement (prairie et fourrage sec) et RC = fourrage + concentré ou concentré seul ou rations complètes. Le tableau 3 présente les valeurs moyennes des teneurs en acides gras pour les deux types de ration (valeurs ajustées des effets du site de prélèvement). Lorsque les bovins sont alimentés exclusive-

Tableau 1. Composition en acides gras des lipides des tissus adipeux (TA) et des muscles de bovins alimentés avec des rations non supplémentées en matières grasses (n : nombre d'observations par acide gras, Estd : erreurs standards des moyennes ajustées de l'effet ration).

Lipides	n	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Intramusculaires	128 à 238	3,0 ^a	27,1	4,3 ^a	14,9 ^a	39,1 ^a	5,3 ^a	1,2 ^a
Estd		0,08	0,26	0,12	0,31	0,39	0,22	0,04
Intermusculaires	31 à 33	3,8 ^b	27,3	4,1 ^a	18,5 ^b	39,9 ^a	1,6 ^b	0,9 ^b
Estd		0,17	0,54	0,26	0,65	0,82	0,41	0,07
TA sous-cutanés	116 à 250	3,8 ^b	27,2	6,1 ^b	13,7 ^c	41,8 ^b	1,6 ^b	0,8 ^b
Estd		0,09	0,26	0,12	0,32	0,40	0,23	0,04
TA internes	45 à 61	3,7 ^b	27,0	2,3 ^c	29,4 ^d	31,2 ^c	1,7 ^b	0,6 ^c
Estd		0,15	0,47	0,23	0,58	0,72	0,36	0,06
Moyenne		3,5	26,9	5,4	14,7	41,5	3,4	0,8
Ecart type		1,2	3,5	2,3	5,9	6,0	2,8	0,7

a, b, c, d : pour chaque acide gras, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

ment au pâturage ou avec du fourrage, les proportions de C16:1, C18:1 et C18:2 sont plus faibles et les proportions de C18:0 et de C18:3 sont plus élevées qu'avec des rations contenant du concentré. L'interaction entre le type de ration et le type de site de dépôt est significatif pour C18:0, C18:1 et C18:3, mais pas pour C18:2. Il apparaît en particulier que pour C18:3, les tissus internes sont moins sensibles aux effets des rations que les tissus intramusculaires, intermusculaires, et sous-cutanés. L'inverse est observé pour C18:0 et C18:1. Les tissus intramusculaires, intermusculaires et

Tableau 2. Coefficients de corrélation entre les acides gras des lipides chez les bovins alimentés avec des rations non supplémentées en matières grasses (n : nombre d'observations pour chaque acide gras). Les valeurs indiquées sont significatives au seuil de 5 %.

Lipides intramusculaires (225 < n < 288)

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1
C16:0	0,63				
C16:1	-	-			
C18:0	-	0,19	-0,46		
C18:1	-	0,30	0,26	-	
C18:2	-0,28	-0,23	0,20	-	-0,34

Lipides intermusculaires (31 < n < 33)

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1
C16:0	0,59				
C16:1	0,47	-			
C18:0	-0,44	-	-0,93		
C18:1	-	-0,48	0,56	-0,68	
C18:2	-0,54	-0,35	-0,70	0,62	-

Lipides des dépôts sous-cutanés (205 < n < 250)

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1
C16:0	0,30				
C16:1	-	-			
C18:0	-	-	-0,62		
C18:1	-0,47	-0,59	0,24	-0,54	
C18:2	-	-	-0,26	0,48	-0,34

Lipides des dépôts internes (57 < n < 61)

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1
C16:0	0,59				
C16:1	0,32	0,31			
C18:0	-0,41	-0,43	-0,63		
C18:1	-0,46	-0,42	-	-0,39	
C18:2	0,26	-	-	-	-

Tableau 3. Effet du type de ration sur la composition en acides gras des lipides de bovins alimentés sans supplément de matières grasses (n : nombre d'observations pour chaque acide gras, Estd : erreurs standards des moyennes ajustées de l'effet site).

	n	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Fourrage (prairie et fourrage sec)	80 à 106	3,6	27,3	4,0	20,8 ^a	35,7 ^a	2,4	1,2 ^a
Estd		0,15	0,46	0,22	0,56	0,70	0,37	0,06
Ration complète ou complémentée	240 à 456	3,6	27,0	4,4	17,4 ^b	40,3 ^b	2,7	0,5 ^b
Estd		0,06	0,17	0,09	0,21	0,27	0,14	0,03

a, b : valeurs significativement différentes entre les deux types de ration ($P < 0,05$).

sous-cutanés présentent donc une aptitude marquée, d'une part à prélever C18:3 et, d'autre part, à maintenir un rapport C18:1/C18:0 relativement constant.

Par ailleurs, avec les rations de fourrage exclusivement, les lipides intramusculaires des bovins sont deux fois plus riches en AGPI de la série $n-3$ qu'avec des rations complémentées ($3,0 \pm 1,0$; $n = 5$ vs $1,4 \pm 0,7$; $n = 13$), mais environ deux fois plus pauvres en AGPI de la série $n-6$ ($4,9 \pm 1,7$ vs $9,5 \pm 6,1$). De la sorte, le rapport des AGPI $n-6/n-3$ est pratiquement quatre fois plus faible avec du fourrage seul qu'avec des rations comprenant du concentré ($1,7 \pm 0,5$ vs $6,5 \pm 2,4$). Ces variations reflètent, au moins en partie, les différences connues des proportions de C18:2 et C18:3 dans les acides gras entre les fourrages et les concentrés (Morand-Fehr et Tran 2001).

4.2 / Supplémentation lipidique

L'influence de l'apport de matières grasses sur la composition en acides gras a été considérée dans 43 expérimentations publiées (311 observations) pour les dépôts adipeux et dans 28 expérimentations (111 observations) pour les lipides intramusculaires. Compte tenu de la grande diversité des matières grasses étudiées, une première étude statistique a été effectuée pour regrouper certaines matières grasses et mieux faire ressortir les principaux effets. Les matières grasses d'origine animale identifiées sous le terme générique de « matières grasses animales » ont regroupé le suif, le saindoux, et les « graisses jaunes », lesquelles sont constituées principalement de graisses de volaille. Les huiles de poisson ont constitué un groupe distinct. De même, les matières grasses protégées (encapsulées dans une matrice traitée au formaldéhyde) d'origine végétale, de coton, de tournesol ou de carthame ont été regroupées sur la base des similitudes de traitement technologique et de leurs profils moyens de composition en AG. Les mêmes matières grasses d'origine végétale ont été considérées séparément dans les dépôts adipeux et les muscles : soja, colza, carthame, coton, palme et lin. Les observations relatives aux animaux non sevrés ainsi que celles qui ne proviennent pas d'au moins deux expérimentations n'ont pas été intégrées dans l'analyse.

Dans cette approche, les effets des différentes classes de sources lipidiques sont restitués par rapport à un lot témoin moyen compte tenu de la prise en considération de l'effet

expérience et du site pour les tissus adipeux. De ce fait, la valeur obtenue pour les régimes témoins est identique pour tous les essais et les matières grasses. La prise en compte de l'effet expérience à la façon d'un « effet bloc » permet de diminuer la part des variations non expliquées et donc de mieux faire ressortir les effets des types de matières grasses.

a / Tissus adipeux (tableau 4)

Dans l'ensemble, avec des rations enrichies en matières grasses d'origine animale les dépôts adipeux présentent une teneur en acides gras saturés plus importante qu'avec des rations contenant des matières grasses végétales, à l'exception toutefois des matières grasses de palme et de coton. A l'intérieur des groupes de matières grasses il existe des disparités. Parmi les matières grasses d'origine végétale, outre les huiles de palme et de coton déjà évoquées, les teneurs en AGS sont les plus faibles avec le tournesol et plus particulièrement avec le lin. Les teneurs en C18:0 sont significativement plus basses avec le lin qu'avec les autres matières grasses végétales. Elles apparaissent sensiblement plus élevées avec le colza. Les matières grasses de palme conduisent à des proportions d'acide oléique comparables à celles obtenues avec des matières grasses animales et plus faibles que pour les autres matières grasses végétales. Les proportions des acides monoinsaturés

rapportés aux acides gras saturés correspondants (C16:1/C16:0 et C18:1/C18:0) sont plus élevées avec le lin qu'avec toutes les autres matières grasses analysées dans cette étude (0,30 et 2,46 pour les graines de lin vs 0,16 et 1,75 pour les matières grasses animales).

Avec les rations supplémentées en matières grasses végétale non protégée, les proportions de C18:2 sont significativement plus élevées dans les dépôts adipeux avec les graines de lin et de carthame.

Avec les matières grasses végétales protégées, les proportions de C18:2 dans les dépôts adipeux peuvent être deux à dix fois plus élevées qu'avec les rations témoins ou avec celles contenant des graisses animales. Lorsque les matières grasses sont protégées les tissus internes sont plus enrichis en C18:2 que les tissus sous-cutanés (14,6 vs 13,0 %, P = 0,06).

Les graines de lin accroissent les proportions de C18:3 dans les dépôts adipeux. Lorsque les teneurs en C18:2 et en C18:3 sont significatives (somme supérieure ou égale à 5 %), le rapport C18:2/C18:3 varie largement, de 2,1 à 20,7 %.

Lorsque des matières grasses d'origine végétale sont incorporées dans les laits de remplacement, la composition des dépôts adipeux reflète dans l'ensemble celle des matières grasses ingérées. Cependant, les

Tableau 4. Effet du type de matières grasses ajoutées à la ration sur la composition en acides gras des lipides (intermusculaires et des dépôts adipeux sous-cutanés et internes) des bovins (n : nombre d'observations pour chaque acide gras, Estd : erreurs standards des moyennes ajustées des effets site et référence).

	n	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Témoin (sans matières grasses)	64 à 97	27,3 ^a	18,5 ^{ab}	40,0 ^a	2,0 ^a	0,6 ^{ab}
Estd		0,27	0,37	0,47	0,32	0,05
Matières grasses animales	10 à 39	28,2 ^{ad}	19,6 ^a	37,5 ^{bcd}	1,8 ^a	0,4 ^a
Estd		0,48	0,68	0,85	0,58	0,14
Matières grasses végétales						
Soja	25 à 44	25,6 ^{bc}	19,6 ^a	41,3 ^a	2,4 ^a	0,7 ^{abd}
Estd		0,44	0,61	0,76	0,52	0,27
Colza	10 à 11	24,3 ^{abef}	21,2 ^a	40,6 ^{ab}	2,0 ^a	0,7 ^{ab}
Estd		0,81	1,14	1,41	0,97	0,14
Tournesol	6 à 8	24,4 ^{bf}	19,5 ^{ab}	42,4 ^a	2,7 ^a	1,1 ^{bd}
Estd		0,93	1,30	1,62	1,10	0,19
Lin	3	25,3 ^{abce}	15,0 ^b	40,1 ^{ad}	5,1 ^{ab}	2,3 ^c
Estd		1,48	2,08	2,58	1,76	0,24
Coton	4 à 6	28,0 ^{acd}	18,5 ^{ab}	39,0 ^{abcd}	2,3 ^{ab}	0,6 ^{abd}
Estd		1,32	1,86	2,31	1,57	0,27
Palme	4	30,6 ^d	18,2 ^{ab}	37,8 ^{abcd}	2,5 ^{ab}	1,2 ^d
Estd		1,19	1,68	2,09	1,42	0,20
Carthame	5 à 19	25,5 ^{bc}	19,2 ^{ab}	40,4 ^{ac}	5,6 ^b	0,9 ^{bd}
Estd		0,58	0,82	1,02	0,69	0,19
Matières grasses protégées						
Colza	3	22,7 ^{ef}	19,3 ^{ab}	39,6 ^{ad}	9,1 ^c	1,1 ^d
Estd		1,26	1,77	2,21	1,50	0,21
Tournesol + soja	21	21,8 ^f	21,3 ^c	34,2 ^c	11,8 ^c	1,0 ^d
Estd		0,72	1,02	1,26	0,86	0,12
Coton, tournesol et carthame	24 à 48	22,6 ^f	20,7 ^c	37,8 ^d	13,7 ^c	0,6 ^{ab}
Estd		0,48	0,68	0,84	0,57	0,10
Suif + soja	8	26,6 ^{be}	20,7 ^a	38,3 ^{abd}	3,6 ^a	0,8 ^{abd}
Estd		0,97	1,36	1,70	1,16	0,16
Ecart type résiduel		1,9	2,7	3,3	2,3	0,3

a, b, c, d, e, f : pour chaque acide gras, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P < 0,05).

acides gras ayant moins de 14 atomes de carbone apportés par l'huile de coprah sont peu déposés dans les lipides des dépôts adipeux, mais ils contribuent à l'élévation des teneurs en C14:0 et en C16:0 aux dépens des acides stéarique et oléique (Toullec et Mathieu 1969, Jenkins *et al* 1985). Un apport important d'acide palmitique (par l'huile de palme) n'a qu'une influence modérée sur l'accroissement de sa teneur dans les dépôts adipeux, mais il contribue à élever les teneurs en acides stéarique et oléique (Toullec et Mathieu 1969). Avec des matières grasses qui, comme l'huile d'arachide, sont riches en acides gras longs mono- et di-insaturés et pauvres en acides gras saturés, les teneurs en acide palmitique et, de façon plus marquée, en acide stéarique sont plus élevées dans les dépôts adipeux que dans le lait de remplacement.

b / Lipides intra-musculaires (tableau 5)

Dans l'ensemble, les effets des matières grasses alimentaires sur les variations de composition en acides gras des lipides intra-musculaires sont assez comparables à ceux indiqués ci-dessus pour les dépôts adipeux, tant pour la hiérarchie des valeurs obtenues que pour les variations des proportions des principaux acides gras, à l'exception toutefois du C18:2 dont les variations semblent plus atténuées dans les muscles.

Les lipides intramusculaires des animaux

recevant des matières grasses animales ont tendance à être plus pauvres en AGMI que ceux des lots témoins (-1,4 point, $P = 0,07$). Les matières grasses d'origine végétale induisent, selon leur origine, des effets diversifiés sur la composition en acides gras des muscles. La matière grasse de palme induit des réponses sur les teneurs en AGS et en AGPI des muscles qui sont proches de celles obtenues avec les graisses d'origine animale. Le colza réduit les teneurs en acides gras monoinsaturés C16:1 (3,0 vs de 3,9 à 4,2 pour les autres matières grasses, $P < 0,05$ entre les lots colza et les autres lots). Avec un apport de matières grasses végétales la teneur en C18:1 n'est accrue que pour le lin, le carthame et le palme, alors qu'un effet inverse apparaît pour les matières grasses protégées. La teneur en C18:2 n'est accrue qu'avec le carthame et surtout les matières grasses protégées tandis que seul le lin ne semble avoir un effet positif significatif sur la teneur en C18:3 *n*-3. C'est avec cette matière grasse que le rapport des AGPI *n*-6/*n*-3 est le plus faible, et de ce fait le plus proche de celui obtenu chez les animaux nourris à l'herbe.

Les huiles de poisson induisent des teneurs plus élevées en acide palmitique mais plus faibles en acide stéarique et, dans une moindre mesure, en acides gras polyinsaturés à 18 atomes de carbone. Avec cette matière grasse, le rapport AGPI/AGS est plus faible

Tableau 5. Effets de l'origine des matières grasses ajoutées à la ration sur la composition en acides gras des lipides des muscles de bovins (*n* : nombre d'observations pour chaque acide gras, Estd : erreurs standards des moyennes ajustées de l'effet référence).

	n	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Témoin (sans matières grasses)	26 à 34	27,6 ^a	13,6 ^{ac}	40,6 ^a	4,7 ^a	0,6 ^a
Estd		0,32	0,24	0,41	0,20	0,03
Matières grasses animales						
Graisses animales	11 à 20	27,3 ^{ac}	14,5 ^{bc}	39,3 ^b	4,8 ^a	0,6 ^a
Estd		0,47	0,36	0,62	0,30	0,06
Poisson	7 à 8	28,3 ^{acd}	12,5 ^c	40,7 ^{abd}	4,4 ^{ab}	0,6 ^a
Estd		1,20	0,90	1,58	0,76	0,11
Matières grasses végétales						
Soja	10 à 13	26,7 ^{abc}	14,0 ^{abc}	40,8 ^{abc}	5,0 ^{ab}	0,6 ^a
Estd		0,50	0,37	0,65	0,31	0,05
Colza	4	27,9 ^{abc}	15,6 ^{bd}	39,1 ^{abe}	5,4 ^{ab}	0,8 ^{ab}
Estd		1,10	0,82	1,44	0,69	0,10
Lin	3	24,0 ^{bcd}	13,8 ^{abcd}	45,3 ^{cd}	4,6 ^{ab}	1,0 ^b
Estd		1,64	1,23	2,16	1,03	0,15
Palme	3	27,1 ^{acd}	14,4 ^{abd}	43,4 ^{abcd}	5,1 ^{ab}	0,6 ^a
Estd		1,64	1,24	2,16	1,03	0,15
Carthame	0 à 3	25,8 ^{cd}	14,6 ^{abcd}	43,9 ^d	6,2 ^b	-
Estd		0,90	0,68	1,19	0,57	-
Matières grasses mixtes						
Poisson + Lin	3	27,0 ^{ad}	12,4 ^c	42,2 ^{abd}	4,6 ^{ab}	0,8 ^a
Estd		1,64	1,23	2,16	1,03	0,15
Matières grasses protégées						
Tournesol + soja	4	23,5 ^d	16,5 ^d	35,7 ^e	13,5 ^c	0,7 ^{ab}
Estd		1,13	0,84	1,48	0,71	0,10
Ecart type résiduel		1,3	1,0	1,7	0,8	0,1

a, b, c, d, e : pour chaque acide gras, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

qu'avec les autres matières grasses. Cependant les huiles de poisson ont un effet bénéfique sur les teneurs en acides polyinsaturés à chaîne longue ($0,49 \pm 0,15\%$, $n = 8$ pour C20:5 *n*-3 ; $0,37 \pm 0,10\%$, $n = 7$ pour C22:5 *n*-3 ; $0,21 \pm 0,07\%$, $n = 8$ pour C22:6 *n*-3), ce qui représente des valeurs deux fois plus élevées que celles observées chez les animaux des lots témoins ($0,17 \pm 0,09\%$, $n = 2$ pour C20:5 *n*-3 ; $0,21 \pm 0,13\%$, $n = 2$ pour C22:5 *n*-3 ; $0,03 \pm 0,01\%$, $n = 2$ pour C22:6 *n*-3) ou chez ceux qui reçoivent des matières grasses d'origine animale ($0,21 \pm 0,07\%$, $n = 4$ pour C20:5 *n*-3 ; $0,17 \pm 0,03\%$, $n = 3$ pour C22:5 *n*-3 ; $0,02 \pm 0,006\%$, $n = 3$ pour C22:6 *n*-3). Ces acides polyinsaturés à longue chaîne ayant la particularité de n'être que très faiblement hydrogénés dans le rumen, ils deviennent disponibles pour l'organisme. Ils ne sont pas, ou peu, incorporés dans les lipides neutres mais seulement dans les phospholipides des muscles (Ashes *et al* 1992).

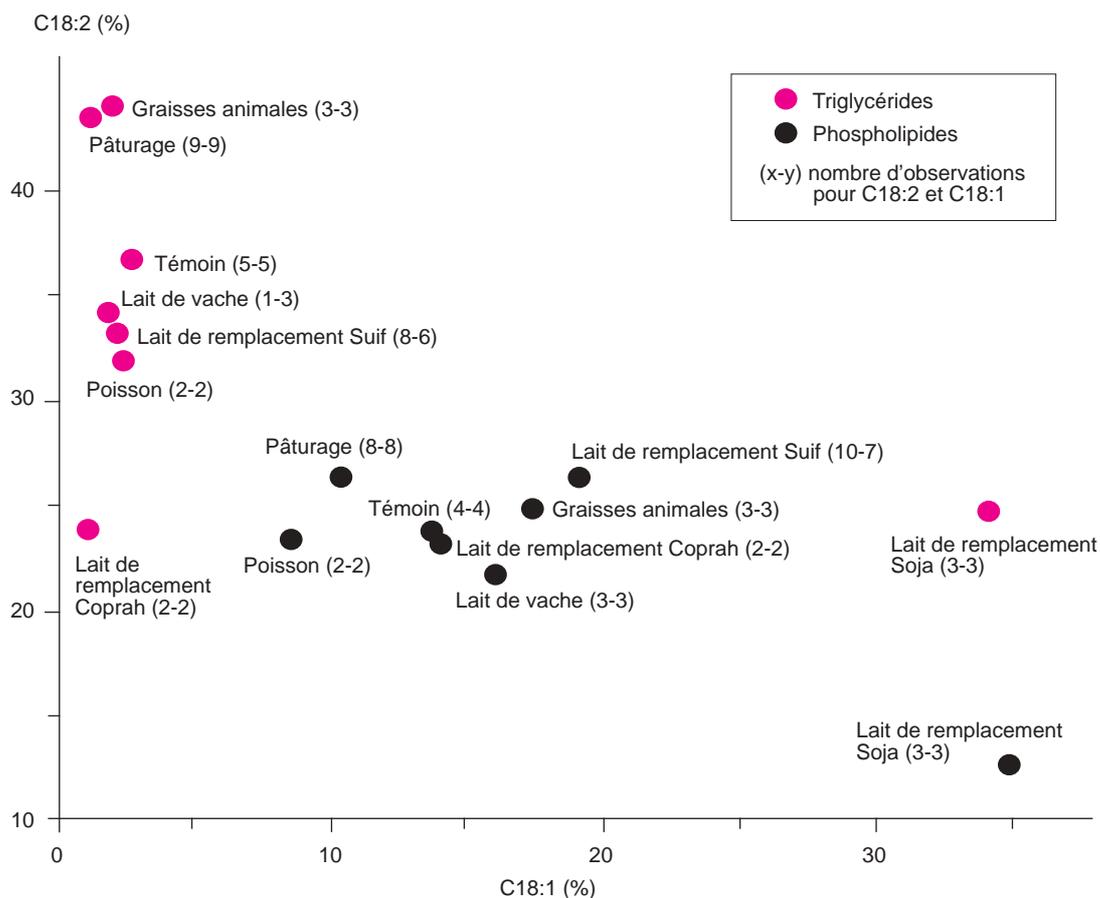
La variabilité non expliquée comprend notamment l'influence de la durée et de l'intensité du traitement. Ainsi, des suppléments de 0,5 et 1 point de lipides de poisson à une ration complète à base de maïs enrichissent les muscles (concentration par g de muscle et en proportion des AG totaux) en AGPI à chaîne longue. L'accroissement de la teneur en AGPI *n*-3 des muscles est respectivement de 0,12 et 0,15 % par mois (Mandell *et al* 1997).

c / Composition en acides gras des triglycérides et des phospholipides des muscles

Sous l'effet d'une supplémentation de la ration en matières grasses, les variations de composition des acides gras n'ont pas la même ampleur dans les différentes fractions des lipides intramusculaires. Comme pour les rations non supplémentées en matières grasses (figure 5) les variations relatives des acides monoinsaturés sont plus importantes dans les phospholipides que dans triglycérides des muscles alors qu'elles sont de moindre amplitude pour les acides polyinsaturés (triglycérides : CV = 25,5 - 13,1 - 134,1 - 82,3 - 115,6 vs phospholipides : CV = 34,9 - 27,3 - 43,1 - 68,8 - 52,8 pour C16:1, C18:1, C18:2, C18:3 et C20:4, respectivement).

Chez les bovins préruminants, les matières grasses riches en acides gras à chaîne moyenne, telles que le coprah ou le lait de vache, accroissent les proportions d'acide myristique à la fois dans les triglycérides et les phospholipides. Toutefois, la proportion d'acide myristique reste 6 fois plus faible dans les phospholipides que dans les triglycérides (2,3 vs 14,1%, pour les PL et les TG, respectivement avec du lait de remplacement enrichi en coprah ; Toullec et Mathieu 1969, Bauchart *et al* 1999). Un lait de remplacement à base de matière grasse de soja induit des teneurs en

Figure 7. Variations des proportions de C18:1 et C18:2 dans les triglycérides et les phospholipides des muscles de bovins préruminants et ruminants, selon l'origine de la matière grasse incorporée dans la ration.



acide linoléique élevées à la fois dans les triglycérides et les phospholipides (figure 7).

Les variations de teneurs en acide linoléique dans les phospholipides semblent directement liées aux variations de sa disponibilité tandis que la teneur en acide linoléique des triglycérides ne semble accrue que lors d'une disponibilité importante. L'augmentation du C18:2 se répercute sur les teneurs en AGPI de la série *n*-6 dans les phospholipides des muscles et s'effectue principalement aux dépens des AG monoinsaturés (C18:1 et C16:1).

Les réponses des lipides musculaires à une supplémentation en matières grasses alimentaires dépendent de la proportion relative des différentes classes de lipides et de la teneur en lipides de ces muscles. Ainsi ces réponses sont plus atténuées lorsque la teneur en lipides des muscles est faible comme c'est le cas chez les bovins de race Blanc Bleu Belge.

Conclusion

La composition en acides gras des lipides corporels des bovins dépend de nombreux facteurs dont la méta-analyse a permis de tester et de hiérarchiser les principaux. Outre les effets liés au type de lipides et de dépôt, il apparaît que la supplémentation en aliments concentrés favorise la proportion d'AGMI et de C18:2, mais réduit celles de C18:0 et de C18:3.

Chez les bovins préruminants les proportions des acides gras dans les dépôts adipeux sont fortement liées à leur disponibilité dans

l'aliment d'allaitement. Les matières grasses végétales protégées accroissent les proportions des acides polyinsaturés dans les dépôts adipeux et les muscles.

La supplémentation des rations destinées aux bovins en croissance avec des matières grasses non protégées d'origine animale ou végétale a une influence modérée sur le profil des acides gras dans les tissus adipeux et les muscles, mais qui est néanmoins spécifique du type de matière grasse incorporée dans la ration. Ces modifications reflètent les différences de traitement technologique et de composition des matières grasses ingérées. D'une façon générale, l'apport de matières grasses animales modifie assez peu la composition en acides gras, excepté lorsqu'il s'agit d'huiles de poisson. Les graines de lin et de carthame semblent avoir des effets potentiellement intéressants sur les proportions des acides polyinsaturés dans les tissus adipeux et les muscles. Le type de matière grasse ajoutée à la ration peut donc permettre de modifier la composition en acides gras des viandes selon l'objectif souhaité du point de vue nutritionnel (moins d'AG saturés, plus d'AG insaturés monoènes ou d'AGPI, rapport *n*-3/*n*-6 plus élevé...).

Il serait nécessaire de pouvoir disposer d'un nombre plus important de résultats pour les matières grasses les plus intéressantes pour la pratique afin d'élaborer des recommandations d'usage plus précises (description et industrialisation possible du traitement de la matière grasses, quantité à apporter, durée de l'apport, stade physiologique, interaction avec les autres éléments de la ration...).

Références

- Ashes J.R., Siebert B.D., Gulati S.K., Cuthbertson A.Z., Scott T.W., 1992. Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. *Lipids*, 27, 629-631.
- Bauchart D., Durand D., Gruffat-Mouty D., Piot C., Grault B., Chilliard Y., Hocquette J.F., 1999. Transport sanguin et métabolisme tissulaire des lipides chez le veau de boucherie. Effets du remplacement du suif par de l'huile de coprah dans l'aliment d'allaitement. *INRA Prod. Anim.*, 12, 273-285.
- Clinquart A., Micol D., Brundseaux C., Dufrasne I., Istasse L., 1995. Utilisation des matières grasses chez les bovins à l'engraissement. *INRA Prod. Anim.*, 8, 29-42.
- Clinquart A., Hornick J.L., Van Eenaeme C., Istasse L., 1998. Influence du caractère culard sur la production et la qualité de la viande de bovins Blanc Bleu Belge. *INRA Prod. Anim.*, 11, 285-297.
- Doreau M., Ferlay A. 1994. Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 45, 379-396.
- Duckett S.K., Wagner D.G., Yates L.D., Dolezal H.G., May S.G., 1993. Effects of time on feed on beef nutrient composition. *J. Anim. Sci.*, 71, 2079-2088.
- Garcia P.T., Casal J.J., 1992. Lipids in longissimus muscles from grass fed steers. In 38th International Congress of Meat Science and Technol, Clermont-Ferrand, France, 23-28/08/1993. Ed. Secretariat of ICOM-ST, Helsinki, Finland, vol 2, pp 53-56.
- Hecker A.L., Cramer D.A., Hougham D. F., 1975. Compositional and metabolic growth effects in the bovine muscle, subcutaneous and serum total fatty acids. *J. Food Sci.*, 40, 144-149.
- Jenkins K.J., Kramer J.K.G., Sauer S.D., Emmons D.B., 1985. Influence of triglycerides and free fatty acids in milk replacers on calf performance, blood plasma, and adipose lipids. *J. Dairy Sci.*, 68, 669-680.
- Johnson E.R., 1987. Marbling fat in beef. *Meat Sci.*, 20, 267-279.
- Kempster A.J., 1981. Fat partition and distribution in the carcass of cattle, sheep and pigs. *Meat Sci.*, 5, 83-98.
- Malau-Aduli A.E.O., Edriss M.A., Siebert B.D., Bottema C.D.K., Pitchford W.S., 2000. Breed differences and genetic parameters for melting point, marbling score and fatty acid composition of lot-fed cattle. *J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr.*, 83, 95-105.
- Mandell I.B., Buchanan-Smith J.G., Holub B.J., Campbell C.P., 1997. Effects of fish meal in beef cattle diets on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of Longissimus muscle. *J. Anim. Sci.*, 75, 910-919.
- Marmer W.N., Maxwell R.J., Williams J.E., 1984. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.*, 59, 109-121.
- Minitab, 1998. Reference manual, Mitab Inc., State College, PA, 1998.

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.

Morris C.A., Kirton, A.H., Hogg B.W., Brown J.M., Mortimer B.J., 1995. Meat composition in genetically selected and control cattle from a serial slaughter experiment. *Meat Sci.*, 39, 427-435.

Nürnberg K., Ender B, Papstein H-J, Wegner J., Ender K, Nürnberg G., 1999. Effects of growth and breed on the fatty acid composition of the muscle lipids in cattle. *Z. Lebensm. Unters Forsch. A*, 208, 332-335.

Reddy S.G., Chen M.L., Rao D.R., 1975. Replacement value of triticale for corn and wheat in beef finishing rations. *J. Anim. Sci.*, 40, 940-944.

Robelin J., 1986. Composition corporelle des bovins : Evolution au cours du développement et différences entre races. Thèse Dr es Sciences, Univ. Clermont-Ferand II, 391 p.

Roberts W.K., 1966. Effects of diet, degree of fatness, and sex upon fatty acid composition of cattle tissues. *Can. J. Anim. Sci.*, 46, 181-190.

Rule D.C., MacNeil M.D., Short R.E., 1997. Influence of sire growth potential, time on feed, and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of the ground carcass and Longissimus muscle of beef steers. *J. Anim. Sci.*, 75, 1525-1533.

SAS, 1987. Statistical Analysis System. SAS/STAT SAS User's Guide : Statistics, 6th Edition, SAS, Cary, NC.

Sauvant D., Bas P., 2001. La digestion des lipides chez le ruminant. *INRA Prod. Anim.* 14, 303-310.

Toullec R., Mathieu C.M., 1969. Utilisation digestive des matières grasses et de leurs principaux acides gras par le veau préruminant à l'engrais. Influence sur la composition corporelle. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 9, 169-160.

Wood J.D. Enser M., 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Br. J. Nutr.*, 78 (Suppl. 1), S49-S60.

Abstract

Variation of lipid composition of adipose tissues and muscles in cattle.

The fatty acid (FA) contents of adipose tissues and muscles influence the characteristics of meat quality. The main causes of variation in the fatty acid composition has been studied in cattle by meta-analyse of data from the literature. The lipid content of muscle was influenced by the genotype and the level of energy intake. The increase in intramuscular fat content with age and fattening was mainly constituted of triacylglycerols (TG). The phospholipid (PL) content was nearly constant for one type of muscle. TG had higher contents in monounsaturated FA (MUFA) and saturated FA (SFA) (TG/PL = 1.9 - 1.3 - 4.5 - 1.2 - 1.1, for MUFA, SFA, C14:0, C16:0 and C18:0, respectively) but had lower contents in polyunsaturated FA (TG/PL around 0.07 for PUFA). With diets including concentrate feed unsupplemented with fat, the adipose tissues and the muscles had lower contents of C18:0 and C18:3 but higher

contents of C18:1 than with diets with forages only. Moreover, in intramuscular fat the PUFA n -6/PUFA n -3 ratio was lower with forage diets. Except for palm oil and cotton seeds, the vegetable fats produced adipose tissues with lower levels of SFA content than with animal fats. In adipose tissues, the PUFA levels were at their highest with linseed and with safflower. In the muscles, the variations in the C18:2 contents are influenced less when unprotected fat was added to the ration. Linseed produced the higher level of C18:3 than other added fats. Fish oils decreased C18:0 but increased PUFA n -3 contents in the muscle. The influence of a fat supplemented diet on FA composition of the muscles was different for TG and PL. Composition of total muscle lipids was thus influenced by the ratio of the two fat classes.

BAS P., SAUVANT D., 2001. Variations de la composition des dépôts lipidiques chez les bovins. *INRA Prod. Anim.*, 14, 311-322.