

Colloque sur la chèvre 2005 L'innovation, un outil de croissance!

Le vendredi 7 octobre 2005, Pavillon des Pionniers, Site de l'exposition, Saint-Hyacinthe

Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chèvre : revue des travaux récents

Audrey DOYON, agr., étudiante au doctorat

Université Laval, Québec

Conférence préparée avec la collaboration de :

Gaëtan Tremblay, co-directeur de doctorat
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Dany Cinq-Mars, agr. Ph.D.
Responsable de la division de la nutrition et de l'alimentation
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec

Yvan Chouinard, agr. Ph.D. chercheur
Université Laval, Québec

Note : Cette conférence a été présentée lors de l'événement
et a été publiée dans le cahier des conférences.

Pour commander le cahier des conférences, consultez
[le catalogue des publications du CRAAQ](http://www.agrireseau.qc.ca)

Vous retrouverez ce
document sur le site
Agrireseau.qc.ca



TITRE DE LA PRÉSENTATION :

Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chèvre : revue des travaux récents

AUTEUR : **Audrey DOYON**, agr., étudiante au doctorat
Université Laval, Québec

COLLABORATEURS : **Gaëtan Tremblay**, co-directeur de doctorat
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Dany Cinq-Mars, agr., Ph.D.
Responsable de la division de la nutrition et de l'alimentation
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Québec
Yvan Chouinard, agr., Ph.D., chercheur
Université Laval, Québec

FAITS SAILLANTS

- Nous avons réalisé une enquête afin de déterminer la teneur des différents constituants dans le lait de chèvre produit au Québec et d'évaluer l'influence des pratiques d'élevage sur la teneur de ces différents constituants.
- Les acides gras *trans* : effets sur la santé, présence dans le lait de chèvre produit au Québec et nouvelle réglementation de Santé Canada.
- Les acides gras oméga-3 : effets sur la santé, présence dans le lait de chèvre produit au Québec, et stratégies alimentaires pour augmenter les teneurs retrouvées dans le lait de chèvre.
- Les acides linoléiques conjugués : effets sur la santé, présence dans le lait de chèvre produit au Québec, et stratégies alimentaires pour augmenter les teneurs retrouvées dans le lait de chèvre.

INTRODUCTION

Parmi tous les aliments et sur la base de son contenu nutritionnel, le lait est considéré comme étant l'un des plus complets et des mieux équilibrés. Sur le plan physico-chimique, il se définit comme une émulsion de matières grasses sous forme de globules de gras dispersés dans une solution aqueuse (sérum) comprenant de nombreux éléments, les uns à l'état dissous (lactose, protéines du lactosérum, etc.) et les autres sous forme colloïdale (caséines). Enfin, certains éléments, comme les minéraux, peuvent être soit à l'état dissous dans le sérum, soit à l'état colloïdal lorsqu'ils sont associés aux micelles de caséines.

La composition du lait de chèvre varie grandement dû à de nombreux facteurs : saison, alimentation, stade de lactation, statut physiologique, santé du pis, génétique, environnement et

région de production. Plusieurs auteurs scientifiques provenant de divers pays rapportent des études sur ces différents facteurs affectant la composition du lait de chèvre (Espie et Mullan, 1990 ; Pal et coll., 1994 ; Soryal et coll., 2004). Par contre, ces données sont souvent locales et propres au pays d'étude et peuvent ne pas s'appliquer directement à nos élevages québécois.

Au Québec, la production laitière et la fabrication de divers produits caprins ont augmenté de façon importante ces dernières années. Cependant, peu d'information est disponible sur la composition chimique du lait de chèvre produit sous nos conditions d'élevage. Pour remédier à cette situation, nous avons réalisé une enquête auprès des producteurs laitiers caprins québécois afin de répertorier les facteurs de variation de la composition du lait de chèvre produit au Québec.

COMPOSITION DU LAIT DE CHÈVRE PRODUIT AU QUÉBEC

Présentation de l'enquête

Ce projet a été réalisé en collaboration avec le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et avec l'appui de la Société des éleveurs de chèvres laitières de race du Québec, dans le cadre de travaux subventionnés par le Conseil de recherche sur les pêcheries et l'agriculture du Québec (CORPAQ). L'enquête avait comme objectifs de déterminer la teneur des différents constituants dans le lait de chèvre produit au Québec et d'évaluer l'influence des pratiques d'élevage sur la teneur de ces différents constituants.

Protocole

Pour la conduite de l'enquête, nous avons invité 75 producteurs laitiers caprins possédant un troupeau de 20 chèvres et plus et se situant dans diverses régions du Québec à participer au projet. Sur ce nombre, 45 entreprises ont accepté de prendre part à l'enquête. Un échantillon de lait provenant de la citerne de ces troupeaux a été prélevé à 4 reprises durant une année, soit aux mois de mai, d'août et de novembre 2003 ainsi que février 2004. Pour chaque prélèvement, un questionnaire sur l'alimentation des chèvres a été complété. L'échantillon de lait et le questionnaire ont été envoyés par courrier express à l'Université Laval, d'où un sous échantillon a été envoyé au laboratoire du Programme d'analyse des troupeaux laitiers du Québec (PATLQ) pour les analyses de la matière grasse, de la protéine, du lactose et des cellules somatiques. Le reste de l'échantillon a été congelé et d'autres analyses de laboratoire ont été réalisées à la fin de la période de collecte, telles que les différentes fractions protéiques et le profil en acides gras des matières grasses du lait.

Portrait des troupeaux participants

Le tableau 1 présente une description des troupeaux participant à l'enquête.

Tableau 1. Description des troupeaux laitiers caprins ayant participé à l'enquête

	Saison ¹			
	Printemps	Été	Automne	Hiver
Nombre de troupeaux	45	44	37	40
Nombre de chèvres en lactation				
Total	4590	3828	3724	3720
Moyen par troupeau	102	87	98	93
Races, % des chèvres en lactation				
Alpine	42	37	42	48
Saanen	25	22	23	25
Toggenbourg	6	6	7	6
Nubienne	7	7	10	6
LaMancha	7	7	6	3
Croisées	14	8	9	5
Jours en lactation				
Moyenne	130	172	197	105
Intervalle	50-205	110-264	105-302	17-211
Production laitière (kg/chèvre/jour)				
Moyenne	2,34	1,67	1,65	1,92
Intervalle	1,00-4,38	0,75-2,80	0,80-2,60	1,00-3,20

¹ Printemps : échantillon pris entre le 26 mai et le 30 mai 2003.

Été : échantillon pris entre le 25 août et le 10 septembre 2003.

Automne : échantillon pris entre le 25 novembre et le 11 décembre 2003.

Hiver : échantillon pris entre le 30 février et le 1^{er} avril 2004.

Nombre de troupeaux participants

Quarante-cinq producteurs laitiers caprins ont débuté l'enquête en mars 2003. Le nombre d'éleveurs a ensuite diminué au cours des autres saisons puisque certains d'entre eux ont quitté la production ou ont omis de faire parvenir leurs échantillons de lait. On remarque cependant une baisse plus importante à l'automne, qui s'explique par le tarissement complet de 5 troupeaux pratiquant une production saisonnière.

Jours en lactation

Le stade de lactation moyen des chèvres, exprimé en jours depuis le dernier chevrotage, a varié de façon significative au courant de l'année ($P < 0,01$). La plupart des troupeaux ont une période de mise bas intense à l'hiver (mars), ce qui correspond aussi, selon notre enquête, à la saison ayant la moyenne de jours en lactation (JEL) la plus basse (105 JEL). Les saisons printemps, été et automne suivent ensuite chronologiquement et quantitativement avec des moyennes de 130, 172 et 197 JEL, respectivement.

Production laitière

La production laitière a été significativement plus élevée au printemps qu'à l'été, l'automne et l'hiver ($P < 0,01$). Cette forte production semble correspondre à la collecte de donnée subséquente à la période de mise bas intense de la saison hivernale (mars).

Composition du lait

Rapport protéine/matières grasses du lait de chèvre produit au Québec

Le rapport protéine/matières grasses a été significativement plus élevé ($P < 0,01$) à l'été, comparativement aux autres saisons (Tableau 2). Cette hausse du rapport protéine/matières grasses se traduit même par un phénomène connu sous le nom d'inversion des taux (taux de protéine plus élevé que le taux de matières grasses). En fait, le taux de protéine est moindre de 5 % par rapport à la saison hivernale subséquente et le taux de matières grasses est moindre de 17 %.

Tableau 2. Composition générale des laits de chèvre, par saison, échantillonnés sur les fermes caprines québécoises participantes

	Saison ¹				P ²
	Printemps	Été	Automne	Hiver	
Matières grasses ³ , %					
Moyenne	3,21 ^b	2,93 ^c	3,70 ^a	3,54 ^a	<0,01
Intervalle	1,86-4,92	1,66-3,95	1,80-4,36	2,49-5,40	
Protéine brute ³ , %					
Moyenne	2,91 ^c	2,94 ^c	3,34 ^a	3,11 ^b	<0,01
Intervalle	2,63-4,50	2,39-5,03	2,83-4,42	2,70-5,72	
Protéines totales ⁴ , %					
Moyenne	3,21 ^c	3,20 ^c	3,62 ^a	3,39 ^b	<0,01
Intervalle	2,72-4,68	2,60-5,33	3,06-4,74	2,95-6,10	
Protéine vraie ⁴ , %					
Moyenne	2,96 ^c	2,95 ^c	3,30 ^a	3,14 ^b	<0,01
Intervalle	2,49-4,37	2,39-5,02	2,86-4,50	2,68-5,80	
Caséines ⁴ , %					
Moyenne	2,45 ^c	2,39 ^c	2,74 ^a	2,57 ^b	<0,01
Intervalle	1,98-4,88	2,04-3,52	1,95-4,26	2,35-3,66	
Protéines sériques ⁴ , %					
Moyenne	0,51 ^b	0,56 ^b	0,72 ^a	0,57 ^b	<0,01
Intervalle	0,40-0,85	0,42-0,77	0,51-0,96	0,45-1,16	
Azote non protéique ⁴ , %					
Moyenne	0,040 ^a	0,039 ^a	0,038 ^a	0,040 ^a	0,1937
Intervalle	0,032-0,051	0,029-0,056	0,027-0,049	0,029-0,089	
Rapport protéine/matières grasses ³					
Moyenne	0,92 ^b	1,02 ^a	0,91 ^b	0,89 ^b	<0,01
Intervalle	0,72-1,81	0,87-2,93	0,79-2,44	0,68-2,30	
Lactose ³ , %					
Moyenne	4,25 ^a	4,10 ^b	4,22 ^a	4,29 ^a	<0,01
Intervalle	3,74-5,94	3,20-5,58	3,61-4,81	3,35-6,28	
Cellules somatiques ³ (000/mL)					
Moyenne	786 ^b	980 ^b	1447 ^a	982 ^b	<0,01
Intervalle	267-3593	293-4180	413-5531	187-8642	

^{a,b,c,d} Pour chaque paramètre, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil $P < 0,01$.

¹ Printemps : échantillon pris entre le 26 mai et le 30 mai 2003.

Été : échantillon pris entre le 25 août et le 10 septembre 2003.

Automne : échantillon pris entre le 25 novembre et le 11 décembre 2003.

Hiver : échantillon pris entre le 30 février et le 1^{er} avril 2004.

² Seuil de probabilité statistique.

³ Analyse par infrarouge. Programme d'analyse des troupeaux laitiers du Québec.

⁴ Analyse chimique. Université Laval.

L'inversion saisonnière du rapport des taux de protéine/matières grasses a souvent été attribuée au pâturage durant la saison estivale. Par contre, dans notre étude, aucun troupeau n'offre de pâturage à plus de 40 % de la matière sèche (MS) de la ration durant la collecte d'été. Il faudrait plutôt attribuer cet effet à la baisse probable de consommation de fourrages des chèvres durant la saison estivale qui, combinée à une consommation égale ou même supérieure de concentrés, résulte en un rapport fourrage:concentré (F:C) plus faible. Ce changement dans l'alimentation des chèvres résulterait en une importante baisse du taux de matières grasses du lait.

La baisse de consommation de MS des chèvres durant la période estivale, ou période de stress de chaleur, a été observée au cours de travaux antérieurs. Elle est une conséquence du mécanisme de thermorégulation qui tend à diminuer la production de chaleur à partir de la fermentation ruminale (Morand-Fehr et Doreau, 2001). Pour ce faire, elle diminue sa consommation alimentaire, particulièrement en aliments fibreux. En effet, l'enquête nous révèle que la quantité de concentrés offerte aux chèvres est restée sensiblement la même au fil des saisons, soit 1,0, 1,0, 1,1 et 1,0 kg pour le printemps, l'été, l'automne et l'hiver, respectivement. Morand-Fehr et coll. (2000a) concluent, à la suite d'une expérience menée sur 24 chèvres en milieu de lactation, que lorsqu'elles ont le choix, les chèvres préfèrent des rations hautes en concentrés (F:C=30:70 vs F:C=55:45).

Nous estimons donc que, durant la période estivale, les chèvres auraient diminué leur consommation de fourrages, tout en ingérant la même quantité de concentrés, diminuant ainsi le rapport F:C de la ration. Finalement, de telles rations hautes en concentrés sont sujettes à faire diminuer la production laitière et le taux de matières grasses du lait (Calderon et coll., 1984 ; Santini et coll., 1992), ainsi que de façon moins marquée le taux de protéine (Morand-Fehr et coll., 2000b).

Cette baisse des teneurs des composantes du lait, particulièrement des matières grasses, a des conséquences considérables sur la qualité de transformation du lait de chèvre. Les matières grasses peuvent, en effet, modifier le rendement fromager (par kilogramme de lait), la fermeté, la texture, ainsi que la couleur et la saveur des produits laitiers caprins (Chilliard et coll., 2003). Pour illustrer l'impact des composantes laitières sur la fabrication fromagère, Guo et coll. (2004) de l'Université du Vermont à Burlington ont mesuré le rendement fromager à partir de lait de différentes compositions, en utilisant comme modèle le Chèvre, un fromage frais à 60 % d'humidité. Plusieurs équations de régression ont été développées en fonction de la teneur des constituants individuels et du rendement en fromage:

Rendement = 2,64 × % solides totaux – 15,48	(r ² = 0,81) (P=0,01)
Rendement = 11,87 × % caséines – 13,30	(r ² = 0,75) (P=0,01)
Rendement = 8,61 × % protéine brute – 12,76	(r ² = 0,79) (P=0,01)
Rendement = 3,85 × % matières grasses + 3,31	(r ² = 0,75) (P=0,01)

Ainsi, selon les variations du taux de matières grasses, les rendements fromagers seraient de 20 % plus élevés en hiver (17,6 kg/hL) comparativement à l'été (14,6 kg/hL). Les variations de la teneur en protéine entraînent, quant à elles, des rendements fromagers de 27 % supérieurs en hiver comparativement à l'été.

L'ajout de gras dans les rations des chèvres peut être considéré comme une stratégie intéressante pour augmenter la teneur en matières grasses du lait pour deux raisons : la qualité de transformation du lait ainsi que le paiement du lait au producteur selon la teneur des composantes. Étonnamment, l'ajout de gras aux rations des chèvres laitières n'affecte pas négativement la teneur en matières grasses du lait, même lorsque ce gras est sous forme

d'huile végétale non protégée (Rouel et coll., non publié), contrairement au phénomène de «syndrome de baisse du gras du lait» clairement observé chez la vache laitière (Bauman et Griinari, 2001).

Une revue de la documentation scientifique montre qu'alimenter des chèvres avec des rations très pauvres en gras diminue la production laitière et la teneur en matières grasses du lait. Cet effet peut être renversé par l'ajout de gras dans les rations (Morand-Fehr et coll., 1984). Alors que l'augmentation de la teneurs en matières grasses du lait est cohérente dans toutes les études, les effets sur la production laitière et sur la teneur en protéines du lait sont variables selon les études et selon le stade de lactation des chèvres.

Dans une expérience réalisée à l'Université Laval, l'ajout de graines de soya extrudées à la ration de chèvres laitières a augmenté les matières grasses du lait de 14 % et la teneur en protéine de 6 %, avec un apport quotidien de 450 g de graines de soya extrudées (Figure 1).

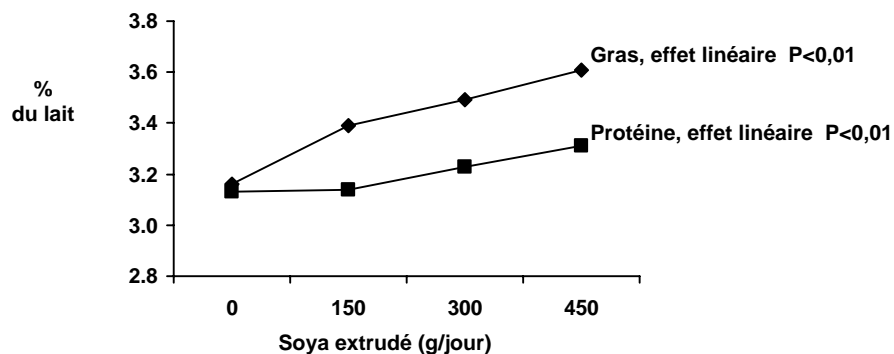


Figure 1. Teneurs en matières grasses et en protéine du lait de chèvres recevant 4 différents apports de soya extrudé (Doyon et coll., 2004).

Une autre équipe de recherche a évalué l'ajout de soya extrudé aux rations de chèvres en milactation sur leurs performances laitières. L'ajout de soya extrudé a augmenté la teneur en matières grasses du lait de 27 % avec un taux d'inclusion de 20 % de la MS de la ration (Schmidely et coll., 2005). De plus, cette stratégie alimentaire a permis de prévenir la baisse du gras du lait lorsque les chèvres consommaient une ration à faible rapport F:C

Profil en acides gras du lait de chèvre produit au Québec

L'enquête propose donc, selon la composition générale du lait, que le métabolisme des chèvres subirait en fait une légère sous-alimentation durant la période estivale. Cette hypothèse est supportée également par l'analyse du profil en acides gras des laits produits aux différentes saisons. En fait, on observe habituellement dans le profil en acides gras du lait d'une chèvre sous-alimentée en énergie une diminution des teneurs en acides gras à chaîne courte et une augmentation des teneurs en acides gras à chaîne longue (Morand-Fehr et Sauvant, 1980), car ce sont ces derniers qui constituent les réserves lipidiques de l'animal. En situation de déficit énergétique, la chèvre mobilise ses réserves. Ces acides gras se retrouvent ainsi sous forme d'acides gras libres dans le sang. La glande mammaire les y prélève à défaut de fabriquer des acides gras courts par la synthèse *de novo*. C'est ce que l'on observe durant la période estivale de l'enquête (Tableau 3), où les teneurs en acides gras courts C8:0, C10:0 et C12:0 diminuent significativement ($P < 0,01$) et la teneur en C16:0 augmente significativement ($P = 0,01$) par rapport à l'automne ou à l'hiver.

Tableau 3. Profils en acides gras des laits de chèvre, par saison, échantillonnés sur les fermes caprines québécoises participantes

Acide gras	Saison ¹				P ²
	Printemps	Été	Automne	Hiver	
	g/100 g d'acides gras				
C4:0					
Moyenne	3,44 ^a	3,43 ^a	3,29 ^a	3,44 ^a	0,630
Intervalle	0,25-4,47	2,48-3,95	2,15-4,14	0,85-4,11	
C6:0					
Moyenne	2,87 ^a	2,69 ^a	2,82 ^a	2,79 ^a	0,607
Intervalle	1,52-3,54	0,14-3,36	2,43-3,28	0,05-3,45	
C8:0					
Moyenne	3,15 ^a	2,92 ^b	3,16 ^a	3,09 ^a	<0,01
Intervalle	2,49-3,86	2,12-3,71	2,57-3,53	1,69-3,90	
C10:0					
Moyenne	9,78 ^b	9,42 ^b	10,37 ^a	9,80 ^b	<0,01
Intervalle	7,09-11,81	6,98-11,62	7,62-12,60	7,40-11,42	
C12:0					
Moyenne	4,09 ^b	4,15 ^b	4,96 ^a	4,32 ^b	<0,01
Intervalle	2,99-5,18	3,04-4,91	3,26-6,78	2,80-5,38	
C14:0					
Moyenne	9,82 ^b	10,59 ^a	10,73 ^a	10,09 ^b	<0,01
Intervalle	7,06-11,92	8,75-12,38	8,13-13,44	7,71-11,79	
C14:1					
Moyenne	0,15 ^b	0,19 ^a	0,20 ^a	0,16 ^b	<0,01
Intervalle	0,09-0,43	0,12-0,25	0,11-0,36	0,09-0,30	
C15:0					
Moyenne	1,04 ^{ab}	1,11 ^a	0,99 ^b	1,00 ^b	0,026
Intervalle	0,78-1,52	0,83-1,69	0,23-1,36	0,77-1,65	
C16:0					
Moyenne	24,17 ^b	25,61 ^a	24,27 ^b	24,27 ^b	<0,01
Intervalle	19,95-29,66	21,37-32,37	20,57-28,40	21,18-30,38	
C16:1					
Moyenne	0,48 ^b	0,53 ^a	0,56 ^a	0,53 ^a	<0,01
Intervalle	0,34-0,66	0,24-0,69	0,40-0,72	0,35-0,72	
C17:0					
Moyenne	0,73 ^a	0,66 ^{bc}	0,62 ^c	0,71 ^{ab}	<0,01
Intervalle	0,55-0,96	0,52-0,93	0,21-0,87	0,54-1,11	
C18:0					
Moyenne	11,56 ^a	10,13 ^b	9,83 ^b	11,37 ^a	<0,01
Intervalle	8,00-16,65	7,30-13,97	5,99-15,60	8,46-17,53	
C18:1					
C18:1 <i>cis</i>					
C18:1 <i>cis-9</i>					
Moyenne	20,60 ^a	21,29 ^a	20,28 ^a	21,29 ^a	0,116
Intervalle	15,88-26,20	16,43-25,34	17,38-26,13	17,78-26,13	
C18:1 <i>cis-11</i>					
Moyenne	0,72 ^{ab}	0,73 ^{ab}	0,70 ^b	0,77 ^a	0,160
Intervalle	0,51-1,07	0,51-1,20	0,50-0,89	0,57-1,04	
C18:1 <i>cis-12</i>					
Moyenne	0,26 ^a	0,26 ^a	0,25 ^a	0,25 ^a	0,842
Intervalle	0,16-0,53	0,13-0,41	0,16-0,41	0,14-0,42	

C18:1 <i>cis</i> -13						
Moyenne	0,08 ^a	0,06 ^{ab}	0,05 ^b	0,06 ^{ab}	<0,05	
Intervalle	0,03-0,35	0,02-0,22	0,03-0,15	0,03-0,08		
C18:1 <i>cis</i> -15						
Moyenne	0,10 ^a	0,09 ^a	0,11 ^a	0,09 ^a	0,180	
Intervalle	0,05-0,29	0,05-0,16	0,05-0,22	0,05-0,16		
C18:1 <i>trans</i>						
Moyenne	2,29 ^a	2,22 ^a	2,26 ^a	2,21 ^a	0,662	
Intervalle	0,94-4,45	1,29-3,41	1,09-3,33	0,97-3,05		
C18:1 <i>trans</i> -6-8						
Moyenne	0,18 ^a	0,17 ^a	0,17 ^a	0,18 ^a	0,170	
Intervalle	0,11-0,30	0,09-0,31	0,11-0,29	0,11-0,29		
C18:1 <i>trans</i> -9						
Moyenne	0,26 ^a	0,23 ^a	0,26 ^a	0,22 ^a	0,446	
Intervalle	0,14-1,31	0,17-0,34	0,15-0,90	0,14-0,35		
C18:1 <i>trans</i> -10						
Moyenne	0,27 ^a	0,26 ^a	0,27 ^a	0,25 ^a	0,901	
Intervalle	0,13-0,95	0,11-0,71	0,13-0,60	0,11-0,51		
C18:1 <i>trans</i> -11						
Moyenne	0,97 ^a	0,95 ^a	0,89 ^a	0,94 ^a	0,832	
Intervalle	0,22-1,80	0,43-1,85	0,41-1,52	0,45-1,54		
C18:1 <i>trans</i> -12						
Moyenne	0,33 ^a	0,31 ^a	0,31 ^a	0,29 ^a	0,626	
Intervalle	0,18-0,79	0,19-0,55	0,16-0,57	0,18-0,45		
C18:1 <i>trans</i> -16						
Moyenne	0,38 ^a	0,30 ^a	0,38 ^a	0,31 ^a	0,088	
Intervalle	0,19-1,65	0,19-0,50	0,21-1,44	0,16-0,44		
C18:2						
Moyenne	2,41 ^a	2,39 ^a	2,44 ^a	2,45 ^a	0,967	
Intervalle	0,18-4,24	1,57-3,40	0,07-3,63	0,20-3,32		
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15						
Moyenne	0,10 ^a	0,10 ^a	0,10 ^a	0,10 ^a	0,758	
Intervalle	0,02-0,23	0,04-0,20	0,05-0,17	0,05-0,21		
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 ³						
Moyenne	0,51 ^a	0,58 ^a	0,54 ^a	0,49 ^a	0,331	
Intervalle	0,18-1,60	0,29-1,17	0,35-0,91	0,24-1,00		
C18:3						
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15 ⁴						
Moyenne	0,81 ^a	0,68 ^a	0,67 ^a	0,71 ^a	0,120	
Intervalle	0,43-1,69	0,28-1,79	0,36-1,27	0,35-1,45		
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15 ⁵						
Moyenne	0,053 ^b	0,057 ^{ab}	0,064 ^a	0,058 ^{ab}	0,183	
Intervalle	0,022-0,091	0,024-0,117	0,032-0,177	0,029-0,096		
C20:0						
Moyenne	0,26 ^a	0,26 ^a	0,23 ^b	0,25 ^{ab}	<0,01	
Intervalle	0,19-0,36	0,19-0,37	0,17-0,32	0,16-0,32		

^{a,b,c,d} Pour chaque paramètre, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil $P < 0,05$.

¹ Printemps : échantillon pris entre le 26 mai et le 30 mai 2003.

Été : échantillon pris entre le 25 août et le 10 septembre 2003.

Automne : échantillon pris entre le 25 novembre et le 11 décembre 2003.

Hiver : échantillon pris entre le 30 février et le 1^{er} avril 2004.

² Seuil de probabilité statistique.

³ Acide linoléique conjugué (ALC).

⁴ Acide gras oméga-3.

⁵ Acide linoléique conjugué (ALNC).

Effet de l'alimentation

Foin vs Ensilage de balles rondes

Nous avons effectué une comparaison entre les troupeaux de chèvres laitières alimentées avec des rations principalement composées de foin (80 % et plus de la MS de la ration) et ceux à qui sont offertes des rations principalement composées d'ensilage de balles rondes (80 % et plus de la MS de la ration). Le premier groupe contenait 65 échantillons de lait répartis sur toute la collecte alors que le deuxième en contenait 24. Le tableau 4 présente la composition générale du lait, selon le groupe d'alimentation. On ne note aucune différence significative entre les deux groupes d'alimentation pour la composition générale du lait.

Tableau 4. Composition générale des laits de chèvres alimentées de foin ou d'ensilage de balles rondes, échantillonnés sur les fermes caprines québécoises participantes

	Alimentation		P ³
	Foin ¹	Ensilage de balles rondes ²	
Production laitière, kg/jour	1,91 ^a	1,85 ^a	0,706
Matières grasses ⁴ , %	3,27 ^a	3,35 ^a	0,493
Protéine brute ⁴ , %	3,05 ^a	3,14 ^a	0,180
Protéines totales ⁵ , %	3,34 ^a	3,39 ^a	0,471
Protéine vraie ⁵ , %	3,08 ^a	3,15 ^a	0,372
Caséines ⁵ , %	2,52 ^a	2,56 ^a	0,468
Protéines sériques ⁵ , %	0,56 ^a	0,59 ^a	0,262
Azote non protéique ⁵ , %	0,040 ^a	0,038 ^a	0,080
Azote non caséique ⁵ , %	0,128 ^a	0,130 ^a	0,596
Caséines, % protéine vraie ⁵	81,74 ^a	81,37 ^a	0,324
Protéine vraie, % protéine brute ⁵	92,34 ^a	92,83 ^a	0,057
Caséines : protéines sériques ⁵	4,53 ^a	4,39 ^a	0,236
Rapport protéine/matières grasses ⁴	0,95 ^a	0,94 ^a	0,851
Lactose ⁴ , %	4,20 ^a	4,25 ^a	0,353
Cellules somatiques ⁴ (000/ml)	1011 ^a	1088 ^a	0,649

^{a,b,c,d} Pour chaque paramètre, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil $P < 0,05$.

¹ Ration du troupeau contient 80 % et plus de foin. $n=75$.

² Ration du troupeau contient 80 % et plus d'ensilage de balles rondes (à 60 % de MS et moins). $n=25$.

³ Seuil de probabilité statistique.

⁴ Analyse par infrarouge. Programme d'analyse des troupeaux laitiers du Québec.

⁵ Analyse chimique. Université Laval.

On note, par contre, des différences significatives entre les groupes d'alimentation de foin et d'ensilage de balles rondes pour le profil en acides gras du lait (Tableau 5). D'abord, les proportions d'acides gras à courtes chaînes C6:0 et C8:0 sont inférieures chez les troupeaux où les chèvres sont alimentées avec de l'ensilage de balles rondes, comparé au lait des chèvres alimentées de foin ($P < 0,05$).

Ensuite, le lait des chèvres alimentées de foin contenait plus d'acide linoléique conjugué (ALC) ($P < 0,01$) et moins d'acide linoléique ($\omega 3$) ($P < 0,05$) comparé au lait des chèvres alimentées de balles rondes. Une expérience réalisée à l'université Laval a révélé que l'ensilage, comme mode de conservation des fourrages, permet de préserver une plus grande proportion des acides gras polyinsaturés de la plante (Boufaïed et coll., 2004). Les chèvres alimentées d'ensilage de balles rondes ont donc plus de chance de transférer des acides gras oméga-3 aux matières grasses du lait. D'un autre côté, on retrouve chez les chèvres alimentées de foin des teneurs plus élevées

en ALC ($P<0,01$). L'ALC étant un intermédiaire de la biohydrogénation (Figure 5), il y aurait donc eu une biohydrogénation plus grande avec les rations principalement composées de foin. Cette hypothèse est supportée par les teneurs plus élevées des acides gras C18:1 *trans-10* et C18:1 *trans-11* ($P<0,05$ et $P<0,01$, respectivement), d'autres intermédiaires du processus de biohydrogénation.

Tableau 5. Profil en acides gras des laits de chèvres alimentées de foin ou d'ensilage de balles rondes, échantillonnés sur les fermes caprines québécoises participantes

Acide gras	Alimentation		P ³
	Foin ¹	Ensilage de balles rondes ²	
C4:0	3,43 ^a	3,41 ^a	0,899
C6:0	2,86 ^a	2,68 ^b	0,037
C8:0	3,13 ^a	2,96 ^b	0,041
C10:0	9,94 ^a	9,73 ^a	0,449
C12:0	4,35 ^a	4,46 ^a	0,535
C14:0	10,27 ^a	10,50 ^a	0,334
C14:1	0,17 ^a	0,18 ^a	0,484
C15:0	1,03 ^a	1,08 ^a	0,237
C16:0	24,56 ^a	24,96 ^a	0,467
C16:1	0,51 ^b	0,55 ^a	0,040
C17:0	0,67 ^a	0,70 ^a	0,343
C18:0	10,58 ^a	10,77 ^a	0,696
C18:1			
C18:1 <i>cis</i>			
C18:1 <i>cis-9</i>	20,51 ^a	21,34 ^a	0,100
C18:1 <i>cis-11</i>	0,73 ^a	0,74 ^a	0,825
C18:1 <i>cis-12</i>	0,25 ^a	0,26 ^a	0,618
C18:1 <i>cis-13</i>	0,07 ^a	0,06 ^a	0,517
C18:1 <i>cis-15</i>	0,10 ^a	0,11 ^a	0,255
C18:1 <i>trans</i>	2,33 ^a	1,98 ^b	0,016
C18:1 <i>trans-6-8</i>	0,18 ^a	0,16 ^a	0,139
C18:1 <i>trans-9</i>	0,23 ^a	0,21 ^b	0,093
C18:1 <i>trans-10</i>	0,29 ^a	0,22 ^b	0,022
C18:1 <i>trans-11</i>	0,99 ^a	0,78 ^b	0,006
C18:1 <i>trans-12</i>	0,31 ^a	0,29 ^a	0,233
C18:1 <i>trans-16</i>	0,31 ^b	0,40 ^a	0,019
C18:2			
C18:2 <i>cis-9, cis-12</i>	2,55 ^a	2,23 ^b	0,009
C18:2 <i>trans-11, cis-15</i>	0,10 ^a	0,11 ^a	0,204
C18:2 <i>cis-9, trans-11</i> ⁴	0,56 ^a	0,44 ^b	0,006
C18:3			
C18:1 <i>cis-9, cis-12, cis-15</i> ⁵	0,68 ^b	0,80 ^a	0,033
C18:1 <i>cis-9, trans-11, cis-15</i> ⁶	0,057 ^a	0,057 ^a	0,907

^{a,b,c,d} Pour chaque paramètre, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil $P<0,05$.

¹ Ration du troupeau contient 80 % et plus de foin, n=75.

² Ration du troupeau contient 80 % et plus d'ensilage de balles rondes (à 60 % de MS et moins), n=25.

³ Seuil de probabilité statistique.

⁴ Acide linoléique conjugué (ALC).

⁵ Acide gras oméga-3.

⁶ Acide linoléique conjugué (ALNC).

Graminées vs Légumineuses

Nous avons également effectué une comparaison entre les troupeaux dont les chèvres laitières étaient alimentées avec des rations principalement composées de graminées (80% et plus de la MS de la ration) et les troupeaux qui recevaient des rations principalement composées de légumineuses (80% et plus de la MS de la ration). Le premier groupe contenait 28 échantillons de lait répartis sur toute la collecte alors que le deuxième en contenait 11. Le tableau 6 présente la composition générale du lait, selon le groupe d'alimentation.

On remarque que le lait des chèvres alimentées avec des rations principalement composées de légumineuses contient plus d'azote non protéique ($P < 0,01$). Les composés non protéiques ont une valeur nutritive moindre pour le consommateur, en plus de ne pas contribuer au rendement fromager pour les transformateurs. En conséquence, le lait de chèvre produit avec des légumineuses contient moins de protéine vraie, lorsque exprimée en pourcentage (%) de la protéine brute, puisque les teneurs en protéines des laits ne sont pas différentes selon les groupes d'alimentation.

Tableau 6. Composition générale des laits de chèvres alimentées de graminées ou de légumineuses, échantillonnés sur les fermes caprines québécoises participantes

	Alimentation		P ³
	Graminées ¹	Légumineuses ²	
Production laitière, kg/jour	1,58 ^a	1,87 ^a	0,322
Matières grasses ⁴ , %	3,25 ^a	3,26 ^a	0,958
Protéine brute ⁴ , %	3,10 ^a	3,01 ^a	0,397
Protéines totales ⁵ , %	3,36 ^a	3,32 ^a	0,684
Protéine vraie ⁵ , %	3,12 ^a	3,05 ^a	0,497
Caséines ⁵ , %	2,54 ^a	2,49 ^a	0,473
Protéines sériques ⁵ , %	0,58 ^a	0,57 ^a	0,619
Azote non protéique ⁵ , %	0,037 ^b	0,042 ^a	0,007
Azote non caséique ⁵ , %	0,128 ^a	0,130 ^a	0,641
Caséines, % protéine vraie ⁵	81,49 ^a	81,55 ^a	0,896
Protéine vraie, % protéine brute ⁵	92,89 ^a	92,02 ^b	0,006
Caséines : protéines sériques ⁵	4,43 ^a	4,45 ^a	0,877
Rapport protéine/matières grasses ⁴	0,98 ^a	0,93 ^a	0,412
Lactose ⁴ , %	4,21 ^a	4,13 ^a	0,358
Cellules somatiques ⁴ (000/ml)	1092 ^a	973 ^a	0,562

^{a,b,c,d} Pour chaque paramètre, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil $P < 0,05$.

¹ Ration du troupeau contient 80 % et plus de graminées, $n=28$.

² Ration du troupeau contient 80 % et plus de légumineuses, $n=11$.

³ Seuil de probabilité statistique.

⁴ Analyse par infrarouge. Programme d'analyse des troupeaux laitiers du Québec.

⁵ Analyse chimique. Université Laval.

Concernant le profil en acides gras des laits de chèvres alimentées de graminées ou de légumineuses, aucune différence significative n'a été notée (Tableau 7).

Tableau 7. Profil en acides gras des laits de chèvres alimentées de graminées ou de légumineuses, échantillonnés sur les fermes caprines québécoises participantes

Acide gras	Alimentation		P ³
	Graminées ¹	Légumineuses ²	
C4:0	3,45 ^a	3,33 ^a	0,511
C6:0	2,74 ^a	2,87 ^a	0,496
C8:0	3,05 ^a	3,20 ^a	0,274
C10:0	9,77 ^a	10,13 ^a	0,352
C12:0	4,40 ^a	4,50 ^a	0,691
C14:0	10,43 ^a	10,33 ^a	0,741
C14:1	0,18 ^a	0,17 ^a	0,367
C15:0	1,01 ^a	1,05 ^a	0,579
C16:0	24,55 ^a	24,21 ^a	0,662
C16:1	0,53 ^a	0,55 ^a	0,485
C17:0	0,64 ^a	0,70 ^a	0,224
C18:0	10,91 ^a	11,04 ^a	0,839
C18:1			
C18:1 <i>cis</i>			
C18:1 <i>cis</i> -9	21,57 ^a	21,53 ^a	0,964
C18:1 <i>cis</i> -11	0,74 ^a	0,81 ^a	0,080
C18:1 <i>cis</i> -12	0,24 ^a	0,25 ^a	0,559
C18:1 <i>cis</i> -13	0,05 ^b	0,07 ^a	0,003
C18:1 <i>cis</i> -15	0,08 ^a	0,09 ^a	0,471
C18:1 <i>trans</i>	2,31 ^a	2,33 ^a	0,990
C18:1 <i>trans</i> -6-8	0,18 ^a	0,17 ^a	0,619
C18:1 <i>trans</i> -9	0,23 ^a	0,24 ^a	0,531
C18:1 <i>trans</i> -10	0,28 ^a	0,32 ^a	0,432
C18:1 <i>trans</i> -11	1,01 ^a	0,94 ^a	0,583
C18:1 <i>trans</i> -12	0,31 ^a	0,32 ^a	0,659
C18:1 <i>trans</i> -16	0,31 ^a	0,33 ^a	0,351
C18:2			
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	2,39 ^a	2,54 ^a	0,458
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> 15	0,10 ^a	0,10 ^a	0,967
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 ⁴	0,58 ^a	0,53 ^b	0,468
C18:3			
C18:1 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15 ⁵	0,70 ^a	0,79 ^a	0,337
C18:1 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15 ⁶	0,061 ^a	0,056 ^a	0,462
C20:0	0,26 ^a	0,24 ^a	0,199

^{a,b,c,d} Pour chaque paramètre, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil $P < 0,05$.

¹ Ration du troupeau contient 80 % et plus de graminées, $n=28$.

² Ration du troupeau contient 80 % et plus de légumineuses, $n=11$.

³ Seuil de probabilité statistique.

⁴ Acide linoléique conjugué (ALC).

⁵ Acide gras oméga-3.

⁶ Acide linoléique conjugué (ALNC).

COMPOSANTES DES MATIÈRES GRASSES DU LAIT

Acides gras *trans*

Les acides gras insaturés sont des molécules de lipides contenant au moins une double liaison. Selon la structure de cette ou de ces double(s) liaison(s), il est possible de distinguer les acides gras *cis* et les acides gras *trans*. La plupart des lipides insaturés de notre alimentation se trouvent sous la forme *cis*. Une proportion plus faible est de forme *trans* (Stender et Dyerberg, 2003). Les acides gras *trans* principaux sont les acides octadécénoïques (C18:1 *trans*), incluant plusieurs isomères possédant possiblement des propriétés physiologiques différentes.

Nuance : acides gras trans des ruminants vs acides gras trans industriels

Dans notre alimentation, les acides gras *trans* proviennent principalement de deux sources. On les retrouve d'abord dans plusieurs produits préparés industriellement à partir d'huiles partiellement hydrogénées. Les acides gras *trans* sont aussi naturellement présents dans les graisses des ruminants (vache, chèvre, mouton) et seront donc consommés sous forme de lait, de viande et de produits dérivés. Les mêmes isomères d'acides gras *trans* sont formés pendant les procédés d'hydrogénation industrielle et de biohydrogénation des ruminants. Par contre, les quantités produites des différents isomères, par chacun des deux procédés, sont considérablement différentes (Figure 2). Les acides gras *trans* produits par l'hydrogénation industrielle sont majoritairement les isomères *trans*-9, *trans*-10, *trans*-11 et *trans*-12 de l'acide octadécénoïque. Lors de la biohydrogénation ayant lieu dans le rumen, l'acide gras *trans* majoritairement produit est l'acide vaccénique (C18:1 *trans*-11), lequel compte pour plus de 60 % des acides gras *trans* retrouvés dans les produits des ruminants (Stender et Dyerberg, 2003). Certains chercheurs suggèrent que les acides gras *trans* provenant des ruminants seraient moins dommageables que les acides gras *trans* de source industrielle (Soustre et coll., 2002).

Le contenu en acides gras *trans* des huiles hydrogénées industriellement varie largement et peut représenter jusqu'à 60 % des acides gras totaux, alors que dans les graisses des ruminants les acides gras *trans* ne représente que 2-5 % des acides gras totaux (Figure 2) (Stender et Dyerberg, 2003). De ce fait, certains choix alimentaires permettraient une consommation quotidienne d'environ 10 fois plus d'acides gras *trans* de source industrielle que de source animale (Stender et Dyerberg, 2003). Dans une alimentation nord-américaine moyenne, 80-90 % des acides gras *trans* consommés proviennent d'huiles partiellement hydrogénées de façon industrielle (Satchithanandam et coll., 2004).

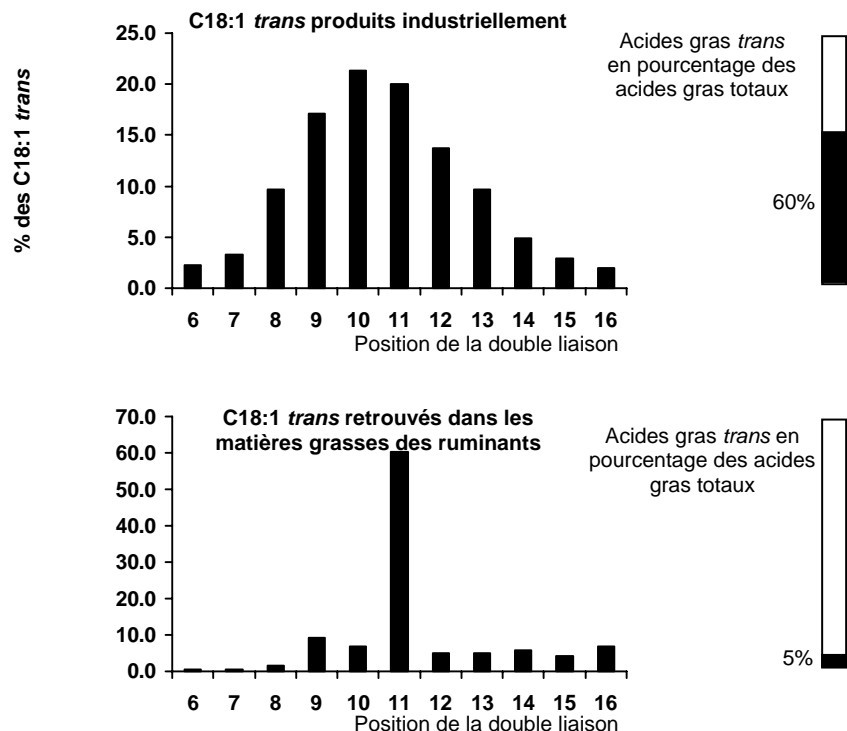


Figure 2. Distribution des acides gras trans dans les huiles hydrogénées industriellement et dans les matières grasses produites par les ruminants (Stender et Dyerberg, 2003).

Effets sur la santé

Plusieurs études ont porté sur l'effet des acides gras *trans* et le risque de maladies cardiovasculaires (MCV). D'abord, une méta-analyse rapportant 60 études alimentaires contrôlées réalisées sur des humains a démontré que, comparativement à la consommation d'acides gras polyinsaturés de configuration *cis*, les acides gras *trans* ont des effets défavorables sur le bilan lipidique sanguin puisqu'ils diminuent le cholestérol des lipoprotéines de haute densité (HDL, aussi appelé bon cholestérol) et augmentent le cholestérol des lipoprotéines de faible densité (LDL, aussi appelé mauvais cholestérol) ainsi que les triacylglycérols (Mensink et coll., 2003). Par contre, il est à noter que les gras *trans* consommés pour ces études n'étaient que de source industrielle.

Une autre revue de travaux antérieurs démontre une association entre la consommation d'acides gras *trans* et le risque de MCV (Weggemans et coll., 2004). La consommation quotidienne d'acides gras *trans* d'origine animale est habituellement inférieure à 2,5 g/jour. À ces niveaux de consommation, il n'est pas possible de distinguer les effets des gras *trans* des ruminants de ceux d'origine industrielle. Pour une consommation quotidienne de plus de 3 g d'acides gras *trans* (données disponibles uniquement pour les gras *trans* d'origine industrielle), le risque de MCV augmente. Par contre, l'information disponible est insuffisante pour déterminer les effets des acides gras *trans* d'origine animale pour une consommation supérieure à 2,5 g/jour. On indique donc l'insuffisance d'information pour une comparaison valable des effets nuisibles des acides gras *trans* d'origine animale versus les acides gras *trans* d'origine industrielle (Weggemans et coll., 2004). Cependant, la plus grande étude épidémiologique parmi celles-ci révélait une association significative et positive entre la consommation d'acides gras

trans de source industrielle et le risque de MCV, ainsi qu'une association non-significative et inverse entre la consommation d'acides gras *trans* de source animale et le risque de MCV (Willett et coll., 1993).

Nouvelle réglementation sur l'étiquetage nutritionnel des gras trans

Le 1^{er} janvier 2003, le Canada était le premier pays à introduire une norme sur l'étiquetage nutritionnel du contenu en acides gras *trans* des produits alimentaires (Anonyme, 2003). Cette norme prévoit, entre autres, qu'un aliment ne peut porter la mention « Sans acides gras *trans* » que s'il contient moins de 0,2 g d'acides gras *trans* par portion déterminée et que la somme des acides gras saturés et des acides gras *trans* qu'il contient n'excède pas 2 g pour la même portion. Le 11 juillet 2003, les États-Unis emboîtaient le pas en publiant leur réglementation sur l'étiquetage alimentaire. Les deux pays requièrent donc, à partir du 1^{er} janvier 2006, que les acides gras *trans* soit déclarés sur une ligne distincte, et ce, sous la ligne de déclaration des acides gras saturés (Federal Register Rules and Regulations, 2003). Par contre, les administrations ont décidé de ne pas faire de distinction entre les acides gras *trans* produits industriellement et ceux produits biologiquement par les ruminants. Conséquemment, les produits laitiers devront être étiquetés selon leur contenu en acides gras *trans*. Pour leur part, la Belgique (Danish Food Authorities, 2003b) et la Norvège (Danish Food Authorities, 2003a) ont décidé de distinguer les gras *trans* de source industrielle de ceux produits par les ruminants, tant pour les recommandations alimentaires que pour la réglementation sur l'étiquetage nutritionnel.

Teneurs en acides gras trans des laits de chèvres produits au Québec

Les résultats de notre enquête montrent que les teneurs en acides gras *trans* totaux sont relativement stables au cours de l'année, avec une valeur moyenne de 2,25 g/100 g d'acides gras (Tableau 2). La teneur en acides gras saturés est, quant à elle, en moyenne de 70,8 g/100 g. Une portion de 50 g de fromage contenant 15 g d'acides gras apporterait donc 0,338 g d'acides gras *trans* et 10,6 g de gras saturés. Ces informations devraient apparaître sur l'étiquette nutritionnelle de ce fromage.

Acides gras oméga-3

Effets sur la santé

Les acides gras oméga-3 sont, d'une part, essentiels au développement et au maintien de l'intégrité des fonctions cérébrales et de la rétine. D'autre part, la consommation d'acides gras oméga-3 est reliée à la prévention ou à l'amélioration de certains états pathologiques, tels les maladies cardiovasculaires, les accidents vasculaires cérébraux, la maladie de Crohn, certains cancers (colon, sein, prostate), l'hypertension légère et l'arthrite rhumatoïde (Connor, 2000).

Étiquetage nutritionnel des acides gras oméga-3

Le Règlement sur les aliments et drogues de Santé Canada concernant l'étiquetage nutritionnel prévoit qu'un aliment peut porter la mention «Source d'acides gras polyinsaturés oméga-3» s'il contient au moins 0,3 g d'acides gras oméga-3 par portion déterminée ou par 100 g si l'aliment est un repas préemballé. Une telle concentration en acides gras oméga-3 est atteinte dans les œufs à la suite de l'ajout de graines de lin dans la ration de la poule. Cette teneur minimale peut également être facilement obtenue en usine par l'ajout d'huiles de lin ou de poisson dans les produits au cours du processus de transformation ou de fabrication. C'est le cas pour plusieurs types de lait et de yogourts disponibles sur le marché.

Modification de la teneur en oméga-3 du lait

Chez la chèvre, tout comme chez la vache, plusieurs stratégies alimentaires ont été développées afin d'enrichir le lait en acides gras oméga-3. Une expérience réalisée à l'université Laval par notre groupe de recherche a permis d'évaluer l'effet de 4 types de plantes fourragères sur la composition du lait, incluant les acides gras oméga-3. Les 4 plantes avaient des contenus différents en oméga-3, le ray-grass étant le plus riche (18,8 mg/g de matière sèche), suivi du trèfle blanc (9,8 mg/g de MS), de la luzerne (8,8 mg/g de MS) et de la fléole (7,8 mg/g de MS). Les résultats de cette étude montrent que la luzerne et le ray-grass s'avèrent deux plantes fourragères intéressantes pour la production d'un lait enrichi, produisant des laits ayant des teneurs en oméga-3 de 1,7 et 1,6 %, respectivement (Figure 3). Par contre, la teneur cible pour l'obtention d'un lait portant la mention « Source d'acides gras polyinsaturés oméga-3 » n'est pas atteinte. Par exemple, un lait non standardisé à 3,5 % de matières grasses devrait avoir une teneur en acides gras oméga-3 de 3,4 % pour ainsi fournir 0,3 g d'oméga-3 par portion de lait (250 mL).

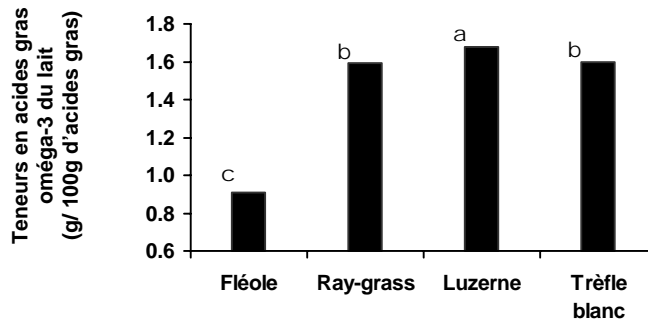


Figure 3. Teneurs en acides gras oméga-3 du lait de chèvres alimentées de 4 types de plantes fourragères

Une autre expérience a été réalisée en France par Chilliard et coll., (2002) où la graine de lin extrudée a été comparée à l'huile de lin. Les chèvres étaient alimentées de rations à base de foin de luzerne (70 % de la consommation totale de MS). Les résultats nous montrent que la graine de lin, source considérable d'acides gras oméga-3, offerte sous forme de graine extrudée, est une stratégie alimentaire intéressante pour la production d'un lait riche en acides oméga-3, avec une teneur de 2,7g d'oméga-3/100 g d'acides gras (Figure 4).

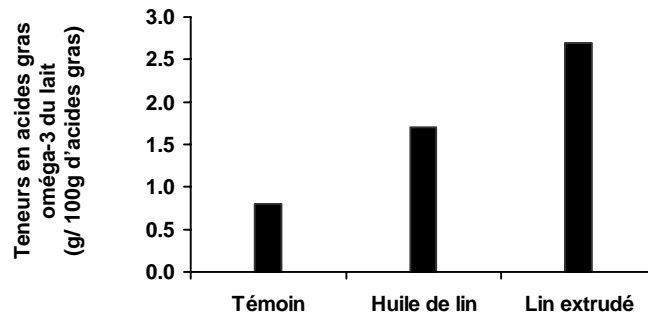


Figure 4. Effet de l'ajout de graine de lin extrudée ou d'huile de lin sur les teneurs en acides gras oméga-3 du lait de chèvre (Chilliard et coll., 2002)

Acides linoléiques conjugués

Les acides linoléiques conjugués (ALC) représentent un groupe d'isomères de l'acide linoléique (C18:2) dans lesquels on retrouve un système de doubles liens conjugués, c'est-à-dire deux liaisons doubles séparées par une liaison simple. On trouve les différents isomères d'ALC principalement dans les matières grasses des ruminants, dans les produits laitiers et en faibles quantités dans les huiles végétales partiellement hydrogénées (Tricon et coll., 2005). Les ALC regroupent un grand nombre d'isomères qui diffèrent par la position des doubles liaisons (aux carbones 7-9, 8-10, 9-11, 10-12, 11-13), ainsi que par le type de configuration des liaisons doubles *cis-trans*, *trans-cis*, *cis-cis* et *trans-trans* (Steinhart, 1996). L'isomère *cis-9, trans-11* est l'ALC majoritaire (75-90 %) des matières grasses du lait (Chin et coll., 1992) et compte pour plus de 90 % des ALC consommés par l'homme (Lawson et coll., 2001). Il est produit dans le rumen comme intermédiaire de la biohydrogénation de l'acide linoléique ainsi que par la production endogène dans la glande mammaire et les tissus adipeux à partir de l'acide vaccénique, un précurseur d'origine animale (Griinari et Bauman, 1999) (Figure 5).

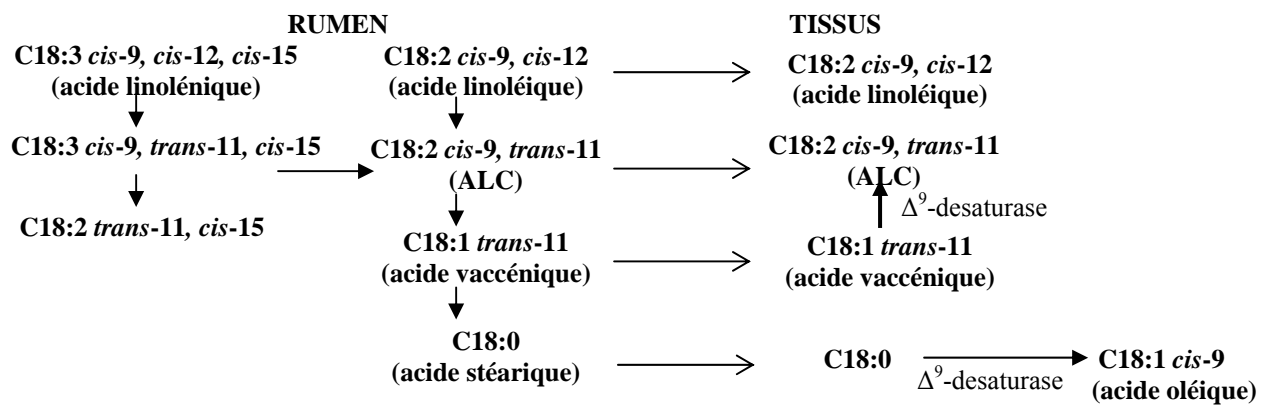


Figure 5. Étapes de la biohydrogénation et de la synthèse endogène de l'acide linoléique conjugué *cis-9, trans-11* (Adaptée de Griinari et Bauman, 1999.)

Effets des ALC sur la santé

Depuis une dizaine d'années, on porte aux acides linoléiques conjugués (ALC) un intérêt grandissant puisque des études ont démontré qu'une consommation de beurre enrichi en ALC *cis-9, trans-11* inhibait la croissance de tumeurs cancéreuses chez des animaux de laboratoire (Ip et coll., 1999. Ip et coll., 2003). D'autres études ont par la suite démontré des effets bénéfiques des ALC sur l'athérosclérose, le diabète, la composition corporelle, le système immunitaire, l'obésité et la croissance osseuse (Belury, 2002).

Étiquetage nutritionnel des ALC

Contrairement aux acides gras oméga-3, Santé Canada ne reconnaît pas encore les acides linoléiques conjugués comme un nutriment dont la teneur peut apparaître sur l'étiquette nutritionnelle. La raison en est que les connaissances de leur teneur dans les aliments et de leurs effets sur le métabolisme chez l'humain sont plus récentes et souvent incomplètes. Il est donc évident, dans ce cas, qu'aucune teneur minimale de ces acides gras dans un aliment n'a été spécifiée. La situation est similaire pour toute allégation quant à leurs effets sur la santé.

Teneurs en ALC des laits de chèvre produits au Québec

Il est souvent suggéré que la teneur en acides linoléiques conjugués (ALC) du lait des ruminants augmente en saison estivale, dû principalement au pâturage présent dans l'alimentation (Jahreis et coll., 1999). Dans notre enquête, aucun producteur n'offre de pâturage à plus de 40 % de la MS de la ration durant la collecte d'été. Les teneurs en ALC sont donc stables au cours de l'année et se situent en moyenne à 0,53 % des acides gras du lait. On observe toutefois un large intervalle de variations entre les troupeaux pour une même saison. Cette variabilité a également été observée chez la vache laitière. Les causes de ces fluctuations restent à identifier.

Modification de la teneur en ALC du lait de chèvre

Les consommateurs sont de plus en plus soucieux de leur alimentation et recherchent des produits contenant certains micronutriments possédant des propriétés bénéfiques sur la santé (aliments fonctionnels). Ainsi, plusieurs expériences ont été réalisées en vue d'augmenter les teneurs en acides linoléiques conjugués (ALC) des matières grasses du lait chez la vache (Chilliard et coll., 2001, Bauman et coll., 2001 et Stanon et coll., 2003). L'alimentation est le principal facteur influençant la teneur en ALC du lait des ruminants. Chez la chèvre, les travaux restent moins nombreux...

Chez le bovin laitier, la graine de soya extrudée a démontré son aptitude à augmenter les teneurs en ALC du lait (Chouinard et coll., 2001). Nous avons vérifié cette observation chez l'espèce caprine en alimentant 16 chèvres avec des niveaux croissants de soya (graine entière) extrudé (Doyon et coll., 2004). La teneur en ALC dans les matières grasses du lait a augmenté de façon linéaire avec les apports de 0, 150, 300 et 450 g de soya extrudé par jour (Figure 6). La teneur maximale en ALC obtenue avec la consommation de 450 g de soya par jour représentait une augmentation de 123 % par rapport au traitement témoin (0 g de soya). Il est à noter qu'aucun plateau n'a été observé, de sorte qu'il y aurait possiblement un potentiel pour une plus grande augmentation.

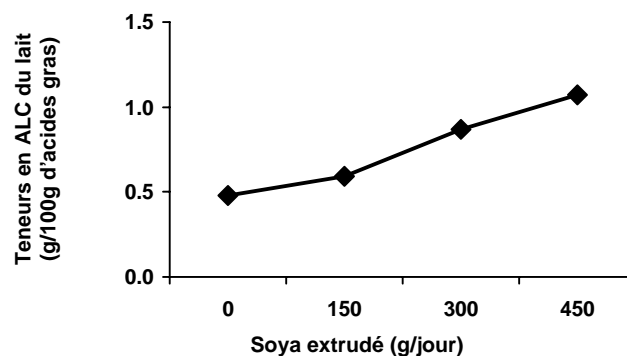


Figure 6. Teneur en acides linoléiques conjugués du lait de chèvres recevant 4 différents apports de soya extrudé (Doyon et coll., 2004)

Dans une revue de travaux antérieurs, Chilliard et coll. (2003) proposent que le type de fourrage dans la ration de base influence l'effet des huiles alimentaires sur la teneur en ALC du lait. Une expérience citée nous révèle que l'augmentation des concentrations d'ALC dans les matières grasses du lait est plus marquée à la suite de l'ajout d'huile de lin dans une ration à base de foin de luzerne, comparativement à l'ensilage de maïs (Figure 7).

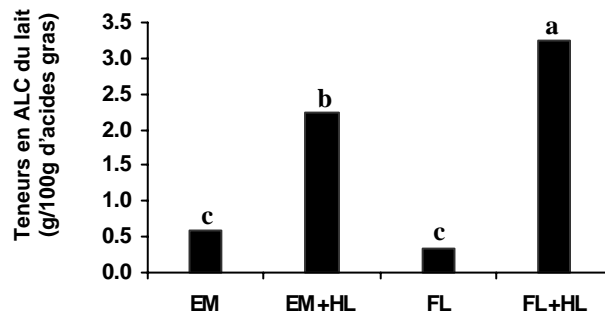


Figure 7. Teneurs en acides linoléiques conjugués des matières grasses du lait de chèvre recevant des rations à base d'ensilage de maïs (EM) ou de foin de luzerne (FL) complémentées ou non en huile de lin (HL) (Adaptée de Chilliard et coll., 2003)

CONCLUSION

L'analyse des résultats de notre enquête montre que la teneur des différents constituants du lait de chèvre produit au Québec varie selon les saisons et le type d'alimentation. Plusieurs producteurs laitiers caprins observent dans leur troupeau, à chaque période estivale, une baisse des teneurs en matières grasses et en protéine du lait, de même que le phénomène connu sous le nom d'«inversion de taux» (pourcentage de protéine > pourcentage de matières grasses).

Nous avons émis l'hypothèse que ces changements de composition du lait étaient une conséquence de la baisse de la consommation de fourrages causée par la température plus chaude en été. Une chute de la consommation de foin ou d'ensilage conduirait à une baisse du rapport fourrages:concentrés. Cette baisse entraînerait des changements dans le type de fermentation ruminale qui serait responsable de la diminution de la synthèse de matières grasses du lait. Le soya (graine entière) est un aliment riche en matières grasses et en protéine et pourrait donc être utilisé pour remédier aux problèmes potentiels de déficit en énergie et en protéines alimentaires des chèvres pendant la période estivale, sans augmenter les apports en aliments concentrés. Cette stratégie alimentaire reste toutefois à valider dans des conditions de stress thermique ou en situations pratiques d'élevage.

Notre enquête a également montré les variations, dans le lait de chèvre, de plusieurs acides gras qui suscitent présentement beaucoup d'intérêt auprès des consommateurs, dont les acides gras *trans*, les acides linoléiques conjugués (ALC) et les acides gras oméga-3. L'avenir est cependant incertain en ce qui concerne les acides gras *trans* contenus dans le lait de chèvre, car nous ne connaissons pas avec certitude leurs effets sur la santé comparativement aux acides gras *trans* d'origine industrielle. Il faudra donc attendre les résultats d'études spécifiques sur le sujet comparant les effets de ces 2 types de matières grasses.

Il n'existe pas pour le moment sur le marché de produits laitiers caprins enrichis en acides gras oméga-3 ou en ALC obtenus par le biais de l'alimentation de la chèvre. Pour ce qui est des acides gras oméga-3, l'impossibilité de pouvoir obtenir les teneurs fixées par Santé Canada fait en sorte que les produits obtenus ne pourraient porter la mention «Source ... d'oméga-3». Cet échec apparent ne devrait toutefois pas décourager les efforts de ceux qui désirent mettre en marché du lait ou des produits laitiers contenant de plus fortes teneurs en acides gras oméga-3.

Ce type de produits, dont le profil en acides gras a été modifié naturellement en cours de production, peut en effet représenter un intérêt pour plusieurs consommateurs.

La situation est quelque peu différente avec les ALC du point de vue des productions animales. De fait, les produits issus des ruminants comme la chèvre (viande et lait) sont les sources principales de ces acides gras dans notre alimentation. Il n'existe donc pas de source alternative d'ALC dans le règne végétal comme c'est le cas pour les acides gras oméga-3. Cette situation, de même que les effets des ALC sur la santé, restent peu connus du consommateur et des professionnels de la santé. Ce manque d'information représenterait possiblement à court terme un frein au succès commercial de produits caprins enrichis en ALC. Un travail d'information s'avèrerait donc nécessaire pour remédier à la situation.

RÉFÉRENCES

- Anonymous, 2003. Canada sets new nutrition labelling standards. *Inform AOCS*. 14: 57-104.
- Bauman, D.E. et J.M. Griinari. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat : Low milk fat syndrome. *Livest. Prod. Sci.* 70: 15-29.
- Bauman, D.E., L.H. Baumgard, B.A. Corl et J.M. Griinari. 2001. Conjugated Linoleic Acid (CLA) and the dairy cow, dans: *Recent advances in animal nutrition*. [Grasworthy, P.C. et J. Wiseman, éditeurs], pp.221-250, Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom.
- Belury, M.A. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health : Physiological effects and mechanisms of actions. *Annu. Rev. Nutr.* 22: 505-531.
- Boufaïed, H., P.Y. Chouinard, G.F. Tremblay, H.V. Petit, R. Michaud, et G. Bélanger. 2003. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Can J. Anim. Sci.* 83:501.
- Brown, J.R., A.J.R. Law et C.H. Knight. 1995. Changes in composition of goat's milk during the course lactation: Physiological inferences and technological implications. *J. Dairy Res.* 62: 431-439.
- Calderon, I., E.J. DePeters, N.E. Smith et A.A. Franke. 1984. Composition of goats's milk; Changes within milking and effect of a high concentrate diet. *J. Dairy Sci.* 67: 1905-1911.
- Chilliard, Y. 1982. Variations physiologiques des activités lipasiques et de la lipolyse spontanée dans les laits de vache, de chèvre et de femme : revue bibliographique. *Lait*. 62: 1-31 et 126-154.
- Chilliard, Y. et G. Lamberet. 1984. La lipolyse dans le lait : les différents types, mécanismes, facteurs de variation, signification pratique. *Lait*. 64: 544-578.
- Chilliard, Y. 1996. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre – Comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre, Niort (France), 7 novembre 1996. *Les colloques*. 81: 51-65.

- Chilliard, Y., A. Ferlay et M. Doreau. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oil in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70: 31-48.
- Chilliard, Y., A. Ferlay, J. Rouel et G. Lamberet. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86: 1751-1770.
- Chouinard, P.Y., L. Corneau, W.R. Butler, Y. Chilliard, J.K. Drackley, et D.E. Bauman. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *J. Dairy Sci.* 84: 680-690.
- Connor, W.E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(suppl.): 171S-175S.
- Danish Food Authorities. 2003a. Order on the content of TFA in oils and fats, 11 March 2003 concerning changes to Act nr 471 of 1 July 1998. Announcement nr 160. Copenhagen (DK). pp. 1-2.
- Danish Food Authorities. 2003b. Recommendations for fats. National Raad voor de Voeding: Dietary recommendations for Belgium. Chapitre 5. Disponible à : http://www.health.fgov.be/CSH_HGR/Netherlands/Brochures/Voedingsaanbevelingen%20voor%20belgie_versie2003.htm#5
- Doyon, A., C. Ridorossi et P. Y. Chouinard. 2004. Milk yield and composition in dairy goats fed different levels of extruded soyabeans. *J. Anim. Feed Sci.* 13: 685-688.
- Espie, W.E. et W.M.A. Mullan. 1990. Compositional aspects of goat milk in Northern Ireland. *Milchwissenschaft.* 45: 361-362.
- Federal Register Rules and Regulations. 2003. Food labelling: *trans* fatty acids in nutrition labelling. Nutrient content claims and health claims. 60: 41433-41506.
- Guo, M., Y.W. Park, P.H. Dixon, G.A. Gilmore et P.S. Kindstedt. 2004. Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk. *Small Rum. Res.* 52: 103-107.
- Griinari, J.M. et D.E. Bauman. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants, dans: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research.* [M.P. Yurawecz, M.M. Mossoba, J.K.G. Kramer, M.W. Pariza et G.J. Nelson, éditeurs] pp. 180-199. AOCS Press. Champaign. IL
- Ip, C., S. Banni, E. Angioni, G. Carta, J. McGinley, H.J. Thompson, D. Barbano et D.E. Bauman. 1999. Conjugated linoleic-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *J. Nutr.* 129: 2135-2142.
- Ip, M.M., P.A. Masso-Welch et C. Ip. 2003. Prevention of mammary cancer with conjugated linoleic acid: Role of the stroma epithelium. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia.* 8: 103-118.
- Jahreis, G., J. Fritsche, P. Möckel, F. Schöne, U. Möller et H. Steinhart. 1999. The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9, trans-11 C18:2, in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman. *Nutr. Res.* 19: 1541-1549.

- Juarez, M. et M. Ramos. 1986. Physico-chemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk. *Int. Dairy Fed. Bull.* 202: 54-67.
- Mensink, R.P., P.L. Zock, A.D. Kester et M.B. Katan. 2003. Effect of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 77: 1146-1155.
- Molkentin, J. 1999. Bioactive lipids naturally occurring in bovine milk. *Nahrung.* 43: 185-189.
- Morand-Fehr, P. et D. Sauvant. 1980. Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. *J. Dairy Sci.* 63: 1671-1680.
- Morand-Fehr, P., D. Sauvant et P. Bas. 1984. Utilisation des matières grasses chez les ruminants. Expériences sur chèvres laitières. Pages D1-D21 in CAAAA: Peut-on et comment utiliser les matières grasses dans les rations des vaches laitières, Nov. 8, ADEPRINA, Paris. France.
- Morand-Fehr, P., J. Tessier, P. Schmidely et D. Sauvant. 2000a. Influence of forage : concentrated ratio and type of starch in the diet on the feeding behaviour, dietary preferences, digestion, metabolism and performance of dairy goats in mid lactation. *Anim. Science.* 71: 359-368.
- Morand-Fehr, P., J. Tessier, F. Meschy et D. Sauvant. 2000b. Effect of roughage level and source in diets on the risk of reversing fat and protein percentages in goat milk. *Cath. Options Méditerr.* 52: 115-118.
- Morand-Fehr, P. et M. Doreau. 2001. Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur. *Prod. Anim.* 2001. 14: 15-27.
- Neocleous, M., D.M. Barbano et M.A. Rudan. 2002. Impact of low concentration factor microfiltration on milk component recovery and cheddar cheese yield. *J. Dairy Sci.* 85: 2415-2424.
- Pal, U.K., M.K. Agnihotri et R.B. Sharma. 1994. Seasonal variation in goat milk composition and its effect on paneer yield. *World Rev. Anim. Prod.* 29: 95-99.
- Santini, F.J., C.D. Lu, M.J. Potchoiba et J.M. Fernandez. 1992. Dietary fiber and milk yield, mastication, digestion, and rate of passage in goats fed alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 75: 209-219.
- Satchithanandam, S., C.J. Oles, C.J. Spease, M.M. Brant, M.P. Yurawecz et J.I. Rader. 2004. *Trans*, saturated and unsaturated fats in foods in the United States prior to mandatory *trans*-fats labeling. *Lipids.* 39: 11-18.
- Schmidely, P., P. Morand-Fehr et D. Sauvant. 2005. Influence of Extruded Soybeans With or Without Bicarbonate on Milk Performance and Fatty Acid Composition of Goat Milk. *J. Dairy Sci.* 88: 757-765.

- Soryal, K.A., S.S. Zeng, B.R. Min et S.P. Hart. 2004. Effect of feeding treatments and lactation stages on composition and organoleptic quality of goat milk Domiati cheese. *Small Rum. Res.* 52: 109-116.
- Soustre, Y., B. Laurent, J. Schrezenmeier, M. Pfeuffer, G. Miller et P. Parodi. 2002. Trans fatty acids. *Bullet. Int. Dairy Fed.* 3: 20-31.
- Stanton, C., J. Murphy, E. McGrath et R. Devery. 2003. Animal feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk, dans: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, volume 2 [Sébédio, J.-L., W.W. Christie et R.O. Adlof, éditeurs] pp.123-145, AOCS Press, Champaign, IL.
- Stender, S. et J. Dyerberg. 2003. The influence of *trans* fatty acids on health: A report of the Danish Nutrition Council. Quatrième édition. Publ. No. 34.
Disponible : <http://www.ernaeringsraadet.dk/frame.cfm?sprog=2&grp=7&menu=1>.
- Tricon, S., G.C. Burdge, C.M. Williams, P.C. Calder, P. Yaqoob. 2005. The effects of conjugated linoleic acid on human health-related outcomes. *Proc. Nutr. Soc.* 64: 171-182.
- Weggemans, R.M., M. Rudrum et E.A. Trautwein. 2004. Intake of ruminant versus industrial *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease – what is the evidence? *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106: 390-397.
- Willett, W.C., M.J. Stampfer, J.E. Manson, G.A. Colditz, F.E. Speizer et B.A. Rosner. 1993. Intake of *trans* fatty acids and risk of coronary heart diseases among women. *Lancet.* 341: 581-585.