

Effets de la nature du fourrage et de la supplémentation lipidique sur la composition en acides gras du lait et sur la qualité sensorielle des produits laitiers caprins

J. ROUEL (1), P. GABORIT (2), J.M. CHABOSSEAU (3), K. RAYNAL (2), A. FERLAY (1), A. LAURET (2), Y. CHILLIARD (1,4)

(1) Unité de Recherches sur les Herbivores, Equipe Tissu Adipeux et Lipides du Lait, INRA Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(2) Institut Technique des Produits Laitiers Caprins, 17700 Surgères, France

(3) Unité Expérimentale des Verrines, INRA, 86600 Lusignan, France

(4) Correspondance et demandes de tirés-à-part

avec la collaboration de P. CAPITAN (1), P. CAUGNON (3) et E. BRUNETEAU (3)

RESUME - L'étude réalisée a pour objectif d'évaluer les effets de différentes rations de base et de suppléments lipidiques sur la production laitière des chèvres, sur la composition en acides gras des lipides du lait et sur la qualité sensorielle des produits laitiers caprins.

Six lots de 12 chèvres ont reçu une ration à base de foin de luzerne (3 lots) ou d'ensilage de maïs (3 lots), supplémentée ou non en huile de lin ou en huile de tournesol oléique. Les performances laitières et la composition en acides gras du lait sont mesurées pour chacune des 72 chèvres. Les laits provenant des différents lots sont transformés selon trois technologies : fromages lactiques au lait cru (frais et affinés), lactiques au lait pasteurisé (frais et affinés) et de type « Chèvre boîte » au lait pasteurisé. Les caractéristiques sensorielles des laits et des fromages sont évaluées par un jury entraîné.

La nature du fourrage a peu d'effet sur la composition en acides gras du lait. L'addition d'huile de lin augmente très fortement les pourcentages des acides *trans* vaccénique (ATV) et ruménique (AR), et a également un effet positif sur les pourcentages des acides stéarique et -linoléique. L'addition d'huile de tournesol oléique augmente très fortement les pourcentages des acides oléique et stéarique et accroît modérément les pourcentages d'ATV et AR.

L'intensité des descripteurs de flaveur est généralement plus élevée avec le foin de luzerne qu'avec l'ensilage de maïs. L'apport d'huile de lin diminue la flaveur « chèvre » des fromages frais, et en présence de foin de luzerne, induit une flaveur plus « piquante » avec détection de flaveur de poisson. L'apport d'huile de tournesol, quel que soit le type de fourrage, diminue la flaveur « piquante » des fromages affinés. En raison d'interactions avec la nature du fourrage, il a par ailleurs des effets différents sur certains descripteurs négatifs de la flaveur des fromages, avec une diminution des flaveurs « oxydée » et « amère » en présence de foin de luzerne, et une augmentation en présence d'ensilage de maïs.

Effects of forage type and lipid supplementation on milk fatty acid composition and sensorial quality of goat dairy products

J. ROUEL (1), P. GABORIT (2), J.M. CHABOSSEAU (3), K. RAYNAL (2), A. FERLAY (1), A. LAURET (2), Y. CHILLIARD (1)

(1) Unité de Recherches sur les Herbivores, Equipe Tissu Adipeux et Lipides du Lait, INRA Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY - Seventy-two Alpine lactating goats were allocated according to 6 groups in order to study the effects of the nature of forage (alfalfa hay vs maize silage), without or with lipid supplementation (oleic sunflower vs linseed oil), on milk yield, milk fatty acid composition and sensorial characteristics of dairy products. Milks obtained from goats on these 6 diets were transformed into 5 types of cheese : lactic cheeses with raw milk (fresh or ripened), lactic cheeses with pasteurised milk (fresh or ripened) and ripened soft cheeses with pasteurised milk. Sensorial characteristics of milks and cheeses were evaluated by a panel trained for testing goat milk products.

Milk fatty acid composition was not largely affected by the nature of the forage. Linseed oil supplement significantly increased trans-vaccenic acid (TVA) and rumenic acid (RA), and increased stearic and -linolenic acid percentages. Oleic sunflower oil supplement significantly increased stearic and oleic acid percentages and increased moderately TVA and RA.

Intensity of flavour descriptors was generally higher for hay than for maize silage diets. The supply of linseed oil decreased the goat flavour of fresh cheeses and, with halfalfa hay, induced higher pungent flavour with a detection of fish flavour. The supply of oleic sunflower oil, whatever the nature of forages, decreased the pungent flavour of ripened cheeses. In other respects, because of interactions between forages and oleic sunflower oil, there were different effects on some negative descriptors of cheese flavour, with a decrease in oxidised and bitter flavours with hay diet, and an increase with maize silage diet.

INTRODUCTION

La composition en acides gras (AG) du lait est une composante importante des qualités nutritionnelles, technologiques et sensorielles des produits laitiers caprins. Certains AG sont supposés favoriser les maladies cardio-vasculaires (AG saturés à 12, 14 ou 16 atomes de carbone ou AG insaturés de structure *trans*), d'autres pourraient avoir des propriétés anticancéreuses, antiathérogènes ou antiobésité intéressantes pour la nutrition humaine (acide butyrique – C4, acide oléique – C18:1c9, AG polyinsaturés de la série n-3, acide linoléique conjugué – CLA). Les effets de l'apport de lipides dans les régimes alimentaires sur la composition en AG du lait et sur la qualité organoleptique des produits laitiers ont été peu étudiés en espèce caprine (Chilliard et Lamberet 2001). L'objectif de cette expérimentation est l'étude des effets de la nature du fourrage et de ses interactions avec la supplémentation lipidique, peu connus même en espèce bovine (Chilliard *et al.* 2001), sur les qualités nutritionnelle et sensorielle des produits laitiers caprins.

1. MATERIEL ET METHODES

Soixante-douze chèvres, multipares de race Alpine (stade moyen de lactation en début d'essai : 64 jours), sont utilisées selon un schéma factoriel 2 x 3, avec deux fourrages : foin de luzerne (F) vs ensilage de maïs (EM) et trois supplémentations lipidiques : témoin sans apport de lipides (Tém), ou 130 g/j (soit 5 à 6% de l'ingestion de matière sèche) d'huile de lin (L) ou d'huile de tournesol oléique (TO). Les 6 régimes étudiés sont les suivants : foin seul (FTém), foin/lin (FL), foin/tournesol (FTO), ensilage seul (EMTém), ensilage/lin (EML) et ensilage/tournesol (EMTO). Les aliments concentrés (maïs grain, orge, pulpe déshydratée de betterave, tourteau de soja) sont distribués de façon à couvrir 109 (±7) % et 100 (±10) % des besoins énergétiques et protéiques des animaux (INRA, 1988). Le rapport moyen entre fourrages et concentrés est de 60/40. L'ingestion moyenne de matière sèche est contrôlée pour chacun des lots. La production laitière et la composition du lait sont mesurées individuellement avant (covariable) et après la distribution des régimes expérimentaux (4 semaines) (Chilliard *et al.*, 2002). La composition en AG des laits individuels (échantillon représentatif de 2 traites) est déterminée par chromatographie en phase gazeuse sur une colonne très polaire de 100 m (CPSil 88) avec une programmation de température

entre 70 et 215°C. L'analyse de variance sur les différentes variables a été réalisée en utilisant le modèle général linéaire (GLM) de SAS (1987).

Les laits de chaque lot, obtenus à partir des différents régimes expérimentaux (avant, et 3-4 et 8-9 semaines après le début de l'apport de lipides) sont transformés en 5 types de fromages : fromage frais (f) ou affiné (a) à caractère lactique (l) au lait cru (cru) et au lait pasteurisé (past) et de type « Chèvre boîte » (cb) au lait pasteurisé (Gaborit *et al.*, 2002). Les caractéristiques sensorielles des laits et des fromages sont évaluées par un jury d'experts (9 à 11 membres) en produits laitiers caprins. Le profil sensoriel (texture, odeur, flaveur) est caractérisé par une note (0 à 10). Les seuils de détection de défauts sont déterminés pour chaque descripteur (Le Mens *et al.*, 1997).

2. RESULTATS

2.1. PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES ET COMPOSITION EN ACIDE GRAS DU LAIT

L'ingestion de matière sèche est plus élevée avec les régimes à base de foin de luzerne (2,9 kg/j) qu'avec les régimes à base d'ensilage de maïs (2,2 kg/j). La supplémentation en lipides n'influence pas le niveau d'ingestion (Tém : 2,6 ; L : 2,5 et TO : 2,5 kg/j). La nature du fourrage (F vs EM) influence les performances zootechniques des chèvres et, de façon peu marquée, la composition en AG du lait (Tableau 1). Le régime EM (par rapport au régime F) augmente la production laitière, le taux butyreux, le taux de lactose du lait et les teneurs en C8:0, C10:0 et C18:0 mais diminue les teneurs en C16:0, en AG ramifiés (AGR) et à chaîne impaire (AGI), C14:1, C16:1, C17:1, acide linoléique (AL) et C18:3ω3 (Tableau 1 et résultats non montrés). L'apport d'huile de lin augmente la production laitière, le taux butyreux, le taux de lactose du lait, les teneurs en C4:0, C18:0, acide *trans* vaccinique (ATV), acide linoléique (ALN) et acide ruménique (AR). Par contre, il diminue les teneurs en C10:0, C14:0, C16:0, AGR, AGI, et l'index d'athérogénéité. Les effets sur les teneurs en C4:0 et C6:0 sont plus importants en présence d'un régime à base d'ensilage de maïs. Par contre, les effets sur le taux butyreux, sur les teneurs en AG du C14:0 à l'AR (excepté l'acide oléique (AO) et l'AL) sont plus importants en association avec le foin de luzerne. L'apport d'huile de tournesol oléique augmente le taux butyreux, le taux protéique, le taux de lactose, les teneurs en C18:0, en ATV, en AO et en AR mais diminue les teneurs

Tableau 1 : Effets des régimes sur la production laitière et sur la composition du lait de chèvre ¹

Fourrage	F			EM			P ²	P ³	P int ⁴
	Tém	L	TO	Tém	L	TO			
Prod. Laitière (kg/j)	3,47 ^a	3,62 ^a	3,45 ^a	3,62 ^a	3,98 ^b	3,48 ^a	0,05	NS	NS
Taux butyreux (g/kg)	29,8 ^b	37,2 ^a	35,2 ^a	34,4 ^a	34,6 ^a	36,6 ^a	0,01	0,01	0,01 ¹
Taux protéique (g/kg)	28,7 ^{ab}	29,5 ^{bc}	29,9 ^c	28,3 ^a	28,9 ^{abc}	29,8 ^{bc}	0,1	0,01	NS
Taux de lactose (g/kg)	42,8 ^c	44,8 ^a	45,3 ^a	45,6 ^a	47,1 ^b	47,5 ^b	0,01	0,01	NS
Acides Gras (% AG totaux) :									
C4:0	2,2 ^{ac}	2,4 ^{ac}	2,2 ^a	2,2 ^{ac}	2,9 ^b	2,6 ^{bc}	0,01	0,05	0,05 ^{1t}
C10:0	8,7 ^c	6,1 ^{de}	6,4 ^e	10,0 ^a	8,4 ^{bc}	7,4 ^{be}	0,01	0,01	NS
C12:0	4,6 ^a	2,7 ^c	2,9 ^{bc}	4,7 ^a	3,2 ^b	3,0 ^{bc}	0,01	0,01	NS
C14:0	12,2 ^a	7,5 ^c	8,4 ^b	11,6 ^a	8,7 ^b	8,4 ^b	0,01	0,01	0,01 ¹
C16:0	31,1 ^c	18,1 ^b	17,8 ^b	28,8 ^a	18,8 ^b	18,6 ^b	0,01	0,01	0,01 ^{1t}
AGR+AGI	4,6 ^d	2,7 ^c	2,9 ^{bc}	3,7 ^a	3,0 ^b	2,6 ^c	0,01	0,01	0,01 ^{1t}
C18:0	6,0 ^d	10,8 ^e	12,7 ^c	7,5 ^a	9,2 ^b	13,7 ^c	0,01	0,01	0,01 ¹
C18:1 t11 (ATV)	0,4 ^a	9,1 ^d	2,3 ^e	1,3 ^{ae}	6,6 ^b	3,4 ^{ce}	0,01	0,01	0,01 ¹
C18:1 c9 (AO)	16,6 ^a	16,0 ^a	27,9 ^c	15,7 ^a	14,8 ^a	23,5 ^b	NS	0,01	0,05 ^t
C18:2 ω6 (AL)	2,3 ^d	1,7 ^e	1,6 ^b	2,0 ^a	1,5 ^b	1,4 ^c	0,01	0,01	NS
C18:3 ω3 (ALN)	0,60 ^b	1,38 ^d	0,42 ^e	0,32 ^a	0,68 ^b	0,17 ^c	0,01	0,01	0,01 ¹
C18:2 c9t11 (AR)	0,34 ^a	3,24 ^c	1,01 ^d	0,59 ^{ad}	2,25 ^b	0,79 ^{ad}	0,01	0,01	0,01 ^{1t}
I. A. ⁵	3,5 ^a	1,5 ^{bc}	1,4 ^c	3,4 ^a	1,7 ^b	1,6 ^{bc}	0,01	0,01	0,1 ^t

¹ Les abréviations sont définies dans le texte ; 12 chèvres par lot, excepté dans le groupe FTém (n=10)

^{2,3} Les données sur une même ligne ayant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %, NS : non significatif

⁴ Probabilité pour les effets de L ou TO, respectivement,

⁵ Probabilité de l'interaction Fourrage-Huile (l ou t indique une interaction significative pour L ou TO, respectivement),

⁵ Index d'Athérogénéité (I.A.) = (C12:0 + 4 C14:0 + C16:0) / (Somme des AG insaturés),

en AG de C8:0 à C16:0, des AGR, des AGI, de l'AL, de l'ALN et l'index d'athérogénéité. Les effets sur les teneurs en C16:0, en C16:1, en AO et en AR sont plus importants en présence de foin de luzerne alors que l'effet sur la teneur en C4:0 est plus élevé en présence d'ensilage de maïs.

2.2. QUALITE SENSORIELLE DES PRODUITS LAITIERS

Les résultats les plus significatifs sont présentés dans le Tableau 2.

2.2.1. Qualité sensorielle du lait

La nature du fourrage influence l'intensité de la saveur du lait (résultats non montrés) et en particulier la saveur « chèvre ». Les régimes à base de foin de luzerne (comparés à ceux à base d'ensilage de maïs) induisent une saveur « chèvre » moins prononcée mais avec des notes de descripteurs « métallique » et « oxydé » plus élevées.

L'apport d'huile de lin en présence de foin de luzerne accroît la saveur foin. La saveur globale du lait est minimale avec les régimes supplémentés en huile de tournesol oléique (FTO et EMTO) et avec l'huile de lin en présence d'ensilage de maïs (EML). Aucun défaut n'a été noté lors de la dégustation du lait par les membres du jury.

2.2.2. Qualité sensorielle des fromages

Le régime à base de foin de luzerne (comparé à l'ensilage de maïs) induit une intensité globale de saveur des fromages (flclu) plus élevée, une saveur « amère » plus prononcée pour les fromages affinés (alclu, alpast et cbpast) et une saveur « oxydé » plus élevée avec observation de défauts pour les fromages frais (flclu et flpast). Le régime à base de foin de luzerne induit une saveur « piquante » plus prononcée pour les fromages affinés (alpast) et une saveur « fermentée » moins élevée pour les fromages affinés (alclu).

L'apport d'huile de lin induit des modifications de saveur plus prononcées avec un régime à base de foin de luzerne en comparaison avec l'ensilage de maïs. Cet apport diminue la saveur « chèvre » des fromages frais (flpast) mais augmente la saveur globale des fromages « chèvre boîte » au lait pasteurisé (cbpast), la saveur « oxydé » des fromages frais avec

présence de défauts et les saveurs « piquante » et « fermentée » des fromages affinés. L'apport d'huile de lin, en particulier quand il est associé avec le foin de luzerne (FL vs EML), induit une saveur plus « piquante » des fromages affinés (alpast) avec détection de saveur de poisson (défaut) de la part des membres du jury de dégustation (2 pour alpast, alclu ; 3 pour flpast ; 4 pour flclu et 5 pour « chèvre boîte »). L'apport d'huile de lin en présence d'ensilage de maïs (en comparaison avec l'ensilage de maïs sans supplémentation lipidique) induit une saveur plus « amère » (chèvre boîte) et plus « oxydé » (flpast).

L'apport d'huile de tournesol oléique induit une diminution de la saveur « piquante » des fromages affinés au lait pasteurisé (alpast) quel que soit le type de fourrage. En présence de foin de luzerne, cet apport diminue l'intensité des descripteurs négatifs de saveur et en particulier les saveurs « oxydé » pour les fromages affinés (alpast), « amère » pour les fromages frais (flpast), affiné (alclu) et les fromages « chèvre boîte ». A l'inverse, l'apport d'huile de tournesol en présence d'ensilage de maïs, augmente l'intensité des saveurs « oxydé » des fromages frais (flpast, avec défauts), « piquante » des fromages frais (flclu, avec défauts), « amère » des fromages frais (flpast, avec défauts), affiné (alclu, avec défauts) et enfin des fromages « chèvre boîte ».

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les effets de la nature du fourrage sur la composition en AG du lait sont faibles et l'index d'athérogénéité est similaire quelle que soit la nature du fourrage. L'apport d'huile de lin accroît les teneurs en AG suivants : C18:0, C18:3 ω 3, C18:1t11 et en acide ruménique, avec des accroissements plus importants en présence de foin de luzerne. L'apport d'huile de tournesol oléique accroît les teneurs en AG suivants : C18:0, C18:1t11, en acides oléique et ruménique. La supplémentation lipidique, quelle que soit la nature du fourrage et de l'huile, diminue fortement (3,45 à 1,55, soit -55 %) l'index d'athérogénéité du lait. Par ailleurs, le rapport C18:2 ω 6/C18:3 ω 3 diminue fortement (-3,4) avec l'huile de lin, et augmente légèrement (+1,0) avec l'huile de tournesol oléique. Ces résultats montrent que l'alimentation est un facteur important de la maîtrise de la composition en AG du lait de chèvre afin d'améliorer sa qualité nutritionnelle pour l'homme.

Tableau 2
Principaux effets des régimes alimentaires sur les descripteurs de la saveur des fromages (note : 0 à 10)

Descripteurs Saveur	Fromages	F ¹			EM			P ²				
		Tém	L	TO	Tém	L	TO	RB	S	RB×S		
Globale	flclu	4,98 ^a	5,64 ^a	4,91 ^a	4,53 ^b	4,74 ^b	4,90 ^b	0,02				
	flpast	4,80 ^{ab}	4,95 ^a	4,44 ^b	4,71 ^{ab}	4,89 ^a	4,93 ^a					
	cbpast	4,89 ^b	5,45 ^a	5,11 ^{ab}	4,76 ^b	5,19 ^a	5,13 ^{ab}					
«Chèvre»	flpast	2,23 ^a	1,48 ^b	2,00 ^{ab}	1,93 ^a	1,68 ^b	1,77 ^{ab}	0,04				
	Oxydé	flclu	1,19^b	2,51^a	1,23^b	1,00 ^b	1,38^a				1,16 ^b	0,04
	flpast	2,06^a	2,33^a	1,64^a	0,72 ^b	1,94^a	1,58^a				0,04	
Piquante	alpast	1,19 ^a	0,89 ^{ab}	0,60 ^b	0,63 ^b	0,91 ^{ab}	0,98 ^{ab}	0,01		0,01		
	flclu	0,91 ^{abc}	1,35^{ab}	0,97 ^{abc}	0,80 ^{bc}	0,26 ^c	1,72^a				0,01	
	alpast	2,28 ^b	3,27^a	1,37 ^c	1,41 ^b	1,57 ^a	0,88 ^c				0,01	
Amère	flclu	0,32 ^b	0,68 ^b	0,25 ^b	0,53 ^a	0,79 ^a	0,74 ^a	0,05				
	flpast	0,70 ^{ab}	0,63 ^{ab}	0,02 ^b	0,90 ^{ab}	1,00 ^{ab}	1,53^a					
	alclu	1,98 ^{ab}	1,35 ^c	1,25 ^c	1,33 ^c	1,70 ^{bc}	2,29^a					
	alpast	2,60^a	2,56^a	1,92 ^a	1,72 ^b	1,80 ^b	1,43 ^b					
	cbpast	1,95 ^a	0,62 ^c	0,50 ^c	0,90 ^c	1,75 ^{ab}	1,37 ^b					
Astringente	flclu	1,23 ^{bc}	1,53 ^b	1,29 ^{bc}	1,28 ^{bc}	1,01 ^c	1,90 ^a	0,01		0,01		
	cbpast	0,06 ^{ab}	0,37 ^a	0,16 ^{ab}	0,27 ^{ab}	0,00 ^b	0,09 ^{ab}					
Fermentée	flclu	0,17 ^{ab}	0,60 ^a	0,00 ^b	0,22 ^{ab}	0,25 ^{ab}	0,29 ^{ab}	0,05		0,04		
	alclu	0,00 ^b	0,28 ^a	0,00 ^b	0,15 ^a	0,28 ^a	0,16 ^a					
	cbpast	0,05 ^b	0,50 ^a	0,02 ^b	0,04 ^b	0,20 ^a	0,17 ^b				0,01	

¹ Les abréviations sont définies dans le texte, S : Supplémentation lipidique, RB : ration de base, RBS : interaction, **Gras**: défauts

² Les données sur une même ligne ayant des lettres différentes (a,b,c) sont significativement différentes au seuil de 5 %

L'intensité des descripteurs de flaveur des fromages est généralement plus élevée pour les fromages issus de régimes à base de foin de luzerne. Les effets inverses observés pour un même type d'huile pour deux natures de fourrage montrent des interactions importantes entre la nature des fourrages et la supplémentation lipidique. Certaines évolutions des descripteurs de la flaveur des fromages (« amère » et « piquante ») pourraient être expliquées par le taux de lipolyse du lait et l'accumulation de certains AG libres. Les évolutions des descripteurs « oxydé » et « métallique », ainsi que l'observation d'odeurs de poisson, peuvent résulter de l'oxydation d'AG libres polyinsaturés présents dans le lait issu de régimes supplémentés en huile de lin (oxydation du C18:3 ω 3). Ces résultats devront être complétés par l'analyse du profil des AG libres. Enfin, ces résultats encourageants sur la qualité nutritionnelle du lait de chèvre, mais accompagnés de certaines détériorations de la flaveur des fromages, ont été obtenus avec des quantités importantes d'huile (5 à 6 % de la matière sèche ingérée) incorporées aux régimes alimentaires. Il serait intéressant d'étudier, en fonction de la dose de lipides apportée, les effets respectifs de la supplémentation lipidique sur la qualité nutritionnelle du lait d'une part et sur la qualité organoleptique des fromages d'autre part.

Cette étude est financée par la région Poitou-Charentes (Conseil Régional) et par un programme AQS F16-P0204

Chilliard, Y., Lamberet, G. 2001. In Freund G., ITPLC (Editor), Recent advances on goat milk quality, raw material for cheesemaking. 71-114.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M. 2001. Livest Prod Sci 70: 31-48

Chilliard, Y., Chabosseau, J.M., Rouel, J., Capitan, P., Gominard, C., Gaborit, P., Juaneda, P., Ferlay, A. 2002. In Multi-function grasslands, quality forages, animal products and landscapes. Durand J.L., Emile J.C., Huyghe C., Lemaire G. (Editors), (Br. Grassland Soc., Reading, UK), 548-549.

Gaborit, P., Raynal-Ljutovac, K., Lauret, A., Chabosseau, J.M., Rouel, J., Chilliard, Y. 2002. In Multi-function grasslands, quality forages, animal products and landscapes. Durand J.L., Emile J.C., Huyghe C., Lemaire G. (Editors), (Br. Grassland Soc., Reading, UK), 562-563.

INRA, 1988. Alimentation des bovins, Ovins et Caprins. Jarrige, R (Editor), INRA Publications.

Le Mens, P., Heuchel, V., Jaubert, G., Bodin, J.P., Sauvageot, F., Humbert, G. 1997. Compte rendu n°9983110, Prog. Aliment 2000, Institut de l'Elevage (Editor), Paris, 70.