

# Effet des systèmes d'élevage sur la composition chimique fine des laits de troupeaux des Alpes du Nord et du Massif Central

C. AGABRIEL (1), A. HAUWUY (2), J.B. COULON (3)

(1) ENITAC, U.R. « Elevage et production des ruminants » soutenue par l'INRA, F-63370 Lempdes

(2) SUACI-GIS Alpes du Nord, 11 rue Métropole, F-73000 Chambéry

(3) INRA Clermont Theix Unité de recherche sur les herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle  
avec la collaboration technique de C. JOURNAL (1), R. PUTHOD (2), B. de RANCOURT (1) et C. SIBRA (1)

**RESUME** - Quatorze exploitations des Alpes du nord et vingt cinq exploitations d'Auvergne ont été suivies au cours d'une année : des enquêtes ont été réalisées pendant les différentes saisons pour caractériser la conduite des troupeaux et des prélèvements du lait de troupeau ont été effectués toutes les quatre à six semaines afin d'analyser en particulier les fractions azotées (matières protéiques fromageables, urée), les teneurs en minéraux (calcium, phosphore et citrate), la composition des matières grasses et le pH. La variabilité des différents composants du lait est sensiblement la même selon les deux zones fromagères malgré une plus grande hétérogénéité des systèmes de production dans le Massif Central. Les laits produits par les troupeaux en milieu de lactation (3 à 6 mois moyen de contrôle) diffèrent d'abord par la composition de la matière grasse (proportion d'acides gras courts et d'acides gras insaturés) puis secondairement par les teneurs en minéraux et protéines. La zone de production, les systèmes d'élevage définis par la race des animaux et la nature des fourrages utilisés ainsi que la saison sont les principaux facteurs d'explication des variations de la composition chimique du lait.

## Precise chemical composition of milk from dairy herds located in Alpes du nord and Massif Central

C. AGABRIEL (1), A. HAUWUY (2), J.B. COULON (3)

(1) ENITAC, U.R. « Elevage et production des ruminants » soutenue par l'INRA, F-63370 Lempdes

**SUMMARY** - Fourteen dairy farms located in the *Alpes du nord* and twenty five in *Auvergne* were included in a study for one year : a survey for each season, involving cow management was done and a sample of herd milk was taken each four or six weeks to test in particular nitrogen parts (coagulated protein, urea), mineral contents (calcium, phosphorus, citrate), fat composition and pH. Milk chemical composition differences among milks are similar in the two regions. For herds in the middle of the lactation, the main differences between milks concern primarily fat composition and secondarily mineral and protein contents. These differences essentially result from production area, livestock farming system (breed and nature of the forages).

## INTRODUCTION

Les caractéristiques des fromages affinés dépendent en partie des caractéristiques chimiques, physiques et bactériologiques des laits mis en fabrication. Dans le cas des fromages d'A.O.C., où les modifications de la matière première lors de la fabrication sont limitées voire interdites, il est particulièrement important de maîtriser les caractéristiques des laits.

Certaines caractéristiques chimiques du lait ont fait l'objet de nombreux travaux. Les facteurs de variation des taux butyreux et protéiques sont bien connus (Hoden et Coulon, 1991, Agabriel *et al.*, 1993) ainsi que leurs effets sur l'aptitude à la coagulation ou sur le rendement fromager (Remeuf *et al.*, 1991, Martin et Coulon, 1995, Agabriel *et al.*, 1999). Mais l'aptitude fromagère du lait dépend d'autres caractéristiques du lait qui ont fait l'objet de beaucoup moins d'études. Il s'agit, notamment, de la nature des protéines contenues dans le lait, du pH initial du lait (Walstra, 1990), des caractéristiques minérales (Le Graet et Brûlé, 1993) et de la composition des matières grasses (Colin *et al.*, 1992).

L'objectif de cette étude est d'analyser les variations de ces caractéristiques chimiques du lait à l'échelle de l'exploitation, en fonction des conditions de production du lait, en particulier des caractéristiques des animaux (stade physiologique, race, âge) et de leur alimentation. Elle a été mise en place dans deux zones fromagères françaises (Alpes du nord et Massif Central) de manière à disposer d'une grande diversité de situations.

## 1. MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été effectuée au cours de la campagne 96/97 dans 39 exploitations adhérentes au contrôle laitier. 14 exploitations étaient situées dans les Alpes du nord (zone Beaufort, troupeaux de race Tarentaise ou Abondance) et ont été regroupées en 2 « grands types » : intensifs modernisés (utilisateurs d'intrants en quantité importante et de façon raisonnée) et extensifs (peu d'intrants). Les 25 autres exploitations, situées en Auvergne (Cantal ou Puy-de-Dôme), appartenaient à l'un des cinq « grands types » de système de production définis sur la base de la race et de l'alimentation hivernale (tableau 1). Des prélèvements du lait de troupeau (2 en hiver, 3 au pâturage) ont été réalisés dans les bidons de la traite du matin pour les Alpes du nord et dans les tanks contenant le lait de quatre traites pour le Massif Central. Sur ces échantillons, en plus des analyses classiques des teneurs en matières grasses et en protéines, des analyses spécifiques liées à l'aptitude fromagère du lait (cf. ci-après) ont été réalisées par des laboratoires différents dans les deux massifs mais avec des méthodes harmo-

nisées. Sur chacune des exploitations, les informations zootechniques concernant la composition du troupeau, les caractéristiques des vaches laitières et leur conduite, en particulier alimentaire, ont été recueillies par enquête ou à partir des données du contrôle laitier.

Une typologie des laits a été élaborée à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique construite à partir des résultats d'une analyse en composantes principales (ACP). Cette ACP a été réalisée à partir de la composition chimique fine des laits : composition des matières azotées (matière protéique fromageable (MPF), urée, rapport matière protéique fromageable sur taux protéique), caractéristiques minérales (teneur en citrates du lait, en calcium et phosphore du lait et du sérum après coagulation présure), pH, taux butyreux et proportions dans la matière grasse, en masse, des acides gras courts (AGC = C4 à C14 nombre pair d'atomes de carbone) et des acides gras insaturés (AGins = C16 : 1, C18 : 1, C18 : 2, C18 : 3). Compte tenu des caractéristiques très particulières des laits de début et de fin de lactation, cette typologie a été réalisée sur 97 laits de milieu de lactation (mois moyen de contrôle compris entre 3 et 6 mois). Ce choix a conduit à éliminer près de la moitié des laits alpins (vélages très saisonnés) et induit un déséquilibre dans la répartition des prélèvements de laits selon les systèmes de production du Massif Central (tableau 1).

**Tableau 1**  
Répartition des prélèvements selon la saison

Système de production	ration hiver		pâturage
	nb élevages	nb échantillons	
<b>Alpes du nord</b>			
élevages intensifs modernisés	9	8	15
élevages extensifs	5	5	7
<b>Massif central</b>			
Holstein / ensilage de maïs	5	9	5
Holstein / ensilage d'herbe	5	10	1
Montbéliarde / ensilage d'herbe	5	10	4
Montbéliarde / foin	5	6	7
Salers / foin	5	0	9

## 2. RESULTATS

La variabilité des différents composants du lait est sensiblement la même selon les deux zones fromagères, malgré une plus grande hétérogénéité des systèmes de production dans le Massif Central. Le pH et le pourcentage de protéines froma-

**Tableau 2**  
Caractéristiques des classes de laits

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Effectif	10	29	19	6	9	24
T P (g/kg)	32,2 <sup>c</sup>	30,7 <sup>a</sup>	31,9 <sup>bc</sup>	34,7 <sup>d</sup>	32,7 <sup>c</sup>	30,9 <sup>ab</sup>
T B (g/kg)	42,7 <sup>c</sup>	38,7 <sup>b</sup>	38,9 <sup>b</sup>	36,5 <sup>ab</sup>	35,9 <sup>ab</sup>	34,9 <sup>a</sup>
pH	6,69 <sup>ab</sup>	6,72 <sup>b</sup>	6,7 <sup>ab</sup>	6,69 <sup>ab</sup>	6,69 <sup>ab</sup>	6,67 <sup>a</sup>
Citrates (g/kg)	1,59 <sup>ab</sup>	1,61 <sup>ab</sup>	1,50 <sup>a</sup>	1,62 <sup>ab</sup>	1,77 <sup>b</sup>	1,94 <sup>c</sup>
Calcium total (g/kg)	1,14 <sup>ab</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,18 <sup>b</sup>	1,27 <sup>c</sup>	1,26 <sup>c</sup>	1,18 <sup>b</sup>
Calcium soluble (g/kg)	0,32 <sup>ab</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,33 <sup>ab</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,43 <sup>d</sup>	0,39 <sup>c</sup>
Phosphore total (g/kg)	0,97 <sup>c</sup>	0,84 <sup>a</sup>	0,88 <sup>b</sup>	0,98 <sup>c</sup>	0,95 <sup>c</sup>	0,90 <sup>b</sup>
Phosphore soluble (g/kg)	0,44 <sup>c</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,44 <sup>c</sup>	0,42 <sup>c</sup>	0,42 <sup>c</sup>
M P F (g/kg)	24,9 <sup>b</sup>	24,0 <sup>ab</sup>	24,6 <sup>b</sup>	27,0 <sup>c</sup>	25,0 <sup>b</sup>	23,4 <sup>a</sup>
MPF/TP %	77,3 <sup>ab</sup>	78,3 <sup>b</sup>	77,1 <sup>a</sup>	77,8 <sup>ab</sup>	77,5 <sup>ab</sup>	77,1 <sup>a</sup>
Urée (g/kg)	0,26 <sup>b</sup>	0,27 <sup>bc</sup>	0,33 <sup>c</sup>	0,42 <sup>d</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,33 <sup>c</sup>
Proportion d'acides gras courts (%)	29,2 <sup>b</sup>	28,3 <sup>b</sup>	23,1 <sup>a</sup>	22,0 <sup>a</sup>	31,6 <sup>c</sup>	33,0 <sup>c</sup>
Proportion d'acides gras insaturés (%)	22,2 <sup>a</sup>	25,6 <sup>b</sup>	33,5 <sup>d</sup>	35,9 <sup>c</sup>	28,8 <sup>c</sup>	28,1 <sup>c</sup>

Les valeurs d'une même ligne avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil 5 %.

**Tableau 3**  
Caractéristiques des troupeaux selon les classes de laits

		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Nombre de vaches traites		40	33	29	28	35	32
Production laitière (kg/j/VL)		25,9 <sup>d</sup>	21,8 <sup>c</sup>	20,0 <sup>bc</sup>	18,0 <sup>bc</sup>	12,9 <sup>a</sup>	15,9 <sup>ab</sup>
Stade de lactation (mois moyen de contrôle)		4,3	4,5	5,0	4,1	4,6	4,1
Quantité de concentré (kg/j/VL)		4,1	3,9	2,4	2,4	2,7	2,8
		Nombre de laits					
Race	Prim'holstein	8	11	7			
	Montbéliarde	2	16	6	3		
	Salers		1	5	3		
	Abondance			1		1	10
	Tarentaise		1			8	14
Saison de prélèvement	ration de base						
	Hiver						
	Ensilage de maïs	7	1				
	Herbe Fermentée avec ou sans foin	3	20				
Mise à l'herbe	Fourrage sec		4			5	8
	Pâturage		1	7	3		13
	Pâturage seul		3	8		3	2
Été - automne	Pâturage + Fourrage conservé			4	2	1	1

geables sont stables (coefficient de variation CV < 2 %). La teneur en urée et la composition des matières grasses sont très variables (CV > 15 %). La variabilité des autres caractéristiques est intermédiaire (CV 5 à 15 %).

La classification des laits selon leurs caractéristiques fines a permis de définir 6 classes (tableau 2). La composition de la matière grasse (proportion d'acides gras courts et insaturés) permet d'opposer 3 types de laits, ceux-ci se subdivisant secondairement en fonction des teneurs en minéraux et protéines. Les caractéristiques des troupeaux, zone, race, saison et nature de la ration de base, diffèrent selon les types de lait (tableau 3). Les 4 premières classes sont composées de laits provenant du Massif Central et les 2 dernières d'échantillons des Alpes.

**Les classes 1 (n = 13) et 2 (n = 29)** regroupent des laits pauvres en calcium et dont les proportions d'acides gras longs et insaturés sont les plus faibles. La **classe 1** se distingue de la classe 2 avec des laits riches en phosphore et en matières grasses contenant une faible proportion d'acides gras longs et insaturés. Les laits de la **classe 2** sont les plus pauvres en phosphore et en matières protéiques, mais avec un rapport MPF/TP élevé.

La totalité des laits prélevés pendant l'hiver dans le Massif Central (35), provenant principalement de troupeaux alimentés avec du fourrage fermenté, complétés par une quantité importante de concentrés (4 kg/j/VL), appartiennent à ces 2 classes. La classe 1 est très majoritairement composée d'échantillons de laits produits par des animaux de race Prim'Holstein, dont la production laitière est la plus élevée (26 kg/j/VL), recevant de l'ensilage de maïs. Les laits de la classe 2 sont produits par des troupeaux de race Montbéliarde (16) ou Prim'Holstein (11), dont la ration est composée d'ensilage d'herbe avec ou sans foin.

**Les classes 3 (n = 19) et 4 (n = 6)** présentent des laits ayant en moyenne la plus faible proportion d'acides gras courts et la plus forte d'acides gras insaturés. Elles se différencient par leur richesse en calcium et phosphore, en MPF et urée, plus importante dans la **classe 4**. Les laits constituant la **classe 3** sont particulièrement pauvres en citrates.

Les laits de ces 2 classes sont produits dans le Massif Central, par des troupeaux alimentés au pâturage. Les trois races sont représentées dans la classe 3 alors qu'il n'y a pas de lait produit par des Prim'Holstein dans la classe 4.

**Les classes 5 (n = 9) et 6 (n = 24)** associent des laits riches en citrates, en calcium et phosphore solubles, avec une forte proportion d'acides gras courts et d'acides gras polyinsaturés, mais pauvres en matières grasses. Elles se distinguent par leurs teneurs en MPF, en phosphore et calcium dans le lait et dans

le coagulum, plus élevées pour la classe 5. La concentration en urée est, en moyenne, plus faible dans cette classe.

33 des 35 échantillons de lait de ces 2 classes sont produits dans les Alpes, par des troupeaux dont le niveau de production laitière est beaucoup plus faible que dans les autres classes. Dans la classe 5, la majorité des laits provient de troupeaux de race Tarentaise (8/9), qualifiés d'intensifs modernisés (7/9). Ces laits sont prélevés soit en décembre (ration à base de fourrage sec), soit en juillet (pâturage tardif).

**Les laits de la classe 6** proviennent à la fois de systèmes intensifs (15/24) ou extensifs (9/24). Si la majorité des laits de cette classe ont été produits au pâturage (13/24 au printemps ou 3/24 en plein été), elle contient aussi des laits de fin d'hiver (7/24).

### 3. DISCUSSION

Dans cette étude, bien que nous nous soyons affranchis de l'influence du stade de lactation, la variabilité de la composition chimique fine du lait est importante pour la majorité des constituants. Les classes de laits, définies selon ces caractéristiques, diffèrent surtout par la composition de la matière grasse (proportion d'acides gras courts et d'acides gras insaturés), les teneurs en minéraux et la fromageabilité des protéines. Ces deux derniers facteurs exercent une influence déterminante sur l'aptitude à la coagulation du lait (Brûlé *et al.*, 1997). Ces classes séparent les laits d'abord selon leur origine géographique. On ne peut pas exclure que cet effet ait été accentué par les différences de mode de prélèvement et de conservation du lait entre les deux régions. On sait en particulier que la conservation au froid peut entraîner une solubilisation des minéraux (Lenoir, 1987, Raynal et Remeuf, 2000), mais ce n'est pas ce que nous avons observé, au contraire : les laits stockés à 4 °C (mélange de 4 traites dans le Massif Central) présentent les minéraux les moins solubles.

Dans le Massif Central, cette étude oppose les laits selon la saison (classe 1 et 2 opposées aux classes 3 et 4) et selon la nature de la ration de base (classe 1 contre classe 2). L'effet de la saison inclut cependant un effet du type d'animal : dans cette analyse, le lait prélevé l'hiver provient surtout de troupeaux de race Prim'Holstein ou Montbéliarde alimentés avec de l'ensilage (29/35) alors que les prélèvements au pâturage sont issus essentiellement de troupeaux de race Montbéliarde ou Salers des systèmes basés sur une ration hivernale à base de foin (16/26).

Cette étude a donc permis de confirmer l'importance de la race des animaux et de facteurs alimentaires (effet du pâturage sur la composition des matières grasses et les concentrations en

calcium, effet de la nature de la ration hivernale sur le taux butyreux et le phosphore).

La composition de la matière grasse est très différente selon les régions et la saison. Les différents acides gras présentent, dans le Massif Central, des proportions comparables à d'autres études (Palmquist *et al.*, 1993), alors que la part d'acides gras courts est plus importante tout au long de l'année dans les Alpes. Cette différence peut être liée à la race des animaux, au niveau de leur taux butyreux et à la nature des fourrages. Dans les 2 régions, la part d'acides gras longs est plus élevée quand les animaux sont au pâturage que pendant l'hiver (Palmquist *et al.*, 1993, Decaen et Ghadaki, 1970). Cet écart est cependant plus important dans le Massif Central que dans les Alpes (respectivement augmentation de 13 % et 4,8 %). Les laits de la classe 4, produits par des troupeaux de race Montbéliarde ou Salers, lors de la mise à l'herbe ou en septembre, ont une proportion élevée d'acides gras insaturés. Durant ces périodes, l'herbe consommée à un stade précoce de végétation est riche en acide stéarique que la mamelle peut désaturer (Decaen et Ghadaki, 1970).

La teneur en citrates est plus élevée pour les 2 classes regroupant les laits des Alpes, et s'accompagne de concentration forte en calcium et en phosphore en particulier dans le sérum (Brulé, 1987). Bien qu'il soit en général admis que l'alimentation n'ait pas d'effet sur les teneurs en minéraux (Brulé, 1987), nous observons que les laits les plus riches en calcium sont associés aux fourrages ayant des concentrations plus élevées en calcium (flore à base de dicotylédones des Alpes du nord, Andrieu *et al.*, 1988).

#### CONCLUSION

Ces résultats montrent qu'au delà de la teneur en matières grasses et en protéines, les systèmes de production peuvent modifier sensiblement des caractéristiques du lait ayant des conséquences importantes sur leur transformation fromagère. Deux classes de laits présentent ainsi des caractéristiques favorables à la transformation fromagère (classes 4 et 5) par leur richesse en protéines et en minéraux coagulables qui leur confère une bonne aptitude à la coagulation (Martin et Coulon, 1995). Dans notre étude, ces différences sont, pour une grande

part, dues au type génétique des animaux mais aussi à leur conduite comme le montre l'écart entre les classes 5 et 6.

Ces résultats doivent être validés par des travaux complémentaires portant sur des fabrications fromagères issues de certains de ces laits.

#### REMERCIEMENTS

*Cette étude a été réalisée dans le cadre du Pôle fromager A.O.C. Massif Central et du GIS Alpes du nord. Nous tenons à remercier les éleveurs qui ont participé au suivi ainsi que les responsables des syndicats de contrôle laitier et des entreprises laitières qui ont permis sa mise en œuvre.*

**Agabriel, C., Coulon, J.B., Marty, G., Bonaiti, B. 1993.** INRA Prod. Anim., 6 (1), 53-60

**Agabriel C., Coulon, J.B., Journal, C., Sibra, C., Albouy, H. 1999.** Lait, 79, 291-302

**Andrieu, J., Demarquilly, C., Sauvart, D. 1988.** In R. Jarige Ed., Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA Paris, France. 356-428

**Brulé, G. 1987.** In INRA Publications-CEPIL, Le lait matière première de l'industrie laitière. Paris, France. 87-98

**Brulé, G., Lenoir, J., Remeuf, F. 1997.** In A. Eck, J.C. Gillis Eds, Le fromage. Lavoisier Paris, France. 7-41

**Colin, O., Laurent, F., Vignon, B. 1992.** Lait, 72, 307-319

**Decean, C., Ghadaki, M.B. 1970.** Ann. Zootech., 19 (4), 399-411

**Hoden, A., Coulon, J.B. 1991.** INRA Prod. Anim., 4 (5), 361-367

**Le Graet, Y., Brulé, G. 1993.** Lait, 73, 51-60

**Lenoir, J. 1987.** In INRA Publications-CEPIL, Le lait matière première de l'industrie laitière. Paris, France. 269-274

**Martin, B., Coulon, J.B., 1995.** Lait, 75, 61-80

**Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D., Barbano, D.M. 1993.** J. Dairy Sci., 76, 1753-1771

**Raynal, K., Remeuf, F., 2000.** J. Dairy Res., 67, 199-207

**Remeuf, F., Cossin, V., Dervin, C., Lenoir, J., Tomassone R. 1991.** Lait, 71, 397-421

**Walstra, P., 1990.** J. Dairy Sci., 73, 1965-1979