

Influence de deux systèmes d'alimentation sur la production et la composition du lait de chèvres hautes productrices et incidences technologiques en fabrication fromagère lactique

LEFRILEUX Y. (1), RAYNAUD S. (2), MORGE S. (3), BARRAL J. (4), GAUZERE Y. (5), DOUTART E. (6), LAITHIER C. (2)

(1) Station expérimentale caprine du Pradel EPLEFPA – Institut de l'élevage, Le Pradel, 07170 - MIRABEL

(2) Institut de l'élevage, Agrapole, 23, rue Jean Baldassini, 69364 – LYON CEDEX 07

(3) PEP caprin Rhône-Alpes, Le Pradel, 07170 - MIRABEL

(4) Actilait centre de Carmejane, Le Château, 04510 – LE CHAFFAUT SAINT JURSON

(5) ENILBIO Poligny, place du Champ de Foire, BP 49, 39801 – POLIGNY CEDEX,

(6) Institut de l'élevage, 149, rue de Bercy, 75595 – PARIS CEDEX 12

RESUME - Ce travail avait pour objectif d'étudier l'incidence de la variation de la composition du lait due à des régimes alimentaires différents sur l'aptitude acidifiante du lait, sur la pérennité de l'utilisation du lactosérum, sur l'évolution des dynamiques d'acidification dans le cadre de la production fromagère de fromages lactiques. L'expérimentation a eu lieu à la station caprine expérimentale du Pradel EPLEFPA-Institut de l'élevage, qui produit du Picodon AOC à partir du lait de cent vingt chèvres de race alpine fortes productrices conduites en monotraite. Deux lots de soixante chèvres ont été conduits à la station, avec deux systèmes alimentaires contrastés : l'un avec un haut niveau d'azote (20 à 22 % de MAT) et l'autre avec un bas niveau d'azote (14 à 15 % de MAT) sur une durée de deux mois. Chaque jour, le lait de chaque lot a fait l'objet d'une fabrication différenciée avec repiquage du lactosérum issu de ce même lot. Cette expérimentation a montré qu'il est possible de faire varier la composition physico-chimique du lait au niveau des fractions azotées par le biais de l'alimentation, en affectant également sa composition minérale. Dans le cadre de l'essai mené à la ferme du Pradel, ces modifications dues à des régimes alimentaires différents ne semblent pas avoir un effet majeur sur la rhéologie du lait, l'acidification et le repiquage du lactosérum.

The effects of two diets on milk production and milk composition of high producing dairy goats milked once-a-day and technological impact for lactic cheese-making on the farm

LEFRILEUX Y. (1), RAYNAUD S. (2), MORGE S. (3), BARRAL J. (4), GAUZERE Y. (5), DOUTART E. (6), LAITHIER C. (2)

(1) Station expérimentale caprine du Pradel EPLEFPA – Institut de l'Élevage, Le Pradel, 07170 - MIRABEL

SUMMARY

This study was conducted to determine whether milk composition variations due to two different diets change milk acidification ability, natural whey starter durability and acidification dynamics during the production of hand-made lactic goat cheese-making. This experiment took place at the Pradel experimental farm (EPLEFPA-Institut de l'Élevage), which produces AOC Picodon cheeses from the milk of 120 high-producing goats milked once-a-day. Two groups of 60 goats were fed two different diets : one with a high nitrogen level (20 to 22 % of total nitrogen content) and the other with a low nitrogen level (14 to 25 % of total nitrogen content) during two months. The milk of each group was used separately every day to make cheese with each natural whey starter from the day before. This experiment shows that it is possible to change the milk nitrogen composition with the goats feeding, and by also changing its mineral composition. In this study on the Pradel farm, milk composition variations due to different diets does not seem to have a major affect on milk rheology, acidification and the daily use of the natural whey starter.

INTRODUCTION

Traditionnellement, en production fromagère de fromages de chèvre en technologie mixte à dominance lactique, l'ensemencement est assuré par le repiquage du lactosérum issu de la fabrication précédente.

Une étude pilotée par l'Institut de l'élevage intitulée « contribuer à la performance technico-économique des exploitations fromagères fromagères fermières en améliorant la maîtrise technologique et la qualité des fromages » a notamment pour objectif, dans les problèmes récurrents de repiquage du lactosérum, de distinguer la part du lait et de ses conditions de production par rapport aux leviers technologiques. En effet, même si un certain nombre de recherches ont permis de faire le point sur les facteurs alimentaires influant par exemple sur le taux butyreux (TB) ou le taux protéique (TP) du lait (Morand-Fehr *et al.*, 2000), ainsi que leurs effets sur l'aptitude à la coagulation (Remeuf *et al.*, 1991 ; Martin et Coulon, 1995), le lien

entre l'alimentation des animaux et la composition azotée et minérale du lait et des produits laitiers a fait l'objet de peu de travaux en espèce caprine. A partir de données collectées dans des exploitations caprines, un lien a pu être mis en évidence entre l'alimentation des chèvres et le profil des courbes d'acidification en technologie lactique (Laithier *et al.*, 2004). Egalement, la présence d'urée en excès dans le lait a pu être suspectée dans l'apparition de défauts de caillé en technologie lactique, ou dans un ralentissement de l'acidification en technologie pâte pressée non cuite (Mietton, 1986 ; Martin *et al.*, 1997). La présente étude a pour objectifs d'étudier l'incidence de la variation en composés azotés du lait de chèvre (urée, azote non protéique, ...) due à des systèmes alimentaires différents sur l'aptitude acidifiante du lait, sur la pérennité de l'utilisation du lactosérum, sur l'évolution des dynamiques d'acidification.

1. MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation a eu lieu au printemps 2008 à la station caprine expérimentale du Pradel EPLEFPA-Institut de l'élevage, qui produit du Picodon AOC à partir du lait de cent vingt chèvres de race alpine, conduites en monotraite et produisant en moyenne 975 kg de lait par chèvre et par an, avec un TB moyen de 36,8 g / kg et un TP moyen 34,6 g / kg. Le troupeau a été réparti à partir du troisième mois de lactation en deux lots de soixante chèvres selon les critères suivants : parité, production laitière, taux butyreux, taux protéique, cellules, date de mise-bas. Après une période pré-expérimentale de deux semaines où les deux lots ont été conduits de façon similaire, leur alimentation a été différenciée durant sept semaines. Le premier lot (lot 1) avait une ration à base d'herbe pâturée, 300 g de foin de *ray grass* italien par jour et un complément de 800 g de maïs grain par jour. Lors d'épisodes pluvieux, les chèvres recevaient éventuellement un complément de foin de luzerne. Le deuxième lot (lot 2) avait une ration distribuée exclusivement en chèvrière et composée de foin de luzerne et de 800 g par jour d'un concentré dosant 22 % de protéines. Ces deux lots contrastés différaient principalement au niveau de la quantité d'azote apportée dans la ration (14 à 15 % MAT pour le lot 1 et 20 à 22 % MAT pour le lot 2). Les rations moyennes calculées à partir de la méthode d'unités d'encombrement (INRA 2007) pour le lot 1 en période de plein pâturage était de 2,51 UFL, 250 PDIN et 259 PDIE et pour le lot 2 de 2,46 UFL, 407 PDIN et 344 PDIE. Chaque jour dix litres du lait de chaque lot ont fait l'objet d'une micro-fabrication de type Picodon avec repiquage du lactosérum issu de ce même lot.

Le traitement statistique des données se décompose en trois niveaux. Tout d'abord des données zootechniques (production laitière, TB, TP) ont été mesurées sur chaque chèvre une fois par semaine. L'effet du régime alimentaire sur ces paramètres a été étudié par analyse de variance sur données répétées.

D'un point de vue pratique, il était impossible d'analyser la composition de chaque lait individuel (physico-chimie, rhéologie au formagraph) et de suivre son acidification. Aussi, une fois par semaine, pour chaque lot, trois sous-lots de huit chèvres tirées au sort ont été créés. Le lait de chaque sous-lot a été récolté dans un bidon. La prise en compte de la structure de covariance entre les sous-lots étant impossible, l'effet du régime sur ces résultats a été testé à partir des moyennes de ces sous-lots, soit sept résultats par lot, correspondant aux sept semaines de contrôle. Les données de rhéologie et de physico-chimie ont été traitées par analyse de variance sur un dispositif factoriel sans répétition. Les données d'acidification quant à elles ont été modélisées par la loi de Weibull, résumant chaque courbe par trois paramètres : l'amplitude maximum de pH, le temps de latence et le temps mis pour atteindre la mi-hauteur de la courbe (Laithier *et al.*, 2004). Une MANOVA a permis de tester l'effet du régime alimentaire sur ces paramètres en tenant compte des corrélations qui les lient. Ces traitements ont été réalisés grâce au logiciel SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC, version 9.1).

Enfin, des mesures ont également été réalisées sur les laits de tanks, permettant un nombre de prélèvements plus important : soit deux analyses par semaine pour la composition du lait, un suivi journalier de l'acidification et sept analyses microbiologiques durant l'expérimentation.

Ces données ont été traitées de façon descriptive à l'aide du logiciel Spad (Spad, version 5.5).

2. RESULTATS

2.1. PERFORMANCES INDIVIDUELLES DES CHEVRES

Les apports alimentaires moyens des rations lors de la période expérimentale des deux lots montrent un bilan énergétique des deux rations sensiblement équivalent (107 % vs. 104 % des besoins). Par contre, l'écart (PDIN – PDIE) / UFL est nettement différent entre ces deux régimes alimentaires : -4 pour le régime 1 et 26 pour le régime 2. Un effet du régime alimentaire est observé sur la production laitière et le taux butyreux. La production laitière est plus importante pour le lot 2 et son TB est inférieur. Aucun effet du régime sur le TP n'a pu être mis en évidence (tableau 1).

Tableau 1 : valeurs moyennes et écarts-types par lot et effet de deux régimes alimentaires (lot 1 et lot 2) sur la production laitière, le TB et le TP au risque 5 %

Critère étudié	Lot 1 (n=60)	lot 2 (n=60)	Effet lot
Production laitière (kg / j)	3,51 (0,93)	3,77 (0,99)	***
Taux Butyreux (g / kg)	33,08 (3,83)	30,02 (3,96)	***
Taux Protéique (g / kg)	32,31 (2,05)	32,23 (2,04)	ns

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ ns non significatif

2.2. COMPOSITION DU LAIT ET DU LACTOSERUM

2.2.1. Composition physico-chimique du lait

Un effet du régime alimentaire est observé sur les paramètres suivants (tableau 2) : l'extrait sec, la matière grasse, les citrates sont plus importants pour le lot 1, alors que l'urée, l'azote soluble et l'azote non protéique sont plus élevés pour le lot 2. On observe une différence significative mais peu marquée pour l'azote total, le chlorure de sodium et le potassium. Aucun effet du régime sur la matière azotée protéique, le lactose, le calcium, le phosphore et les caséines n'a pu être mis en évidence.

Tableau 2 : valeurs moyennes et écarts-types par régime et effet de deux régimes alimentaires (lot 1 et lot 2) sur la composition physico-chimique du lait

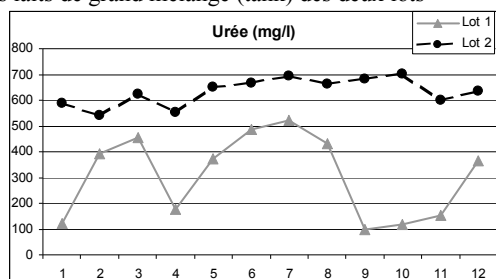
Critère étudié	lot 1 (n = 7)	Lot 2 (n=7)	Effet lot
Extrait sec (g / kg)	119,19 (1,43)	115,74 (2,54)	**
Matière Grasse (g / l)	33,79 (1,7)	30,45 (2,55)	**
Matière Azotée Protéique (g / l)	32,5 (0,80)	32,5 (0,45)	ns
Azote total (g / kg)	5,47 (0,14)	5,59 (0,09)	*
Azote soluble (g / kg)	1,27 (0,09)	1,42 (0,06)	***
Azote non protéique (g / kg)	0,33 (0,06)	0,44 (0,03)	***
Caséines (g / kg)	26,76 (0,74)	26,61 (0,65)	ns
Urée (mg / l)	289,52 (152,88)	609,10 (73,05)	***
Lactose (g / l)	44,0 (1,32)	43,3 (0,87)	ns
Calcium (g / kg)	1,14 (0,03)	1,12 (0,04)	ns
Phosphore (g / kg)	0,87 (0,04)	0,88 (0,03)	ns
NaCl (g / kg)	2,92 (0,20)	3,06 (0,11)	*
Potassium (g / kg)	0,76 (0,03)	0,80 (0,02)	**
Citrates (g / kg)	1,23 (0,05)	1,04 (0,10)	***

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ ns non significatif

De plus on observe que les différents composants du lait étudiés ici ont beaucoup varié au cours de la période, et ce

de façon plus marquée pour le lot 1 qui était au pâturage, avec des changements de parcelle réguliers. En ce qui concerne par exemple l'urée du lait prélevé dans les tanks (figure 1), le lot 1 a un niveau minimum d'urée au moment où les chèvres reçoivent un complément conséquent en foin de graminées (contrôles 4, 9 et 10) et plus élevé lorsque les chèvres ont peu pâturé du fait d'une mauvaise météo et ont consommé du foin de luzerne (contrôles 6 et 7).

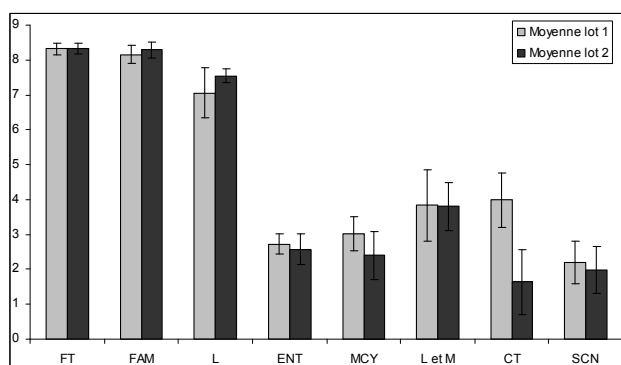
Figure 1 : évolution durant sept semaines (analyses une à deux fois par semaine à douze reprises) des teneurs en urée (en mg / kg) des laits de grand mélange (tank) des deux lots



2.2.2. Composition microbiologique du lait et du lactosérum

Sur les laits de tank prélevés en fin de traite, les laits du lot 1 comportent des concentrations en microflores sensiblement supérieures par rapport au lot 2 notamment pour la microflore acidifiante mésophile (FAM) (3,64 avec un écart-type de 0,90 log UFC / ml et 2,83 avec un écart-type de 0,41 log UFC / ml). En revanche, sur les lactosérums prélevés au moulage, en moyenne, seuls les coliformes totaux et la FAM discriminent les deux lots, (figure 2 et analyses non présentées).

Figure 2 : moyennes des dénombrements des lactosérums des lots 1 (n = 7) et 2 (n = 7) en log UFC / ml pour la flore totale (FT, milieu PCA), la microflore acidifiante mésophile (FAM, milieu Elliker modifié), les *Leuconostocs* présumés (L, milieu MRS+vancomycine), les entérocoques présumés (ENT, milieu BEA), les microcoques et corynébactéries (MCY, milieu CRBM modifié), les levures et moisissures (L et M, milieu YCG), les coliformes totaux (CT, milieu VRBL), les staphylocoques à coagulase négative (SCN, milieu BP+RPF).



2.3. APTITUDES TECHNOLOGIQUES DU LAIT ET DU LACTOSERUM

2.3.1. Acidification

Un effet du lot est observé sur le paramètre exprimant le temps de latence de la courbe d'acidification (tableau 3). Aucun effet des lots n'a pu être mis en évidence sur les autres paramètres caractérisant la courbe d'acidification. Tout au long de l'essai, les lactosérums ont pu être repiqués de façon satisfaisante.

Tableau 3 : valeurs moyennes et écarts-types par lot et effet de deux lots alimentaires (lot 1 et lot 2) sur les paramètres d'acidification

Critère étudié	Lot 1 (n = 7)	Lot 2 (n = 7)	Effet lot
Amplitude de la courbe	1,99 (0,15)	2,01 (0,23)	ns
Paramètre caractérisant le temps de latence	2,27 (0,21)	2,08 (0,15)	*
Temps pour atteindre la mi-hauteur de la courbe	7,94 (0,95)	7,97 (0,62)	ns
pH à l'emprésurage	6,5 (0,07)	6,5 (0,05)	ns
pH au moulage	4,5 (0,22)	4,5 (0,24)	ns
vitesse maximum d'acidification (1)	0,20 (0,06)	0,19 (0,04)	ns
temps mis pour passer du pH 5,5 au pH 4,8	4,83 (2,27)	4,46 (2,62)	ns
temps nécessaire pour perdre le dernier dixième de pH	7,80 (1,56)	7,21 (1,22)	ns

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ ns non significatif

(1) correspond à la pente de la tangente à la courbe au point où le pH est à mi chemin entre les deux asymptotes.

2.3.2. Rhéologie du lait

Aucun effet du lot n'a pu être mis en évidence sur les paramètres de rhéologie du lait étudiés lors des sept semaines de l'expérimentation (tableau 4).

Tableau 4 : valeurs moyennes et écarts-types par lot et effet des deux lots alimentaires (lot 1 et lot 2) sur la rhéologie du lait

Critère étudié	Lot 1 (n=7)	Lot 2 (n=7)	Effet lot
Temps de prise (R, en min)	33,2 (3,87)	35,5 (5,48)	ns
Vitesse d'organisation du gel (K10, en min)	19,6 (4,41)	20,6 (4,98)	ns
Fermeté à une fois le temps de prise (aR, en mm)	15,1 (1,96)	15,0 (1,83)	ns
Fermeté à 2 fois le temps de prise (a2R, en mm)	18,7 (2,13)	18,7 (1,83)	ns

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ ns non significatif

3. DISCUSSION

En alimentant les chèvres selon deux régimes contrastés au niveau azoté, mais assez caractéristiques de ceux qui peuvent être rencontrés sur le terrain, l'un équilibré en azote, l'autre excédentaire, la quantité et la qualité du lait obtenu ne sont pas identiques. L'apport supplémentaire d'azote (lot 2) est favorable à une augmentation de la production laitière des chèvres comme cela avait déjà été démontré lors d'essais antérieurs (Lefrileux *et al.*, 2005). Le TB plus faible pour le lot 2 pourrait s'expliquer par un effet dilution, mais aussi par une teneur plus importante en matière grasse des fourrages verts consommés par le lot 1 (Morand-Fehr *et al.*, 1986 et 2001). L'absence d'impact sur le TP d'une variation de l'azote alimentaire lorsque les besoins énergétiques sont couverts a déjà été observé (Morand-Fehr *et al.*, 1986 ; Schmidely *et al.*, 2000). La composition des laits obtenus pour ces deux régimes est différente, notamment pour le taux d'urée. Celui-ci est fortement influencé par les régimes alimentaires distribués aux animaux en particulier quand la quantité d'azote fermentescible est importante (Rémond, 1985 ; Lefrileux *et al.*, 2005 ; Morand Fehr *et al.*, 1986, Lagriffoul *et al.*, 1999). Les causes de variations de la composition du lait sont globalement liées à des facteurs alimentaires ou à des interactions entre facteurs alimentaires et aptitude génétique (Agabriel *et al.*, 2001). En ce qui concerne la concentration en citrates, Agabriel *et al.* (2000 et 2001) ont

pu montrer des différences de teneurs en citrates de laits de vache différents de l'ordre de 20 % dans des troupeaux à des saisons de pâturage différentes ou dans des systèmes d'élevage différents. Nous avons obtenu le même type de résultats. Pour le potassium si la différence est significative, les différences observées entre le lait des deux lots restent faibles (de l'ordre de 5 %). La teneur en chlorure de sodium plus élevée du lait du lot 2 (+ 5 %) pourrait avoir été induite par la présence de chèvres infectées au niveau mammaire, mais il n'a pas été observé d'impacts sur la concentration cellulaire moyenne des laits (1610 x 1000 cellules / mL pour le lot 1 et 1639 x 1000 cellules / mL pour le lot 2). Plusieurs variables n'ont a priori pas été influencées par l'alimentation distribuée aux chèvres. Le lactose a une concentration stable dans le lait car il joue un rôle de régulateur de la quantité de lait produite (Alais, 1984). En ce qui concerne le calcium, les animaux sont capables de mobiliser leurs réserves corporelles ce qui a pour résultat de garder un taux stable de calcium dans le lait (Brulé, 1987). Les matières azotées protéiques et les caséines sont peu affectées par des variations du régime alimentaire si celui-ci couvre les besoins énergétiques et azotés (Coulon *et al.*, 1998). Les incidences observées en technologie de ces différences de composition du lait sont faibles. Le niveau plus important de citrates observé dans les laits du lot 1 pourrait être associé à une moindre aptitude à la coagulation de ces laits (Gaucheron, 2003). Ceci n'est pas observé ici de façon globale, sauf à certains contrôles avec des valeurs extrêmes (données non présentées). Par ailleurs la nature des variants génétiques des caséines n'est pas connue au sein des lots et ce facteur influence la rhéologie du lait de chèvre (Remeuf, 1993). Les travaux de Martin *et al.* (1997) avaient mis en évidence une moindre aptitude à la coagulation des laits de vache contenant beaucoup d'urée. Cette différence n'est pas retrouvée dans notre essai où les modifications de composition physico-chimique du lait ne sont pas les mêmes. La légère augmentation des temps de prise moyens observée pour le lot 2 pourrait être associée à une teneur plus élevée de ces laits en azote soluble et azote non protéique. En ce qui concerne l'acidification, Martin *et al.* (1997) ont observé un ralentissement de l'acidification des laits les plus riches en urée en fabrication de Reblochon. Une inhibition des activités acidifiantes des bactéries lactiques thermophiles est alors évoquée (Julliard, 1988). En ce qui concerne les bactéries lactiques mésophiles, Dalmasso (2009) a montré en conditions de laboratoire l'absence de perturbation des activités acidifiantes des souches de lactocoques issues du lactosérum en présence de 650 mg d'urée ajoutée au lait de chèvre. De plus cet auteur et Tormo *et al.* (2004) ont aussi montré la spécificité des lactosérums qui doivent être considérés comme un levain avec un nombre de souches important. La variabilité et la grande plasticité des souches de bactéries lactiques dans le lactosérum pourraient le rendre plus résistant qu'un ferment du commerce à des modifications de la composition physico-chimique du lait. Par ailleurs, l'hypothèse selon laquelle une composition physico-chimique différente du lait tend à sélectionner les microflore lors de la fabrication ne semble pas se confirmer ici au travers des dénombrements et du suivi de l'acidification, mais des analyses microbiologiques plus fines seraient nécessaires. Le lien mis en évidence entre alimentation et acidification (Lathier *et al.*, 2004) pourrait être dû à un effet global du système d'élevage (pratique du

pâturage, modalités de distribution, ...) et non à l'alimentation au sens strict.

CONCLUSION

En conclusion, cette expérimentation a montré que des variations de la teneur azotée de l'alimentation font varier la composition physico-chimique du lait au niveau des fractions azotées en affectant également sa composition minérale. Mais avec du lactosérum comme source d'ensemencement des laits, ces modifications dues à des régimes alimentaires différents ne semblent pas avoir un effet majeur sur la rhéologie du lait, l'acidification et le repiquage du lactosérum en technologie mixte à dominance lactique. Les autres volets de ce programme apporteront des éléments complémentaires sur les facteurs liés aux problèmes récurrents de repiquage du lactosérum, sur la maîtrise de la qualité microbiologique du lait et sur des pratiques technologiques permettant de mieux maîtriser l'acidification.

Cette action a bénéficié du soutien financier du CASDAR, du conseil régional Rhône Alpes et du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Les auteurs tiennent à remercier tout le personnel de la station expérimentale du Pradel ainsi que Elodie Braud, stagiaire de l'ENITA de Clermont-Ferrand.

- Alais C., 1984. Edition Sepaic, 814 p.
 Agabriel C., Hauwy A., Coulon J.B., 2000. 3R, 7, 292-295.
 Agabriel C., Coulon J.B., Journal C., De Rancourt B., 2001. INRA Prod. Anim., 14 (2), 119-128.
 Brulé G., 1987. CEPIL, 394 p.
 Coulon J.B., Hurtaud C., Rémond B., Vérité R., 1998. INRA Prod. Anim., 11 (4), 299-310.
 Dalmasso M., 2009. Thèse de l'Université de Savoie. 164 p.
 Gaucheron F., 2003. Editions Tec et Doc, 922 p.
 INRA, 2007. Editions Quae, 307 p.
 Julliard, 1988. *Can. J. Microbiol.*, 34, 818-822.
 Lathier C., Chatelin Y.M., David V., Tormo H., Lefrileux Y., Gauzere Y., 2004. 3R, 11, 95-98
 Lagriffoul G., Guitard J.P., Arranz J.M., Aufran P., Drux B., Delmas G., Gautier J.M., Jaudon J.P., Morin E., Saby C., Vacaresse C., Van Quackebeke E., Bocquier F., 1999. 3R, 6, 166.
 Lefrileux Y, Le Scourarnec J, Pommaret A, Cirier N, 2005. 3R, 12, 250.
 Martin B. et Coulon J.B., 1995. Lait, 75, 61-80.
 Martin, B., Coulon J.B., Chamba J.F., Bugaud C., 1997. Lait, 77, 505-514.
 Mietton B, 1986. Bulletin des GTV, 3, 7-26.
 Morand-Fehr P., Blanchart G., Le Mens P., Remeuf F., Sauvart D., Lenoir J., Lamberet G., Le Jaouen J.C., Bas P., 1986. 11ème Journée Recherche Ovine et Caprine, 253-298.
 Morand Fehr P., Tran G., 2001. INRA Prod. Anim., 14 (5), 285-302
 Morand Fehr P., Sanz Sampelayo M.R., Fedele V., Lefrileux Y., Eknaes M., Schmidely P., Giger Reverdin S., Bas P., Rubino R., Havrevoll O., Sauvart D., 2000. 7th International Conference on Goats, Tours, Tome 1, 53-58.
 Remeuf F., Cossin V., Dervin C., Lenoir J., Tomassone R., 1991. Lait, 71, 397-421.
 Remeuf F., 1993. Lait, 73, 549-557.
 Rémond B., 1985. Bull Tech CRZV Theix, Inra, 62, 53-67.
 Tormo H., Kodjo A., Taillez P., 2004. Produits alimentaires fermiers, ENITAC, Clermont Ferrand