

# Evaluation de stratégies de contrôle des comptages de cellules somatiques des laits de mélange en élevage caprin

R. de CREMOUX (1), V. HEUCHEL (2), Y-M CHATELIN (2)

(1) Institut de l'Élevage, Chambre d'Agriculture du Tarn, BP 89, 81 003 ALBI Cedex

(2) Institut de l'Élevage, 149 Rue de Bercy, 75 595 PARIS Cedex 12

**RESUME** - 51 élevages, adhérents au Contrôle Laitier et situés en régions Centre, Pays de la Loire et Poitou-Charentes et sélectionnés en fonction de leurs comptages de cellules somatiques élevés ont été suivis sur une période de trois ans (une année de référence et deux années effectives de suivi). Trois interventions annuelles ont été réalisées en début, milieu et fin de lactation afin de décrire les pratiques d'élevage, d'identifier les facteurs de risque vis à vis des infections intramammaires (plus particulièrement liées à des germes dits à réservoir mammaire) et de constituer des plans d'action en concertation avec les producteurs. La dynamique des infections en cours de lactation et à l'issue de chaque période sèche a été estimée à partir des résultats individuels de comptages de cellules somatiques selon les règles définies par de Cremoux et al. (1995) : prévalence des infections présumées, taux de guérisons, de nouvelles infections, pourcentages d'incurables ou de récidives, fréquence des primipares présumées infectées dès leur premier contrôle. L'incidence, sur ces paramètres, des pratiques mises en œuvre ainsi que de certains paramètres de structure ou de conduite d'élevage (pourcentages de primipares, de chèvres en lactations longues, période et répartition des mises bas) a été évaluée sous la forme de risques relatifs. Les premiers résultats font notamment apparaître l'importance de la gestion de la reproduction. Le désaisonnement allié à l'étalement des mises bas et à l'allongement des lactations paraît propice au maintien de la pression d'infection ce qui peut être à l'origine de réinfections précoces en début de lactation qui limitent d'autant l'efficacité escomptée des mesures curatives mises en œuvre au moment du tarissement. Le traitement des chèvres au tarissement est sans conteste un élément clef dans l'assainissement du troupeau en début de lactation mais doit s'accompagner de mesures préventives. La limitation des entrées d'air induit une amélioration significative de la situation sanitaire du troupeau notamment vis à vis des infections à pathogènes mineurs. La limitation du massage, de l'égouttage et de la repasse améliore plus particulièrement les résultats des primipares. L'incidence de la surtraite comme de l'antisepsie des trayons après la traite est assujettie au niveau d'infection dans l'exploitation avec une relative tolérance à la surtraite dans un contexte de faible prévalence, lui-même favorisant l'efficacité de la désinfection. Cette étude fait apparaître la nécessité d'adapter et de hiérarchiser les conseils à la situation sanitaire et aux conduites d'élevage des troupeaux. Elle devra en outre être complétée par des études s'intéressant plus spécifiquement aux réglages des installations de traite et aux pratiques de traite.

## Evaluation of bulk milk somatic cell counts control strategies in goats herds

R. de CREMOUX (1), V. HEUCHEL (2), Y-M CHATELIN (2)

(1) Institut de l'Élevage, Chambre d'Agriculture du Tarn, BP 89, 81 003 ALBI Cedex

(2) Institut de l'Élevage, 149 Rue de Bercy, 75 595 PARIS Cedex 12

**SUMMARY** - 51 commercial herds, located in Centre, Pays de la Loire and Poitou-Charentes and selected on their high bulk milk somatic cell counts were studied during three years. Three visits were realised at beginning, middle and end of each lactation in order to describe practices, identify risk factors towards intramammary infections (especially caused by contagious pathogens residing primarily in infected udders) and define udder health management programs in conjunction with producers. Dynamics of infections during lactation and at the end of each dry period were estimated on the base of individual somatic cell counts according to de Cremoux et al. (1995): prevalence of presumed infections, rate of elimination, rate of new infections, incurable infections and recurrences frequencies, early presumed occurrence of infection among primiparous goats. Incidence of mastitis control techniques applied and effects of different structural or managerial factors (percentages of primiparous goats, of prolonged lactation goats, period and distribution of droppings) were evaluated using odds ratios. First results revealed importance of reproduction management. Out of season and most often staggering droppings associated with lengthening lactations seemed favourable to maintain infection rate what might originate early reinfections at the beginning of the lactation reducing curative practices applied at drying off efficacy expected from. Drying off therapy was one of the key steps in mastitis control programs to provide an effective decrease of infection rate in early lactation but required additional preventive practices. Minimizing air inlets contributed to significant improvement in udder health status as far as minor pathogens presumed infections are concerned. Minimizing mammary massage, machine stripping and avoiding removing extra milk reattaching the teat cups, particularly affected primiparous. Effects of overmilking and postmilking teat disinfection depended on the rate of intramammary infections in herds with relative tolerance to overmilking in a context of low prevalence which improved itself antiseptic efficacy. This study showed need to adapt and hierarchize advices according to infection rate and managerial practices in herds. Research more specifically related to milking process, including requirements for milking machines and milking techniques remain to be conducted.

## INTRODUCTION

L'amélioration de la qualité du lait, notamment sanitaire, est devenue une des priorités de la filière caprine. D'où l'utilisation par les entreprises laitières des numérations cellulaires de laits de troupeau (CCSt) pour déceler voire pénaliser les élevages susceptibles de présenter une prévalence élevée d'infections mammaires. Dans ce contexte, les éleveurs sont amenés à intégrer la maîtrise des CCSt dans la gestion de leur cheptel. Des indications objectives et spécifiques à l'espèce caprine sur l'efficacité technique des mesures de contrôle qui leur sont proposées leur font cependant défaut. L'objectif de cette étude est par conséquent d'évaluer, dans un contexte de forte prévalence, les pratiques mises en œuvre par les producteurs caprins.

## 1. MATERIEL ET METHODES

51 élevages, adhérents au Contrôle Laitier et situés en régions Centre, Pays de la Loire et Poitou-Charentes ont été sélectionnés en fonction de leurs CCSt obtenus au cours d'une campagne laitière (année dite de référence) : au moins 6 CCSt supérieurs à un million de cellules par ml dont au moins 2 supérieurs à 1 500 000 cellules par ml. Trois interventions annuelles ont été réalisées en début, milieu et fin de lactation pendant deux années consécutives et ont permis de décrire les pratiques d'élevage, d'identifier les facteurs de risque vis à vis des infections intramammaires (plus particulièrement liées à des germes dits à réservoir mammaire) et de constituer des plans d'action en concertation avec les producteurs. La dynamique des infections en cours de lactation et à l'issue de chaque période sèche a été estimée à partir des résultats individuels de comptages de cellules somatiques (CCSi) en se référant aux règles de décision déterminées par de Cremoux et al. (1995). Le bilan du tarissement a été établi au regard des CCSi obtenus lors du premier contrôle des chèvres en lactation, les seuils de 750 000 et 1 750 000 cellules par ml permettant de statuer sur le statut infectieux présumé des mamelles (guérison en cas de CCSi inférieur à 750 000 cellules par ml). Il reflète par conséquent l'évolution de l'état sanitaire du cheptel au cours de la période sèche mais aussi des 3 à 4 semaines suivants le part. Chaque critère (prévalence, taux de guérisons, de nouvelles infections, pourcentages de chèvres présumées infectées par des pathogènes majeurs incurables ou récidivantes) a été étudié à l'aide d'analyses multivariées en mesures répétées (répétition élevage\*campagne - procédure Genmod de SAS/ type=exch). Les effets des pratiques mises en œuvre (introduites dans le modèle sous forme binaire) ainsi que de certains paramètres de structure ou de conduite d'élevage susceptibles d'interférer avec la dynamique des infections (pourcentages de primipares, de chèvres en lac-

tations longues, période et répartition des mises bas) ont été déterminés (limite de signification retenue :  $p < 0,05$ ). Les risques relatifs (RR) correspondant ont été évalués.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1 ASSOCIATION DE LA STRUCTURE DES TROUPEAUX ET DE LA GESTION DES MISES BAS AVEC LA FRÉQUENCE ET LA DYNAMIQUE DES INFECTIONS

Une augmentation de la proportion de primipares (exclusion faite des chèvres en lactations longues) s'accompagne d'une augmentation significative du pourcentage de chèvres présumées saines (PS), de taux de guérison accrus et, inversement, d'une diminution significative des fréquences relatives d'infections présumées (IMP) à pathogènes mineurs (P. min.) ou majeurs (PM), d'incurables et de récidives (Tableaux 1 et 2). Ces résultats confirment que les animaux jeunes présentent le plus souvent un meilleur état sanitaire (Dulin et al., 1983) que des chèvres plus âgées. Sur des infections plus récentes, il semble en outre plus aisé de parvenir à une guérison et de prévenir la survenue des récidives.

A l'opposé, une proportion accrue de chèvres en lactations longues s'allie à un accroissement de la prévalence parmi les primipares et à une augmentation de la survenue de nouvelles infections : risques relatifs variant de 1,04 (Intervalle de Confiance à 95 % : IC95 = 1,01-1,07) à 1,07 (IC : 1,03-1,11). Le caractère « détériorateur » de l'allongement de la lactation a été évoqué par Formenti (1998). Dans ce domaine, une origine physiologique liée à l'absence de repos de la mamelle ne peut être retenue de façon exclusive. Il paraît légitime de penser que, dans un contexte épidémiologique à réservoir mammaire caractéristique des petits ruminants laitiers (Bergonier et al., 1993), les chèvres en lactation longue, lorsqu'elles sont infectées, sont moins susceptibles que les autres d'éliminer les bactéries présentes dans la mamelle (peu de guérisons spontanées) et, plus susceptibles que les autres, d'avoir et de conserver des teneurs en cellules élevées dans leur lait. Elles participent alors au maintien de réservoirs de germes au sein du troupeau et à la contamination précoce des autres chèvres dès leur entrée en lactation.

La fréquence des IMP à P. min. de même que la proportion de chèvres présumées incurables s'accroissent avec le désaisonnement du cheptel. La conduite de la reproduction (période et répartition des mises bas) a en outre un effet significatif sur les taux de guérisons, les troupeaux dont les mises bas sont désaisonnées obtenant de moins bons résultats que ceux qui privilégient des mises bas en saison ou en avance de saison (Tableau 3). Notons que dans les élevages de l'Ouest de la France, le désaisonnement s'allie le plus souvent à un

Tableau 1  
Risques relatifs d'infections présumées sur l'ensemble de la lactation selon les pratiques mises en œuvre

	% de PS			% d'IMP à P. min.			% d'IMP à PM		
	Total	Lac =1	Lac > 1s	Total	Lac =1	Lac > 1s	Total	Lac =1	Lac > 1s
% de chèvres en lactations longues	0,99	0,97*	1,01	0,99	1,02*	0,99*	1,01	1,0270	1,00
% de primipares (hors lactations longues)	1,02*		1,01	0,99*		1,00	0,99*		0,99
% de chèvres traitées au tarissement	1,17	1,15	1,17	1,02	0,91	1,05	0,85*	1,04	0,81*
% de réformes en cas d'IMP (P. min ou PM)	0,99	0,99	0,98	1,01*	1,01	1,01*	0,99	0,99	0,99
Réforme sur critère de santé mammaire	1,12	1,07	1,12	0,95*	0,99	0,93*	1,04	0,59*	1,04
Instauration d'un ordre de traite	1,07	1,12	0,96	0,92*	0,95	0,94*	0,95	0,66*	1,02
Maîtrise de la technique de traite	1,06	1,54*	0,91	0,95	0,82*	0,99	0,91	0,60*	1,06
Limitation des risques d'impact	1,30*	1,16	1,37	0,93*	0,97	0,92*	0,91	0,79	0,93
Maîtrise de la surtraite	0,88	0,69*	0,92	1,16*	1,42*	1,10*	0,91	1,14	0,86
Désinfection des trayons après la traite	0,78*	0,75*	0,67*	1,05*	1,11	1,03	1,12	1,08	1,09

PS : présumés sains, P. min : pathogènes mineurs ; PM : pathogènes majeurs ; IMP : infections présumées ; Lac = 1 : primipares ; Lac > 1 : multipares ; \*significatif : IC95 excluant 1

**Tableau 2**  
Risques relatifs d'infections présumées à l'issue de la période sèche selon les pratiques mises en œuvre

	% de guérisons			% de nouvelles infections			% de PM :		Inf. préc.
	Total	P. min.	PM	Total	P. min.	PM	Incurables	Récidives des Lac 1	
% de chèvres en lactations longues	1,00	1,00	1,01	1,06*	1,07*	1,046*	0,97*	0,99	0,99
% de primipares (hors lactations longues)	1,01*	1,00	1,01*				0,98*	0,99*	
% de chèvres traitées au tarissement	1,34*	1,47*	1,15*	0,61*	0,65*	0,5338*	0,95	0,99	0,89
% de réformes en cas d'IMP (P. min ou PM)	0,99	0,99	0,99	1,01	1,01	1,0096	1,01	0,99	0,99
Réforme sur critère de santé mammaire	1,04	1,13*	1,00	1,08	1,31	0,8529	1,00	1,34*	1,23
Instauration d'un ordre de traite	0,98	1,02	0,96	1,44*	1,34	1,3245	0,89	0,93	1,04
Maîtrise de la technique de traite	0,89*	0,88*	0,87	0,82	0,68*	0,7044	1,22	1,06	0,88
Limitation des risques d'impact	1,11*	1,22*	0,97	1,47	1,54	1,5376	0,865	1,02	0,70*
Maîtrise de la surtraite	1,24*	1,19*	1,33*	0,71*	0,68*	1,2328	0,98	0,97	1,05
Désinfection des trayons après la traite	0,95	0,90*	1,06	1,44*	1,18	2,0568	0,84	0,81*	0,75*

PS : présumés sains, P. min : pathogènes mineurs ; PM : pathogènes majeurs ; Lac = 1 : primipares ; Inf. préc. : infection précoce ; \*significatif : intervalle de confiance à 95 % excluant 1

étalement des mises bas et à l'allongement de la lactation d'un nombre accru de chèvres (Formenti, 1998). On constate que le pic de mises bas des multipares se situe en avance de saison ou à contre saison chez les éleveurs qui pratiquent l'allongement de la lactation alors qu'il se situe en saison naturelle chez des éleveurs plus « classiques » dans leur conduite d'élevage, le pic des mises bas des primipares restant lui même majoritairement en saison naturelle. L'étalement des mises bas paraît propice au maintien de la pression d'infection dans l'élevage (de Cremoux et al., 2001) ce qui peut être à l'origine de réinfections précoces en début de lactation qui limitent d'autant l'efficacité escomptée des mesures curatives mises en œuvre au moment du tarissement.

## 2.2 INFLUENCE DES MESURES CURATIVES SUR LA FRÉQUENCE ET LA DYNAMIQUE DES INFECTIONS

Parmi les mesures de contrôle, le traitement des chèvres au tarissement est sans conteste un élément clef dans l'assainissement du troupeau en début de lactation : risques relatifs de 1,14 (IC95 : 1,01-1,29) à 1,47 (IC95 : 1,31-1,65) en ce qui concernent les taux de guérisons, et de 0,53 (IC95 : 0,31-0,92) à 0,65 (IC95 : 0,44-0,96) pour les nouvelles infections. Les moyennes brutes font état de taux de guérisons de 68,2% lorsque plus de 50 % des chèvres sont traitées (soit en moyenne dans les exploitations suivies, 97% de chèvres traitées) contre 55,0 % lorsque le traitement est absent ou concerne moins de 30 % de l'effectif : soit 73,4 % contre 62,1 % pour les IMP à P. min. et 55,7 % contre 38,6 % pour les IMP à PM. Les estimations obtenues lors de traitement antibiotique au tarissement sont légèrement inférieures mais restent comparables à celles obtenues par Poutrel et al. (1997) et Fox et al. (1992). Les exploitations où le traitement au tarissement a été généralisé se démarquent également par des taux de nouvelles infections de 15,9 % inférieurs de près de 4 % à ceux obtenus en cas de traitement plus sélectif soit une réduction de 20 % au lieu des 45,4 % observés par Mercier et al. (1998). Ces différences peuvent notamment

être interprétées par le choix des troupeaux, très infectés, dans le cadre de cette étude. Dans ce contexte sanitaire, il est clair qu'un traitement uniquement sélectif était inapproprié ce qui ne préjuge pas de son intérêt lorsque la pression d'infection est moindre. Sur un plus long terme, l'application d'un traitement au tarissement ne s'est traduite que par la diminution significative de la fréquence des IMP à PM (RR : 0,85 ; IC95 : 0,73-0,99) d'où l'importance manifeste de la prévention au delà des nécessaires mesures curatives.

La réforme n'a pas donné les résultats escomptés et son effet s'avère généralement non significatif. Parallèlement, on constate que l'appréciation (subjective) par l'éleveur de sa prise en compte des problèmes de santé mammaire comme critère de réforme est un élément intéressant à considérer. Le raisonnement de la réforme vis à vis des infections mammaires s'avère ainsi présenter un risque relatif de 0,95 (IC95 : 0,91-0,98) vis à vis de la fréquence des IMP à P. min. et, chez les primipares, un risque relatif de 0,59 (IC95 : 0,38-0,93) pour la fréquence des IMP à PM. Face à ce constat, on ne peut que conclure à la nécessité de prendre en compte dans les réformes l'ensemble des critères de santé mammaire (épisodes cliniques, chronicité des infections, séquelles perceptibles à la palpation, ...) et non les seuls CCSi.

## 2.3 INFLUENCE DES MESURES PRÉVENTIVES SUR LA FRÉQUENCE ET LA DYNAMIQUE DES INFECTIONS

Chez les primipares, le risque d'IMP à PM diminue avec l'instauration d'un ordre de traite : RR de 0,66 (IC95 : 0,47-0,95). Des résultats équivalents sont obtenus, dans le reste du cheptel, pour la fréquence des IMP à P. min. : risques relatifs de 0,92 (IC95 : 0,88-0,97) à 0,94 (IC95 : 0,90-0,98). Bien que sans incidence majeure sur les bilans du tarissement, il semble toutefois que cette pratique puisse avoir une influence négative sur la survenue de nouvelles infections (RR supérieur à 1,3). Le principe de la traite des primipares (présumées saines en début de lactation) en premier montre ici ses limites, les chèvres plus âgées mais saines se retrouvant

**Tableau 3**  
Estimations de la fréquence et de la dynamique des infections selon la période et la répartition des mises bas

Moyennes ajustées	% PS	% P. min.	% PM	% de nouvelles		% de PM		Inf. préc.
				guérisons	infections	Incurables	Récidives	
Elevages pratiquant le désaisonnement	8,97	56,77	44,61	40,21	19,77	58,07	82,60	23,67
Elevages pratiquant l'avance de saison	12,12	52,91	39,35	47,30	20,41	35,85	74,43	26,29
Elevages aux mises bas saisonnées	13,55	49,49	47,97	52,57	17,25	34,77	78,86	
Incidence de la période des mises bas (p)	NS	0,0125	NS	0,0026	NS	0,0050	NS	

PS : présumés sains, P. min : pathogènes mineurs ; PM : pathogènes majeurs ; Lac = 1 : primipares ; Inf. préc. : infection précoce

soumises à des pressions d'infections accrues par rapport à une situation où toutes les catégories chèvres seraient conduites ensemble. Le bilan reste toutefois favorable.

La technique de traite (limitation de la pratique du massage, de l'égouttage et de la repasse) a un effet significatif marqué sur les résultats des primipares : augmentation de la fréquence des PS (RR : 1,54 ; IC95 : 1,21-1,96), diminution des proportions d'IMP à P. min. (RR : 0,82 ; IC95 : 0,71-0,95) et PM (RR : 0,60 ; IC95 : 0,44-0,83). Les résultats obtenus en relation avec le bilan du tarissement sont plus contradictoires.

La limitation des entrées d'air s'accompagne d'une amélioration significative de la situation sanitaire générale du troupeau : diminution de la fréquence des IMP à P. min. (RR proche de 0,92) et du pourcentage de primipares présumées infectées en début de lactation (RR : 0,70 ; IC95 : 0,57-0,87), accroissement de la proportion de PS (RR : 1,30 ; IC95 : 1,07-1,58) et de la fréquence des guérisons. Ces observations confirment que, chez les chèvres, comme chez les vaches laitières, les phénomènes d'impact consécutifs aux fluctuations de vide survenant pendant les manipulations ou à l'occasion de glissements de manchons ou de chutes de faisceaux sont néfastes à la santé des mamelles (Billon et al, 2000).

En matière de surtraite, comme dans la bibliographie existante chez la vache laitière, les résultats obtenus dans le cadre de l'étude sont parfois contradictoires (Dodd et al, 1950 ; Peterson 1964). La maîtrise de la surtraite, concourt, semble t'il, à l'amélioration des taux de guérison et à la baisse des pourcentages de nouvelles infections. Elle est en revanche associée à une augmentation significative de la fréquence des IMP à P. min. Une analyse par strate de niveau cellulaire montre en fait qu'elle aurait, dans un contexte de forte prévalence, un effet positif sur la fréquence des PS (plus particulièrement primipares) et négatif sur la fréquence des IMP à P. min. ou le pourcentage de primipares présumées infectées lors du premier contrôle. Comme le suggèrent Billon et al. (2001), la surtraite est vraisemblablement mieux tolérée par les animaux sains et peut par contre entraîner une brusque aggravation de l'état sanitaire des animaux déjà infectés. Il a d'autre part été démontré que la surtraite liée à des fonctionnements incorrects de la machine à traire exacerbe les phénomènes et, en conduisant à une dégradation de l'état des sphincters, expose les animaux à des risques accrus d'infections (Natzke et al, 1978, Mein et al, 1986).

Parmi les mesures préventives susceptibles d'être mises en place, la désinfection des trayons est une des seules permettant de limiter les récurrences (RR : 0,81 ; IC95 : 0,71-0,92) et de prévenir l'infection précoce des primipares (RR : 0,75 ; IC95 : 0,61-0,93). Toutefois, qu'il s'agisse de la prévalence des IMP ou du bilan du tarissement, les risques relatifs observés en cas d'antisepsie des trayons après la traite sont le plus souvent à mettre en sa défaveur. Comme pour la surtraite, cette appréciation globale doit être modulée au regard des risques relatifs obtenus intra strate de niveau cellulaire. Dans un contexte de faible prévalence, la désinfection

des trayons se traduit par une réduction de la fréquence des IMP à P. min. et, chez les primipares, par une augmentation de la proportion des PS. Elle apparaît aussi comme favorable à la prévention des nouvelles infections (RR de 0,65 à 0,84 en fonction du type d'IMP), cette tendance s'inversant dans un milieu plus infecté (RR supérieurs à 3,7). On ne peut parler là cependant que de tendances dans la mesure où les estimations des risques relatifs par strates de niveaux cellulaires ne sont pas toutes significatives. L'intérêt de l'antisepsie des trayons mis en évidence par Baudry et al. (2000) doit par conséquent être raisonné en fonction de la prévalence des infections dans l'élevage et subordonnée à la mise en place préalable de mesures curatives effectives.

## CONCLUSION

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude corroborent les hypothèses émises sur les mesures à mettre en place dans le contexte épidémiologique des infections intramammaires chez les petits ruminants laitiers : importance du traitement au tarissement allié à des mesures d'ordre préventif concernant pour l'essentiel la transmission des bactéries au cours de la traite. Parmi celles-ci, il faut souligner l'impact de la technique de traite et de la limitation des entrées d'air, la désinfection des trayons après la traite étant davantage subordonnée à l'assainissement préalable du cheptel et l'incidence de la surtraite ne se révélant significative que dans des contextes de forte prévalence.

*Ce travail est réalisé et financé dans le cadre du programme FAIR CT 95-0881.*

**Baudry Ch., Mercier P., Mallereau M-P, Lenfant D., 2000,** Rev. Med. Vet., 151, 11, 1035-1040

**Bergonier D., Berthelot X., 1993,** Le Point Vétérinaire, vol 25, n°155

**Billon P., Baritoux B., 2001,** CR n° 20131000., Institut de l'Elevage  
**Billon, P., Baritoux, B., Marnet, P.G., Combaud, J.F., Da Ponte, P. et Piacère, A., 2000,** CR n° 20031002. Institut de l'Elevage.

**de Cremoux R., Poutrel B., Berny F., 1995,** In Third Int. Mastitis Sem., Proceedings II S6 : 90.

**de Cremoux R., Heuchel V., Berny F., 2001,** In Renc. Rech. Ruminants

**Dodd, F.H., Foot, A.S., Henriques, E and Neave, F.K., 1950,** J. Dairy Sci. 17: 107-116.

**Dulin A.M., Paape M.J., Schultze W.D., Weinland B.T., 1983,** J. Dairy Sci., 66 : 2426

**Formenti L., 1998,** Mémoire de fin d'études d'Ingénieur des Techniques Agricoles, ENESAD – Institut de l'Elevage

**Fox L.K., Hancock D.D., Horner S.D., 1992,** Small Rum. Res., 9 : 313

**Mein, G.A., Brown, M.R. and Williams, D.M., 1986,** J. Dairy Sci. 53: 17-22

**Mercier P., Baudry Ch, Lenfant D., Mallereau M-P, 1998,** Rec. Med. Vet., 174 : 7-14

**Natzke, R.P., Oltenacu, P.A. and Schmidt, G.H., 1978,** J. Dairy Sci. 61: 233-238

**Peterson, K.J., 1964,** Am. J. Vet. Res. 25: 1002-1009.

**Poutrel B., de Cremoux R., Ducelliez M., Verneau D., 1997,** J. Anim. Sci., 75 : 566-570