

Vers la mise en place d'une sélection pour la résistance aux mammites chez les caprins laitiers

CLEMENT V. (1), CAILLAT H. (2), PIACERE A. (1), MANFREDI E. (2), ROBERT-GRANIE C. (2), BOUVIER F. (3), RUPP R. (2)

(1) Institut de l'élevage - F-31326 Castanet-Tolosan

(2) INRA UR 631 - Station d'amélioration génétique des animaux - F-31326 Castanet Tolosan

(3) INRA UE332 - Domaine de Bourges-La Sapinière - F-18390 OSMOY

RESUME - Dans cet article nous présentons les travaux préparatoires à la mise en place d'une sélection pour la résistance aux mammites dans l'espèce caprine basée sur les comptages de cellules somatiques (CCS). Les paramètres génétiques des CCS ont été estimés à partir des données de 67882 et 42773 chèvres de race Alpine et Saanen, respectivement, ayant démarré leur première lactation durant les campagnes 1999 à 2003. Le caractère central de l'étude est la moyenne pondérée par lactation des scores de cellules somatiques élémentaires (transformation logarithmique des CCS), ajustés pour le stade de lactation (LSCS). L'héritabilité du LSCS en première lactation était de 0,20 dans la race Alpine et 0,24 dans la race Saanen. Elle augmente avec le rang de lactation, avec des corrélations génétiques fortes entre lactations successives (? 0,78). Les corrélations génétiques des LSCS avec les caractères de production laitière sont généralement faibles (de -0,20 à + 0,12). Le caractère LSCS est génétiquement favorablement associé avec certaines caractéristiques morphologiques de la mamelle et des trayons : notamment la hauteur du plancher (-0,24 et -0,19 dans les races Alpine et Saanen, respectivement) et, dans la race Alpine, la longueur, la largeur et la forme des trayons (0,29, 0,34 et -0,27, respectivement). L'ensemble de ces résultats suggère qu'il sera possible de diminuer la numération cellulaire du lait par la sélection tout en continuant à améliorer la production laitière et l'anatomie de la mamelle. Une indexation en routine du caractère CCS est programmée à moyen terme. La mise en œuvre d'une sélection divergente sur les CCS au domaine INRA expérimental de Bourges accompagne la mise en place de la sélection sur les CCS et doit permettre d'en valider la pertinence et les conséquences à long terme.

Towards implementation of selection for mastitis resistance in dairy goats

CLEMENT V. (1), CAILLAT H. (2), PIACERE A. (1), MANFREDI E. (2), ROBERT-GRANIE C. (2), BOUVIER F. (3), RUPP R. (2)

(1) Institut de l'Elevage - F-31326 Castanet-Tolosan

SUMMARY - This paper presents the preliminary work of the implementation of a selection program for mastitis resistance in dairy goats based on somatic cell counts (CCS). Genetic parameters were estimated using 67882 and 42773 Alpine and Saanen goats, respectively, with a first lactation during the years 1999 to 2003. The studied trait was the weighted mean of somatic cell scores (log transformed SCC) adjusted for lactation stage (LSCS). Heritability of LSCS was 0.20 and 0.24 in the Alpine and Saanen breeds, respectively. Heritability of LSCS increased with lactation number, with high genetic correlations between successive lactations (? 0.78). Genetic correlations between LSCS and production traits were generally low (from -0.20 to 0.12). The LSCS trait was genetically favourably correlated with the following udder type and teat traits : udder floor position (-0.24 and -0.19 in the Alpine and Saanen breeds, respectively), and, in the Saanen breed, with teat length, teat width and teat form (0.29, 0.34 and -0.27, respectively). These results suggest that a reduction in SCC can be achieved by selection while still improving milk production and udder type and teat traits. Genetic evaluation of the SCC trait in the French dairy goat breeds is in progress. At the same time, we are developing an SCC-based divergent selection experiment in the Alpine breed at the experimental INRA unit of Bourges to validate the relevance and consequences of such a selection on the long term.

INTRODUCTION

Les comptages de cellules somatiques (CCS) individuels du lait de chèvre sont enregistrés depuis de nombreuses années dans le cadre du contrôle laitier national. L'information est utilisée à des fins de gestion sanitaire des troupeaux et permet d'établir des pénalités sur le prix du lait, selon les recommandations de l'interprofession laitière caprine. Dans les espèces bovines et ovines, le CCS est d'ores et déjà utilisé comme critère de sélection pour l'amélioration de la résistance aux mammites (Rupp *et al.*, 2002, Rupp et Boichard, 2003), en raison de la disponibilité des mesures individuelles à grande échelle, de son héritabilité (environ 0,15) et de sa capacité à traduire la présence d'infections intramammaires. Il n'existe néanmoins pas de programme équivalent chez la chèvre dans le monde, et la disponibilité d'un tel outil dans les races caprines françaises constituera un avantage dans la lutte contre les mammites. D'un point de vue opérationnel, la transposition à l'espèce caprine requiert l'estimation des paramètres génétiques des CCS dans cette espèce. Par ailleurs, les CCS des caprins présentent des valeurs notablement plus élevées (1 million c / ml en moyenne) que chez les bovins et les ovins (300 à 500 000 c / ml). Dans l'espèce caprine, les facteurs de variations non infectieux des CCS sont nombreux et importants, sans compter l'impact potentiel des infections par le virus responsable de l'arthrite encéphalite caprine. Ainsi, la signification biologique des CCS et les conséquences d'une sélection basée sur les CCS sur la prévalence des infections intra mammaires, mérite d'être clarifiée.

L'objectif général de notre projet est d'évaluer la faisabilité et les modalités de la mise en place d'une sélection pour la résistance aux mammites dans l'espèce caprine. Dans cet article nous présentons la première étape du projet qui a consisté à estimer les paramètres génétiques des CCS. Nous évoquons, dans un deuxième temps, une expérience de sélection divergente dans l'UE332 de Bourges-La Sapinière (domaine de Galle). Celle-ci, basée sur une indexation expérimentale des CCS doit permettre de valider et préciser les conséquences d'une sélection basée sur les CCS.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 ANIMAUX

Les paramètres génétiques des CCS ont été estimés à partir des données de 67 882 et 42 773 chèvres de race Alpine et Saanen, respectivement, ayant démarré leur première lactation durant les campagnes 1999 à 2003. Ces chèvres étaient, par ailleurs, issues de troupeaux connectés. Un troupeau était dit connecté lorsque au moins une chèvre de ce dernier était issu d'un bouc ayant au moins vingt filles réparties dans au moins cinq élevages différents pour une campagne donnée.

Pour 27 348 chèvres Saanen, les estimations de paramètres génétiques pour les CCS ont été étendues aux trois premières lactations. L'ensemble des chèvres primipares disposait de données de production et 40 % environ de données pour onze caractères de morphologie de la mamelle (24 388 et 18 741 données dans les races Alpine et Saanen, respectivement).

1.2. CARACTERES

Les analyses ont été réalisées après transformation logarithmique des CCS en score de cellules somatiques (SCS) ce qui permet de normaliser la distribution des données. Les SCS prennent des valeurs continues entre 0 et

9 généralement. La valeur 3 correspond à un CCS de 100 000 c / ml et une augmentation de 1 du SCS correspond à un doublement de la moyenne géométrique des CCS.

Le caractère étudié est la moyenne pondérée par lactation des CCS élémentaires, ajustés pour le stade de lactation (LSCS). Les procédures d'ajustement et de pondération sont décrites ci-dessous :

Les ajustements pour le stade de lactation ont été estimés par une fonction quadratique du temps (en jours) dont les paramètres sont calculés sur les lactations saines. Les lactations saines ont été définies d'après les règles établies par De Crémoux et Poutrel (2000) : lactations dont tous les CCS (0 – 235 j), sauf 1, sont inférieurs à 750 000c / ml.

Les pondérations sont égales à r / s , où

r = corrélation entre une mesure SCS ajustée par le stade de lactation et la moyenne des autres SCS de la lactation et,

s = écart type de la mesure SCS ajustée par le stade de lactation. De la sorte, les SCS les plus corrélés à la moyenne sont ceux collectés entre trois et six mois de lactation.

L'ensemble de ces facteurs correctifs vise à corriger la variabilité dans le nombre et la répartition (dans le temps) des CCS élémentaires utilisés pour calculer le LSCS, notamment pour les lactations en cours.

Les caractères de production considérés dans cette étude sont les variables annuelles de l'indexation, disponibles dans la base de données nationale : quantité de lait (LAIT), taux protéique (TP) et butyreux (TB), ainsi que les quantités de matière protéique (MP) et de matière grasse (MG).

Les onze caractères de morphologie de la mamelle permettent de caractériser la forme générale de la mamelle et des trayons. Ils sont mesurés par les techniciens de Capgènes, en première ou deuxième lactation, sur une échelle allant de 1 à 9 tel que décrit par ailleurs (Manfredi *et al.*, 2001).

1.3. METHODES ET MODELES

Les estimations de paramètres génétiques ont été obtenues par la méthode REML appliqué au modèle « animal » à l'aide du logiciel VCE (Neumaier et Groeneveld, 1998). Le fichier de généalogie contenait respectivement 162 121 et 121 411 animaux dans les races Alpine et Saanen.

Les modèles pour le LSCS et les cinq caractères de production incluaient les effets fixes intra-année du troupeau ($n = 1814$), âge ($n = 25$) et mois de mise bas ($n = 28$) et l'effet aléatoire de l'animal.

Pour les onze caractères de morphologie mammaire le modèle incluait les effets fixes intra-numéro de lactation et campagne du troupeau ($n = 1646$), de l'âge à la mesure ($n = 73$) et du stade de lactation ($n = 84$) et l'effet aléatoire de l'animal.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. STATISTIQUES DESCRIPTIVES

Les LSCS variaient de 5,1 en première lactation à 6,2 en troisième lactation (tableau 1), soient des moyennes géométriques d'environ 430 000 à 920 000 c / ml, respectivement. Ces valeurs sont supérieures aux valeurs généralement reportées chez les ovins et bovins laitiers : soit 3,13 chez les primipares de race ovine Lacaune (Rupp *et al.*, 2003) et 2,85 et 3,03 chez les primipares de race Holstein et Normande, respectivement (campagne 2007).

Dans la race Alpine (Saanen), la proportion de lactations saines variait de 55 % (52 %) en première lactation, 44 % (43 %) en deuxième lactation, à 39 % (35 %) en troisième lactation.

Tableau 1 : statistiques élémentaires du LSCS dans les fichiers d'étude.

Rang de lactation	Alpine		Saanen	
	N	LSCS (std)	N	LSCS (std)
1	67882	5,1 (1,4)	49709	5,3 (1,2)
2	34964	5,6 (1,2)	25662	5,7 (1,2)
3	15018	6,0 (1,1)	10732	6,2 (1,1)

2.1. PARAMETRES GENETIQUES

L'héritabilité du LSCS en première lactation était de 0,20 dans la race Alpine et 0,24 dans la race Saanen, indiquant que près d'un quart de la variabilité du caractère est sous contrôle génétique. L'héritabilité est modérée par rapport aux caractères laitiers, variant de 0,30 à 0,60 (Bélichon *et al.*, 1999), mais plus élevée que les estimations ovines (Rupp *et al.*, 2003) et bovines (Rupp et Boichard, 2003) du caractère LSCS qui atteignent environ 15 %.

L'héritabilité du caractère augmente avec l'âge (tableau 2), avec des corrélations génétiques fortes entre lactations successives ($\geq 0,78$), suggérant que les CCS sont l'expression d'un même caractère dans les trois premières lactations d'un animal.

Tableau 2 : paramètres génétiques (héritabilités sur la diagonale en gras, corrélations génétiques au-dessus de la diagonale) du caractère LSCS dans les trois premières lactations de la race Saanen.

	N	L1	L2	L3
L1	27348	0,21	0,78	0,61
L2	18568		0,23	0,97
L3	10717			0,29

Les corrélations génétiques des LSCS avec les caractères de production laitière sont faibles (tableau 3). La corrélation avec la quantité de lait est nulle (Saanen) ou positive (Alpine), indiquant que la sélection pour la productivité n'a probablement pas (ou peu, en race Alpine) eu d'effet sur les CCS. Les corrélations génétiques sont toutefois légèrement défavorables entre le LSCS et le TB (-0,20 et -0,18) signifiant que plus il y a de cellules, plus le TB est faible (tableau 3).

Tableau 3 : héritabilités des caractères de production et corrélations génétiques avec le LSCS

Caractère	h ²		rg (LSCS-production)*	
	Alpine	Saanen	Alpine	Saanen
LAIT	0,34	0,30	0,12	0,00
MG	0,35	0,32	-0,02	-0,13
MP	0,34	0,31	0,06	-0,04
TP	0,60	0,67	-0,13	-0,06
TB	0,61	0,62	-0,20	-0,18

* erreur standard variant de 0,019 à 0,021.

Globalement, les corrélations génétiques entre LSCS et caractères de morphologie de la mamelle et des trayons (tableau 4) étaient modérées.

Elles étaient négatives, et donc favorables, pour la position plancher-jarret dans les deux races (-0,24 en race Alpine et -0,19 race Saanen) indiquant que les mamelles les plus hautes sont celles dont les CCS sont les plus faibles. Les mamelles les plus hautes sont, par ailleurs, associées à une plus forte production laitière (Clément *et al.*, 2006) (-0,43 et -0,55). Cette situation est particulièrement favorable puisque la hauteur du plancher est incluse dans l'index

morphologique caprin (Clément *et al.*, 2006) qui combine quatre postes parmi les onze pointés pour une sélection combinée optimale de l'ensemble des caractères morphologiques de la mamelle et des trayons.

Les corrélations génétiques entre LSCS et caractères de morphologie sont maximales pour la longueur, le diamètre et la forme du trayon dans la race Alpine (tableau 4), indiquant que, dans cette race, les trayons les plus courts et les moins larges sont associés avec des LSCS plus faibles et, potentiellement à une résistance plus grande aux mammites ou des inflammations de la glande mammaire moins importantes. Ceci reflète que, dans la race Alpine, les trayons de forme conique sont associés à des numérations cellulaires plus élevées (tableau 4) que les trayons de forme cylindrique (rg = -0,27). Dans la race Saanen, toutefois, ces corrélations génétiques sont plus modérées. Les estimations de corrélation entre CCS et anatomie des trayons sont très variables dans la littérature (Rupp et Boichard, 2003) rendant les comparaisons entre espèces laitières difficiles.

3. PERSPECTIVES

La disponibilité des CCS individuels à grande échelle et les résultats d'estimation de paramètres génétiques sont favorables à la mise en place d'un programme national de sélection pour l'amélioration de la résistance aux mammites basée sur les CCS dans l'espèce caprine. Actuellement, plusieurs millions de CCS élémentaires sont disponibles dans la base de données génétique nationale au centre de traitement de l'information génétique (CTIG) de Jouy-en-Josas.

D'un point de vue opérationnel, le modèle d'indexation (la moyenne par lactation est considérée comme un même caractère répété entre lactations) de la valeur moyenne par lactation) est en cours de validation : et l'indexation en routine devrait être disponible à moyen terme, dans le cadre du nouveau système d'information caprin (SIECL).

Pour accompagner la mise en place d'une telle sélection, nous souhaitons répondre aux interrogations concernant la signification du critère CCS vis-à-vis des infections intra mammaires chez les caprins. C'est dans ce contexte que nous avons débuté une expérience de sélection divergente dans la race Alpine à l'UE332 de Bourges-La Sapinière (domaine de Galle). Celle-ci est basée sur une indexation expérimentale des CCS utilisant l'ensemble des données nationales disponibles depuis 1999 et les paramètres génétiques décrits ci-dessus. Cette étape a permis d'estimer les valeurs génétiques des boucs de race Alpine et de retenir ceux dont les index CCS sont extrêmes, pour ensuite être accouplés aux chèvres Alpine disponibles à l'UE. Notre objectif est de produire, en plusieurs campagnes, deux lignées d'environ quatre-vingts chèvres à numérations cellulaires respectivement élevées et faibles. Le suivi détaillé de ces lignées de chèvre (CCS, analyses bactériologiques, examens cliniques, ...) devrait permettre : 1) de clarifier la signification biologique des CCS vis-à-vis des infections intramammaires, 2) d'évaluer les conséquences à long terme d'une sélection basée sur les CCS et, 3) d'évaluer l'impact de la sélection basée sur les CCS sur d'autres caractères d'intérêt tels que l'aptitude à la traite, l'aptitude des laits à la transformation et la résistance au parasitisme gastro-intestinal.

CONCLUSION

La numération cellulaire du lait est un caractère héritable dans l'espèce caprine ($h^2 = 0,20$ et $0,24$ dans les races Alpine et Saanen, respectivement). La corrélation génétique de ce caractère avec la production laitière est faible et elle est favorable avec certaines caractéristiques morphologiques de la mamelle et des trayons (dont la distance plancher jarret). Ces résultats suggèrent qu'il sera aisé de diminuer le LSCS par la sélection tout en continuant à améliorer la production laitière et l'anatomie de la mamelle. Une indexation en routine du caractère CCS est programmée à moyen terme. La mise en œuvre d'une sélection divergente sur les CCS au domaine INRA expérimental de Bourges accompagne la mise en place de la sélection sur les CCS et doit permettre d'en valider la pertinence et les conséquences à long terme.

Bélichon S., Manfredi E., Piacere A., 1999. *Genet. Sel. Evol.*, 31, 529-534

Clément V., Martin P., Barillet F., 2006. *Renc. Rech. Rum.*, 6-7 décembre 2006, 13, 209-212

De Crémoux R., Poutrel B., 2001. *7th International Conference on goats*, Tours, 15-21 mai 2000, 757-760

Manfredi E., Piacere A., Lahaye P., Ducrocq V., 2001. *Livest. Prod. Sci.*, 70, 183-189

Rupp R., Boichard D., Barbat A., Astruc J.M., Lagriffoul G., Barillet F., 2002. *7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, N° 09-28

Rupp R., Lagriffoul G., Astruc J.M., Barillet F., 2003. *J. Dairy Sci.*, 86,1476-1481

Rupp et Boichard, 2003. *Vet. Res.*, 34

Tableau 4 : moyennes, héritabilité et corrélations génétiques (r_g) du caractère LSCS avec les caractères de morphologie mammaire.

Caractère ¹	μ (std)		h^2		rg (LSCS-morphologie)	
	Alpine	Saanen	Alpine	Saanen	Alpine	Saanen
Avant pis	3,33 (1,1)	3,49 (1,20)	0,30	0,25	-0,16	-0,01
Forme Arrière Pis*	5,57 (1,2)	5,19 (1,16)	0,29	0,24	-0,16	-0,08
Position Plancher*	6,34 (1,1)	6,17 (1,14)	0,34	0,37	-0,24	-0,19
Profil Mamelle*	5,81 (1,3)	6,21 (1,28)	0,40	0,28	0,11	-0,11
Qualité attache arrière*	4,96 (1,4)	5,35 (1,49)	0,23	0,29	-0,10	-0,10
Longueur des trayons	5,52 (1,5)	6,20 (1,73)	0,50	0,46	0,29	0,15
Diamètre de trayons	2,96 (0,9)	3,16 (1,07)	0,41	0,45	0,34	0,11
Forme du trayon	4,90 (1,3)	4,92 (1,40)	0,27	0,26	-0,27	-0,07
Implantation du trayon	3,61 (0,9)	4,13 (0,92)	0,38	0,30	0,15	-0,00
Inclinaison du trayon	5,02 (0,9)	5,10 (0,80)	0,22	0,20	0,04	-0,08
Orientation du trayon	3,67 (0,9)	4,07 (0,84)	0,35	0,32	0,13	0,06

¹ Les caractères de morphologie inclus dans l'indice morphologique caprin sont signalés d'un astérisque