

Génotype caséine α_{s1} et sélection des boucs sur descendance dans les races Alpine et Saanen

E Manfredi¹, G Ricordeau¹, ME Barbieri¹,
Y Amigues², B Bibé¹

¹Institut national de la recherche agronomique, station d'amélioration génétique des animaux, BP 27, 31926 Castanet-Tolosan cedex;

²Institut national de la recherche agronomique, domaine de Vilvert, Gie Labogena, 78352 Jouy-en-Josas cedex, France

(Reçu le 15 septembre 1994; accepté le 14 avril 1995)

Résumé – Cette étude, qui concerne 184 boucs de race Alpine et 96 de race Saanen nés de 1987 à 1990, indique que le pourcentage d'améliorateurs dépend du génotype caséine α_{s1} . Dans ces races, le locus α_{s1} comporte 3 allèles forts regroupés sous l'appellation (A), 2 allèles faibles (E et F) et un allèle nul (O). Chez les Alpines, avec la sélection actuelle, on observe 49% d'améliorateurs chez les AA, 30% chez les AE, 28% chez les AF et aucun chez les AO et les non-porteurs d'allèles forts. Chez les Saanen, on observe 44% d'améliorateurs chez les hétérozygotes AE et AF, 36% chez les EE et 18% chez les EF et FF. Ces résultats démontrent l'intérêt du typage précoce des jeunes boucs pour éviter de mettre en testage des non-porteurs d'allèles forts.

caprin / polymorphisme génétique / caséine α_{s1} / production de lait

Summary – Genotype at the α_{s1} -casein locus and selection of bucks on progeny test in the Alpine and Saanen breeds. A retrospective study on 184 Alpine and 96 Saanen bucks born between 1987 and 1990 indicates that the fractions of bucks selected after progeny testing depended on the α_{s1} -casein genotype. In these breeds, the α_{s1} -casein locus exhibits 3 strong alleles (pooled under the A designation), 2 weak alleles (E and F), and one null allele (O). In the Alpine breed, current selection criteria resulted in 49% of AA bucks retained after progeny testing. Corresponding figures for the genotypes AE, AF, AO and bucks not carrying the strong allele A are 30%, 28%, 0% and 0%, respectively. In the Saanen breed, percentages of bucks retained after progeny testing were 44%, 36% and 18% for the genotypes AE plus AF, EE, and EF plus FF, respectively. These results highlight the value of typing young bucks in order to avoid progeny testing of males not carrying strong alleles at the α_{s1} -casein locus.

goat / genetic polymorphism / α_{s1} -casein / milk production

INTRODUCTION

Le polymorphisme de la caséine α_{s1} a été mis en évidence depuis 1984 (Boulangier *et al*, 1984; Grosclaude *et al*, 1987; Mahé et Grosclaude, 1989; Leroux *et al*, 1992). Pour estimer les effets des principaux allèles, nous avons utilisé 2 approches complémentaires (Mahé *et al*, 1994; Barbieri *et al*, 1995) qui ont démontré l'influence favorable des allèles « forts » en caséine α_{s1} sur la quantité de matière protéique (MP) et surtout le taux de protéines (TP) qui sont les 2 critères de sélection. Cet article a pour but de décrire les relations entre le génotype caséine α_{s1} et la sélection des boucs sur descendance et de discuter l'utilisation possible de ces allèles dans la sélection caprine.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La sélection des boucs d'insémination artificielle (IA) suit la stratégie classique dans les races laitières, c'est-à-dire une première phase de sélection sur ascendance (choix de pères à boucs, des mères à boucs et accouplements programmés) et une deuxième phase de sélection sur descendance ou testage, avec 200 IA par bouc permettant de récupérer un minimum de 50 filles en lactation. Après testage, les boucs améliorateurs sont sélectionnés intra-série sur les critères index MP et index TP, par seuil indépendants. L'UPRA caprine envisage d'utiliser un index combiné MP et TP, d'après les recommandations de Larzul (1993).

L'indexation des caprins a été réalisée jusqu'à 1992 avec la méthode dite « IF2 ». À partir de 1993, celle-ci a été remplacée par une évaluation génétique BLUP-modèle animal (*best linear unbiased prediction*) qui fournit, pour chaque race, des index comparables dans l'espace et dans le temps (Boichard *et al*, 1992). Dans les 2 races, les index sont exprimés en base mobile, ce qui permet l'utilisation des seuils de sélection constants au cours des années. Dans tous les cas, les typages caséine α_{s1} ne sont pas pris en compte dans l'indexation et le choix des reproducteurs.

Cette étude porte sur 280 boucs représentant des séries complètes de testage, dont 184 de race Alpine (4 séries nées de 1987 à 90) et 96 de race Saanen (3 séries nées de 1988 à 90). Les boucs sont issus de 49 pères Alpains et 29 pères Saanen.

Les génotypes caséine α_{s1} ont été déterminés par la technique RFLP (*restricted fragment length polymorphism*) (Leroux, 1992). Dans ces 2 races, les allèles le plus fréquents sont *A*, *E* et *F*, les allèles *B* et *C* ayant une fréquence égale ou inférieure à 2%. Aussi, dans la suite de cette étude, nous n'avons pas fait de distinction entre les 3 allèles forts *A*, *B* et *C*, désignés par *A*. En revanche, nous avons considéré séparément les génotypes porteurs de l'allèle nul qui sont présents uniquement en race Alpine. La répartition des boucs est donnée dans le tableau I. En race Alpine les génotypes *AA*, *AE* et *AF* sont mieux représentés (29 à 54 boucs) que les génotypes *EE*, *EF* et *FF* (6 à 21 boucs). En race Saanen, les génotypes *AE*, *EE* et *EF* sont assez bien représentés (20 à 36 boucs) du fait de la fréquence élevée de l'allèle *E* (0,62), alors que les boucs *AF* et *FF* sont peu nombreux (6 à 7 boucs) et qu'il n'y a aucun bouc *AA*.

Tableau I. Répartition des boucs de testage par année de naissance et génotype caséine α_{s1} .

<i>a) Alpine</i>					
<i>Caséine α_{s1}</i>	<i>Année de naissance</i>				<i>Total</i>
	<i>1987</i>	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	
	<i>AA</i>	9	8	11	
<i>AE</i>	12	17	9	16	54
<i>AF</i>	8	8	6	7	29
<i>AO</i>	5		1		6
<i>EE</i>	7	6	2	6	21
<i>EF</i>	7	7	3	4	21
<i>EO</i>	3	1	1		5
<i>FF</i>	1	2	2	1	6
<i>FO</i>			1		1
Total	52	49	36	47	184
<i>b) Saanen</i>					
<i>AE</i>		3	10	7	20
<i>AF</i>		3	3	1	7
<i>EE</i>		15	13	8	36
<i>EF</i>		9	9	9	27
<i>FF</i>		2	1	3	6
Total		32	36	28	96

Alpine : allèles *A*, *B* et *C* regroupés en *A*; Saanen : allèles *A* et *B* regroupés en *A*.

RÉSULTATS

Pourcentage de boucs améliorateurs parmi les boucs de testage

Le tableau II indique les effets de plusieurs modalités de sélection sur la composition génotypique des boucs retenus : la modalité 1 correspond à la sélection par seuils indépendants mise en place en 1993, date de changement de la méthode d'indexation; les modalités 2 et 3 correspondent à des index combinés proposés par Larzul (1993) et étudiés par l'UPRA Caprine. Ces 3 modalités n'ayant pas été utilisées en pratique pour toutes les séries considérées, les pourcentages de boucs améliorateurs ont été calculés *a posteriori* d'après les résultats des index modèle animal-BLUP. La dernière colonne (modalité 4), contient les résultats de la sélection effectivement réalisée en utilisant la méthode IF2 pour les séries nées de 1987 à 89 et les index modèle animal pour la série née en 1990.

Avec la modalité 1, en race Alpine tous les améliorateurs sont porteurs d'allèles forts et aucun parmi les 54 non porteurs. En ce qui concerne les porteurs, on compte 49% d'améliorateurs chez les homozygotes *A*, 30% chez les *AE*, 28% chez les *AF*, et aucun chez les *AO*. En race Saanen, on obtient 2,4 fois plus d'améliorateurs parmi les hétérozygotes *AE* et *AF* que parmi les *EF* et *FF* (44 vs 18%). La modalité 2

Tableau II. Effectif et pourcentage de boucs améliorateurs selon le génotype de la caséine α_{s1} .1) *Alpine : 4 séries complètes de testage*

Génotype	n	Modalité			
		1	2	3	4
		IMP et ITP*	IMP + 0,9 ITP	IMP + 0,45 ITP	Réalisé
AA	41	20 (48,8)	22 (53,7)	20 (48,8)	17 (41,5)
AE	54	16 (29,6)	15 (27,8)	12 (22,2)	13 (24,1)
AF	29	8 (27,6)	6 (20,7)	4 (13,8)	9 (31,0)
AO	6	0	0	0	1 (16,7)
EE	21	0	0	0	1
EF	21	0	1	1	1
EO	5	0	0	0	0
FF	6	0	0	0	0
FO	1	0	0	0	0
			(1,9)	(1,9)	(3,7)
Total	184	44 (23,9%)	44 (23,9%)	37 (20,1%)	42 (22,8%)

2) *Saanen : 3 séries complètes de testage*

AE	20	10	8	9	8
AF	7	2	1	2	3
		(44,4)	(33,3)	(40,7)	(40,7)
EE	36	13 (36,1)	7 (19,4)	12 (33,3)	12 (33,3)
EF	27	5	4	4	7
FF	6	1	0	1	1
		(18,2)	(12,1)	(15,2)	(24,2)
Total	96	31 (32,3%)	20 (20,8%)	28 (29,2%)	31 (32,3%)

3) *Répartition des causes d'élimination (%)*

Modalité	Alpine	Modalité 1	Saanen
IMP < 3,0	66	IMP < 3,5	55
ITP < 0,5		ITP < 0	11
IMP < 3,0 et ITP < 0,5	27	IMP < 3,5 et ITP < 0	34

Modalité actuelle : Alpine = IMP \geq 3,0 et ITP \geq 0,5; Saanen = IMP \geq 3,5 et ITP \geq 0.

est peu différente de la 1 en race Alpine, comme la modalité 3 est peu différente de la 1 en race Saanen. On vérifie que ce qui a été réalisé (modalité 4) n'est pas très différent des estimations *a posteriori* (modalités 1, 2 et 3).

La répartition des boucs éliminés en fonction des 2 index (I MP et I TP) est donnée dans le tableau II.3 : l'index MP est bien le principal critère de sélection pour les 2 races, puisqu'il élimine 93% des boucs en race Alpine et 89% en race Saanen.

Moyenne des index par génotype

En race Alpine, les boucs *AA*, *AE* et *AF* ont des index plus élevés pour les variables MP et MG (matière grasse), TP et TB (taux butyreux) (fig 1). Les 6 boucs *AO* ont, par rapport aux boucs *AF* contemporains, des index TP toujours plus faibles, de même que les 6 boucs *EO* et *FO* par rapport aux boucs *EF* et *FF*, ce qui n'est pas surprenant si l'on sait que l'allèle nul se caractérise par une délétion encore plus importante que celle de l'allèle *F* (Leroux, communication personnelle). En race Saanen, les boucs *AE* ont, en moyenne, des index supérieurs aux autres génotypes.

DISCUSSION

L'analyse des index ne permet pas de préciser la part des effets polygéniques et des effets au locus caséine α_{s1} sur le TP et la MP. Cependant, les résultats du tableau II et de la figure 1 sont cohérents avec les résultats des protocoles permettant de dissocier ces effets (Mahé *et al*, 1994; Barbieri *et al*, 1995). Ils soulignent l'intérêt de maîtriser l'évolution des génotypes caséine α_{s1} des boucs destinés à l'IA. Théoriquement, on pourrait envisager des changements importants du schéma de sélection pour optimiser la vitesse de fixation des allèles forts avec le schéma actuel, en utilisant, par exemple, une sélection différentielle en fonction du génotype caséine α_{s1} (Larzul, 1993), ou en optimisant la sélection multicaractère en accouplant des boucs « hyperlaitiers » (non retenus comme améliorateurs avec les critères actuels) avec des chèvres homozygotes allèles forts. En fait, une première utilisation en sélection des allèles de caséine α_{s1} peut être mise en place rapidement, sans modifier fondamentalement le schéma de sélection. En race Alpine, l'influence apparente du locus caséine sur les index est importante, de sorte que la sélection directe sur les index tend à fixer l'allèle *A*. Dans cette race, il faut améliorer le choix des jeunes boucs à tester en remplaçant les candidats non porteurs, par exemple en faisant des choix intra-famille et en programmant les accouplements entre « pères et mères à boucs » afin d'éviter la procréation de boucs *EE*, *EF* et surtout *FF*. En race Saanen, l'influence apparente du génotype sur les index est moins marquée, ce qui peut être le résultat de la faible fréquence des allèles forts à la fois chez les boucs de testage et leurs conjointes. Contrairement à ce qui se passe en race Alpine, on constate que la sélection directe sur les index favorise peu l'allèle *A*, alors qu'elle augmente la fréquence de l'allèle *E*, déjà majoritaire, aux dépens de l'allèle *F* (Ricordeau *et al*, soumis pour publication). Dans cette race, la gestion des accouplements programmés est donc essentielle pour produire des jeunes boucs porteurs d'allèles forts. Vu le manque d'améliérateurs homozygotes, la solution consisterait à rechercher les mères à boucs porteuses d'allèles forts, afin de les accoupler aux boucs ayant les meilleurs index MP. Toutefois cette solution ne pourra être que progressive, puisque la fréquence des allèles forts chez les « mères à boucs » de race Saanen est nettement inférieure à celle observée en race Alpine (0,22 vs 0,46 : Grosclaude *et al*, 1994).

La supériorité des allèles forts sur les index TP est à rapprocher des avantages de l'allèle *A* sur les caractéristiques physico-chimiques et sur le rendement fromager des laits de chèvres Alpines (Remeuf, 1993; Vassal *et al*, 1994), de sorte que, si l'on voulait tenir compte de la supériorité réelle des laits *AA* en termes de

valeur fromagère (notamment du fait de leur pourcentage plus élevé de protéines coagulables), il faudrait augmenter leur TP de 0,5 à 0,8 g/kg vis-à-vis des laits *EE* et *FF*, par analogie avec la « surprime » proposée pour les vaches laitières homozygotes *B* en caséine κ .

CONCLUSION

Le polymorphisme de la caséine α_{s1} permet d'améliorer l'efficacité du schéma de sélection actuel (par seuils indépendants) ou envisagé (par index combiné), puisque, après le choix sur ascendance et avant le contrôle individuel et le testage proprement dit, on peut introduire le typage des jeunes mâles en caséine α_{s1} , sans oublier le typage des mères à boucs et les accouplements dirigés. L'intérêt essentiel de ce typage précoce est de permettre une augmentation du progrès génétique possible, à condition de maintenir le nombre de jeunes boucs réellement mis en testage.

REMERCIEMENTS

Nous remercions P Martin et C Leroux (INRA, laboratoire de génétique biochimique et de cytogénétique, Jouy-en-Josas) pour leur contribution à la mise au point des méthodes de typage, (A Piacere (Caprigène France) qui a participé à la constitution du fichier caséine α_{s1} des boucs d'IA, P Boué (Capri IA) et B Leboeuf (INRA-SEIA, Rouillé) qui ont organisé les prélèvements de sang sur les boucs d'IA.

Ce travail a bénéficié en 1991 et 1992 de crédits d'étude du ministère de l'Agriculture (Bureau de la sélection, Commission nationale d'amélioration génétique ovine et caprine) et de l'ONILAIT, pour le typage des boucs en caséine α_{s1} . Il n'aurait pu être réalisé sans ce financement exceptionnel.

RÉFÉRENCES

- Barbieri ME, Manfredi E, Elsen JM, Ricordeau G, Bouillon J, Grosclaude F, Mahé MF, Bibé B (1995) Influence du locus de la caséine α_{s1} sur les performances laitières et les paramètres génétiques des chèvres de race Alpine. *Génét Sél Evol* 27, 437-450
- Boichard D, Manfredi E, Bonaiti B (1992) Une nouvelle méthode d'évaluation génétique des caprins laitiers. In : *Colloque « Amélioration génétique de l'espèce caprine », Niort, 29 avril 1992* (Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres, ed), F1-F10
- Boulangier A, Grosclaude F, Mahé MF (1984) Polymorphisme des caséines α_{s1} et α_{s2} de la chèvre (*Capra hircus*). *Génét Sél Evol* 16, 157-176
- Grosclaude F, Mahé MF, Brignon G, Di Stasio L, Jeunet R (1987) A Mendelian polymorphism underlying quantitative variations of goat α_{s1} -casein. *Génét Sél Evol* 19, 399-412
- Grosclaude F, Ricordeau G, Martin P, Remeuf F, Vassal L, Bouillon J (1994) Du gène au fromage : le polymorphisme de la caséine α_{s1} caprine, ses effets, son évolution. *INRA Prod Anim* 7, 3-19
- Larzul C (1993) Propositions pour l'amélioration de la sélection caprine. Définition des nouvelles de grilles de qualification, propositions d'index combinés, prise en compte du génotype de la caséine α_{s1} . Rapport DAA/INA Paris-Grignon
- Leroux C (1992) Analyse du polymorphisme du gène caprin codant la caséine α_{s1} et des produits de sa transcription. Application au développement d'une procédure de typage précoce des animaux. Thèse de doctorat, université Paris-Sud

- Mahé MF, Grosclaude F (1989) α_{s1} -CnD, another allele associated with a decreased synthesis rate at the caprine α_{s1} -casein locus. *Genet Sel Evol* 21, 127-129
- Mahé MF, Manfredi E, Ricordeau G, Piacere A, Grosclaude F (1994) Effets du polymorphisme de la caséine α_{s1} sur les performances laitières : analyse intra-descendance de boucs de race Alpine. *Genet Sel Evol* 26, 151-157
- Remeuf F (1993) Influence du polymorphisme génétique de la caséine α_{s1} caprine sur les caractéristiques physico-chimiques et technologiques du lait. *Lait* 73, 594-557
- Vassal L, Delacroix-Buchet A, Bouillon J (1994) Influence des génotypes AA, EE et EF de la caséine α_{s1} caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles de fromages traditionnels : premières observations. *Lait* 74, 89-103