

Utilisation de l'index combiné caprin et du polymorphisme de la caséine alpha s1 dans le schéma de sélection caprin

A. PIACERE (1), N. BOULOC-DUVAL (2), JP. SIGWALD (2), C. LARZUL (3), E. MANFREDI (4)

(1) CAPRIGENE FRANCE, Agropole, route de Chauvigny, 86550 Mignaloux-Beauvoir

(2) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cédex 12

(3) INRA-SGQA, domaine de Vilvert, 78350 Jouy-en-Josas Cédex

(4) INRA-SAGA, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan

RÉSUMÉ – Les évolutions récentes dans les schémas de sélection Saanen et Alpin améliorent le niveau génétique des reproducteurs destinés à l'insémination. Le choix des mères à boucs est optimisé par l'introduction d'un index combinant les deux critères de sélection élémentaires que sont les index quantité de matière protéique et taux protéique. Cette optimisation aboutit à renforcer le poids du caractère quantitatif. Cependant cette orientation est contrebalancée par la prise en compte des génotypes Cas- α S1 des reproducteurs dans les accouplements raisonnés. Le plan d'accouplement est déterminé en fonction du génotype des mâles et des femelles, avec des objectifs qui diffèrent selon la race. En outre, si un choix peut être exercé entre deux pleins frères, la préférence est accordée au bouc porteur du génotype le plus intéressant. L'évolution des fréquences des allèles est ainsi partiellement orientée et non plus le résultat indirect de la sélection quantitative.

Use of global index and α S1 casein polymorphism in goat selection scheme

A. PIACERE (1), N. BOULOC-DUVAL, JP. SIGWALD, C. LARZUL, E. MANFREDI

(1) CAPRIGENE FRANCE, Agropole, route de Chauvigny, 86550 Mignaloux-Beauvoir

SUMMARY – Recent advances in the Saanen and Alpine selection schemes have improved the breeding values of sires used for artificial insemination. A global index has been introduced instead of indexes for the 2 elementary traits which are protein yield and protein content. Thus, the choice of buck-dams is optimized for giving more emphasis on protein yield improvement. At the same time, the α S1-cas polymorphism is used to compensate for the lower emphasis on protein content. Planned matings are defined according to the major genotype of buck-dams and buck-sires, using different strategies depending on the allelic frequencies of each breed. In addition, when within-family selection is possible, full sibs carrying the most favourable major genotype are kept for progeny testing. In this way, the evolution of allelic frequencies at the major locus is partially oriented and not just the result of quantitative selection.

INTRODUCTION

Depuis 10 ans, en sélection caprine, un effort important a porté sur les accouplements raisonnés entre les meilleurs boucs et chèvres, pour les rendre performants dans un contexte au départ défavorable. En effet, la faible diffusion de l'insémination artificielle (IA) rendait aléatoire le repérage de ces animaux, les troupeaux étant peu connectés. Jusqu'en 1996, la sélection reposait sur l'utilisation successive des 2 critères correspondant aux 2 objectifs de sélection : l'index "matière protéique" (IMP), indiquant la valeur génétique de l'animal pour la quantité de matière protéique produite par lactation, et l'index "taux protéique" (ITP) indiquant sa valeur génétique pour le taux moyen de matière protéique de la lactation. Une grille définie au sein de l'UPRA donnait, pour chaque caractère, les seuils permettant de qualifier les reproducteurs. Bien que le critère de sélection principal fût l'index MP, le poids accordé à l'index TP était important : le seuil requis pour la qualification des mères à boucs était approximativement la valeur de l'index TP moyen de chaque race. Le poids de ce critère tenait au fait que le lait des chèvres en France est relativement pauvre comparé à celui des autres espèces laitières ; cette situation risquait de devenir alarmante pour la transformation fromagère, débouché unique du lait. Ces critères de sélection ont permis d'atteindre l'objectif souhaité : on a vu en quelques années les index TP des boucs d'IA s'améliorer nettement, et les performances des troupeaux utilisant l'insémination progresser.

1. UTILISATION DE L'INDEX COMBINÉ CAPRIN DANS LE CHOIX DES REPRODUCTEURS D'ÉLITE

Toutefois, en écartant les femelles ayant un index TP inférieur à la moyenne, on s'est privé de certaines très bonnes laitières, surtout en race Saanen, pour laquelle la corrélation entre IMP et ITP est quasi nulle (contre +0,3 pour les Alpines). Or, pour nombre de femelles, le déficit en taux protéique paraissait faible en regard de leur potentiel quantitatif. Avec le temps, ce phénomène est devenu plus perceptible et moins bien accepté par les éleveurs, surtout ceux qui dépendent de laiteries dont le paiement favorise plus la quantité de lait produite que la teneur en matière utile de celui-ci. Une nouvelle variable combinant les index MP et TP selon des critères objectifs est alors devenu nécessaire. Pour son élaboration, on a utilisé les paramètres génétiques de chaque race et la valorisation économique des gains de quantités et de taux, en termes de recettes laitières et de rendement fromager (Piacere et Bouloc, 1996).

De formule $IMP + (0,4 \times ITP)$, cette nouvelle variable, dénommée "index combiné caprin" (ICC), a servi pour la première fois lors du choix des chèvres participant aux accouplements programmés au printemps 1997.

1.1. CHOIX DES MÈRES DES BOUCS D'INSÉMINATION ARTIFICIELLE

Les mères à boucs sont choisies dans la Base de Sélection, c'est-à-dire les troupeaux participant au Contrôle Laitier Officiel, connectés par un nombre minimum de femelles issues d'IA (20 % minimum parmi les primipares, un peu moins parmi les adultes) et adhérents de l'UPRA. Les éleveurs ayant des femelles d'un niveau génétique suffisant sont contactés, et parmi les femelles qu'ils déclarent "aptés à l'IA" les meilleures sont retenues.

Le tableau 1 donne les éléments permettant de calculer la pression de sélection effectivement réalisée lors du choix des mères à boucs pour l'année 97 : niveau génétique de la base de sélection et index moyen des animaux sélectionnés. La pression de sélection est logiquement beaucoup plus forte pour le caractère principal (la quantité de matière), que pour le caractère secondaire (le taux).

Tableau 1
Sélection des mères des boucs d'insémination pour les accouplements de 1997

critères	race	base de sélection		mères à boucs moyennes	pressions de sélection
		moyenne	écart-type		
Ix Matière Protéique	Saanen	1,5 kg	1,9 kg	6,0 kg	2,8 %
Ix Taux Protéique	Saanen	- 0,1 g/kg	1,1 g/kg	0,6 g/kg	61 %
Ix Matière Protéique	Alpine	1,1 kg	1,8 kg	5,8 kg	1 %
Ix Taux Protéique	Alpine	0,6 g/kg	1,3 g/kg	1,6 g/kg	52 %

Le tableau 2 récapitule pour les dernières années l'évolution des principaux paramètres qui ont influencé la pression de sélection réalisée sur les mères à boucs. On peut noter que, pour les deux races, la taille de la base de sélection s'élève constamment, du fait de l'augmentation du nombre d'élevages réalisant les conditions de connexion requises, et de l'accroissement de la taille des troupeaux. Le nombre de femelles retenues varie peu en race Alpine ; leur proportion décroît donc régulièrement. Au contraire ce nombre augmente légèrement en race Saanen, leur proportion étant pratiquement stable depuis 3 ans. La pression de sélection sur le caractère principal (Matière Protéique) est moindre que ce que pourrait laisser espérer la proportion de femelles retenues. Ceci est dû à des pertes de charges non génétiques, liées aux animaux (aptitude à l'IA), ou à la motivation de l'éleveur, qui se traduit par la proportion de femelles d'élite mises à la disposition du schéma de sélection. En progression de 94 à 96, cette proportion retrouve en 97 un niveau proche de celui de 95. Ainsi, l'amélioration de la pression de sélection de 94 à 95 peut-elle être attribuée à l'augmentation de la base de sélection et à une meilleure participation des éleveurs ; de 95 à 96 l'amélioration vient principalement de la forte mobilisation des éleveurs. De 96 à 97 c'est le changement de critère de sélection (utilisation de l'ICC), qui en favorisant nettement la matière protéique au détriment du taux, a accentué la pression de sélection sur le caractère principal, malgré l'augmentation des pertes de charges. Par contre les pressions de sélection réalisées sur le TP baissent sensiblement. On espère que l'utilisation du génotype Cas- α S1 des mères à boucs et des boucs d'IA compensera la diminution du poids appliqué au TP, sans pouvoir le chiffrer à l'heure actuelle.

Tableau 2
Evolution des paramètres de sélection des mères à boucs depuis 1994

race	Saanen				Alpine				
	années	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1997
effectif base sélection	25000	30000	33000	37600	47000	52000	57000	62500	
% femel. disponibles	49 %	54 %	61 %	55 %	49 %	54 %	61 %	50 %	
nb femelles retenues	412	414	450	479	414	408	380	401	
% femelles retenues	1,6 %	1,4 %	1,4 %	1,3 %	0,9 %	0,8 %	0,7 %	0,6 %	
pression sélection:MP	8 %	6,5 %	5 %	2,8 %	3 %	2,5 %	2 %	1 %	
pression sélection:TP	54 %	48 %	51 %	61 %	40 %	32 %	45 %	52 %	

1.2. CHOIX DES PÈRES DES BOUCS D'INSÉMINATION ARTIFICIELLE

Depuis 1988 les pères des boucs destinés à l'insémination sont toujours eux-mêmes des boucs d'insémination indexés sur descendance. A l'issue du testage, les boucs d'IA sont sélectionnés

sur les mêmes critères que les chèvres ; jusqu'en 1996 il s'agissait de leurs index IMP et ITP, avec des seuils de qualification définis à l'avance, et désormais c'est l'index ICC qui constitue le nouveau critère de sélection. Cependant cette réorientation avait été anticipée depuis quelque temps en proposant à la diffusion des boucs qui ne répondaient pas à l'ancienne grille UPRA (à cause d'un index TP trop faible) mais qui pouvaient néanmoins intéresser des éleveurs soucieux de progresser assez vite sur les quantités, fusse au détriment du taux protéique.

Les pères des boucs d'IA sont un sous-ensemble des mâles disponibles à l'insémination. Pour chaque race on choisit chaque année 12 à 14 mâles pour procréer la génération suivante, les meilleurs possibles compte-tenu des stocks de doses disponibles et de l'utilisation qui a pu en être faite les années précédentes. En général, on est ainsi amené à utiliser comme pères à boucs les mâles qui font partie de la moitié "supérieure" du catalogue, sur l'index MP auparavant et sur ICC désormais. Le tableau 3 indique le niveau de sélection qui a pu être réalisé en 1997 pour les pères à boucs.

Tableau 3
Sélection des pères des boucs d'insémination
pour les accouplements de 1997

critères	race	boucs IA diffusés en 97	pères à boucs
		moyenne	moyenne
Index Matière Protéique	Saanen	4,3 kg	5,0 kg
Index Taux Protéique		0,79 g/kg	0,88 g/kg
Index Matière Protéique	Alpine	4,9 kg	6,1 kg
Index Taux Protéique		1,6 g/kg	1,5 g/kg

2. UTILISATION DES GÉNOTYPES CAS- α S1 DES REPRODUCTEURS D'ÉLITE

Les recherches conduites par l'INRA sur le déterminisme génétique de la caséine alpha s1 caprine ont montré l'existence de multiples allèles du gène de cette caséine (Grosclaude et al 1987 ; Leroux et al, 1992). Les différentes formes alléliques sont associées à des taux de synthèses très variables de cette caséine, et globalement à des taux de protéines dans le lait extrêmement différents (Martin, 1993). Plusieurs études conduites à partir d'observations recueillies en station ou en fermes ont permis d'établir l'intérêt zootechnique et économique des allèles associés à la plus forte synthèse de caséine alpha s1 (Mahé et al, 1994 ; Vassal et al, 1994 ; Barbieri et al, 1995).

Depuis 1990, intégré au contrôle des filiations, le génotype Cas- α S1 de tous les boucs d'insémination est déterminé grâce à un typage de l'ADN sanguin. Par ailleurs les femelles peuvent être typées soit selon cette technique soit par l'analyse d'un échantillon de lait, méthode beaucoup moins coûteuse. Pour l'instant, nous prenons en compte les génotypes des reproducteurs au cours de deux étapes comme indiqué ci-après, sans que cela modifie le processus classique de sélection sur index décrit plus haut (Manfredi, Piacere et al, 1995).

2.1. APPARIEMENTS ORIENTÉS SELON LES GÉNOTYPES DES MÂLES ET DES FEMELLES

Des simulations ont montré que, les génotypes des reproducteurs mâles et femelles étant connus, il est possible d'optimiser le plan d'accouplement pour favoriser la procréation des produits aux génotypes les plus intéressants (Barbieri, 1995). Ceci peut être réalisé sans modifier les critères de choix des géniteurs, et donc les pressions de sélection réalisées lors de ce choix. Ces résultats ont abouti à une prise en compte des géno-

types Cas- α S1 au moment d'établir le plan d'accouplement entre pères et mères à boucs.

Comme les allèles les plus intéressants sont d'ores et déjà fréquents en race Alpine, et au contraire relativement rares en race Saanen, les stratégies d'accouplement diffèrent selon la race. Chez les Alpains nous proposons de ne plus mettre en testage de boucs qui ne porteraient pas au moins un allèle intéressant (Manfredi, Ricordeau et al, 1995). Le plan d'accouplement oriente donc systématiquement les animaux porteurs d'un seul, voire d'aucun allèle fort, vers un "partenaire" homozygote pour ces allèles forts. Au contraire en race Saanen, le souci principal est de diffuser au plus vite les allèles intéressants, et donc d'obtenir rapidement des boucs homozygotes "forts", malgré la faible fréquence de ces allèles. Ainsi les mâles et les femelles porteurs de ces allèles sont préférentiellement accouplés entre eux.

Actuellement on prélève et analyse un échantillon de lait des femelles lorsqu'elles sont retenues pour la première fois pour les accouplements raisonnés. Leur génotype n'étant déterminé que plusieurs mois plus tard, il ne peut être utilisé pour choisir le bouc convenable que si elles font partie une deuxième fois des femelles retenues, ce qui arrive pour 25 à 30 % de l'effectif. Les résultats de cette méthode, appliquée depuis 1996, sont présentés dans les tableaux 4 et 4b : pour les femelles dont le génotype était connu les objectifs d'appariements ont été atteints. L'application de ces règles à l'ensemble des animaux participant aux accouplements raisonnés nécessiterait une organisation beaucoup plus large du typage des femelles qui n'est pas envisagée dans l'immédiat.

Tableau 4
Plan d'accouplement 1997
en fonction des génotypes Cas- α S1 : RACE SAANEN

	effectif	%	mâles avec 1 allèle fort	mâles sans allèle fort
fem. avec 2 allèles forts	20	16		
fem. avec 1 allèle fort	57	45	76 (99 %)	1 (1 %)
femelles sans allèle fort	50	39	6 (12 %)	44 (88 %)
génotypes inconnus	352		53 (15 %)	299 (85 %)
TOTAL	479		135 (28 %)	344 (72 %)

Tableau 4b
Plan d'accouplement 1997
en fonction des génotypes Cas- α S1 : RACE ALPINE

	effectif	%	mâles avec 2 allèles forts	mâles avec 1 allèle fort
fem. avec 2 allèles forts	58	58	33 (57 %)	25 (43 %)
fem. avec 1 allèle fort	40	40		
femelles sans allèle fort	2	2	42 (100 %)	0 (0 %)
génotypes inconnus	301		180 (60 %)	121 (40 %)
TOTAL	401		255 (64 %)	146 (36 %)

2.2. CHOIX DES MÂLES D'INSÉMINATION ARTIFICIELLE EN FONCTION DE LEUR GÉNOTYPE

Que les parents aient été appariés ou non en fonction de leur propre génotype, celui des produits à naître est le plus souvent incertain. Grâce au typage précoce permis par l'analyse d'ADN, il est possible de choisir entre tous les mâles nés d'un même accouplement (la prolificité étant proche de 2), celui qui porte le génotype le plus favorable. L'intérêt de ce choix est, là encore, qu'il permet d'augmenter, à la marge, l'efficacité de la sélection, sans modifier ni l'organisation générale du schéma ni ses paramètres. Le tableau 5 montre la proportion de chaque génotype parmi les boucs entrés en Centre de Production de Semence en 1996. Les choix orientés intra fratrie selon les génotypes ont porté sur 12 % des boucs en race Saanen et 6 % en race Alpine.

Tableau 5
Répartition des boucs destinés
à l'insémination selon leur génotype Cas- α S1 en 1996

race	SAANEN		ALPINS	
	effectif	%	effectif	%
boucs avec 2 allèles forts	6	10	48 dont 5 choisis	58
boucs avec 1 allèle fort	21 dont 7 choisis	36	31	38
boucs sans allèle fort	32	54	3	4
TOTAL	59	100	82	100

3. DISCUSSION

L'optimisation du choix des mères à boucs par l'introduction d'un index combiné était nécessaire compte tenu du niveau d'organisation déjà atteint en sélection caprine. Cependant, l'amélioration de la pression de sélection résulte principalement, sur les dix ans écoulés, de l'augmentation des effectifs de la base de sélection. Si cet accroissement devait se poursuivre, nous serions amenés à augmenter en proportion la taille des séries de testage (tendance déjà amorcée en race Saanen) et les pressions de sélection ne devraient plus évoluer sensiblement.

Les typages biochimiques ne sont utilisés actuellement que pour une minorité des reproducteurs d'élite et leur impact sur le niveau génétique des séries de testage est encore faible. A terme, nous pensons développer le typage des femelles afin d'orienter tous les accouplements. En outre, en élargissant le nombre des accouplements raisonnés, on pourrait accroître les

possibilités de choix des jeunes boucs selon leur génotype aux familles de demi-frères, et non seulement de pleins frères. Cependant, cette solution, utilisant plus de femelles, aurait des répercussions négatives sur la pression de sélection des mères à boucs, et son intérêt global devra être évalué au préalable.

CONCLUSION

La sélection caprine a gagné en efficacité au cours du temps en s'appropriant les techniques développées pour les races bovines laitières et certaines races ovines : l'indexation des reproducteurs et l'insémination sont utilisés en routine, la création du progrès génétique est basée sur un choix rationnel des reproducteurs. Par contre l'amélioration génétique caprine inaugure la nouvelle voie d'optimisation ouverte par les typages biochimiques de l'ADN et des protéines.

Par ailleurs, il nous reste plusieurs domaines à étudier. Notre prochain objectif est d'intégrer la matière grasse dans l'objectif de sélection, ce qui conduira à recalculer les poids des différentes composantes de l'index combiné. Puis se posera la question d'une évaluation génétique des caractères morphologiques, notamment ceux de la mamelle, et de leur lien avec des caractères de rapidité ou de facilité de traite. Des protocoles expérimentaux sont en cours à cette fin, mettant en collaboration l'Institut de l'Élevage, l'INRA, CAPRIGENE FRANCE et la Station Caprine de Moissac en Lozère.

RÉFÉRENCES

BARBIERI M-E., Polymorphisme de la caséine α S1 : effets des génotypes sur les performances zootechniques et utilisation en sélection caprine. Thèse de Doctorat INA P-G, 1995

BARBIER M-E., MANFREDI E., ELSÉN J-M., RICORDEAU G., BOUILLON J., GROSCLAUDE F., MAHÉ M-F., BIBÉ B., 1995. Genet Sel Evol, 27, 437-450

GROSCLAUDE F., RICORDEAU G., MARTIN P., REMEUF F., VASSAL L., BOUILLON J., 1994. INRA Prod. Anim., 7, 3-19

LEROUX C., MAZURE N., MARTIN P., 1992. J Biol Chem, 267, 6147-6157

MAHÉ M-F., MANFREDI E., RICORDEAU G., PIACERE A., GROSCLAUDE F., 1994. Genet Sel Evol, 26, 151-157

MANFREDI E., PIACERE A., RICORDEAU G., ELSÉN J-M., BIBÉ B., GROSCLAUDE F., 1995. Renc. Rech. Ruminants, 2, 167-170

MANFREDI E., RICORDEAU G., BARBIERI M-E., AMIGUES Y., BIBÉ B., 1995. Genet Sel Evol, 27, 451-458

MARTIN P. 1993. Lait, 73, 511-532

PIACERE A., BOULOC N., 1996. La Chèvre, 213, 22-25

VASSAL L., DELACROIX-BUCHET A., BOUILLON J., 1994. Lait, 74, 89-103