

# Définition du nouvel Index Combiné Caprin : introduction des matières grasses du lait dans l'objectif de sélection

S. BELICHON (1), A. PIACERE (2), C. LARZUL (3), E. MANFREDI (3)

(1) Caprigène France, Agropole, 86500 Mignaloux-Beauvoir

(2) Institut de l'Élevage, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

(3) INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex

**RESUME** - Dans les races caprines Alpine et Saanen, les progrès génétiques déjà réalisés sur les quantités de lait, de matière protéique, et sur le taux protéique permettent aujourd'hui d'affiner l'objectif de sélection pour mieux répondre aux souhaits de la filière. Un modèle du schéma de sélection permet de prédire les progrès génétiques espérés sur les 5 caractères laitiers en fonction des diverses formules d'index combiné caprin (ICC) envisagées. Plusieurs critères sont retenus afin de juger de l'impact économique de ces progrès génétiques pour les éleveurs et les transformateurs. L'index retenu après consultation des différents acteurs de la filière,  $ICC = 1 IMP + 0,4 ITP + 0,2 IMG + 0,1 ITB$ , permet d'espérer dans les deux races un progrès génétique accru sur le taux butyreux - qui a peu évolué sur le plan phénotypique ces dernières années -, tout en maintenant un progrès génétique élevé sur la matière protéique.

## Inclusion of milk fat in the goat selection objective

S. BELICHON (1), A. PIACERE (2), C. LARZUL (3), E. MANFREDI (3)

(1) Caprigène France, Agropole, 86500 Mignaloux-Beauvoir

**SUMMARY** - In the Alpine and Saanen french goat breeds, there is already evidence of genetic improvement for milk and protein yields and protein content. Thus, it is possible now to modify the selection objectives in order to meet the needs that cheese manufacturers recently expressed. A model of the selection scheme gives the genetic progress obtained for the five milk traits according to the different formulae of the selection criteria. The selection criteria tested combine indexes for the elementary traits protein yield, fat yield, protein content and fat content with different weights. Four economic criteria have been used to compare the results in terms of benefit to the breeders as well as for the cheese manufacturers. The index chosen will lead to improve fat content as well as the other traits, and will have a positive effect on most economic criteria.

## INTRODUCTION

L'essentiel du lait de chèvre est destiné à la production fromagère. Les différents acteurs de la filière partagent donc un intérêt commun pour un lait moins coûteux à produire et bien adapté à la transformation. En réponse, la sélection caprine s'est tout d'abord concentrée sur un accroissement des quantités de matière protéique, principal déterminant de la production fromagère. Depuis 1988, l'objectif de sélection inclut le taux protéique. Les progrès génétiques d'ors et déjà réalisés sur ces caractères dans les races Alpine et Saanen (Leboeuf et al., 1998) offrent aujourd'hui la possibilité d'élargir l'objectif de sélection à d'autres caractères. L'évolution des matières grasses du lait inquiète depuis quelques années les transformateurs. On observe dans les statistiques du contrôle laitier une évolution positive des deux taux, s'accompagnant toutefois d'une légère décroissance du rapport TB/TP (taux butyreux/taux protéique), en deçà des valeurs recommandées pour la transformation fromagère (de l'ordre de 1,15). Bien que l'on pense que les changements de régimes alimentaires, plus pauvres en fibres, plus riches en concentrés, soient en partie responsables de cette évolution, une action de sélection en faveur du taux butyreux est souhaitée.

La sélection des reproducteurs est depuis peu basée sur un index synthétique, l'Index Combiné Caprin (ICC), défini comme suit :  $I = 1 \text{ IMP} + 0,4 \text{ ITP}$  (Piacère et Bouloc, 1996). Le nouvel objectif de sélection, plus favorable aux matières grasses, a été défini au début de l'année 1999 et est appliqué depuis l'automne. Il a été choisi parmi une gamme d'index de la forme  $I = 1 \text{ IMP} + a \text{ ITP} + b \text{ IMG} + c \text{ ITB}$ , de façon à ce que les progrès génétiques prédits satisfassent au mieux les demandes de la filière.

## 1. METHODES

### 1.1. MODELISATION DU SCHEMA DE SELECTION CAPRIN

Un modèle du schéma de sélection caprin a permis de prédire les réponses génétiques espérées sur les différents caractères de production laitière (quantités de lait, de matière protéique, de matière grasse, TP, TB, et TB/TP) en fonction des pondérations qui leur sont affectées. Des pondérations  $a_{TP}$ ,  $b_{MG}$  et  $c_{TB}$  variant entre 0 et 1 par pas de 0,1 ont été retenues. Des pondérations négatives ou supérieures à 1 n'ont pas paru nécessaires.

Ce modèle, qui avait aussi servi au choix du précédent ICC (Larzul, 1993), représente les actions de sélection menées sur différentes voies de filiation (Elsen, 1993). Celles-ci impliquent trois classes de reproducteurs : les mâles d'insémination artificielle (notée IA), les mâles de monte naturelle (notée MN) et les femelles. Les accouplements considérés et leurs fréquences relatives par type de descendant sont décrits dans le tableau 1.

**Tableau 1**  
Paramètres démographiques (ALP : Alpine, SAA : Saanen)

Descendants	Parents	% de paternité	Pression de sélection (%)	Intervalle de génération
mâles de testage	Mères à boucs		3	4 ans
	Boucs d'IA	100	30	6 ans
mâles de MN	Mères à boucs de MN		25 (ALP) 35 (SAA)	3,5 ans
	Boucs d'IA	85	35	6 ans
	Boucs de MN	15	60	2,7 ans
femelles	Mères à chevrettes		90	3,5 ans
	Boucs d'IA	35 (ALP) 25 (SAA)	40	6 ans
	Boucs de testage	10	100	2 ans
	Boucs de MN	55 (ALP) 65 (SAA)	75	2,7 ans

La valeur génétique d'une cohorte de descendants peut s'exprimer comme la demi somme des valeurs génétiques de ses parents, pondérée par la fréquence relative des différentes voies de filiation. Le progrès génétique annuel sur chaque caractère peut ainsi s'exprimer sous la forme :  $PG = \sum \lambda_j \Delta G_j / \sum \lambda_j L_j$ , avec les différentes voies  $j$  de transmission du progrès génétique,  $\lambda_j$  des pondérations dépendant de la structure démographique de la population,  $\Delta G_j$  la supériorité génétique du parent considéré et  $L_j$  l'intervalle de génération correspondant.

La supériorité génétique d'un parent peut s'exprimer sous la forme :  $\Delta G_{jk} = i_j \times \sigma(G_k, I)_r / \sigma I_r$ , avec  $i_j$  l'intensité de sélection appliquée sur la voie  $j$ ,  $\sigma I_r$  l'écart type des index des reproducteurs  $r$ ,  $\sigma(G_k, I)_r$  la covariance entre l'index et la valeur génétique du caractère  $k$  pour les reproducteurs  $r$ .

L'index de sélection d'un individu s'estime à partir de ses performances propres éventuelles et des performances pondérées de ses apparentés. On considère que tous les reproducteurs d'une classe donnée sont indexés à partir des mêmes quantités d'information, 1 lactation maternelle dans tous les cas, plus une lactation de 40 filles et 40 demi-sœurs pour les mâles d'IA, celle de 15 filles et 15 demi-sœurs pour les mâles de MN, et, pour les femelles, une lactation propre, la lactation d'une fille et celle de 10 demi-sœurs. Les index peuvent s'écrire pour les trois classes de reproducteurs comme :  $I = \sum b P$ , avec  $P$ , les performances prises en compte, et des pondérations  $b$  qui maximisent la corrélation entre les index et les valeurs génétiques vraies.

Les pondérations  $b$ , les écarts types des index  $\sigma I$ , et les covariances entre les index et les valeurs génétiques des caractères  $\sigma(G_k, I)$ , peuvent s'exprimer en fonction des paramètres génétiques suivants : variances génétiques, héritabilités, corrélations phénotypiques et génétiques pour les différents caractères. Les paramètres génétiques ont été actualisés pour les besoins de cette étude sur un échantillon de primipares représentatives du noyau de sélection pour les campagnes 1996 et 1997 (tableau 2) (Bélichon et al, 1999).

**Tableau 2a**  
Paramètres génétiques : héritabilités (en gras) et corrélations génétiques, pour les Alpines

ALP	LAIT	QMP	TP	QMG	TB
LAIT	<b>0,34</b>	0,89	-0,28	0,76	-0,18
QMP		<b>0,37</b>	0,19	0,86	0,11
TP			<b>0,58</b>	0,14	0,61
QMG				<b>0,37</b>	0,49
TB					<b>0,58</b>

**Tableau 2b**  
Paramètres génétiques : héritabilités (en gras) et corrélations génétiques, pour les Saanen

SAA	LAIT	QMP	TP	QMG	TB
LAIT	<b>0,32</b>	0,92	-0,29	0,76	-0,10
QMP		<b>0,34</b>	0,10	0,83	0,10
TP			<b>0,50</b>	0,08	0,51
QMG				<b>0,40</b>	0,56
TB					<b>0,60</b>

### 1.2. CRITERES ECONOMIQUES

Pour choisir les pondérations  $a_{TP}$ ,  $b_{MG}$  et  $c_{TB}$  les plus favorables, il faut connaître la valeur économique relative des différents caractères. Pour ce faire on a utilisé les bénéfices attendus de la vente du lait par les éleveurs laitiers ou de la transformation fromagère pour les éleveurs fromagers et les transformateurs. Quatre formules ont été sélectionnées (tableau 3) : la formule de rendement fromager la plus exigeante en matière grasse disponible dans la littérature (notée TB+), la moins exigeante (notée TP+), la formule de prix du lait moyenne actuelle (notée TP+) et une formule de prix du lait plus rémunératrice pour des laits riches en matière grasse (notée TB+), représentant une évolution hypothétique des formules de prix du lait influencée par le déficit en TB. Ces cri-

tères négligent les variations du coût de production du lait associées aux différents index potentiels, qu'on suppose faibles pour la gamme des index éligibles. Ces quatre critères permettent de rendre compte de la diversité des prix du lait et des rendements fromagers, et facilitent la recherche d'un compromis entre tous les intérêts lors du choix de l'ICC.

**Tableau 3**  
Quatre critères économiques, du plus favorable aux matières grasses au plus favorable aux matières protéiques

Rendement TB+ (Kg)	$[-21 + 1,9 \text{ TB} + 3,02 \text{ TP}]$
Prix TB+ (F)	$[2,85 + 0,32(\text{TB}-33) + 0,66(\text{TP}-28)]$
Prix TP+ (F)	$[2,85 + 0,23(\text{TB}-33) + 0,72(\text{TP}-28)]$
Rendement TP+ (Kg)	$[-75 + 0,02 \text{ TB} + 7,71 \text{ TP}]$

## 2. RESULTATS

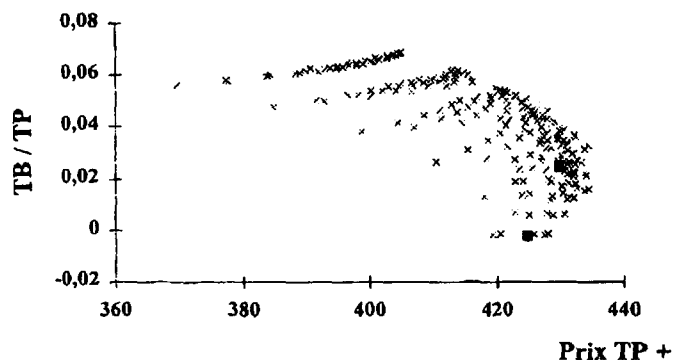
Les niveaux des progrès génétiques espérés diffèrent entre les deux races, mais les meilleurs index dans une race sont aussi les meilleurs dans l'autre race : pour tous les caractères de production laitière et pour l'ensemble des critères économiques, le classement des index combinés potentiels est presque identique dans les deux races (corrélations entre les gains espérés dans les deux races :  $r$  compris entre 0,979 et 0,998 pour l'ensemble des caractères et des critères économiques). Il a donc été aisé de choisir un index combiné unique adapté à l'objectif de sélection commun aux deux races.

Dans les deux races, l'examen des variations des gains espérés en fonction des index appliqués met en évidence deux niveaux d'opposition entre les critères étudiés, qui nécessiteront un arbitrage au sein de la filière.

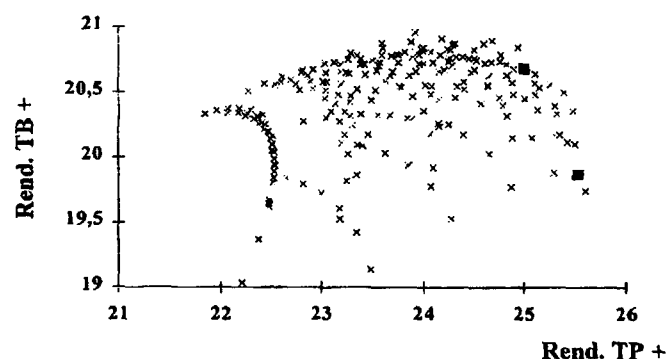
a) Un fort progrès génétique sur le rapport TB/TP (plus de 0,05 unités en 10 ans en Alpine ou 0,07 en Saanen) implique des progrès génétiques amoindris sur le TP et/ou sur la quantité de lait. Comme tous les critères économiques accordent un poids important aux quantités de matières protéiques produites, un fort progrès sur le rapport TB/TP ne peut s'obtenir qu'au prix d'une diminution sensible des gains espérés sur l'ensemble des critères économiques (figure 1).

b) Parmi les quatre critères économiques, des gains très élevés d'après la formule de rendement TP+, (qui n'accorde presque aucun poids aux matières grasses), ne peuvent être obtenus qu'au prix de gains amoindris sur les autres critères qui accordent des pondérations proches au TB (figure 2).

**Figure 1**  
Gains espérés en 10 ans dans la race Alpine sur le rapport TB/TP et d'après la formule de prix moyenne actuelle (Prix TP+) pour une gamme limitée de 216 index. Parmi ceux-ci, l'index précédent est noté par un carré gris, et le nouvel index combiné est noté par un carré noir



**Figure 2**  
Gains espérés en 10 ans dans la race Alpine d'après les deux formules de rendement pour une gamme limitée de 216 index. Parmi ceux-ci, l'index précédent est noté par un carré gris, et le nouvel index combiné est noté par un carré noir



## CONCLUSION

L'ICC précédent se caractérisait par des progrès génétiques voisins de zéro sur le rapport TB/TP, associés à des gains presque maximaux d'après le rendement TP+ mais sous-optimaux pour les autres critères économiques (tableau 4). Compte tenu de la demande des transformateurs, l'examen des différentes possibilités s'est concentré sur une gamme d'index permettant des progrès génétiques accrus bien que modérés sur le rapport TB/TP, associés à des gains augmentés d'après les 3 critères économiques qui accordent un certain poids aux matières grasses du lait, mais légèrement réduits d'après la formule de rendement TP+.

**Tableau 4**  
Gains espérés en 10 ans dans les races Alpine et Saanen, pour l'ICC précédent (en italique) et pour le nouvel ICC (en gras)

	Lait (Kg)	TP (g/Kg)	TB (g/Kg)	TB/TP	Rend. TB+ (Kg)	Prix TB+ (F)	Prix TP+ (F)	Rend. TP+ (Kg)
<i>Alpine</i>	<i>99</i>	<i>1,5</i>	<i>1,7</i>	<i>-0,002</i>	<i>19,9</i>	<i>429</i>	<i>424</i>	<i>25,6</i>
<i>Saanen</i>	<i>109</i>	<i>0,9</i>	<i>1,2</i>	<i>0,008</i>	<i>18,6</i>	<i>408</i>	<i>405</i>	<i>23,0</i>
<b>Alpine</b>	<b>96</b>	<b>1,5</b>	<b>2,5</b>	<b>0,025</b>	<b>20,7</b>	<b>440</b>	<b>430</b>	<b>25,0</b>
<b>Saanen</b>	<b>108</b>	<b>0,9</b>	<b>2,3</b>	<b>0,041</b>	<b>19,9</b>	<b>427</b>	<b>416</b>	<b>22,6</b>

Dans la gamme proposée, les différents acteurs de la filière ont montré une préférence pour les index qui permettaient de conserver des progrès génétiques élevés à la fois sur les quantités de lait et de matière protéique et sur le taux protéique.

Par le jeu des corrélations génétiques, des progrès génétiques similaires peuvent être obtenus en appliquant des index combinés dont les pondérations sont très différentes. Sur ce point, les différents acteurs de la filière ont montré une préférence pour les index dont les pondérations étaient «centrales» relativement à la gamme favorable (par exemple, une pondération

de 0,1 a été choisie pour le TB, sur une gamme favorable pouvant aller de 0 à 0,2). Ceci peut être considéré comme une stratégie de prudence face aux approximations de la méthode de prédiction.

**Le nouvel Index Combiné Caprin est désormais défini par la formule :**

$$\text{ICC} = 1 \text{ IMP} + 0,4 \text{ ITP} + 0,2 \text{ IMG} + 0,1 \text{ ITB}$$

Les progrès génétiques espérés grâce au nouvel ICC sont décrits dans le tableau 4. Ils ont essentiellement une valeur indicative, relative à l'index combiné précédent. Mis en appli-

cation pour la sélection des nouveaux reproducteurs à l'automne 1999, le nouvel ICC devrait favoriser à terme une évolution favorable de la composition du lait de chèvre dans les élevages du noyau de sélection. Mais son influence sur la composition des laits de grand mélange restera conditionnée par la diffusion de l'insémination artificielle dans la population caprine.

**Bélichon S., Manfredi E., Piacère A., Barillet F., 1999.** Genet. Sel. Evol., 99 (5), à paraître.

**Elsen J.M., 1993.** Genet. Sel. Evol., 25, 75-82.

**Larzul C., 1993.** Mémoire de DAA.

**Lebœuf B., Manfredi E., Boue P., Piacere A., Brice G., Baril G., Broqua C., Humblot P., Terqui M., 1998.** Livestock Prod. Sci., 55, 193-203.

**Piacère A., Bouloc N., 1996.** Réussir - La chèvre, 213, 22-25.