

Concentrations cellulaires dans les élevages caprins : état des lieux et mise en place d'un programme d'amélioration génétique

CLEMENT V. (1,4), CEGLOWSKI C. (2,4), DE CREMOUX R. (1), MARTIN P. (3), RUPP R. (2,4)

(1) Institut de l'Élevage, 31326 Castanet-Tolosan

(2) INRA, INPT ENSAT, INPT ENVT, UMR 1388 Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage, 31326 Castanet-Tolosan

(3) Capgènes, 86 550 Mignaloux-Beauvoir

(4) UMT Gestion Génétique et génomique des Petits Ruminants, Toulouse

RESUME - Les concentrations cellulaires ou comptages de cellules somatiques (CCS) sont collectés en routine depuis la fin des années 90 dans le cadre du contrôle laitier officiel et sont stockés dans le système d'information caprin. L'analyse de l'ensemble de ces données a montré que les CCS sont en constante augmentation, de l'ordre de 43% en race Alpine et 55% en race Saanen depuis les quinze dernières années (soit une hausse de 675 000 cellules/ml en Saanen et 485 000 cellules/ml en race Alpine), avec une accélération de la tendance sur les dernières campagnes de collecte. Parmi les facteurs de variation les plus importants, on peut noter le rang et le stade de lactation, la période de mise bas et le niveau de production des chèvres. La génétique étant un des moyens d'agir sur l'augmentation des CCS, et donc d'améliorer la qualité sanitaire des laits et la santé des animaux, un modèle d'indexation a été développé pour les CCS dans les deux races. Une étude a ensuite été menée pour intégrer ce nouvel index dans l'index de synthèse caprin (ICC), ce dernier étant utilisé pour réaliser les accouplements programmés. Le progrès génétique attendu pour différentes combinaisons d'ICC a été estimé. Les ICC retenus pour les deux races sont ceux qui permettent d'espérer une diminution des concentrations cellulaires, soit une baisse annuelle de l'ordre de 10 000 cellules/ml par an, tout en maintenant un niveau de production laitière satisfaisant.

Somatic cell counts in French dairy goat flocks: factors of variation and implementation of genetic selection

CLEMENT V. (1,4), CEGLOWSKI C. (2,4), DE CREMOUX R. (1), MARTIN P. (3), RUPP R. (2,4)

(1) Institut de l'Élevage, 31326 Castanet-Tolosan

SUMMARY - Milk Somatic Cell Counts (SCC) have been collected since the end of the 1990s by Milk Recording Organizations and stored in the national goat information system. The analysis of these data showed a SCC increase of 675 000 cell/mL in Saanen (+55%) and 485 000 cell/mL in Alpine (+43%) over the last fifteen years, with an acceleration of this trend over the last three years. Parity, days in milk, period of parturition and milk production level were found to be important factors of variation. Since genetics is one of the means to act on SCC, and to improve sanitary quality of milk and animal health, a genetic evaluation was implemented for SCC on both breeds. Then, a study was conducted to include this new index in the total merit index (ICC) used for planned matings. Expected genetic trend for different combinations of ICC was estimated. With the ICC retained for each breed, an SCC improvement is expected with an annual decrease of 10 000 cell/mL, while preserving a large trend in production traits.

INTRODUCTION

Dans la filière caprine, la maîtrise de l'augmentation des concentrations cellulaires au sein des élevages est un enjeu majeur pour les éleveurs. Indicateur indirect des infections mammaires, les concentrations cellulaires ou comptages de cellules somatiques du lait (CCS), sont pris en compte pour le paiement du lait, et les pénalités appliquées peuvent constituer une perte importante dans le revenu de l'éleveur (jusqu'à plus de 90 € pour 1 000 litres de lait pour un résultat supérieur à 3 000 000 cellules/ml). Depuis la fin des années 90, les CCS sont mesurés en routine dans les élevages adhérant au contrôle laitier officiel (CLO) et les données sont centralisées dans le système d'informations génétiques caprin SIECL. Afin d'établir un état des lieux à l'échelle nationale des concentrations cellulaires et de mieux appréhender les principaux facteurs de variation agissant sur cette variable, une analyse des données stockées dans SIECL a été réalisée dans le cadre du projet CAS DAR MAMOVICAP « Outils innovants d'intervention et d'aide à la décision pour la maîtrise des mammites en élevage de petits ruminants laitiers ».

D'un point de vue génétique, les CCS ont été proposés comme un critère de sélection pour réduire la fréquence des infections mammaires et améliorer la qualité hygiénique des laits depuis plusieurs années chez les bovins laitiers (Rupp et Boichard, 1997) et chez les ovins laitiers en race Lacaune (Rupp et *al.*, 2003). Dans l'espèce caprine, le CCS est héritable, de l'ordre

de 20% (Rupp et *al.*, 2011). De plus, une expérience de sélection divergente menée dans une unité expérimentale INRA (UE de Bourges) a également montré que la sélection basée sur les CCS s'accompagne d'une diminution de la fréquence des bactériologies positives du lait (Huau et *al.* 2015). Ces résultats ont encouragé l'OES Capgènes à mettre en place un programme d'amélioration génétique sur ce caractère. Ainsi, depuis la fin de l'année 2013, les CCS font partie des caractères indexés au même titre que la production laitière et la morphologie mammaire. Cet article présente un état des lieux des CCS de la base nationale SIECL et l'étude qui a permis de déterminer la pondération de ce caractère dans l'objectif de sélection.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. BILAN DES DONNEES CCS

Le système d'informations génétiques SIECL recense l'ensemble des données de contrôle laitier officiel sur l'ensemble du territoire national. Il s'agit d'un contrôle mensuel, réalisé sur les deux traites quotidiennes (protocole A), ou sur une des deux traites, du matin ou du soir en alternance (protocole AT). La base de données contient environ 29 027 000 données CCS, pour 9 millions de lactations, collectées sur les deux principales races françaises, l'Alpine et la Saanen. Les données de concentrations cellulaires

deviennent exhaustives à partir de la fin des années 90, avec 5 ou 6 contrôles par lactation en moyenne.

Les variables analysées sont :

- les CCS exprimés en nombre de cellules somatiques par millilitre de lait.

- le statut infectieux des chèvres prédit à partir des CCS : sain (S), infecté (I) ou gravement infecté (G) qui est déterminé en fonction du nombre de CCS supérieurs aux seuils de 750 000 et 2 000 000 cellules/ml.

Les valeurs moyennes des CCS individuels ont été décrites en fonction de différents facteurs de variation : le rang et le stade de lactation, la période de mise bas ou encore le niveau de production. De façon à limiter la confusion entre les différents facteurs, les descriptions ont été faites intra-race et intra-rang de lactation.

1.2. INTRODUCTION DE L'INDEX DANS L'OBJECTIF DE SÉLECTION

Depuis 2013, une évaluation génétique permet d'estimer deux fois par an des index pour les CCS (index INCELL). Les CCS pris en compte sont ceux correspondant aux contrôles élémentaires des lactations de rangs 1 à 3, réalisés entre 7 et 250 jours de lactation. Afin de normaliser leur distribution, une transformation logarithmique est appliquée aux CCS, ce qui permet d'obtenir des Scores de Cellules Somatiques (SCS). Les SCS sont ensuite pondérés de façon à corriger la variabilité dans le nombre et la répartition dans le temps des CCS utilisés. La moyenne arithmétique pondérée des SCS ajustés pour le stade de lactation est ensuite calculée pour chaque lactation. L'ajustement permet de limiter les effets de dilution qui peuvent être observés, notamment en fin de lactation lorsque la production laitière diminue.

L'évaluation est réalisée intra-race. Les effets du modèle sont les mêmes que pour les caractères de production.

L'index de synthèse actuel combine deux groupes de caractères :

- les caractères de production (matière grasse, matière protéique, taux butyreux et taux protéique) regroupés dans un Index de Production Caprin (IPC),

- les caractères de morphologie mammaire, soit 5 index élémentaires regroupés dans un Index de Morphologie Caprin (IMC) : le profil de la mamelle, la hauteur du plancher, la largeur de l'attache-arrière, l'avant-pis et l'orientation des trayons.

L'Index Combiné Caprin (ICC) est une combinaison de l'IPC et de l'IMC : 67% d'IPC et 33% d'IMC pour la race Alpine et 63% d'IPC et 37% d'IMC en race Saanen.

Afin d'évaluer l'impact de l'introduction d'un index INCELL dans l'index de synthèse, le progrès génétique a été décomposé en différentes voies en tenant compte d'une part de l'origine paternelle : bouc améliorateur, bouc de monte naturelle, bouc de testage (pour les femelles uniquement) ou père inconnu, et d'autre part de la future utilisation du descendant (mâle d'IA ou mâle de monte naturelle). Il y avait

donc 4 possibilités pour la voie père-fils et 4 pour la voie père-fille. Côté maternel, il n'y a qu'une possibilité pour les filles, et deux pour les fils selon si ces derniers sont ensuite utilisés pour de l'IA ou de la monte naturelle en élevage. Au total, 11 voies ont ainsi été modélisées. Pour chacune d'entre elle, la pression de sélection appliquée a été déterminée à partir des données des élevages participant au schéma de sélection (élevages adhérents à Capgènes). Elle correspond au pourcentage d'animaux à garder dans la population candidate pour atteindre le même niveau d'ICC que ceux réellement retenus pour produire la génération suivante. Une sélection a ensuite été simulée pour chacune des voies en appliquant les pressions de sélection correspondantes et en utilisant plusieurs index synthétiques avec différentes pondérations. Les différentielles de sélection de chaque voie (c'est-à-dire la supériorité génétique des animaux sélectionnés par rapport aux candidats potentiels) ont été calculées pour chacune des pondérations testées. Elles ont permis d'estimer le progrès génétique attendu avec chaque ICC en tenant compte de la contribution de chacune des voies au schéma de sélection et de l'intervalle de génération.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. BILAN DES DONNEES CCS

La figure 1 présente l'évolution depuis la campagne 2000 de l'ensemble des données de CCS en CLO par race et par rang de lactation. On constate que, depuis une quinzaine d'années, les CCS sont en constante augmentation, de l'ordre de 43% en race Alpine et 55% en race Saanen, ce qui représente 675 000 cellules/ml en race Saanen et 485 000 cellules/ml en race Alpine. Cette tendance s'accélère sur les 3 dernières campagnes. Comme attendu, le statut infectieux des chèvres prédit par les CCS a lui aussi évolué. Sur les 4 dernières campagnes, le nombre de chèvres déclarées 'gravement infectées' a augmenté de 6% en race Saanen, et 3% en race Alpine. Parallèlement, le nombre de chèvres déclarées 'saines' a diminué, le pourcentage de chèvres classées « I » restant stable. Ces résultats sont en accord avec ceux de De Cremoux (2011) qui constate une augmentation des niveaux cellulaires des laits de tanks en France depuis l'année 2000. Ces observations reflètent probablement une dégradation de la santé des animaux (inflammation plus marquée), de la qualité sanitaire des laits et l'augmentation des infections intra mammaires. Elles peuvent avoir plusieurs causes. Certaines pratiques d'élevage, telles que la monotraite ou la conduite des chèvres en lactation longue qui sont de plus en plus répandues, favorisent l'augmentation des CCS du lait. L'augmentation rapide de la taille des élevages, avec pour conséquence une moins bonne maîtrise des risques sanitaires et du matériel de traite moins bien adapté, a pu aussi jouer un rôle.

Figure 1 : Evolution des CCS au cours du temps en races Alpine et Saanen

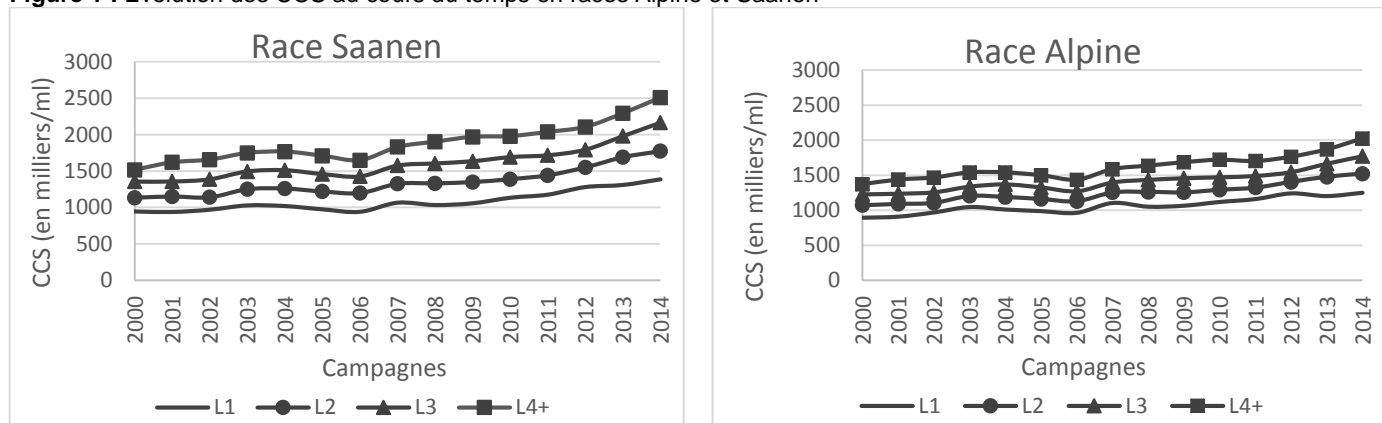
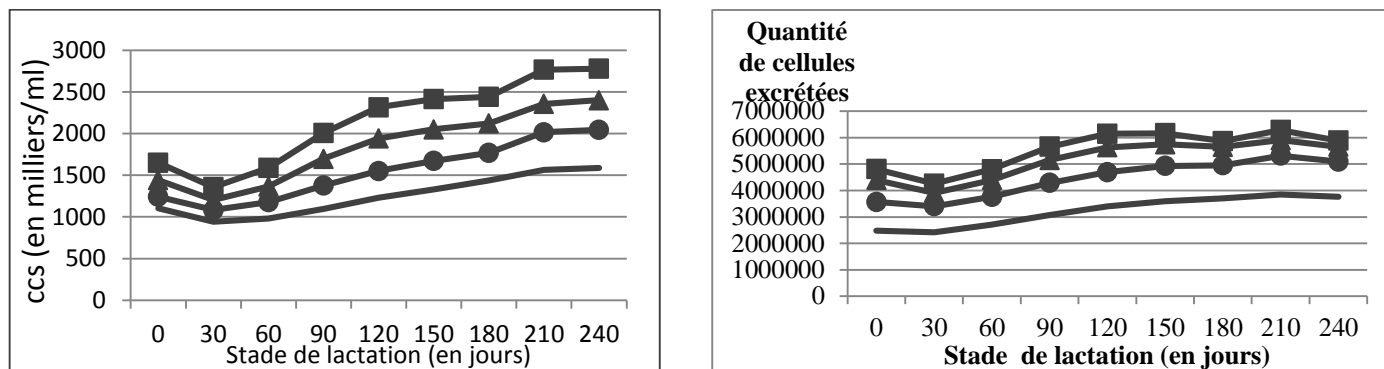


Figure 2 : Evolution des CCS et de la quantité de cellules excrétées en fonction du stade de lactation



A la campagne 2012, période correspondant à une surproduction à l'échelle nationale, les pratiques d'élevage ont pu évoluer (avec par exemple plus de monotraite), ce qui pourrait expliquer au moins partiellement l'accélération que l'on peut observer. Les tendances générales sont les mêmes dans les deux races, mais le niveau cellulaire moyen est plus élevé en race Saanen qu'en race Alpine et la différence s'accroît tout au long de la carrière de l'animal. Sur les 5 dernières campagnes, l'écart entre Alpine et Saanen est de 60 000 cellules/ml en première lactation ; il passe à 160 000 en deuxième lactation, puis à presque 300 000 en troisième lactation. Il existe vraisemblablement des différences physiologiques entre les deux races. D'un point de vue génétique, alors que la production laitière et les CCS sont indépendants en race Alpine, la corrélation entre ces deux caractères est positive en race Saanen (Rupp et al., 2011). Il en résulte que la sélection pratiquée sur les caractères de production laitière depuis une trentaine d'années a probablement dégradé le niveau cellulaire de la race Saanen. La différence entre races peut aussi s'expliquer par une conduite d'élevage différente pour l'Alpine et la Saanen, qui pour être vérifiée, nécessiterait une analyse dans des élevages mixtes.

L'augmentation des concentrations cellulaires du lait avec le rang de lactation peut être liée à l'augmentation de la persistance des infections avec l'âge. Elle peut aussi refléter l'impact des conditions de tarissement subies année après année par les animaux.

La figure 2 présente l'évolution des concentrations cellulaires et la quantité de cellules excrétées (correspondant aux CCS multipliés par la production laitière) en fonction du stade de lactation en race Saanen. La mise bas est suivie par une diminution des CCS, puis le niveau cellulaire augmente ensuite de façon régulière. La race Alpine présente un profil

relativement proche de celui de la race Saanen. L'étude de l'évolution de la quantité de cellules excrétées doit permettre d'éliminer un éventuel effet de dilution (lié soit à une augmentation de la quantité de lait produite en début de lactation, soit à une diminution dans la deuxième partie de la lactation). Dans les deux races, la quantité de cellules excrétées atteint un plateau vers 150 jours de lactation : l'augmentation des CCS est donc bien en relation avec la production de lait. En revanche, en début de lactation, le processus apparaît plus complexe et les profils diffèrent selon la race. Chez l'Alpine, on n'observe plus la baisse des concentrations cellulaires lorsque l'on s'intéresse aux cellules excrétées, alors qu'elle persiste chez la Saanen.

Parmi les facteurs de variation testés, la période de mise bas a aussi un impact important sur les CCS. Ainsi, les mises bas d'été sont associées à des concentrations cellulaires en moyenne plus élevées que les mises bas de printemps ou d'automne. Il est cependant difficile de dissocier l'effet des conditions météorologiques liées à la saison, des pratiques d'élevage. En effet, les animaux qui mettent bas l'été peuvent être soumis à une pression plus forte vis-à-vis des infections mammaires, en raison de la présence de chèvres ayant mis bas plus tôt dans la saison et qui constituent un « réservoir » vis-à-vis des chèvres qui démarrent leur lactation. Ces tendances peuvent être plus marquées chez les éleveurs qui étalent les mises bas ou qui pratiquent des lactations longues. Les chèvres qui mettent bas l'été sont donc susceptibles de s'infecter plus rapidement et de présenter des concentrations cellulaires élevées dès le début de leur lactation.

Un autre objectif de l'étude était de décrire l'association entre niveau de production et CCS. Les lactations ont été réparties en trois groupes en fonction de la quantité de lait produit pendant la lactation, ce qui a permis de définir trois niveaux de production : faible, moyen ou élevé.

Figure 3 : Evolution des CCS en fonction du rang de lactation et du niveau de production (faible, moyen, élevé) pour les trois dernières campagnes dans les races Alpine et Saanen

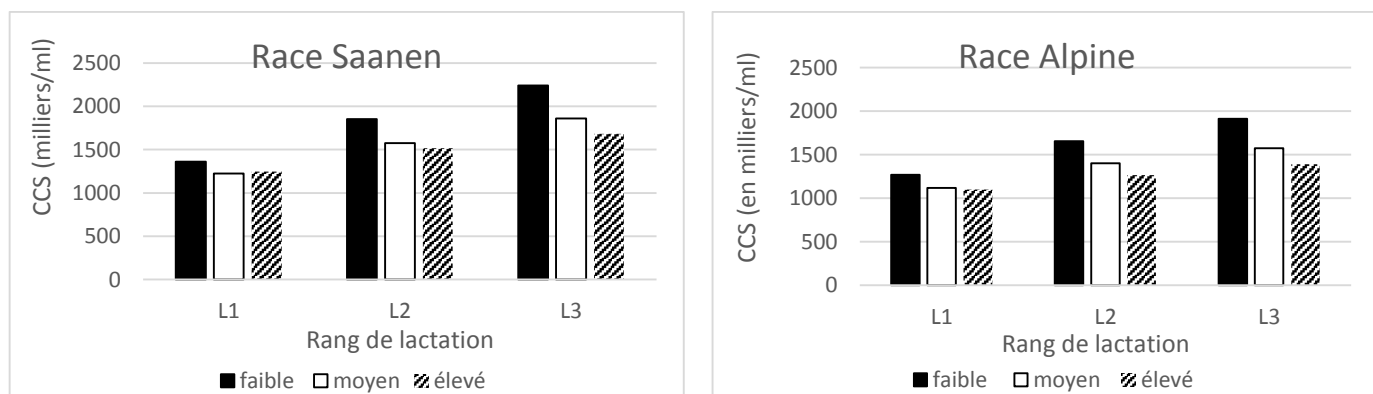


Tableau 1 : Progrès génétique annuel attendu avec différentes combinaisons d'ICC pour le lait, la matière protéique (MP), la matière grasse (MG), le taux protéique (TP), le taux butyreux (TB), le score cellulaire (SCS) et les CCS (%) en race Alpine

ICC	LAIT (kg)	MP (kg)	MG (kg)	TP (g/kg)	TB (g/kg)	SCS	CCS (%)
0,67 IPC+0,33 IMC (actuel)	9,8	0,37	0,41	0,10	0,08	- 0,12	- 0,7
0,63 IPC+0,31 IMC+0,06 INCELL	9,9	0,36	0,42	0,09	0,08	- 0,25	- 1,0
0,59 IPC+0,29 IMC+0,12 INCELL	9,5	0,36	0,42	0,09	0,10	- 0,39	- 1,8
0,63 IPC+0,25 IMC+0,12 INCELL	10,1	0,37	0,42	0,09	0,08	- 0,34	- 1,5

Tableau 2 : Progrès génétique annuel attendu avec différentes combinaisons d'ICC pour le lait, la matière protéique (MP), la matière grasse (MG), le taux protéique (TP), le taux butyreux (TB), le score cellulaire (SCS) et les CCS (%) en race Saanen

ICC	LAIT (kg)	MP (kg)	MG (kg)	TP (g/kg)	TB (g/kg)	SCS	CCS (%)
0,63 IPC+0,37 IMC (actuel)	9,0	0,31	0,41	0,09	0,12	+ 0,31	+ 1,5
0,59 IPC+0,35 IMC+0,06 INCELL	9,0	0,32	0,41	0,09	0,12	+ 0,14	+ 0,7
0,56 IPC+0,33 IMC+0,11 INCELL	8,7	0,30	0,41	0,09	0,13	+ 0,04	0
0,52 IPC+0,32 IMC+0,16 INCELL	8,6	0,30	0,41	0,09	0,13	- 0,12	- 0,7
0,55 IPC+0,28 IMC+0,17 INCELL	9,2	0,32	0,43	0,09	0,13	- 0,11	- 0,7

Les résultats sont présentés en figure 3 pour les deux races. Ils montrent que les chèvres les plus productrices sont aussi celles qui présentent les niveaux cellulaires les plus faibles. En race Saanen, ce résultat va à l'encontre des corrélations génétiques positives qui ont été estimées entre la production laitière et les CCS. En effet, sur le plan génétique, la sélection pour les fortes laitières s'accompagne d'une augmentation des CCS. Par contre, la présence d'infection et de CCS élevés chez une chèvre se traduit par une production laitière plus faible sans doute liée à la perturbation de la sécrétion lors de phénomènes inflammatoires ou infectieux.

2.2. INTRODUCTION DE L'INDEX INCELL DANS L'OBJECTIF DE SELECTION

Les tableaux 1 et 2 résument le progrès génétique annuel attendu avec différentes combinaisons d'ICC pour les 5 caractères de production et les CCS. Pour ces derniers, le progrès génétique est exprimé en point de score et retranscrit en pourcentage de CCS. En race Alpine, l'ICC actuel a un impact plutôt positif sur les concentrations cellulaires puisqu'on peut s'attendre à une diminution des CCS de l'ordre de 0,7%. Pour un niveau moyen de CCS de l'ordre de 1 465 000 cellules/ml de lait (à la campagne 2012, pour les élevages participant au schéma de sélection), on pourrait donc espérer une réduction d'un peu plus de 10 000 cellules/ml chaque année sans introduire l'index INCELL dans l'ICC. Ce résultat est permis par les corrélations génétiques entre les CCS et les autres caractères de l'ICC (Rupp et al., 2011) : i) absence de corrélation entre le lait et les CCS ii) corrélations génétiques favorables avec la MG (-0,18) et le TB (-0,20) iii) corrélations génétiques favorables avec la majorité des caractères de morphologie qui composent l'IMC.

Bien que la tendance avec l'ICC actuel soit plutôt dans le sens d'une amélioration, Capgènes a souhaité réaliser un effort de sélection sur les CCS. Différents ICC ont été utilisés pour la simulation. La réponse sur le score de cellules varie de façon linéaire avec le poids de l'index INCELL dans l'ICC. En contrepartie, le progrès génétique du lait et des matières s'en trouve réduit. Pour limiter la perte sur les caractères de production, il a été décidé de réduire la part de la morphologie dans l'ICC. La conséquence sur le progrès génétique des caractères de morphologie est négligeable. L'ICC finalement choisi est le suivant : ICC = 63% IPC + 25% IMC + 12 % INCELL.

En race Saanen, du fait des corrélations génétiques positives (donc défavorables) qui existent entre le lait et les CCS, l'ICC actuel agit dans le sens d'une dégradation du niveau cellulaire. Ainsi la hausse moyenne attendue est de l'ordre de 1,5%, ce qui correspond à une augmentation de près de 25 000 cellules/ml de lait par an pour un CCS moyen de 1 660 000 cellules/ml (campagne 2012, élevages du schéma de sélection). Au vu de ce constat, une pondération pour l'index INCELL dans l'ICC a été recherchée. Le progrès génétique attendu varie linéairement avec la pondération appliquée à l'index INCELL. Cependant, il faut un poids d'au minimum 11%

pour enrayer la dégradation de ce caractère, avec en parallèle une inflexion de la production laitière et de la MP. La solution choisie a été, comme pour la race Alpine, de réduire le poids de l'IMC, sans pour autant affecter les caractères de morphologie, de façon à ne pas trop infléchir le progrès génétique des caractères de production. L'ICC choisi (ICC = 55% IPC + 28% IMC + 17% INCELL) laisse envisager une amélioration du CCS avec une diminution annuelle de l'ordre de 0,7% soit 11 000 cellules/ml de lait. Cet index de synthèse permettrait de maintenir une production laitière équivalente à celle d'aujourd'hui.

CONCLUSION

Le bilan des données stockées dans le système d'information caprin a montré que la situation des élevages français vis à vis des concentrations cellulaires se dégradait, avec une accélération du phénomène sur les dernières années. Plusieurs facteurs de variation ont un effet sur les CCS et il est difficile de distinguer l'influence des conditions d'élevages de celles qui sont propres à l'animal (physiologie, génétique). Le travail réalisé sur l'index de synthèse caprin a permis de définir une pondération optimum pour l'index INCELL. Ce nouvel ICC est utilisé au niveau du schéma de sélection depuis l'année 2014 pour les accouplements programmés qui permettent de procréer les futurs boucs améliorateurs. Il est prévu de le diffuser aux éleveurs afin qu'ils puissent tenir compte des index CCS dans leurs plans d'accouplement. Même s'il existe de nombreux moyens d'action autre que la génétique pour agir sur les concentrations cellulaires l'utilisation de boucs améliorateurs peut être une façon d'y contribuer. En effet, il a été vérifié que, quelle que soit la charge infectieuse de l'élevage, les chèvres issues d'un bouc améliorateur pour le caractère CCS présentaient des laits en moyenne moins riches en concentrations cellulaires que les autres.

Les auteurs tiennent à remercier le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt pour le financement du projet MAMOVICAP.

De Crémoux R., 2011. Réussir - La Chèvre, 304, 32.
Huau C., Foucras G., Bouvier F., Fassier T., Rainard P., Martin P., Tosser-Klopp G., Rupp R., 2015. Renc. Rech. Ruminants.
Rupp R., Astruc J.M., Lagriffoul G., Boichard D., Barbat A., Barillet F., 2003. Renc.Rech. Ruminants, 10, 197-200.
Rupp R., Boichard D., 1997. Renc. Rech. Ruminants, 4, 211-214.
Rupp R., Clément V., Piacère A., Robert-Granié C., Manfredi E., 2011. J. Dairy Sci., 94, 3629-3634.