

B. LEBŒUF<sup>(1)</sup>, E. MANFREDI<sup>(2)</sup>,  
P. BOUE<sup>(3)</sup>, A. PIACÈRE<sup>(4)</sup>, G. BRICE<sup>(5)</sup>,  
G. BARIL<sup>(6)</sup>, C. BROQUA<sup>(6)</sup>,  
P. HUMBLOT<sup>(7)</sup>, M. TERQUI<sup>(6)</sup>

(1) INRA-SEIA, 86480 Rouillé

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

(3) Capri-IA

(4) Caprigène-France, Agropole, 86550 Mignaloux-Beauvoir

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

(6) INRA-PRMD, 37380 Nouzilly

(7) UNCEIA, 13, rue Jouet, BP 65, 94703 Maisons-Alfort

# L'insémination artificielle et l'amélioration génétique chez la chèvre laitière en France

En France, l'insémination artificielle (IA) a été développée récemment chez la chèvre avec deux principaux objectifs, d'une part contribuer à l'optimisation des schémas de sélection des races laitières, l'Alpine et la Saanen, d'autre part mieux maîtriser la reproduction pour contrôler la période de mise bas et donc la période de production laitière, afin de satisfaire la demande du marché en fromages de chèvre.

Ce contexte a conduit à développer l'IA à partir de semence produite en saison sexuelle et conservée congelée pour l'insémination des chèvres, après induction de l'œstrus et de l'ovulation par traitement hormonal, le plus souvent en dehors de la saison sexuelle.

Après un rappel des conditions de production du lait de chèvre en France qui ont conduit à l'utilisation de la semence congelée en dehors de la saison sexuelle, l'article fait le point des connaissances sur certains aspects de la physiologie de la reproduction tels que la production de semence, le contrôle des cycles sexuels et les facteurs de varia-

tions de la fertilité après IA. L'intérêt de l'IA est ensuite discuté dans le contexte de l'amélioration génétique de la production laitière caprine.

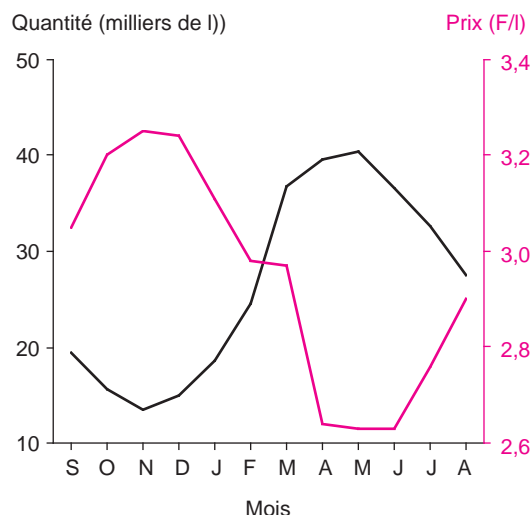
## 1 / Saisonnalité de la reproduction et conséquences économiques

### Résumé

En France, l'insémination artificielle caprine (IA) joue un rôle important dans les systèmes intensifs de production laitière, pour la maîtrise de la reproduction et en relation avec le schéma national d'amélioration génétique de la production laitière. Environ 60 000 chèvres ont été inséminées en 1996, après induction hormonale de l'œstrus et de l'ovulation, avec de la semence conservée congelée. 95 % des IA ont été réalisées avant la saison sexuelle. L'efficacité de cette méthode de reproduction est d'environ 65 % de mise bas. En 1996, les résultats de 290 000 lactations de chèvres ont été enregistrés par le contrôle laitier officiel. Le principal objectif du schéma de sélection, qui inclut la sélection des meilleures boucs et chèvres comme parents des futurs boucs d'IA, concerne l'amélioration de la teneur en matières protéiques et le taux protéique du lait. L'IA permet une forte intensité de sélection des mâles, une évaluation génétique convenable à travers les élevages connectés génétiquement et la sélection des boucs porteurs de gènes majeurs comme celui de la caséine alpha S1. Depuis 1992, un Groupe National de Reproduction Caprine, incluant tous les partenaires de la filière caprine, est actuellement focalisé sur l'étude des facteurs de variations de la fertilité après IA afin de poursuivre le développement de cette technique.

L'élevage caprin français est orienté essentiellement vers la production de lait destinée à la fabrication fromagère. La reproduction des chèvres a lieu naturellement en automne, de septembre à novembre, et la lactation dure environ 250 jours. La production laitière est très inégalement répartie durant l'année (figure 1), alors que la demande en fromages est relativement constante. L'excédent de lait au printemps et en été, et son déficit durant l'hiver conduisent les transformateurs fromagers au report d'une partie du lait produit au premier semestre sous forme de caillé congelé, afin qu'elle soit transformée en fromage en période de faible production laitière (automne/hiver). Cette situation entraîne de lourdes charges financières pour les transformateurs et la qualité du fromage ainsi obtenu

**Figure 1.** Evolution mensuelle de la collecte et du prix moyen du lait de chèvre en 1996/1997 (Sources : Onilait et Institut de l'élevage).



est moindre. Pour inciter les éleveurs à désaisonniser la reproduction de leurs chèvres, et donc étaler la période de mise bas, les transformateurs laitiers proposent des prix du lait différents au cours de l'année (figure 1). Cette situation, coûteuse pour les transformateurs, est l'un des problèmes majeurs de la filière caprine française.

Cette variation dans la production laitière caprine est la conséquence du rythme saisonnier de la reproduction, qui est très marqué pour les chèvres et les mâles des principales races françaises (Alpine et Saanen). L'activité sexuelle des caprins n'est pas uniforme au cours de l'année, elle débute en fin d'été et est

maximale à l'automne (figure 2). Chez les caprins, comme chez les ovins, espèces dites de « jours courts » ou à photopériode décroissante, la variation de la durée du jour est le principal facteur responsable des variations saisonnières de la reproduction (Chemineau 1989).

## 2 / Maîtrise de la reproduction des caprins

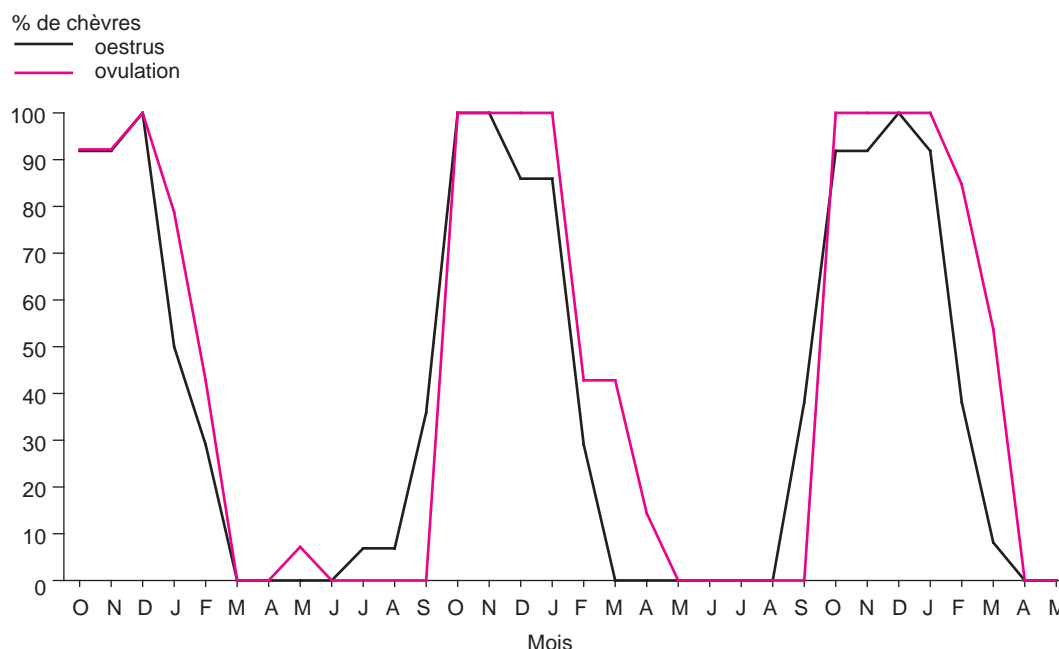
### 2.1 / Chez le mâle

Nous aborderons la maîtrise de la reproduction du mâle pour l'insémination artificielle par une description des techniques de cryoconservation de la semence, des tests d'aptitudes pour la production et la conservation de la semence et des traitements photopériodiques pour accroître l'efficacité de la production de semence.

#### a / Cryoconservation des spermatozoïdes

Les techniques de production et de conservation de la semence ont été mises au point chez le bouc avec l'objectif de dissocier dans le temps la période de production (saison sexuelle) et d'utilisation de la semence (principalement en dehors de la saison sexuelle), grâce à la cryoconservation des spermatozoïdes (Corteel 1974). Dans ces conditions, la fécondance des spermatozoïdes produits et congelés en saison sexuelle pour être utilisés par IA au cours de l'œstrus induit par traitement hormonal, en dehors de la saison sexuelle, est supé-

**Figure 2.** Variations saisonnières du comportement d'œstrus et de l'ovulation chez la chèvre Alpine en France (adapté de Chemineau et al 1992).



rieure à celle obtenue avec du sperme frais collecté et utilisé à la même période (56,7 %, n = 6 240 vs 52,1 %, n = 4 505 ;  $P < 0,01$  ; Corteel *et al* 1988). Ainsi, en France, 85 % des IA (67 577 IA totales en 1997) sont réalisées en dehors de la saison sexuelle, avec de la semence conservée à l'état congelé (n = 61 329 en 1997), à partir de mâles entretenus en centres de production de semence.

Une des particularités de la conservation de la semence dans l'espèce caprine réside dans la nécessité de séparer le plasma séminal des spermatozoïdes dès la récolte de la semence. En effet, des enzymes du plasma séminal agissent sur certains composants du dilueur à base de lait, tels que les caséines, les lactoglobulines et les triglycérides, pour libérer des composés toxiques pour les spermatozoïdes. Une lipase sécrétée par les glandes bulbo-urétrales est responsable de l'altération de la survie des spermatozoïdes dilués dans le lait (Pellicer 1996).

Au moment de la collecte, la séparation du plasma séminal et des spermatozoïdes est réalisée en diluant le sperme dans une solution physiologique Krebs-Ringer-Glucose (Corteel 1974). Les spermatozoïdes sont ensuite dilués, à une concentration de 1 milliard par ml, dans une solution à base de lait écrémé puis refroidis à + 4 °C. Une fois cette température atteinte, une seconde dilution est opérée avec le dilueur au lait contenant du glycérol (7 %), pour obtenir une concentration finale de 500 millions de spermatozoïdes par ml. Après cette opération, la semence est conditionnée en paillettes de 0,2 ml contenant chacune 100 millions de spermatozoïdes. La congélation des paillettes est réalisée par abaissement progressif de la température de + 4 °C à - 196 °C, en 5 minutes, en les plaçant dans des vapeurs d'azote liquide, avant de les immerger dans celles-ci.

La qualité des spermatozoïdes est appréciée *in vitro* en mesurant le pourcentage de survie et la motilité individuelle des spermatozoïdes après dégel à + 37 °C d'une paillette de chaque éjaculat congelé. Seuls sont retenus les éjaculats présentant après dégel au moins 30 % de spermatozoïdes mobiles et une motilité individuelle au moins égale à 3,0 sur une échelle allant de 0 à 5,0. En moyenne 70 % des éjaculats ainsi traités sont conservés pour être utilisés par IA.

### **b / Sélection des mâles sur leur aptitude à la production de semence**

Tous les mâles qui entrent en centre de production de semence sont issus du schéma de sélection pour l'amélioration de la production laitière. Ils sont testés pour leur valeur laitière sur leur descendance grâce à l'IA de chèvres dans les troupeaux de la base de sélection. L'organisme de sélection, Caprigène, détermine les règles génétiques pour que ces jeunes mâles soient candidats à l'entrée en centre d'IA (voir chapitre 3).

L'aptitude reproductrice de ces jeunes mâles est appréciée après regroupement des animaux en centre d'élevage, à partir de l'âge de 3 mois. La première étape dans le choix des mâles concerne leurs caractéristiques phénotypiques : sont éliminés les animaux présentant des défauts d'aplombs, des anomalies du tractus génital ou une croissance insuffisante au cours de la période 3 à 7 mois.

Lors de la seconde étape, les mâles sont sélectionnés sur leur aptitude à produire de la semence en grande quantité et présentant une bonne qualité suite aux opérations de congélation/décongélation. L'appréciation de la fonction de reproduction des jeunes mâles âgés de 7 à 9 mois, et entretenus en cases individuelles, est réalisée à partir des 15 premières sollicitations à la collecte au début de la première saison sexuelle. Au cours de cette période, les mâles sont sollicités à la collecte seulement 2 fois par semaine, alors que les adultes sont soumis à un rythme plus intensif de 3 à 5 collectes hebdomadaires.

Les principales causes d'élimination concernent l'inaptitude à la collecte via le vagin artificiel (10 % des animaux), la production d'éjaculats de faibles volumes (moins de 0,2 ml) ou dont la concentration est inférieure à un milliard de spermatozoïdes/ml (15 % des animaux) et l'incapacité à supporter les processus de congélation/décongélation (25 % des animaux ; Corteel *et al* 1987).

Par la suite, les mâles retenus sont collectés, soit chaque semaine pendant la saison sexuelle, de septembre à février, soit soumis à un traitement photopériodique pour produire de la semence sans interruption pendant les 3 premières années de leur vie sexuelle.

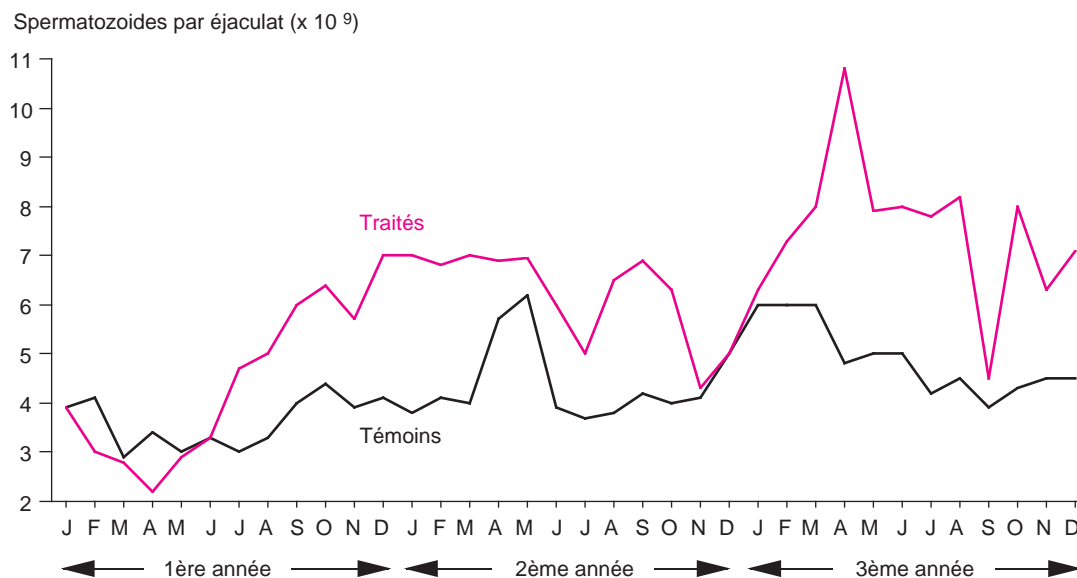
### **c / Traitements photopériodiques**

La saisonnalité de l'activité sexuelle des boucs Alpains et Saanen, qui a pour conséquence la limitation de la période de production de semence de qualité à 6 mois par an (saison sexuelle), est un facteur limitant du nombre de doses produites par ces animaux au cours de leur carrière de reproducteur.

L'utilisation de cycles photopériodiques artificiels, initialement mise au point chez le bélier (Pelletier *et al* 1988) a montré qu'il était possible de manipuler l'activité sexuelle des boucs de races saisonnées. Une alternance rapide entre 1 ou 2 mois de jours longs (16 h de lumière et 8 h de nuit), et 1 ou 2 mois de jours courts (8 h de lumière et 16 h de nuit), diminue l'amplitude des variations saisonnières de l'activité sexuelle de boucs Alpains et Saanen comparativement à celles des boucs témoins. Chez des animaux exposés à ces traitements photopériodiques pendant 3 années consécutives et collectés régulièrement 2 fois par semaine, le nombre total de spermatozoïdes a été de 61 % plus élevé et la fertilité après IA identique à ceux des animaux témoins (505 doses) collectés au même rythme (figure 3, Delgadillo *et al* 1991). Dans un autre essai, avec un rythme de collecte plus intensif (4 collectes par semaine tout au long de l'année), la production de doses d'IA par des boucs

**La congélation de la semence lève la contrainte de l'activité sexuelle saisonnière des boucs. L'utilisation de traitements photopériodiques permet d'allonger la période de collecte.**

**Figure 3.** Nombre total de spermatozoïdes par éjaculat chez les boucs Alpin et Saanen soumis à des modifications de la photopériode (adapté de Delgadillo et al 1991).



soumis à l'alternance deux mois jours longs/deux mois jours courts pendant 2 années consécutives, a été de 41 % supérieure à celle des boucs maintenus en photopériode naturelle et collectés au même rythme seulement pendant la saison sexuelle (3 111 vs 2 212 doses). Ce traitement photopériodique est actuellement utilisé en France par Capri-IA (Union de Coopératives d'Insémination), pour prolonger la collecte au-delà de la fin de la première saison sexuelle des jeunes mâles mis en testage. Au cours de la première année de production, le nombre de doses utilisables en IA a été respectivement de 1 010 et 1 297 doses par mâle collectés 3 ou 4 fois par semaine, comparé aux 500 doses en moyenne produites par mâle au cours de la première saison sexuelle (Capri-IA 1997). Ainsi, un stock important de semence peut être constitué en début de carrière des animaux, avant la diminution du comportement sexuel et de la qualité de la semence dus au vieillissement des mâles.

## 2.2 / Chez la femelle

En France, les traitements hormonaux sont utilisés chez les chèvres afin d'avancer la période de mise bas pour produire du lait aux périodes où son prix est le plus élevé et de synchroniser les œstrus dans les lots de chèvres pour permettre les opérations d'IA simultanément sur un nombre important de femelles. La méthode de reproduction associant traitement hormonal et IA est principalement développée dans les élevages du programme de sélection, qui représentent 82 % du nombre total annuel des IA.

### Induction-synchronisation de l'œstrus par traitement hormonal

#### Principe du traitement hormonal

Le traitement consiste à mimer certains événements endocriniens qui contrôlent le cycle sexuel, afin d'induire l'œstrus et l'ovula-

tion à un moment prédéterminé. La mise en place d'une éponge vaginale imprégnée d'une analogue de la progestérone (FGA : acétate de fluorogestone) simule la phase lutéale du cycle sexuel, durant laquelle la forte concentration de progestérone inhibe la sécrétion pulsatile de gonadolibérine par l'hypothalamus, bloquant ainsi l'ovulation jusqu'à la lutéolyse suivante.

L'administration de PMSG (Pregnant Mare Serum Gonadotropin) qui présente une activité FSH (Follicle Stimulating hormone) et LH (Luteinizing hormone), 48 heures avant le retrait de l'éponge vaginale, permet de stimuler la croissance folliculaire. L'injection au même moment d'un analogue de prostaglandine F2 $\alpha$  (cloprosténol) provoque la lutéolyse chez les femelles qui présentent un corps jaune, encore fonctionnel en fin de traitement.

Enfin, le retrait de l'éponge, entraînant une chute de la concentration de FGA dans la circulation sanguine, provoque l'arrêt de l'inhibition de l'axe hypothalamo-hypophysaire, puis l'apparition des événements endocriniens induisant l'œstrus et l'ovulation.

#### Le traitement progestatif

La dose de FGA contenue dans l'éponge vaginale est de 45 mg pour la chèvre primipare ou multipare, elle est de seulement 40 mg (éponge agnelles) pour les nullipares (Corteel et al 1988).

Initialement, la durée du traitement progestatif était de 18 à 21 jours, c'est-à-dire la durée du cycle sexuel. Quinlivan et Robinson (1969) ayant montré que la remontée des spermatozoïdes dans les voies génitales de la brebis était perturbée par l'administration prolongée de progestagène, la durée du traitement chez les caprins a donc été réduite à 11  $\pm$  1 j. Ce raccourcissement du traitement a permis d'améliorer le taux de mise bas après IA (traitement 11 jours : 61 % vs traitement 18-21 jours : 57 % ; Corteel et al 1988).

**Plus de 90 % des inséminations artificielles ont lieu en dehors de la saison sexuelle, après un traitement hormonal d'induction de l'œstrus.**

### *Intérêt de l'injection d'un analogue de PGF2 $\alpha$ (cloprosténol)*

Lorsque les traitements sont appliqués en dehors de la saison sexuelle, une faible proportion de chèvres présente malgré tout une activité ovulatoire. La durée du traitement progestatif (11 jours) étant inférieure à celle de la phase lutéale (16 jours), les venues en œstrus et les ovulations peuvent être retardées, voire bloquées, par une progestéronémie élevée, due à la présence d'un corps jaune encore fonctionnel après l'arrêt du traitement progestatif.

Au moment de la stimulation de l'ovaire par PMSG, une injection intramusculaire de cloprosténol est réalisée pour provoquer la lutéolyse. Plusieurs doses de cloprosténol ont été testées (200  $\mu$ g à 0 g), et la meilleure fertilité après IA a été obtenue avec une injection de 50  $\mu$ g (Corteel et Lebœuf 1990).

### *Moment et doses d'administration de PMSG*

La fertilité après IA est plus élevée quand l'injection de PMSG est réalisée 48 heures avant le retrait de l'éponge, que lorsqu'elle a lieu au même moment, respectivement 53 % et 45 % (Corteel *et al* 1968).

La dose de PMSG est déterminée pour chaque chèvre en tenant compte de la période de traitement, de la parité de la chèvre et de la production laitière quotidienne durant le mois qui précède le début du traitement hormonal. Chez la chèvre primipare ou multipare, la dose courante de 400 UI de PMSG est augmentée de 100 UI pour des inséminations avant le 15 juin. Une dose supplémentaire de 100 UI est administrée aux chèvres produisant plus de 3,5 kg/j de lait quelle que soit la période d'IA (Lebœuf 1992). Chez les nullipares, une dose de 300 UI est injectée à chaque femelle traitée et inséminée avant le 15 juin et une dose de 250 UI est administrée à celles inséminées au-delà du 15 juin.

### *Moment de l'IA*

Les chèvres Alpines et Saanen, primipares et multipares, sont inséminées une seule fois, par voie exocervicale, au cours de l'œstrus induit, respectivement à 43  $\pm$  2 heures et 45  $\pm$  2 heures après le retrait de l'éponge vaginale (Corteel et Lebœuf 1990). Les chèvres nullipares des 2 races sont toutes inséminées 45  $\pm$  2 heures après le retrait de l'éponge vaginale (Corteel *et al* 1993). Chaque dose d'IA contient 100 millions de spermatozoïdes totaux, conservés congelés dans une paillette de 0,2 ml. La mise au point progressive du traitement hormonal (traitement progestatif de 11 jours, dose de cloprosténol de 50  $\mu$ g) a permis de passer de deux à une seule IA au cours de l'œstrus induit sans diminution significative de la fertilité, respectivement 61,1 % et 63,0 %. Elle a également permis de diminuer significativement le nombre de spermatozoïdes par dose, de 200 à 100 millions (Corteel et Lebœuf 1990).

Actuellement le protocole d'IA est encore sujet à expérimentation, certains paramètres comme le moment d'IA sont susceptibles d'être modifiés dans l'avenir. Une simplification est

en cours pour rapprocher le protocole du moment de l'IA entre les Alpines et les Saanen (43 heures pour les 2 races).

## **2.3 / Principaux facteurs de variation de la fertilité après traitement hormonal et IA**

Dans les conditions françaises d'utilisation de l'IA caprine, principalement en dehors de la saison sexuelle (91 % des IA avant le 31 août en 1997), la fertilité après IA peut être un facteur limitant pour le développement de cette méthode de reproduction. En effet, le traitement hormonal n'induit pas la cyclicité des animaux, les chèvres non fécondées à l'œstrus induit en dehors de la saison sexuelle peuvent parfois n'être fécondées que plusieurs mois plus tard, lorsqu'elles deviennent cycliques à l'entrée de la saison sexuelle.

La méthode de reproduction par IA décrite ci-dessus a donné pour les chèvres primipares et multipares, une fertilité moyenne après IA de 62,4 % (n = 17 438, Lebœuf 1992). Cependant, la variabilité inter-troupeaux était très importante : dans 25 % des lots inséminés la fertilité était inférieure à 50 %, et dans 20 % des lots, elle était supérieure à 70 %. Un programme d'études en élevages a été conduit pour identifier les causes de cette variabilité.

### **a / L'état de pseudogestation**

Le développement de l'échographie, essentiellement pratiquée dans les troupeaux caprins français qui utilisent l'induction et la synchronisation des œstrus, a permis de mettre en évidence qu'il existe des femelles « pseudogestantes » dans plus de 50 % des élevages. La pseudogestation est observée en moyenne chez 3 à 4 % des femelles, mais sa fréquence varie d'un élevage à l'autre et d'une année à l'autre pour un même élevage. Dans certains lots, le taux de pseudogestation peut atteindre 20 % (Lebœuf *et al* 1994).

La pseudogestation, dont le mécanisme n'est pas encore connu, se caractérise par la présence d'un corps jaune persistant et une accumulation de fluide dans l'utérus (Pieterse et Tavernier 1986).

Les femelles en état de pseudogestation ne peuvent être fécondées après traitement hormonal car l'injection du cloprosténol 48 heures avant le retrait de l'éponge induit la lutéolyse du corps jaune persistant et l'expulsion du liquide utérin. Dans le but de ne pas écarter les chèvres pseudogestantes de la mise à la reproduction par IA, un traitement lutéolytique a été testé. Des chèvres pseudogestantes ont reçu soit une seule injection de 100  $\mu$ g de cloprosténol 20 jours avant la pose de l'éponge vaginale, soit 2 injections de 100  $\mu$ g chacune, 20 jours et 10 jours avant la pose de l'éponge vaginale. Le traitement a permis de supprimer la pseudogestation chez 94 % des femelles traitées (n = 286) avant leur mise à la reproduction, mais 14 % d'entre elles étaient encore en état de pseudogestation 40 à

**La fertilité moyenne après IA est de 60-65 %, mais les résultats sont variables selon les troupeaux.**

45 jours après l'IA. La fertilité de l'ensemble des chèvres après traitement de la pseudogestation puis traitement hormonal d'induction et de synchronisation de l'œstrus suivi de l'IA a été en moyenne de 45,5 % (n = 286). La 2<sup>e</sup> injection de cloprosténol n'a pas amélioré l'efficacité du traitement. Dans une autre étude, après traitement de la pseudogestation et IA à l'œstrus induit, la fertilité est demeurée inférieure à celles de chèvres témoins présentes dans les mêmes troupeaux, respectivement 48,0 % (n = 93) et 72,6 % (n = 194, P < 0,06). Ce traitement de la pseudogestation ne permet pas de restaurer la fertilité à un niveau suffisant pour le généraliser dans le cadre de la reproduction par IA.

### **b / Réponse de l'ovaire au traitement hormonal (progestagène + PMSG)**

Une étude réalisée dans 21 élevages dans lesquels l'IA est pratiquée après traitement hormonal, montre que le pourcentage de femelles qui ne présentaient pas d'élévation de la progestéronémie mesurée 6 et 12 jours après la fin du traitement hormonal, et donc vraisemblablement pas d'ovulation, a été de 4,3 % (n = 466), avec une très faible variabilité entre élevages. Toutefois chez 25 % des femelles, la progestéronémie a augmenté au-delà du 6<sup>e</sup> jour après le retrait de l'éponge vaginale. Cela laisse supposer que ces femelles ont ovulé tardivement ou ont eu une lutéolyse prématurée suivie d'une nouvelle ovulation. Leur fertilité après IA (64,4 %, n = 118) n'a pas été significativement différente de celles des femelles qui présentaient une élévation de la progestéronémie dès le 6<sup>e</sup> jour (74,5 %, n = 326). Ce résultat suggère que la plupart de ces femelles ont ovulé tardivement mais à un moment encore compatible avec celui de l'IA pour être fécondées.

### **c / Moment de l'ovulation après traitement hormonal**

Le moment d'ovulation a été étudié dans 4 élevages, par des observations répétées des ovaires par endoscopie. Au cours de cette étude différentes méthodes d'estimation du moment d'ovulation ont été testées. Parmi les méthodes moins invasives que l'endoscopie, le pic préovulatoire de LH permet une bonne estimation du moment de l'ovulation, la corrélation entre le moment du pic préovulatoire de LH et celui de l'ovulation est de 0,82.

L'ovulation mesurée par observation endoscopique des ovaires, intervient en moyenne  $52,5 \pm 4,5$  heures après de retrait de l'éponge vaginale (n = 119). Cependant elle peut se produire entre 44 heures et plus de 68 heures après l'arrêt du traitement (Lebœuf et al 1996).

Dans le cas de l'IA réalisée à un moment prédéterminé par rapport à la fin du traitement hormonal, une mauvaise synchronisation des moments des ovulations conduit à des intervalles de durées variables entre IA et ovulation. Cela pourrait expliquer la variabilité de la fertilité observée après IA (Maurel et al 1992).

### **d / La répétition des traitements et l'apparition des anticorps anti-PMSG**

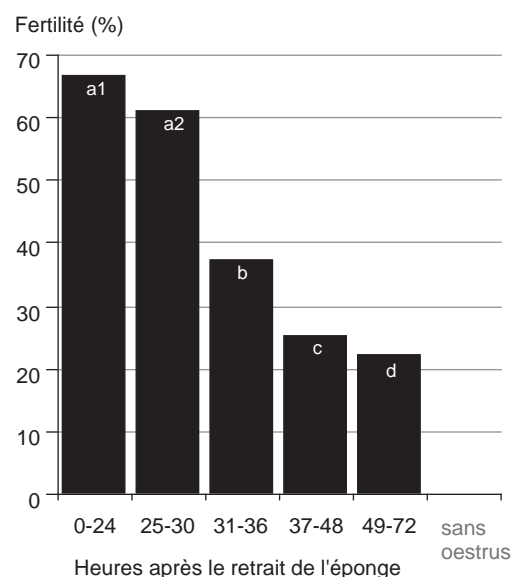
La répétition des traitements par de la PMSG entraîne chez certaines chèvres l'apparition d'anticorps qui réduisent, voire neutralisent, les effets d'une nouvelle administration de cette hormone.

Une étude réalisée dans 19 élevages a montré que le moment du début de l'œstrus était affecté par le nombre de traitements reçus au préalable par les femelles (Baril et al 1993). Chez les chèvres âgées de plus de 3 ans et ayant reçu au moins 3 à 5 traitements (n = 113), la fréquence des venues en chaleur tardives (au-delà de la 30<sup>e</sup> heure après le retrait de l'éponge) est de 31 % alors qu'elle est de 16,7 % chez les chèvres de même âge mais ayant reçu moins de 3 traitements (n = 203). De plus, suite à l'IA réalisée à un moment prédéterminé après la fin du traitement hormonal, le taux de mise bas des femelles venues en œstrus plus de 30 heures après la fin du traitement (33 %, n = 108), est inférieur (P < 0,01) à celui observé chez les chèvres venues en œstrus avant 30 heures (65 %, n = 520, figure 4). Le retard de l'apparition de l'œstrus est associé à un retard du pic préovulatoire de LH (Maurel et al 1992).

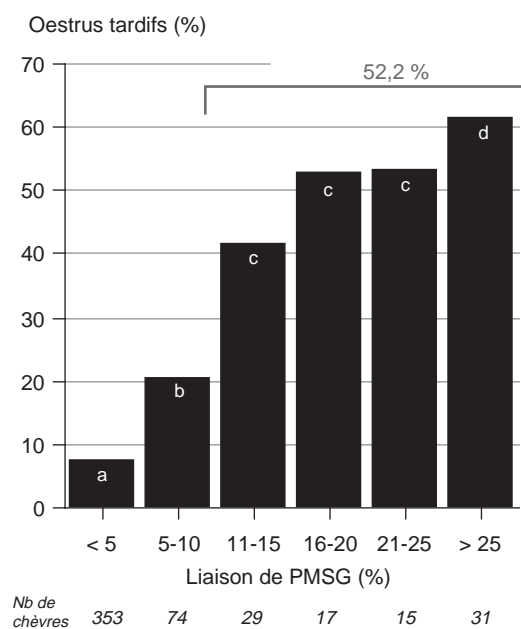
L'immunisation de certaines chèvres contre la PMSG, consécutive à son utilisation répétée, semble être la principale explication à l'apparition des œstrus tardifs. En effet, la présence d'anticorps anti-PMSG augmente avec la répétition des traitements et, pour les chèvres ayant un taux de liaison de PMSG supérieur à 5 % (n = 166) avant traitement hormonal, 37,9 % présentent un œstrus tardif, contre 7,4 % seulement pour les femelles dont le taux de liaison de PMSG est inférieur à 5 % (Baril et al 1996, figure 5). Le taux de

**La répétition de traitements hormonaux peut provoquer l'apparition d'anticorps anti-PMSG qui entraînent une ovulation plus tardive et une baisse de fertilité par augmentation de l'intervalle IA-ovulation.**

**Figure 4.** Fertilité (pourcentage de chèvres mettant bas) après IA selon l'intervalle entre le retrait de l'éponge vaginale et le début de l'œstrus. a1 vs b et a2 vs c : P < 0,01 - a2 vs d : P < 0,05



**Figure 5.** Taux de liaison de la PMSG (voir texte) au moment de la pose de l'éponge vaginale et pourcentage d'œstrus tardifs. a vs b et b vs d :  $P < 0,01$  - b vs c :  $P < 0,05$



liaison de PMSG (déterminé par dosage RIA), permet d'évaluer la capacité du sérum à inhiber l'activité biologique de la gonadotrophine injectée (Baril *et al* 1992). Il a été démontré que l'augmentation de ce taux de liaison est due à l'apparition d'anticorps anti-PMSG consécutif à l'administration répétée de cette gonadotrophine (Maurel *et al* 1994).

Actuellement, en l'absence d'alternative à l'utilisation de la PMSG et pour limiter les échecs de fertilité liés à ce problème, il est recommandé aux éleveurs de ne traiter les chèvres qu'une seule fois par an, et de pratiquer une détection d'œstrus 30 heures après la fin du traitement hormonal pour écarter de la mise à la reproduction les femelles qui ne sont pas en œstrus lors de cette détection.

### e / La parité des femelles inséminées

L'IA des chèvres nullipares est peu développée en France malgré l'intérêt génétique potentiel qu'il y aurait à inclure ces animaux dans le renouvellement des troupeaux.

Chez la chevrette, l'IA est réalisée le plus souvent en dehors de la saison sexuelle, avant l'installation de la cyclicité. Le taux de fertilité après IA demeure faible et inférieur à ceux obtenus chez la chèvre adulte (Lebœuf 1992). Les causes d'échecs de la fertilité après IA sont en cours d'étude. Elles peuvent être liées aux conditions d'élevage (âge au sevrage, vitesse de croissance, état d'engraissement, âge à la mise à la reproduction, etc.).

La fertilité après IA tend à s'améliorer pour les chevrettes de race Alpine âgées de plus de 240 jours au moment de l'IA, quel que soit le poids corporel (tableau 1).

**Tableau 1.** Taux de fertilité (expulsions constatées = mise bas + avortements) des chevrettes Alpines et Saanen en fonction de leur âge et de leur poids au moment de l'IA.

Age (j)	Poids (kg)	Alpine	Saanen
< 240	24 - 32	54,3 % (127)	37,1 % (70)
< 240	33 - 50	51,3 % (113)	36,5 % (63)
≥ 240	24 - 32	65,3 % (95)	44,1 % (34)
≥ 240	33 - 50	61,2 % (134)	53,6 % (112)
Total*		57,8 % (469)	44,4 % (279)

\* Ecart entre les races significatif à  $P < 0,06$ .

( ) nombre de femelles.

## 3 / Contribution de l'IA au programme d'amélioration génétique

L'insémination artificielle est un outil puissant pour adapter la production à la demande du marché. Deux centres d'IA, celui de l'INRA à Rouillé et celui de la structure professionnelle Capri-IA, regroupent tous les boucs, les jeunes en testage et les adultes « améliorateurs », dans des conditions très contrôlées aux plans sanitaire et zootechnique. Les mesures sanitaires en vigueur pour la rentrée des mâles reproducteurs en Centre de Production de Semence et leur suivi sanitaire régulier au cours de leur carrière diminuent considérablement les risques de dissémination des maladies infectieuses. Cependant des recherches complémentaires sur ce sujet sont encore nécessaires pour connaître les risques réels de transmission par le sperme de certaines maladies comme le CAEV. Aujourd'hui l'amélioration génétique de la production laitière en quantité et qualité est la principale justification de l'utilisation de l'IA, qui permet de produire beaucoup de descendants par mâle dans des environnements variés. Cette possibilité offerte par l'insémination artificielle permet la création et la diffusion du progrès génétique ainsi que l'introduction des techniques récentes de génétique moléculaire dans les schémas de sélection.

La population de chèvres en France (environ 1 million de têtes) représente 9 % du troupeau européen et 28 % de la production de lait de chèvre en Europe (Le Jaouen et Toussaint 1993). Le nombre de chèvres soumises au contrôle laitier officiel est de 250 000, réparties dans 2 500 élevages, avec 2 races dominantes, l'Alpine (52 %) et la Saanen (42 %) (Sigwald 1996). Pour ces 2 races, l'objectif est la production de lait pour la transformation fromagère. Cela a conduit l'association des sélectionneurs français Caprigène-France à adopter comme principaux critères de sélection le taux protéique (TP) et la quantité de protéines (MP) par lactation. Les reproducteurs sont évalués par utilisation d'un modèle animal unicaractère (Boichard *et al* 1992) et les résultats sont combinés dans un index global  $I = MP + 0,4 ITP$  (Piacère *et al* 1997). Pour les deux races, le schéma de sélection inclut la

sélection des meilleurs boucs et chèvres comme parents des futurs boucs d'IA, les accouplements raisonnés (par IA) entre ces reproducteurs, puis la présélection des jeunes boucs sur leur génotype pour le locus de la caséine alpha S1, et enfin l'évaluation sur descendance de ces mâles.

### 3.1 / Evaluation génétique

Depuis 1992, les reproducteurs sont évalués par le modèle animal BLUP (Boichard *et al* 1992). Cette approche statistique donne en théorie des prédictions non biaisées des valeurs génétiques, mais des biais peuvent se produire en pratique quand les données ne sont pas ou sont insuffisamment connectées entre élevages. La déconnexion induit une confusion entre les effets génétiques et les effets dus à l'environnement, nommés effets troupeaux. L'IA apporte une importante contribution aux schémas de sélection par la création de connexions entre les troupeaux, grâce à la procréation de nombreuses demi-sœurs de père dans les différents élevages qui participent au programme d'évaluation des boucs. La saillie naturelle par l'utilisation planifiée des mêmes boucs dans différents troupeaux pourrait assurer des connexions génétiques, mais avec un coût, une difficulté de mise en œuvre et des risques sanitaires beaucoup plus élevés. Les échanges commerciaux d'animaux entre élevages ne sont pas suffisants pour établir une connexion efficace dans la plupart des situations.

### 3.2 / Sélection des boucs sur index de valeur laitière

Chaque année, environ 30 à 40 jeunes mâles par race sont soumis au testage sur descendance. Leur diffusion par IA permet une répartition de la semence des jeunes mâles en testage dans un grand nombre d'élevages ainsi que la procréation d'un nombre suffisant de descendantes par mâle. L'estimation de leurs valeurs génétiques est basée sur les performances d'environ 40 filles dans un minimum de 10 élevages connectés. Les animaux apparentés sont aussi pris en compte dans le calcul de la valeur génétique par le modèle animal. A l'issue de ce testage, les meilleurs mâles sur l'index global sont agréés pour une utilisation en tant que boucs améliorateurs, et leur semence sera proposée aux éleveurs, tant qu'un stock existe et que leurs index (qui sont réévalués deux fois par an) restent d'un niveau intéressant.

La moitié environ des boucs d'IA (les meilleurs sur index global) sera utilisée en outre comme pères à boucs pour procréer la génération suivante des mâles d'IA.

### 3.3 / Sélection des chèvres

Les mères à boucs (environ 400 femelles par race et par an) sont choisies dans la base de sélection. Celle-ci est constituée de l'ensemble des troupeaux qui adhèrent au Contrôle de performance officiel et qui sont connectés

grâce à la présence d'au moins 20 % de filles d'insémination dans leur effectif. Actuellement, la base de sélection compte plus de 600 troupeaux de races Alpine et/ou Saanen. Dans ces troupeaux les meilleures femelles sur l'index combiné sont repérées, et si possible inséminées avec la semence des mâles retenus comme pères à boucs.

### 3.4 / Plans d'accouplements

La mise en place des plans d'accouplement est facilitée par l'utilisation de la semence congelée qui permet le choix du père à bouc qu'il soit mort ou vivant, quelle que soit la région où sont situées les mères à boucs. Les accouplements entre les pères à bouc et les mères à bouc sont traditionnellement déterminés en tenant compte des liens de parentés pour éviter la consanguinité.

Depuis environ 10 ans, tous les boucs sont typés pour le gène de la caséine alpha S1 et une partie des femelles sont typées depuis 1995. Ainsi, depuis 1996, les plans d'accouplements tiennent compte également des génotypes au locus de la caséine alpha S1 des pères et mères à boucs. Les génotypes AA à ce locus, dits « forts », surpassent les génotypes FF dits « faibles » en termes de quantité de protéines et de taux de protéines (+ 16 % pour la quantité de protéines, Mahé *et al* 1993, Barbieri *et al* 1995) et en termes de rendement en fromage (+ 18 %, Vassal et Manfredi 1994). La forte influence de ce gène sur les performances des femelles se traduit dans les index génétiques des mâles et par la faible proportion de mâles conservés à l'issue du testage dans le groupe de ceux porteurs des allèles faibles (Manfredi *et al* 1995). Aussi les plans d'accouplements sont orientés pour éviter la procréation de jeunes mâles FF, particulièrement en race Alpine dans laquelle cet allèle n'a plus qu'une fréquence minimale (Manfredi *et al* 1994, Piacère *et al* 1997).

### 3.5 / Présélection génotypique des jeunes mâles

En pratique, en dépit de l'introduction d'informations génotypiques dans les plans d'accouplement, certains accouplements entre parents hétérozygotes donnent des fils de différents génotypes de caséine alpha S1, par exemple AFxAF → fils AA, AF et FF. Une sélection génotypique intra-famille est pratiquée pour éviter la mise en testage de mâles de génotypes défavorables, et ceci sans altération du contexte polygénique.

D'une manière générale, lorsque des gènes majeurs sont identifiés et les techniques de typage génotypique disponibles, l'IA permet la mise en place rapide de plans d'accouplement spécifiques ou la production de gamètes de mâles particuliers.

### 3.6 / Diffusion de l'amélioration génétique

Les cinq stades décrits ci-dessus représentent une part importante de la création du

**Dans les races Alpine et Saanen, les reproducteurs sont sélectionnés sur la quantité de protéines sécrétées et le taux protéique par lactation. Depuis plusieurs années, ils sont également typés pour le gène de la caséine alpha S1.**



progrès génétique. Une autre priorité de Caprigène est d'améliorer la diffusion du progrès génétique, du noyau de sélection vers la totalité de la population de chèvres laitières. Bien que cela puisse être partiellement réalisé par saillie naturelle, l'IA permet de diffuser plus rapidement le progrès génétique vers le reste des élevages du contrôle laitier. Pour cela il est important de faire la démonstration de la contribution économique apportée par la génétique aux éleveurs laitiers. La supériorité des troupeaux du noyau de sélection sur les autres troupeaux du contrôle laitier est évaluée à + 81 kg, + 1 g/kg et + 0,6 g/kg pour la quantité de lait, le taux de matières grasses et le taux protéique respectivement (Piacère *et al* 1997). Cette supériorité brute regroupant les aspects génétiques mais aussi des différences de conduites d'élevages entre les deux populations, est confirmée par les données (non publiées) de la station expérimentale de l'INRA de Bourges. Ces résultats indiquent que la supériorité des filles issues d'IA sur leurs contemporaines est de + 89 kg pour le lait, + 1,1 et + 0,4 g/kg pour la matière grasse et la matière protéique, respectivement.

La diffusion du progrès génétique peut être étendue à d'autres populations de chèvres dans d'autres pays, après des précautions d'évaluation du potentiel des races locales et exotiques. Là aussi l'IA est un outil puissant pour un échange de matériel génétique entre les différentes populations de chèvres.

La contribution actuelle de la semence congelée aux programmes de sélection caprins pourra être améliorée à court terme. Les actions de conservation de races incluant la semence et les embryons démarrent chez la chèvre. Il est probable que les programmes de recherche de QTL, c'est-à-dire des régions chromosomiques impliquées dans l'expression des caractères quantitatifs, auront besoin de la constitution de familles informatives de tailles adéquates et dont les individus seront typés à partir d'animaux décédés mais dont la semence est disponible sous forme congelée.

## Conclusion

Des progrès importants ont été réalisés chez la chèvre, pour le contrôle de l'œstrus et de l'ovulation par traitements hormonaux associés à l'IA, et une grande expérience a été acquise dans les méthodes de production et de conservation de la semence.

Les travaux de recherche en cours portent sur des alternatives à la PMSG pour la stimulation ovarienne. Les méthodes de cryoconservation de la semence et d'utilisation de la semence fraîche doivent faire l'objet d'études complémentaires pour augmenter l'efficacité de la production de semence par une réduction du nombre de mâles ou de la proportion d'éjaculats éliminés pour inaptitude à la conservation.

Dans le même temps, des études complémentaires sur les méthodes alternatives au contrôle hormonal de la reproduction, comme les traitements lumineux ou « l'effet mâle », doivent être réalisées pour répondre à des situations particulières où les traitements hormonaux apparaissent non adaptés ou quand les objectifs sont de concilier la reproduction en dehors de la saison sexuelle et l'installation de la cyclicité.

En relation avec le contrôle laitier et le testage sur descendance, l'IA est une méthode essentielle de reproduction pour des objectifs génétiques incluant la création, la diffusion du progrès génétique et la conservation des ressources génétiques. De plus, l'IA restera la méthode de reproduction de choix des futurs programmes génétiques incluant les informations de génétique moléculaire. Des efforts sont encore nécessaires pour améliorer la diffusion du noyau de sélection vers la population de base.

Récemment un Groupe National de Reproduction Caprine a été constitué, incluant tous les partenaires de la filière caprine, notamment Capri-IA, l'Institut de l'élevage, l'UNCEIA, l'INRA, le Contrôle Laitier, Caprigène-France. Les principaux objectifs de ce groupe concernent les aspects appliqués de la maîtrise de la reproduction de la chèvre, principalement l'IA. Son programme de travail est actuellement focalisé sur l'étude des facteurs de variations de la fertilité après IA, afin de faciliter le développement de cette technique.

En ce moment, les perspectives, incluant l'utilisation de l'IA dans les systèmes pastoraux, sont partagées par 4 pays (France, Grèce, Italie et Portugal) regroupés pour joindre leurs efforts dans un projet de programme européen (CRAFT : Cooperative Research Action For Technology).

## Remerciements

Ces études ont bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture et de l'Onilait.

## Références

- Barbieri M.E., Manfredi E., Elsen J.M., Ricordeau G., Bouillon J., Grosclaude F., Mahé M.F., Bibé B., 1995. Effects of the  $\alpha$ s1-casein locus on dairy performances and genetic parameters of Alpine goats. *Genet. Select. Evol.*, 27, 437-450.
- Baril G., Remy B., Vallet J.C., Bekers J.F., 1992. Observations sur l'utilisation de traitements gonadotropes répétées chez la chèvre laitière. *Ann. Zootech.*, 41, 291-296.
- Baril G., Lebœuf B., Saumande J., 1993. Synchronization of estrus in goats : the relationship between time of occurrence of estrus and fertility following Artificial Insemination. *Theriogenology*, 40, 621-628.
- Baril G., Remy B., Lebœuf B., Bekers J.F., Saumande J., 1996. Synchronization of estrus in goats : The relationship between eCG binding in plasma, time of occurrence of estrus and fertility following Artificial Insemination. *Theriogenology*, 45, 1553-1559.
- Boichard D., Manfredi E., Bonaïti B., 1992. Amélioration génétique de l'espèce caprine. Colloque production caprine, Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres, Niort, 29 avril 1992, 1-10.
- Capri-IA, 1997. Assemblée générale ordinaire du 13 juin 1997. Les touches, 86600 Mignaloux-Beauvoir, France.
- Chemineau P., 1989. Le saisonnement de la reproduction des caprins des zones tempérées et des zones tropicales. *Bull. Tech. Ovin et Caprin*, 27, 43-51.
- Chemineau P., Daveau A., Maurice F., Delgadillo J.A., 1992. Seasonality of œstrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rum. Res.*, 8, 299-312.
- Corteel J.M., 1974. Viabilité des spermatozoïdes de boucs conservés congelés avec ou sans leur plasma séminal. Effet du glucose. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 14, 741-745.
- Corteel J.M., Lebœuf B., 1990. Evolution technico-économique de l'insémination artificielle caprine. *Elevage et Insémination*, 237, 3-17.
- Corteel J.M., Mauléon P., Thimonier J., Ortavant R., 1968. Recherches expérimentales de gestations synchrones avant le début de la saison sexuelle de la chèvre après administration vaginale d'acétate de fluorogestone et injection intramusculaire de PMSG. 6th International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination, 22-26 Juillet 1968, Paris (France), 2, 1411-1412.
- Corteel J.M., Baril G., Lebœuf B., 1987. Development and application of Artificial Insemination with deep frozen semen and out-of season breeding of goats in France. *Proceedings 1vth Intern. Conf. on Goats*. Brasilia, Brasil, March 9-13, vol 1, 523-547.
- Corteel J.M., Lebœuf B., Baril G., 1988. Artificial breeding of adult goat and kids induced with hormones to ovulate outside the breeding season. *Small Rum. Res.*, 1, 19-35.
- Corteel J.M., Lebœuf B., Broqua B., 1993. Identification de facteurs favorables à la fertilité des chèvres inséminées au cours d'un œstrus induit par voie hormonale. Colloque production Caprine, Niort, 6 mai 1993. Chambre d'agriculture des Deux Sèvres, p E1-E10.
- Delgadillo J.A., Lebœuf B., Chemineau P., 1991. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilising ability by photoperiodic cycles in goats bucks. *Small Rum. Res.*, 9, 47-59.
- Lebœuf B., 1992. Extensive application of Artificial Insemination in goats. *Proceedings Vth International Conference on Goats*, New-Delhi, India, Vol II, part II, 298-308.
- Lebœuf B., Renaud G., De Fontaubert Y., Broqua B., Chemineau P., 1994. Echographie et pseudogestation chez la chèvre. 7th Inter. Meeting on Animal Reprod. Murcia, Espagne, 6-9 juillet 1994, 251-255.
- Lebœuf B., Bernelas D., Pougard J.L., Baril G., Maurel M.C., Boué P., Terqui M., 1996. Ovulation time after progestagen/PMSG treatment in Alpine and Saanen goats. VIth Interna. Conf. on Goats, Beijing, China, 2-7 May 1996, Vol 2, 828-829.
- Le Jaouen J.C., Toussaint G., 1993. Le lait de chèvre en Europe. *Lait*, 73, 407-415.
- Mahé M.F., Manfredi E., Ricordeau G., Piacère A., Grosclaude G., 1993. Effets du polymorphisme de la caséine  $\alpha$ s1 caprine sur les performances laitières : analyse intra-descendance de boucs de race Alpine. *Genet. Sel. Evol.*, 26, 151-157.
- Manfredi E., Ricordeau G., Barbieri M.E., Amigues Y., Bibé B., 1994. Genotype at the  $\alpha$ s1-casein locus and selection of bucks on progeny test in the Alpine and Saanen breeds. *Genet. Sel. Evol.*, 27, 451-458.
- Manfredi E., Ricordeau G., Mahé M.F., Leroux C., Elsen J.M., Martin P., Grosclaude F., 1995. Importance of the  $\alpha$ s1-casein polymorphism in dairy goat genetics. 45th Annual Meeting, EAAP, Prague, 48.
- Maurel M.C., Lebœuf B., Baril G., Bernelas D., 1992. Determination of the preovulatory LH peak in dairy goats using an ELISA kit on farm. 8th Scientific Meeting of AETE, Lyon, 11-12 sept. 1992, 126.
- Maurel M.C., Figueiredo-Freitas V.J., Remy B., Bekers J.F., Baril G., Lebœuf B., Combarnous Y., 1994. Mise au point d'un kit de dosage rapide d'anticorps anti-PMSG apparaissant chez la chèvre après traitement d'induction de l'œstrus. Journée d'information CRITT-ISIS, 7 juin 1994, Tours, France, 21-24.
- Pelletier J., Chemineau P., Delgadillo J.A., 1988. Seasonality of sexual activity and its photoperiodic control in the adult ram and he-goat. *Proc. 11th Int. Cong. Anim. Reprod. A. I.*, 25-30 June 1988, Dublin, Vol 5, p 211-219.
- Pellicer M.T., 1996. Conservacion del semen caprino. Interraccion entre la secrecion bulbouretral y el diluyente leche : identificacion y mecanismo de accion de los componentes implicados en el deterioro espermatico. These Doctorat, Universidad de Murcia, 200 p.
- Piacère A., Bouloc-Duval N., Sigwald J.P., Larzul C., Manfredi E., 1997. Utilisation de l'index combiné caprin et du polymorphisme de la caséine alpha s1 dans le schéma de sélection caprin. *Renc. Rech. Ruminants*, 4, 187-190.
- Pieterse M.C., Taverne M.A.N., 1986. Hydrometra in goats diagnosis with real time ultrasound and treatment with prostaglandin or oxytocin. *Theriogenology*, 26, 813-821.
- Quinlivan T.D., Robinson J.J., 1969. Numbers of spermatozoa in the genital tract after Artificial Inse-

mination of progestagen treated ewes. J. Reprod. Fert., 19, 73-86.

Sigwald J.P., 1996. Résultats de contrôle laitier en espèce caprine. Institut de l'Élevage, Paris, France, 3-11.

Vassal L., Manfredi E., 1994. Sélection génétique, rendement et qualité organoleptique. In : Fromagera IV, Tradition et Modernité, 4<sup>e</sup> Rencontre Internationale, St-Maure-de-Touraine, Sélection génétique, rendement et qualité organoleptique, 3 à 5 juin 1994.

---

## Abstract

---

### *Artificial insemination and breeding in the goat in France.*

In France, goat artificial insemination (AI) plays an important role in the milk intensive production system to control reproduction and, in conjunction with progeny testing, to improve milk production. About 60 000 goats were inseminated in 1996 with deep frozen semen after induction of oestrus and ovulation by hormonal treatment. 95 % of AI was performed before the sexual season. Efficiency of this method was about 65 % of kidding rate. In 1996, 290 000 lactating goats were officially recorded. The selection schema, aiming to improve protein yield and protein content, benefits from an AI young buck sampling program. AI allows higher selection intensities for male selec-

tion, adequate genetic evaluations through genetically connected herds, and monitoring and selection of bucks for major genes like the alpha s1-casein gene. In order to further develop AI, a cooperative action between the partners of the dairy goat industry (research, agricultural extension and farmer organizations) is operating since 1992 to reduce the variability of fertility rates. This program includes improvement of the control of reproduction by hormonal treatments, AI conditions, embryonic mortality and pseudopregnancy.

Lebœuf B., Manfredi E., Boue P., Piacère A., Brice G., Baril G., Broqua C., Humblot P., Terqui M., 1998. L'insémination artificielle et l'amélioration génétique chez la chèvre laitière en France. INRA Prod. Anim., 11, 171-181.