

## Lait de chèvre en Europe

# État des recherches sur le lait de chèvre en France

G Ricordeau

Département de génétique animale, INRA, Saga-Auzeville, BP 27,  
31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

**Résumé** — Avec un effectif de 960 000 chèvres, la production laitière totale est de 450 millions de litres, dont 58% de collecte industrielle, soit 39 000 t de fromages laitiers (industrie) et 17 000 t de fromages fermiers. En 1992, les performances des 236 000 chèvres au contrôle laitier (100 chèvres par élevage) étaient de 681 kg de lait, avec un taux de protéines vrai de 29,0 g/kg et un taux butyreux de 33,5 g. Les recherches réalisées ces 10 dernières années ont permis d'acquérir des connaissances techniques et scientifiques importantes. Le lait de chèvre présente des particularités par rapport au lait de vache : pourcentage plus élevé d'azote non protéique, proportion plus faible de protéines coagulables, grande variabilité des caractéristiques physico-chimiques des laits et de leur aptitude à la coagulation, sensibilité aux traitements thermiques, système lipolytique différent. La découverte de nouvelles techniques – ultrafiltration et microfiltration – et leur adaptation au lait de chèvre, offre de nombreuses possibilités en transformation et report. La découverte du polymorphisme génétique de la caséine  $\alpha_{s1}$  montre qu'il n'existe pas un lait de chèvre, mais des laits génétiquement différents, ayant leurs caractéristiques propres. Les recherches en reproduction, amélioration génétique et pathologie ont permis d'avancer la saison sexuelle (donc d'étaler la production), d'améliorer l'efficacité du schéma de sélection et d'augmenter le taux de protéines vrai (gain de 2 g/kg de 1985 à 1992), de proposer des solutions contre la brucellose, la chlamydie, la mammite à lentivirus et la qualité des laits. Tous ces acquis ont été possibles grâce aux recherches fondamentales, aux concertations pluridisciplinaires et aux actions d'interface recherche-industrie.

lait de chèvre / technologie / génétique / France

**Summary** — Current status of research on goat's milk in France. Total national goat milk production is 450 million l. 58% of the total production is bought by the industry to produce 39 000 tons of cheese while farmers produce 17 000 tons of cheese. In 1992, the dairy performances of the 236 000 recorded milk goats (100 goats per herd) were: 681 kg of milk with a true protein content of 29 g per kg and a fat content of 33.5 g per kg. Research during the last 10 years has led to important new technical and scientific knowledge. Goat's milk is different from cow's milk: a higher percentage of non-protein nitrogen, a smaller proportion of coagulable proteins, a higher variability of physical and chemical properties and coagulability, a lower heat stability and a different lipolysis system. New techniques such as membrane ultrafiltration and microfiltration, adapted to goat milk, offer new possibilities for industrial transformation. Results on the genetic polymorphism of the  $\alpha_{s1}$ -casein indicate that there is not a single goat milk but several milks of different genotypes. Research on reproduction, animal genetics and pathology have led to: 1) an early reproductive season in order to spread milk production across the year; 2) a more efficient selection scheme with a positive trend of the true protein content (gain of 2 g per kg from 1985 to 1992); and 3) improved

*health policies against brucellosis, chlamydiosis, mastitis and milk quality. All these advances were possible thanks to basic research, multidisciplinary cooperation and symbiosis between research and industry.*

**goat milk / technology / genetics / France**

## FILIÈRE CAPRINE

### **Présentation (G Jaubert, ITPLC)**

La production totale française de lait de chèvre est évaluée à 450 millions de litres (2% de la production nationale de lait), dont 260 de collecte industrielle (58%), 160 de transformation fermière, le reste en consommation de chevreaux et divers. Bien que l'élevage caprin estimé à 960 000 chèvres soit réparti dans plus de 12 régions, 60% de la production est concentrée dans 3 régions : Poitou-Charentes, Rhône-Alpes et Centre. La quasi-totalité des laiteries industrielles de grande taille est mixte. Sur 90 fromageries caprines, 6 collectent plus de 20 millions de litres, dont 2 plus de 50 millions de litres. La valorisation du lait de chèvre est presque exclusivement fromagère. La majorité des fromages (91%) sont «pur chèvre» le reste (9%) étant «mi-chèvre» (mélange vache et chèvre). La production fromagère était en 1991 de 56 000 t, dont 39 000 de fromages laitiers (industrie) et 17 000 de fermiers. Les fromages fabriqués sont de type lactique (90%) et pâte molle (10%). Ils constituent un produit de grande consommation, puisque 65% des ménages (13 millions) en sont consommateurs.

### **Races et performances (JP Sigwald, Institut de l'élevage)**

En 1992, le contrôle laitier caprin comptait 236 000 chèvres dans 2 374 troupeaux

(soit 100 chèvres en lait par troupeau) avec les performances moyennes suivantes : 681 kg de lait ; taux de protéines vrai (TP) de 29,0 g/kg et taux butyreux (TB) de 33,5 g. *Races* : Alpine (127 000) : 665 kg ; 29,4 g et 34,5 g ; Saanen (96 160) : 709 kg ; 28,6 g et 32,1 g ; Poitevine (440) : 478 kg ; 30,1 g et 36,7 g ; Croisées (12 400).

## RECHERCHES DES DIFFÉRENTES ÉQUIPES

### **Historique**

Les recherches INRA sur la chèvre se sont développées à partir de 1955 dans les principales disciplines (Ricordeau, 1969 et 1970). Jusqu'en 1981, elles ont préparé les orientations que l'on retrouve ces 10 dernières années.

En technologie laitière, ce sont toutes les études animées par G Mocquot, avec ses équipes de Jouy-en-Josas, Surgères, Rennes, Poligny, puis Grignon. Dès 1961, Vassal participe à la mise à l'épreuve du filtre Berge pour la fabrication des fromages à pâte fraîche. Le laboratoire INRA de technologie laitière de Surgères, qui fonctionne de 1965 à 1973 (Portmann *et al*) étudie la valeur fromagère des laits, les techniques de report sous forme de caillé acide congelé (résultats néfastes dus à l'oxydation de la matière grasse) et met au point une méthode électrophorétique de détection de la présence de lait de vache dans les fromages de lait de chèvre.

À Rennes, Maubois, Mocquot et Vassal, font breveter en 1969 le procédé d'ultrafiltration qui sera adapté à la fromagerie de chèvre dès 1972-1973 au laboratoire de Surgères, puis de 1973 à 1975, au laboratoire de technologie laitière de Rennes, avec notamment une étude du report de lait de chèvre sous forme de préfromage congelé (A Pierre). En effet, le pH élevé supprime les défauts d'oxydation qui ne sont plus détectés après 8 mois de conservation. Cette forme de report est maintenant généralisée, à l'état de préfromage ou de préfromage concentré par évaporation (procédé Pannetier). En 1977, c'est l'étude physico-chimique des rétentats d'ultrafiltration de lait de chèvre et de la dénaturation thermique (A Pierre).

De 1963 à 1968, les mesures que nous avons réalisées avec G Mocquot et Bouillon dans 2 laiteries, et celles de Portmann *et al* (1968) à Surgères, permettent d'estimer les premières équations de rendement du lait en fromage, de confirmer l'influence prépondérante de la richesse en protéines<sup>1</sup>, et de mettre en évidence le faible taux de matières azotées coagulables (69,5% avec un TP vrai de 26,2 g/kg). Ce taux est peu variable, mais très héréditaire, d'où l'hypothèse d'un déterminisme à effet majeur (Ricordeau et Bouillon, 1971) qui sera vérifiée en 1984 avec la découverte du polymorphisme de la caséine  $\alpha_{s1}$ . À titre indicatif, en comparant les taux de matières azotées coagulables obtenus en 1969-1970 à ceux enregistrés 20 ans plus tard avec des laits homozygotes A, E et F par Remeuf et Vassal, nous pouvons estimer *a posteriori* que les chèvres nées avant 1970 devaient être majoritairement porteuses d'allèles faibles ou nuls en caséine  $\alpha_{s1}$ .

Très tôt également, la station expérimentale de Poligny (Blanc-Patin, puis Grappin et Jeunet, 1979) prend en charge le contrôle de la composition et de la qualité des laits, au niveau des méthodes et des appareils automatiques de mesure. Cette mission est toujours assurée actuellement au bénéfice des laboratoires de contrôle et des industriels, dans le cadre du centre d'études et de contrôle des analyses en industrie laitière.

### **Recherches réalisées ces 10 dernières années (1981-1992)**

#### **Fractions azotées et caractéristiques physico-chimiques des laits**

Tout d'abord, Grappin *et al* (1981 : INRA et association centrale des laiteries coopératives des Charentes et du Poitou), ressentant le besoin d'un contrôle régulier de la composition du lait livré, analysent les fractions azotées de 43 élevages de la région Poitou-Charentes en 1978-1979. Leurs résultats confirment la faible aptitude fromagère du lait de chèvre : un pourcentage plus élevé d'azote non protéique (8,7% des matières azotées (MAT) contre 5,2% dans le lait de vache) et un pourcentage plus faible de protéines coagulables ou de caséines (respectivement 70,9 et 75,6% contre 73 et 78% pour le lait de vache). Compte tenu du pourcentage élevé d'azote non protéique, dont près de la moitié est constituée par l'urée, Grappin constate qu'il est tout à fait logique de contrôler et payer le lait de chèvre sur la base du TP vrai à la place du taux de MAT. Ce passage au TP vrai aura lieu le 1<sup>er</sup> novembre 1981 (pour les laboratoires et le contrôle laitier), ce qui entraîne une diminution de 2,6 g/kg dans l'expression de la richesse en protéines, décision qui explique probablement «l'impression de chute accélérée»

<sup>1</sup> Ce résultat a contribué au choix de la quantité de matière protéique comme critère de sélection dès 1966.

des taux de protéines à la production à cette époque.

Dès 1984, Remeuf *et al* (1989) apportent une contribution originale à la connaissance du lait de chèvre en tant que matière première de fromagerie, en analysant les caractéristiques physico-chimiques des laits et leur aptitude à la coagulation par la présure, notamment en soulignant l'importance du diamètre des micelles sur le comportement du lait à la coagulation lactique ou présure, et en mettant en évidence une variabilité individuelle importante dans la sensibilité aux traitements thermiques et la sensibilité à la lipolyse. Ces recherches sont complétées par l'étude de la microflore d'affinage (Nahabieh et Schmidt, 1990). Plus récemment, en étudiant la micelle de caséine caprine, et ses modifications, en approche dynamique, A Jaubert (1992) a confirmé que la micelle caprine était plus grosse que la micelle bovine, plus minéralisée et moins hydratée, mais manifestait un comportement similaire. Elle a également mis au point une méthode d'analyse rapide des caséines (utilisable pour les laits individuels et de mélange) qui permet aussi de distinguer les allèles des caséines  $\alpha_{s1}$  et  $\alpha_{s2}$  (Jaubert et Martin, 1992). En ce qui concerne la stabilité thermique, Ponnelle et Barbaroux (ITPLC) sont à l'origine en 1984-85, de la mise au point du premier lait de chèvre UHT (grâce à l'utilisation de phosphate disodique autorisé depuis mai 1992), dont l'exploitation industrielle a été réalisée en 1988 par l'ITPLC, pour le groupe Lescure-Bourgon. Cette mise au point constitue une innovation importante. L'activité lipolytique du lait de chèvre, mise en évidence par Chilliard et Fehr (1976) a une particularité. Alors que dans le lait de vache la lipase naturelle (lipoprotéine-lipase, LPL) est liée aux micelles de caséines, dans le lait de chèvre, environ 45% de la LPL est liée à la crème (Chilliard *et al*, 1984), et l'on observe,

contrairement à la vache, une bonne corrélation entre la lipolyse spontanée et la quantité de LPL présente dans le lait (Chilliard *et al*, 1981). Il en résulte que, chez la chèvre, la lipolyse spontanée et l'activité LPL du lait évoluent dans le même sens sous l'effet des facteurs physiologiques et nutritionnels (Chilliard, 1982). Il est probable que la lipolyse favorise l'apparition d'acides gras libres et contribue ainsi au développement du goût de chèvre.

### Nouvelles technologies

De 1980 à 1990, suite aux travaux de Maubois et de son équipe, on assiste à une généralisation de l'ultrafiltration lors de la transformation de lait de chèvre pour élever le TP vrai des laits de fabrication dont la richesse est insuffisante. Cette technique offre de nombreux avantages, dans la mesure où elle permet une standardisation de la teneur en protéines des laits, une augmentation des rendements, une mécanisation plus poussée, le report de lait sous forme de préfromage congelé, et la possibilité de préparer toute une gamme de nouveaux produits frais. À partir de 1989, en collaboration avec l'ITPLC, ce sera une nouvelle étape, avec la mise au point de la technologie de l'épuration bactérienne du lait de chèvre par microfiltration tangentielle (Jaubert *et al*, 1991) et en 1992, l'étude du report du lait de chèvre sous forme de poudre de rétentats d'ultrafiltration (UF) et de microfiltration (MF).

### Polymorphisme génétique des lacto-protéines

Préparée depuis 1972, la mise en évidence en 1984, par Grosclaude et son équipe, du polymorphisme de la caséine  $\alpha_{s1}$ , explique les variations importantes du taux de synthèse de cette caséine, avec de nombreux allèles dont un nul (Gros-

claude *et al*, 1987). Cette découverte, qui concrétise une somme considérable de recherches sur les caséines, notamment les caséines bovines (Mercier et Grosclaude, 1992) a été à l'origine, à partir de 1987, de 2 actions concertées entre généticiens, technologues et nutritionnistes, pour explorer les différents variants, les mécanismes biochimiques, les méthodes de typages, l'influence des allèles sur les performances de production, les caractéristiques physico-chimiques des laits et leurs aptitudes technologiques, grâce aux chèvres homozygotes A, E et F produites à la Station caprine de Moissac (Lozère) et aux prélèvements de laits réalisés régulièrement depuis 1985 chez les éleveurs du schéma de sélection (voir communications à ces Journées). Elle a également permis d'estimer la fréquence des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  dans les races françaises (Alpine, Saanen, mais aussi Poitevine, Corse et Rove), et nous offre maintenant de nouvelles possibilités de sélection. Une 3<sup>e</sup> action concertée a été décidée par les 2 directions scientifiques de l'INRA concernées (Grosclaude et Adda), afin d'étudier l'origine du goût de chèvre des fromages, ainsi que la valeur nutritionnelle des laits «forts» ou «nuls» en caséine  $\alpha_{s1}$  (8 laboratoires INRA en collaboration). Ce dernier thème est consécutif à une étude de C Février sur la digestibilité du lait de chèvre.

### Étalement de la production laitière

L'industrie laitière caprine doit faire face au problème du saisonnement de la production. D'où les efforts réalisés par les producteurs pour avancer le début de la saison sexuelle, avec dans tous les cas une réponse lente, car ce caractère dépend de beaucoup de facteurs : photopériode, sélection intra-troupeau, alimentation, pratiques des éleveurs pour grouper les œstrus en début de saison ou utiliser une certaine

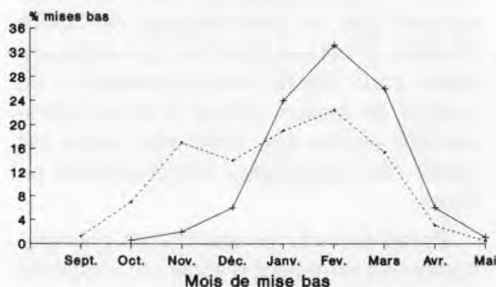
activité sexuelle à contre-saison. Le traitement de synchronisation des œstrus mis au point par les physiologistes de l'INRA (Corteel et Leboeuf) est un outil indispensable pour obtenir des fécondations en avance de saison, même si cette technique doit encore être améliorée, ce qui fait l'objet des recherches fondamentales en cours.

Parallèlement, les traitements photopériodiques permettent d'abolir les variations saisonnières de l'activité sexuelle des boucs d'insémination artificielle (IA), de même que l'utilisation de mélatonine associée à l'effet bouc permet d'induire une cyclicité à contre-saison rendant possible une lutte naturelle de mai-juin (Chemineau *et al*, 1992).

Le recours à l'insémination artificielle a aussi contribué au désaisonnement. Nous savons par exemple que la date du premier œstrus de saison est répétable et héritable, et en corrélation génétique favorable avec la quantité de matière protéique en première lactation (Ricordeau *et al*, 1984). Au total, sur l'ensemble des chèvres au contrôle laitier (primipares et adultes), le pourcentage de mises bas au cours des 3 derniers mois de l'année, est passé de 8% en 1971 à 39% en 1992 (fig 1), avance qui a dû avoir des répercussions sur les livraisons en laiterie.

### Amélioration de la richesse en protéines des laits

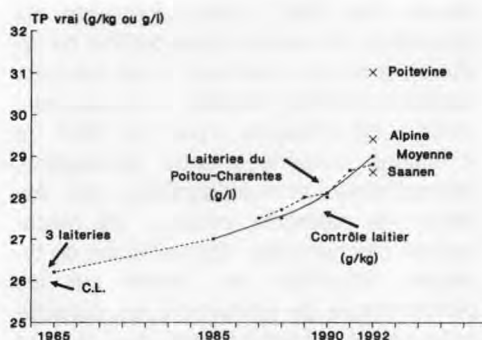
Elle résulte d'une meilleure alimentation (*cf* recherches INRA : Morand-Fehr et Sauviant), mais surtout des efforts de sélection. À partir de 1984, c'est le démarrage du testage en fermes et le développement de l'insémination artificielle (moins de 9 000 avant 1983, 24 000 en 1986, 51 000 en 1989 et 55 000 en 1992, mais toujours près de la moitié des éleveurs au contrôle qui ne font pas appel à l'insémination artifi-



**Fig 1.** Répartition des mises bas des chèvres au contrôle laitier : en 1971 (28 000 chèvres) et 1992 (236 000) : primipares et adultes. — 1971 ; — 1992 ; — 1971.

Répartition of parturition of goats submitted to milk yield recording: in 1971 (28 000 goats) and 1992 (236 000): primiparous and multiparous. — 1971 ; — 1992 ; — 1971.

cielle). Les mères à boucs et les boucs améliorateurs sont choisis selon l'index quantité de matière protéique, parmi les animaux ayant un index TP vrai positif. En effet, les estimations récentes des paramètres génétiques ont montré que la corrélation génétique entre matière protéique et TP était pratiquement nulle (Bouloc, 1991 : thèse qui présente également une analyse approfondie des courbes de lactation et de leur classification). Toutes ces mesures ont entraîné, à partir de 1988, une augmentation de la fréquence des allèles forts de caséine  $\alpha_{s1}$  chez les reproducteurs du schéma de sélection (Ricordeau, Grosclaude *et al*, 1993, résultats non publiés), ainsi qu'une augmentation du TP vrai des filles d'IA. D'après les bilans annuels du contrôle laitier (Sigwald et Lequenne), le TP vrai (en teneur moyenne pondérée par lactation) a augmenté de 1 g/kg de 1965 à 1985 et de 2 g entre 1985 et 1992 (fig 2). Il y a donc bien eu une augmentation nette de la richesse en pro-



**Fig 2.** Évolution du taux de protéines vrai. — Moyennes pondérées par lactation des chèvres au contrôle laitier en g/kg (d'après JP Sigwald, CR annuels) ; — moyennes pondérées annuelles des laiteries de Poitou-Charentes en g/l (4 à 5 000 producteurs) : données du laboratoire interprofessionnel de Surgères (d'après R Pillet).

Evolution of true protein content. — Mean corrected per lactation of goats submitted to milk yield recording (g/kg) (from JP Sigwald, annual reports) ; — corrected annual mean (in g/l) of dairy plants from Poitou-Charentes area (between 4 000 and 5 000 producers): data from Interprofessionnal Laboratory of Surgères (from R Pillet).

téines, contrairement à l'opinion selon laquelle cette richesse ne cesse de se dégrader. En un mot, on peut dire que depuis 1982, le TP vrai a presque récupéré les 2,6 g d'azote non protéique perdus lors du passage du taux de MAT au TP vrai.

### Amélioration de la qualité des laits et des fromages

La qualité des laits dépend des conditions de traite et de conservation, mais aussi de la maîtrise de l'état sanitaire. D'où l'intérêt des recherches réalisées au département de pathologie de l'INRA, pour limiter au minimum les avortements (vaccins contre la

brucellose et la chlamydie), mais aussi pour réussir la lutte contre la mammites à lentivirus (dont les lésions mammaires affectent toujours la production laitière) et contrôler la qualité sanitaire du lait, notamment grâce aux comptages des cellules somatiques qui font l'objet de recherches concertées entre l'INRA, la station régionale caprine et plusieurs autres partenaires.

Dans le domaine de la valorisation et de la conservation du patrimoine fromager corse, de précieuses observations ont été effectuées par le laboratoire INRA de Corte (Prost et Vallerand) en collaboration avec G Mocquot et Vassal. Par exemple, l'utilisation chez plusieurs producteurs fermiers d'un levain lactique actif et régulièrement contrôlé du point de vue de sa résistance aux bactériophages, a permis d'obtenir depuis 1983 une fabrication régulière de fromages de bonne qualité (Vassal *et al*, 1987).

## CONCLUSION

Cet inventaire des recherches sur le lait de chèvre en France, même limité aux aspects appliqués à caractère technologique, démontre clairement l'importance de nos connaissances techniques et scientifiques sur le lait et les produits caprins. Les découvertes, par l'INRA, des procédés d'ultrafiltration et de microfiltration, et des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  qui ont un effet direct sur le TP, constituent des percées technologiques majeures, en ce sens qu'elles révolutionnent la manière d'utiliser le lait (et de l'épurer) et notre connaissance des lactoprotéines (et de leurs caractéristiques physico-chimiques). En particulier, l'apport de la génétique sera déterminant pour l'avenir, car elle nous donne, dès maintenant, la possibilité de fabriquer des laits génétiquement différents (et de typer pré-

cocement les reproducteurs des 2 sexes) et nous permet d'imaginer de nouveaux laits que nous pourrions réaliser grâce au génie génétique. Le fait de ne plus raisonner sur un seul lait, mais sur des laits génétiquement différents, ouvre incontestablement de nouvelles possibilités de concertation entre disciplines, technologie laitière, génétique, nutrition, physiologie de la fonction mammaire... S'il y a eu ces 10 ou 15 dernières années, une accélération des connaissances sur le lait de chèvre, il faut s'attendre à de nouveaux résultats dans l'avenir, car ces recherches sont en pleine croissance. Mais il est sûr qu'elles ne progresseront que grâce aux recherches fondamentales avec des équipes de pointe, grâce à une concertation pluridisciplinaire toujours plus étroite au niveau des projets de recherche, et grâce à des organismes comme l'ITPLC (créé en 1983) dont la mission est de mettre en œuvre ou de coordonner des actions d'expérimentation et de transferts de technologie dans le secteur de la transformation.

En dépit de son importance économique mineure, le lait de chèvre a bénéficié des retombées de recherches sur le lait de vache, mais il a aussi mobilisé de nombreuses équipes pour des recherches spécifiques, du fait de ses caractéristiques originales. Toutes ces recherches bénéficient à la filière dans son ensemble, les producteurs et les transformateurs. Les premiers sont engagés dans un investissement génétique à long terme. Les seconds doivent équilibrer cet effort, en valorisant le lait, et notamment les protéines, à sa juste valeur, et en participant aux projets pour réaliser une véritable synergie recherche-industrie. C'est une question d'équité et d'efficacité.

## REMERCIEMENTS

Beaucoup de ces études ont une caractéristique commune. Elles ont été encouragées et facilitées.

tées par des actions de recherche-développement : Contrats DGRST ; Programmes MRT, AGROBIO : Convention INRA-Région Poitou-Charentes ; crédits ONILAIT ou du ministère de l'Agriculture ; crédits régionaux... Il est incontestable que ces financements ont eu un rôle considérable pour susciter et accélérer les projets, favoriser les concertations et les complémentarités, transformer les acquis des recherches en applications utilisables par les producteurs et transformateurs.

### **ANNEXE Principaux thèmes classés par départements de recherche**

1) Transformations des produits animaux (C Valin) ; 2) microbiologie (SD Ehrlich) ; 3) génétique animale (B Bibé) ; 4) physiologie animale (P Durand) ; 5) pathologie animale (JM Aynaud) ; 6) élevage et nutrition des herbivores (J Robelin).

#### **(1) Station de recherches en technologie et analyses laitières, Poligny (R Grappin)**

Précision et conditions d'utilisation des méthodes de routine pour le contrôle de la composition et de la qualité des laits. Mise au point d'une nouvelle technique de détection du lait de vache dans le fromage de chèvre, par technique immunochimique (en cours).

#### **(1) Laboratoire de technologie alimentaire, Thiverval-Grignon (F Remeuf)**

Qualités technologiques du lait de chèvre. Aptitude à la fabrication des laits fermentés. Stabilité thermique. Sensibilité de la matière grasse à la lipolyse. Microflore des fromages (1984-89). Interactions caséine  $\alpha_{s1}$  alimentation (Remeuf et Sauvant). Influence des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  sur les caractéristiques physico-chimiques des laits et leur aptitude fromagère (Remeuf).

#### **(1) Laboratoire de recherches de technologie laitière, Rennes (JL Maubois)**

Généralisation de l'UF en transformation de lait de chèvre (par dérogation au règlement des AOC, l'utilisation de l'UF est autorisée pour la fabrication de «Picodon de la Drôme»). Mise au point du «Chèvre d'Affinois» avec la fromagerie Guilloteau. Mise au point de nouveaux produits avec divers transformateurs laitiers. Étude de la composition en protéines solubles du lait de chèvre. Adaptation de la technologie de délipidation des lactosérums par agrégation thermocalcique des lipoprotéines, afin d'obtenir une meilleure valorisation des lactosérums de chèvre (en collaboration avec l'ITPLC). Mise au point de la technologie de l'épuration bactérienne par microfiltration tangentielle (1989 ; en collaboration avec l'ITPLC). Étude des propriétés physico-chimiques de la micelle de caséine de chèvre (1989-1992). Influence des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  sur le rendement fromager et les qualités organoleptiques des fromages (Mahaut et Maubois, 1990-1992). Étude du report du lait de chèvre sous forme de poudre de rétentats UF et MF (1992-1993, en collaboration avec l'ITPLC).

#### **(2) Station de recherches laitières, Jouy-en-Josas (L Vassal)**

Influence des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  sur la fabrication des fromages traditionnels. Caractéristiques des fromages affinés.

#### **(1) Laboratoire d'étude des interactions des molécules alimentaires, Nantes (JP Dumont)**

Influence des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  sur les caractéristiques organoleptiques des fromages (1992-1993).

**Projet INRA** : Programme caséine  $\alpha_{s1}$  et goût de chèvre des fromages, valeur nutritionnelle et digestibilité du lait ; 8 laboratoires INRA concernés, dont le laboratoire sur les arômes (P Etievant) à Dijon et la Station de Poligny (R Grappin).

**Institut technique des produits laitiers caprins, Surgères (G Jaubert)**

*Travaux réalisés.* Application de la technique d'UF au lait de chèvre. Standardisation du lait de fromagerie. Concentration du lait en vue de report. Égouttage de lait coagulé et acidifié. Concentration du lactosérum caprin. Application de la technique de MF. Clarification du lactosérum caprin. Concentration et épuration bactérienne du lait de chèvre. Mise au point d'un procédé de fabrication de fromages à pâte fraîche stabilisée. Qualité du lait. Incidence du niveau cellulaire sur les caractéristiques physicochimiques et technologiques des laits. Étude du développement de la flore psychrotrophe dans le lait.

*Travaux en cours.* Étude de nouveaux procédés de report du lait de chèvre (poudre). Fabrication de produits laitiers à partir de lait de chèvre reconstitué. Caractérisation et origine des défauts de flaveur dans les fromages. Incidence de la teneur du lait en cellules somatiques sur la qualité organoleptique des fromages. Valeur fromagère des laits génétiquement différents en caséine  $\alpha_{s1}$  (en collaboration avec l'INRA).

*Projets.* Mise au point d'une méthode d'analyse rapide permettant de mesurer la valeur fromagère d'un lait de troupeau. Études des protéines mineures, de la matière grasse et du goût de chèvre, de la flore microbienne naturelle du lait de chèvre.

**(3) Unité de génétique biochimique et de cytogénétique, Jouy-en-Josas (P Martin et F Grosclaude)**

Étude du polymorphisme des lactoprotéines. Détection et caractérisation des allèles. Analyse structurale et fonctionnelle des gènes. Utilisation de ce polymorphisme pour obtenir des animaux susceptibles d'améliorer les qualités nutritionnelles ou technologiques des laits (projet en collaboration avec le département de

physiologie animale). Déterminisme génétique de la fonction mammaire.

**(3) Station d'amélioration génétique des animaux, Auzeville (E Manfredi)**

Production de lait et composition (polygènes et gènes majeurs). Indexation des reproducteurs. Étude et mise en place d'un contrôle laitier allégé en 1992. Mise au point d'automates de contrôle laitier (en cours). Effets des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  sur les performances zootechniques, en fermes, à la station caprine de Moissac (J Bouillon) et en troupeau INRA. Production d'homozygotes allèles rares. Types des reproducteurs du schéma de sélection depuis 1987 (en collaboration avec Caprigène). Mise en évidence d'un gène à effet majeur sur le débit de traite (1992) : suivi en station (J Bouillon) et en fermes (Caprigène). Utilisation des gènes majeurs en sélection (caséines et débit de traite) : indexation et modélisation (en cours). Participation aux recherches sur la maîtrise des techniques modernes de reproduction.

**(4) Station de physiologie de la reproduction, Nouzilly (P Chemineau) et station expérimentale d'insémination artificielle, Rouillé (B Leboeuf)**

*Neuroendocrinologie sexuelle.* Contrôle de l'activité sexuelle saisonnière par l'utilisation de lumière et de mélatonine chez la chèvre laitière et les boucs.

*Maîtrise des techniques modernes de reproduction* (transfert d'embryons, fécondation *in vitro* (FIV) en vue de la maîtrise de la transgénèse ; en collaboration avec le département de génétique animale).

*Optimisation de la fertilité en IA.* Maîtrise de la synchronisation des œstrus (contrôle de la production d'anticorps anti PMSG (Pregnant Mare Serum Gonadatropin) et des moments d'ovulation ; détection des pseudo-gestations). Perfectionnement des techniques associées à l'IA (production de

semence : concentration et conservation de la semence congelée, modalités d'IA). Préstage des jeunes boucs destinés au testage en IA. Mise au point d'un nouveau traitement de synchronisation des œstrus (projet). Étude des relations nutrition-reproduction pour améliorer l'activité sexuelle des femelles et la production spermatique des boucs d'IA (projet).

**(5) Station de pathologie infectieuse et immunologie, Nouzilly (G Dubray)**

*Brucellose*. Vaccination conjonctivale des chevrettes avec *Brucella melitensis* souche Rev1 (Fensterbank *et al*, 1987). Développement d'un vaccin et d'une épreuve sérologique utilisant différents antigènes recombinants pour distinguer les animaux infectés des animaux vaccinés (progr Eclair). Amélioration des tests de détection : intérêt du test Elisa sur le lait et le sérum (contrat CEE).

*Chlamydie* (A Rodolakis). Mise au point d'un vaccin vivant, en cours d'autorisation de mise sur le marché (France et Grande-Bretagne).

*Qualité des laits* (B Poutrel). Étude des cellules somatiques du lait pour le diagnostic, le contrôle des infections mammaires et l'amélioration de la qualité sanitaire du lait. Programme MRE et ONILAIT, 1992-1994. Collaboration entre l'unité mammite (Nouzilly), la SR de pathologie caprine (Niort), la chambre d'agriculture, le laboratoire central interprofessionnel et groupement vétérinaire des Deux-Sèvres, l'institut de l'élevage.

**(5) Laboratoire associé INRA-ENV Lyon, Marcy-l'Étoile**

Recherches sur la pathologie mammaire due aux lentivirus depuis 1987. Caractéristiques des mammites à lentivirus. Pathogénie de l'infection. Incidence sur la numération cellulaire totale et facteurs de variation (C Lerondelle *et al*, 1989, 1992).

**(5) Station de pathologie aviaire et de parasitologie, Nouzilly**

Mise en évidence d'un effet défavorable du parasitisme sur la production laitière, avec un effet race (Cabaret).

**Station régionale de pathologie caprine, Niort (G Perrin)**

**(6) Station de nutrition et alimentation, INRA-INA Paris-Grignon (D Sauvart)**

Validation pour les caprins des unités d'alimentation : besoins énergétiques et protéiques d'entretien et de production. Programmes alimentaires. Incidences sur la composition et les caractéristiques technologiques du lait. Caractéristiques nutritionnelles des chèvres, notamment en fonction des allèles de caséine  $\alpha_{s1}$  (1992).

**(6) Laboratoire de recherches sur la traite. INRA-ENSA-Rennes (J Labussière)**

Mise au point d'un test de non-gravidité précoce. Machine à traire : intérêt d'un dispositif antiretour (Hydrast Deosan) sur le nombre de cellules somatiques et le statut bactériologique des mamelles (Le Du, INRA, en collaboration avec Perrin, SR pathologie caprine).

**Autres unités intéressées par les caprins à viande et à aptitudes mixtes**

Laboratoire de recherches sur l'élevage, Corte. Laboratoire d'écodéveloppement, Avignon. Laboratoire de zootechnie, Gadeloupe.

**RÉFÉRENCES**

- Bouloc N (1991) Analyse de la forme de la courbe de lactation. Application à l'étude des modalités d'allègement du contrôle laitier et de prévision précoce de la production dans l'espèce caprine. Thèse INA-Paris-Grignon
- Chemineau JP, Malpoux B, Guerin Y, Maurice F, Daveau A, Pelletier J (1992) Lumière et mélatonine pour la maîtrise de la reproduc-

- tion des ovins et des caprins. *Ann Zootech* 41, 247-261
- Chilliard Y (1982) Variations physiologiques des activités lipasiques et de la lipolyse spontanée dans les laits de vache, de chèvre et de femme : revue bibliographique. *Lait* 62, 1-31 et 126-154
- Chilliard Y, Fehr PM (1976) Activité lipolytique du lait de chèvre. I. Mise en évidence d'une activité lipoprotéine-lipasique. *Ann Technol Agric* 25, 219-230
- Chilliard Y, Selselet-Attou G, Bas P, Morand-Fehr P (1981) Facteurs influençant la lipolyse du lait de chèvre. VI<sup>es</sup> Journées de la recherche ovine et caprine (Toulouse). Itovic-Speoc 332-350
- Chilliard Y, Selselet-Attou G, Bas P, Morand-Fehr P (1984) Characteristics of lipolytic system in goat milk. *J Dairy Sci* 67, 2216-2223
- Fensterbank R, Verger JM, Grayon M (1987) Conjunctival vaccination of young goats with *Brucella melitensis* strain Rev 1. *Ann Rech Vét* 18, 397-403
- Grappin R, Jeunet J (1979) Méthodes de routines pour le dosage de la matière grasse et des protéines du lait de chèvre. *Lait* 59, 345-360
- Grappin R, Jeunet R, Pillet R, Le Toquin A (1981) Étude des laits de chèvre. I. Teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées. *Lait* 61, 117-133
- Grosclaude F, Mahé MF, Brignon G, Di Stasio L, Jeunet R (1987) A mendelian polymorphism underlying quantitative variations of goat  $\alpha_{s1}$  casein. *Génét Sél Evol* 19, 399-412
- Grosclaude F, Ricordeau G, Martin P, Remeuf F, Vassal L, Bouillon J (1993) Du gène au fromage : le polymorphisme de la caséine  $\alpha_{s1}$  caprine, ses effets, son évolution (soumis à *INRA Reprod Anim*)
- Jaubert G (1992) Influence de divers paramètres physico-chimiques sur la composition et les caractéristiques structurales de la micelle de caséine caprine. Thèse Docteur ENSA Rennes
- Jaubert G, Martin P (1992) Reverse phase HPLC analysis of goat caseins. Identification of  $\alpha_{s1}$  and  $\alpha_{s2}$  genetic variants. *Lait* 72, 235-247
- Jaubert A, Costes P, Guillonnet P, Gay MF, Pierre A, Maubois JL (1991) Traitement du lait de chèvre par microfiltration à flux tangentiel. *Process* 1066, 62-67
- Lerondelle C, Fleury C, Vialard J (1989) La glande mammaire : organe cible de l'infection par le virus de l'arthrite et de l'encéphalite caprine. *Ann Rech Vét* 20, 57-64
- Lerondelle C, Richard Y, Issartial J (1992) Factors affecting somatic cell counts in goat milk. *Small Ruminant Res* 8, 129-139
- Mercier JC, Grosclaude F (1992) Génétique moléculaire des caséines et de leurs gènes. In: *Biologie de la lactation* (Houdebine LM, Martinet J, eds). INRA et Elsevier, Paris
- Nahabieh F, Schmidt JL (1990) Contribution à l'étude de la flore de levure de quelques grands types de fromages de chèvre. *Lait* 70, 325-343
- Portmann A, Pierre A, Vedrenne P (1968) Relation entre teneur en matière grasse et azotée du lait de chèvre et rendement en fromage. *Rev Lait Fr* 251, 97-101
- Remeuf F, Lenoir J, Duby C (1989) Étude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait* 69, 499-518
- Ricordeau G (1969) La recherche agronomique et la production caprine. *Rev Fr Agric* 26, 61-72 et (1970) *Rev Elev Caprin. La chèvre* 61, 1-6 et 62, 1-14
- Ricordeau G, Bouillon J (1971) Testage des boucs en race Saanen et Alpine. IV. Possibilités de sélection sur les aptitudes fromagères. Il<sup>è</sup> Conf Int Elev Caprin, Tours (Ed ITOVIC), 283-286
- Ricordeau G, Bouillon J, Gaillard A, Lajous A, Lajous D (1984) Modalités et caractéristiques de reproduction chez les caprins. Aspects génétiques. *Bull Tech Inf* 391, 367-383
- Vassal Y, Bona P, Bona C, Prost J, Legouar R, Vassal L, Mocquot G (1987) Amélioration d'une fabrication fermière de fromages grâce à l'emploi d'un levain lactique actif régulièrement contrôlé. *Tech Lait Market* 1016, 47-50