

Incidence de l'utilisation du Sometribove, somatotropine bovine méthionylée recombinée, sur les propriétés technologiques du lait de vache et sur les qualités organoleptiques des produits résultants

JL Maubois

*INRA, Laboratoire de recherches de technologie laitière,
65, rue Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex, France*

(reçu le 4 septembre 1990; accepté le 24 septembre 1990)

Résumé — Les progrès de l'ingénierie génétique ont récemment permis le transfert et l'expression du gène de la somatotropine bovine chez des microorganismes. Des technologies de production industrielle de cette hormone ont été développées dans le but de la proposer aux éleveurs laitiers comme un nouvel outil de régulation de la production. La somatotropine possède, en effet, une forte activité galactopoïétique et son utilisation, sous forme retard, permettrait d'adapter rapidement la production laitière aux variations de la demande.

Une telle utilisation requiert, outre la garantie de l'absolue inocuité du produit injecté pour l'animal et le consommateur humain, une accumulation de résultats démontrant que la composition et les aptitudes à la transformation du lait collecté ne sont pas modifiées. La revue systématique des résultats obtenus lors d'expérimentations menées avec les principales races laitières ayant reçu du Sometribove (somatotropine bovine méthionylée recombinée), sous sa forme retard, permet d'affirmer que les teneurs en constituants du lait, intervenant dans sa valeur nutritionnelle ou dans ses aptitudes technologiques ne sont pas modifiées de façon statistiquement significative. Par ailleurs, aucun accroissement de la teneur du lait en facteurs hormonaux de croissance (BST et IGF) hors des variations naturellement déterminées n'a été constaté.

La quasi totalité des principales transformations laitières (laits de consommation; laits fermentés; poudres; fromages à pâte molle, à pâte demi-dure et à pâte pressée cuite) à partir du lait de vaches traitées au Sometribove a été étudiée au cours de travaux menés selon des protocoles approfondis. Aucune de ces études n'a pu mettre en évidence la moindre différence de comportement technologique des laits, ni la moindre différence statistiquement significative de qualités organoleptiques des produits finaux, frais ou affinés.

lait de vache / hormone de croissance / somatotropine bovine méthionylée recombinée / lait de consommation / poudre de lait / lait fermenté / fromage

Summary — Technological properties of milk produced by Sometribove (recombined methionyl bovine somatotropin) treated cows and organoleptic qualities of resulting dairy products. Progress in genetic engineering has recently allowed the transfer and expression of the bovine somatotropin gene into *E. coli* organisms. Thus, large scale industrial technologies for producing this peptide have been developed. The ultimate aim is to provide dairy farmers with somatotropin so that they may regulate milk productivity. Bovine somatotropin is galactopoietic. This has been known for over 50 years and its use, in a slow release formulation, will provide a rapid and flexible regulator of milk production for the dairy industry.

The use of somatotropin requires the absolute safety of this injected protein for the cow and for the consumer. Numerous results have demonstrated that the composition and transformational abilities of milk from somatotropin treated cows are not modified. Experiments utilizing the main dairy breeds treated with a slow-release form of Somatotrope (recombined methionyl bovine somatotropin) have confirmed that milk components are not modified. In addition, changes in milk growth factors (BST and IGF) beyond normal physiological variations do not occur.

Nearly all the main dairy transformations (fluid milk, milk powder, fermented milks, soft, semi-hard and hard-cooked cheeses) have been examined in milk from Somatotrope treated cows in a wide variety of studies. Milk is not affected by Somatotrope treatment either as regards its organoleptic properties or technical behaviour.

cow's milk / growth hormone / recombined methionyl bovine somatotropin / fluid milk / milk powder / fermented milk / cheese

INTRODUCTION

La somatotropine ou hormone de croissance est une protéine constituée d'une seule chaîne peptidique comportant 190 ou 191 résidus selon les variants génétiques, avec deux ponts disulfures (Rico, 1989). Secrétée par l'hypophyse, elle stimule non seulement la croissance osseuse et l'anabolisme protéique mais aussi la galactopoïèse (augmentation de la production laitière au cours d'une lactation déjà établie). Elle agit selon des mécanismes non encore totalement élucidés, par l'intermédiaire de somatomédines sur le foie et les tissus qui reçoivent un flux accru de nutriments provenant pour partie d'une augmentation de l'ingestion et pour partie de la mobilisation des réserves corporelles (Chilliard, 1988). L'effet galactopoïétique de cette hormone a été démontré il y a plus de 50 ans par Asimov et Krouze (1937). Son utilisation, après extraction à partir des glandes pituitaires des bovins abattus avait même été envisagée en Grande-Bretagne, durant la seconde guerre mondiale, pour accroître la production laitière (Young, 1947). Mais un accroissement substantiel de la production laitière de ce pays, requerrait des quantités de somatotropine sans commune mesure avec celles contenues dans les hypophyses des bovins abattus (Bauman *et al*, 1985).

Le gène de la somatotropine bovine a été récemment transféré et exprimé chez des microorganismes et, à notre connaissance, quatre sociétés pharmaceutiques (American Cyanamid, Eli Lilly, Monsanto et Upjohn) sont en mesure de produire industriellement la somatotropine recombinée (Cordonnier *et al*, 1989).

L'éventuelle utilisation de la somatotropine recombinée comme facteur flexible d'intensification de la production des élevages laitiers requiert des garanties sur au moins deux plans principaux. Le premier est l'absolue innocuité du ou des produits utilisés (substance active et excipient) pour l'animal et pour les consommateurs des produits (lait et viande) qui dérivent de cet animal. Les études de toxicité chronique menées selon les procédures d'AMM (autorisation de mise sur le marché) des médicaments vétérinaires, particulièrement rigoureuses, ont toutes conclu à l'absence de risque pour les animaux traités et pour le consommateur humain (Juskevich et Guyer, 1990; Daughaday et Barbano, 1990). Les somatotropines recombinées utilisées sont, en effet, hautement purifiées; leur durée de vie est courte (1/2 vie de l'ordre de 10 min) (Rico, 1989). Elles n'accroissent pas les teneurs habituelles du lait (1 µg/l) (Heeschen, 1988; Schams, 1988) et n'ont aucun effet sur l'espèce humaine. Un léger accroissement des teneurs en IGF-1 (Insulin Growth Factor) a

cependant été constaté (Prosser *et al*, 1989) mais cet accroissement très variable selon les individus est considéré comme rentrant dans la fourchette des variations habituelles de ce composant dans le lait (Juskevich et Guyer, 1990). La seconde garantie qui doit être apportée concerne l'absence de modification de la composition du lait et de ses aptitudes à la transformation. En effet, 20 à 33% du lait produit dans le monde sont directement consommés soit à l'état cru, soit après avoir subi une simple stabilisation thermique (Horn, 1987; CNIEL, 1990) et toute modification des teneurs en ses composants principaux entraînerait une variation inacceptable de sa valeur nutritionnelle. Mais le lait est aussi et surtout, une matière première entrant dans une transformation industrielle très diversifiée et de ce fait, de multiples réponses doivent être apportées aux interrogations légitimes des industriels laitiers soucieux que la matière première collectée à partir des élevages utilisant l'hormone somatotrope n'influe en rien sur leurs procédés de fabrication et la qualité des produits finaux.

Tenter de faire une revue exhaustive et synthétique des travaux réalisés sur les effets de l'utilisation sous sa forme préconisée (la forme retard) de la somatotropine bovine méthionylée dénommée «sometribove» sur la composition du lait produit et sur son aptitude aux principales transformations a constitué l'objectif de la présente étude.

COMPOSITION DU LAIT

La composition chimique des laits individuels dépend de facteurs génétiques, alimentaires, environnementaux (saison-température) et pathologiques (mammites notamment). De ce fait, entre individus d'une même race, des variations de la teneur en matière grasse ou en protéines de

plus de 20% ne sont pas rares (Alais, 1984). En moyenne, pour les grandes races laitières européennes, la compilation des très nombreux résultats disponibles dont notamment ceux de Auriol et Jarrige (1962) a conduit Alais (1984) à admettre un coefficient de variation de 8,2% pour la matière grasse (valeurs moyennes 36 à 40 g %), de 6% pour les matières azotées totales (valeurs moyennes 31 à 33 g %), de 4 % pour le lactose (valeurs moyennes 48 à 50 g %) et de 3 % pour l'extrait sec dégraissé (valeur moyenne 87 %).

Les vaches recevant de la somatotropine produisant plus de lait (Bruneau et de Kerchove, 1990), il est évident que leur alimentation doit être adaptée; en effet, toute vache laitière, forte productrice, nécessite une alimentation rigoureusement contrôlée, qui assure la couverture des besoins d'entretien et de production; faute de quoi, la composition du lait produit pourrait en être gravement affectée (Chilliard, 1988; Wolter, 1989). Ceci étant, des variations cycliques des teneurs en protéines et en matière grasse des laits individuels dans la période de 14 à 28 jours suivant l'injection d'hormone somatotrope ont été observées. Barbano *et al* (1988), Rémond *et al* (1988) et Vérité *et al* (1988) rapportent que dans la semaine qui suit l'injection il y a diminution de 2 à 5% du taux protéique et élévation corrélative du taux butyreux. Par contre, dans les jours qui précèdent l'injection suivante, les observations sont inversées à savoir accroissement du taux protéique (jusqu'à 2 g/l) et diminution corrélative du taux butyreux. Ces variations pourraient susciter une adaptation de la méthodologie actuellement suivie pour apprécier, au niveau du producteur, les performances individuelles des animaux. Une variation cyclique des acides gras à longue chaîne (C18) et de la teneur en lactose a également été constatée respectivement par Lynch *et al* (1988) et par Collier et Hartnell (1989).

Tableau I. Caractéristiques des expérimentations menées sur les laits de troupeau avec le Sometribove.*Characteristics of experiments on herd milks after treatment with Sometribove;*

Références	Races	Nombre Animaux		Nombre Prélèvements	Durée en mois
		T*	E**		
Van den Berg et de Jong, 1987	Pie Noire	32	32	1	—
Auberger <i>et al</i> , 1988	FFPN	28	30	6	6-7
	Normande	25	25	5	6-7
Come, 1988	FFPN	37	36	11	4
Barbano <i>et al</i> , 1988	Holstein	39	40	35	7
Mietton <i>et al</i> , 1990	Montbéliarde	17	17	11	6

*Les vaches témoin reçoivent un placebo; ** Les vaches Essai reçoivent 500 mg de Sometribove par injection sous-cutanée tous les 14 jours à compter de la 9^e semaine de lactation jusqu'au tarissement.

* Cows receiving a placebo; ** Cows receiving 500 mg Sometribove by sub-cutaneous injection every 14 days from the 9th week of lactation up to drying off.

Cependant l'industrie laitière ne transforme pas des laits individuels; elle reçoit des laits de mélange dans lesquels les variations individuelles peuvent se compenser. Nous avons rassemblé dans le tableau I les caractéristiques des cinq expérimentations conduites dans les principales régions laitières françaises avec les principales races productrices, ainsi que celles menées aux USA et aux Pays-Bas. Les conclusions suivantes sont tirées des résultats obtenus.

Composants protéiques

Les protéines constituent sans aucun doute le groupe de constituants le plus important du lait en raison de leur qualité nutritionnelle sans équivalent pour l'alimentation de l'homme et aussi en raison de leur impact essentiel sur les rendements de transformation en produits dérivés et les

propriétés fonctionnelles et organoleptiques de ces produits.

La teneur en matières azotées totales du lait produit par les vaches recevant du Sometribove n'est pas significativement modifiée (Van den Berg et de Jong, 1987; Auberger *et al*, 1988; Barbano *et al*, 1988; Come, 1988).

Il apparaît toutefois que les laits des vaches ainsi traitées contiennent légèrement plus d'azote non protéique. Cet accroissement a été estimé par Barbano *et al* (1988) à moins de 0,01% en équivalent protéine. Cette valeur constitue la limite de précision des méthodes d'analyse de référence (Kjeldahl) et elle est très largement inférieure aux variations consécutives à l'alimentation et au stade de lactation des vaches laitières ($\pm 0,9\%$ selon Alais, 1984). Un accroissement de 0,01% de l'azote non protéique du lait se traduirait évidemment par une diminution concomitante de l'azote protéique. Cette dernière conduirait à un

abaissement du rendement fromager de l'ordre de 20 à 40 g aux 100 kg de lait mis en œuvre selon le type de fromage fabriqué (valeurs calculées à partir des équations de prédétermination du rendement proposées par Vandeweghe et Maubois (1987)). Cette baisse de rendement est très en deçà des limites d'appréciation du rendement dans les entreprises laitières (± 100 à 130 g aux 100 kg de lait mis en œuvre).

La plupart des auteurs n'ont pu mettre en évidence une différence significative de la teneur en protéines. Seuls Come (1988) et Mietton *et al* (1990) trouvent des différences statistiquement significatives ($-0,5$ g/kg pour le premier auteur et $+0,4$ g/l pour les seconds). La différence négative trouvée par Come (1988) n'est pas retrouvée par ce même auteur au niveau de l'analyse fine des protéines et il est permis de penser que l'écart trouvé résulte d'une difficulté analytique de la détermination de l'azote non protéique : les coefficients de variation déterminés sont, en effet, de 9,5% contre 3% habituellement. Quant à la différence positive indiquée par Mietton *et al* (1990), elle ne découlait pas de l'emploi du Sometribove, car elle préexistait au moment de l'allotement pourtant basé sur la production laitière et sur sa composition (TP et TB), les n° et stade de lactation et l'état d'engraissement des animaux (Bru-neau, 1990, communication personnelle).

Il peut être conclu, à partir des résultats disponibles que les teneurs en caséines et en protéines solubles ne sont pas significativement modifiées dans le lait des vaches traitées au Sometribove. Il en est de même du rapport caséine/protéines solubles. Seuls les résultats obtenus par Kindstedt *et al* (1988) sont en discordance avec cette conclusion. Ces auteurs indiquent, en effet, avoir observé un accroissement de 0,7 g/kg de la teneur en protéines solubles du lait des vaches jerseyaises traitées au Sometribove, ce qui abaisserait

d'environ 2% le rapport caséine/protéines totales. Sauf atteinte infectieuse de la mamelle survenant pendant l'utilisation du Sometribove, il n'y a aucun mécanisme physiologique, dans l'état actuel des connaissances sur la biosynthèse des protéines du lait, qui puisse expliquer un tel accroissement sous l'effet de l'hormone somatotrope (Hannah Institute, 1989). Or Kindstedt *et al* (1988) indiquent que les teneurs en cellules somatiques des laits étaient faibles et voisines (autour de 50 000 cellules/ml).

Aucune différence dans les proportions relatives des composants protéiques individuels du lait (caséine α_{s1} , caséine α_{s2} , caséine β , caséine K, β -lactoglobuline et α -lactalbumine n'a été mise en évidence suite au traitement des vaches par le Sometribove. Les résultats obtenus par Auberger *et al* (1988), Barbano (1989) et Mietton *et al* (1990) sont parfaitement concordants sur ce point. Ils contredisent l'accroissement significatif de la teneur en α -lactalbumine indiqué par Eppard *et al* (1985). Outre l'imprécision de l'inhabituelle méthode de détermination (radio-immunologie) utilisée par ces derniers auteurs, il est permis de se demander si l'accroissement de teneur en α -lactalbumine n'est pas à relier aux quantités d'hormone somatotrope injectée (jusqu'à 130 mg/jour). Toutefois, la variation cyclique de la teneur en lactose rapportée par Collier et Hartnell (1989) pourrait impliquer une variation corrélative de l' α -lactalbumine, co-protéine de la lactose synthétase.

Composants lipidiques

Aucun auteur n'a rapporté de variation significative de la teneur en matière grasse du lait des vaches recevant le Sometribove. Lynch *et al* (1988) et Barbano (1989) sont les seuls à avoir examiné l'effet du Sometribove sur la composition fine de la

matière grasse laitière. Ils aboutissent aux conclusions suivantes :

a) La composition moyenne en acides gras n'est pas influencée par le traitement. En conséquence, les caractéristiques nutritionnelles et technologiques du lait liées à la matière grasse ne seront pas modifiées.

b) Aucun accroissement de l'indice initial de lipolyse ni de l'activité de la lipase naturelle du lait n'a pu être mis en évidence dans le lait produit par les vaches traitées au Sometribove comparativement au lait produit par les vaches témoins (Hartnell *et al*, 1990).

c) La teneur en cholestérol du lait n'est pas significativement modifiée. Les valeurs, 0,390 g/100 g de graisse pour le lot témoin et 0,405 g/100 g de graisse pour le lot traité au Sometribove, sont très proches et la différence ne pourrait avoir la moindre conséquence nutritionnelle.

Ces résultats globaux ont été confirmés par Baer *et al* (1990) qui ont mis en œuvre une autre forme de somatotropine recombinée. Toutefois, cette dernière équipe a observé que la matière grasse du lait des vaches traitées contenait légèrement moins d'acides gras saturés, légèrement plus d'acides gras mono-insaturés; le contenu en acides gras poly-insaturés étant identique.

Sels minéraux

Les éléments minéraux du lait, leur répartition entre phases soluble et colloïdale jouent un rôle fondamental dans toutes les technologies de transformation du lait (formation et caractéristiques des caillés fromagers, stabilité aux traitements thermiques, etc).

Les études détaillées menées par Auberger *et al* (1988), Desnouveaux *et al* (1988a), Mietton *et al* (1990), Bauman *et al* (1990) montrent que la concentration et la

répartition des principaux éléments (Ca, K, Na, P, Mg, citrates et chlorures) ne sont pas significativement modifiées par rapport au témoin dans le lait des vaches traitées par le Sometribove.

Constituants mineurs

Au sortir de la mamelle, le lait contient des enzymes : protéases et lipases pour lesquelles les autres composants de la sécrétion sont d'excellents substrats. Un accroissement éventuel de ces enzymes pourrait avoir des conséquences technologiques lourdes : chute des rendements en fromagerie, apparition de saveurs désagréables, instabilité thermique.

Les activités protéasiques et lipasiques du lait produit par les vaches traitées au Sometribove ont été comparées par Hartnell *et al* (1990) à celles existant dans le lait des vaches témoins. Aucune différence significative n'a été mise en évidence. Il en a été de même pour les activités phosphatase, aminopeptidase et endopeptidase (Desnouveaux *et al*, 1988a). Les teneurs en plasmin et plasminogène ne sont pas significativement différentes selon Mietton *et al* (1990). Par contre, ces mêmes auteurs ont trouvé un rapport plasminogène/plasmin significativement plus élevé dans les laits BST.

Les vitamines du lait constituent un des éléments de la valeur nutritionnelle de cet aliment mais elles sont aussi des facteurs de croissance pour les microorganismes lactiques au cours des premières étapes de la transformation du lait. L'étude réalisée par Hartnell *et al* (1989) démontre que le traitement par le Sometribove ne modifie pas les teneurs en vitamines A, thiamine, riboflavine, pyridoxine, B12 et acide pantoïque. Seul, un très léger accroissement en biotine (0,19 contre 0,15 ppm) a été détecté à cinq reprises, mais il se situe

dans la gamme des variations normalement constatées pour cette molécule dans les laits.

Le lait contient naturellement de nombreuses hormones (au moins une bonne trentaine ont été identifiées) (Koldovsky et Thornburg, 1987). Aucun accroissement de la teneur en hormone somatotrope n'a pu être détecté dans le lait des vaches recevant la dose recommandée de Sometribove (Schams, 1988).

La teneur en cellules somatiques du lait permet d'appréhender l'état sanitaire de la mamelle. L'accroissement de production laitière découlant de l'emploi du Sometribove ne modifie en rien la teneur en cellules somatiques du lait produit (Hartnell *et al*, 1990).

TRANSFORMATION DU LAIT

Les technologies de transformation du lait vont de la simple déshydratation (lait évaporé, lait en poudre) à des combinaisons complexes mettant en œuvre des opérations unitaires de génie alimentaire (traitement thermique-filtration), des actions de génie enzymatique (coagulation, protéolyse, lipolyse) et microbiologique (bioconversion du lactose, production de saveurs). Aussi, pour vérifier si un lait conserve toutes ses aptitudes à la transformation, faut-il réaliser des expérimentations mettant en œuvre les quatre actions principales sur lesquelles reposent la transformation du lait :

- la bioconversion du lactose en acide lactique;
- le changement d'état physique sous l'effet de la présure ou de l'acidification lactique;
- la synérèse (égouttage) du coagulum présure ou lactique;
- la bioconversion enzymatique et microbienne en composants d'arôme et de texture des constituants du lait.

Nous nous sommes donc attachés à démontrer comment les résultats obtenus sur un type particulier de transformation à partir de laits produits par des troupeaux appartenant aux différentes races laitières (Frisonne croisée ou non Holstein, Normande, Montbéliarde) pouvaient être généralisés avec une bonne certitude, à la famille de produits incluant celui étudié.

Laits de consommation

Dans la plupart des pays producteurs, les laits liquides sont consommés sous deux formes principales : les laits pasteurisés et les laits stérilisés.

L'aptitude des laits produits par les vaches soumises à un traitement au Sometribove, à fournir ces deux formes de laits de consommation a été étudiée par Hartnell (1986), Van den Berg et de Jong (1987), Auberger *et al* (1988), Barbano (1989) et Ramos (1990).

Les couples température-temps appliqués aux laits témoin et essai ont été de 72°C–25 s (Hartnell, 1986), 74°C–10 s (Van den Berg et de Jong, 1987), 140°C–8 s (Ramos, 1990). Ces traitements thermiques sont représentatifs de la gamme des traitements de pasteurisation et de stérilisation employés dans les pays de la Communauté Economique Européenne (FIL, 1986). La stabilité thermique des laits liquides Sometribove a été étudiée par le test de coagulation à 140°C (Auberger *et al*, 1988), par le test à l'alcool (éthanol à 70%) (van den Berg et de Jong, 1987; Ramos, 1990), à 125°C sur le lait concentré (Van den Berg et de Jong, 1987).

Ces études aboutissent aux conclusions suivantes :

L'aptitude aux traitements thermiques de pasteurisation et de stérilisation des laits Sometribove n'est pas modifiée par rapport aux laits témoin.

Aucune différence significative n'a été mise en évidence en ce qui concerne les qualités organoleptiques (flaveur-odeur) des laits pasteurisés. Les tests triangulaires mettant en œuvre des jurys de 10 à 25 membres n'ont pas permis de déceler la moindre différence sur les laits frais pasteurisés après 1 jour et 8 jours de conservation à 4,5 °C.

Ramos (1990) tire les mêmes conclusions à la suite de son étude très complète sur l'aptitude au traitement UHT des laits traités au Sometribove en provenance de troupeaux situés dans cinq régions laitières françaises. Le traitement statistique des réponses des jurys ayant dégusté les laits après 7, 60 et 90 jours de conservation à température ambiante n'a pu révéler une influence significative du Sometribove.

En ce qui concerne la stabilité, aucun écart n'a été trouvé par le test de Ramsdell, le test d'ébullition ou le test de décanation menés à J + 7, J + 45 et J + 60.

Aucune différence de stabilité à la chaleur n'a été relevée dans les laits concentrés par évaporation à 25% de matière sèche (Van den berg et de Jong, 1987). Les courbes obtenues pour les laits Sometribove et témoin sont superposables. Le lait des vaches traitées au Sometribove se prêtera donc parfaitement à la préparation de laits concentrés sucrés ou non.

On pouvait donc s'attendre à ce qu'il n'y ait aucune différence de comportement entre les laits Sometribove et les laits témoins, lors de la transformation en poudre. Les expérimentations réalisées par Desnouveaux *et al* (1990) sur une installation pilote comportant un évaporateur Laguilharre et une tour d'atomisation multi-étages Niro Atomizer dont les résultats sont extrapolables à l'échelle industrielle, ont démontré le bien-fondé de cette hypothèse. Les caractéristiques physico-chimiques des laits concentrés témoin et Sometribove sont similaires. Il en est de

même pour les très nombreux paramètres de composition et de caractérisation déterminés sur les poudres.

Ces résultats confirment et confortent ce que l'on pouvait attendre des analyses de composition des laits. En effet, la stabilité aux traitements thermiques dépend du rapport protéines solubles/caséines, de la composition minérale (teneurs en P, Ca et rapport P/Ca notamment) et de la composition de la fraction azote non protéique (teneur en urée notamment). Aucun de ces paramètres n'étant significativement modifié dans le lait des vaches traitées au Sometribove, il n'y avait aucune raison d'ordre biochimique ou physico-chimique que les aptitudes à la transformation en laits de consommation (laits pasteurisés, laits concentrés, laits stérilisés par autoclavage ou par traitement UHT) soient modifiées.

Transformation du lait en yaourt

En ce qui concerne l'aptitude à la transformation en yaourt, des fabrications pilotes de yaourt classique coagulé (Desnouveaux *et al*, 1988a) et de yaourt brassé (Ramos, 1989) n'ont pas révélé de différences significatives entre les laits de vaches traitées au Sometribove et les laits témoins. En particulier, en ce qui concerne les vitesses d'acidification par les bactéries (*Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* et *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*) aucune différence significative n'a été constatée.

Dans l'expérimentation réalisée par Desnouveaux *et al* (1988a), l'acidité des yaourts issus du lait des vaches traitées au Sometribove était plus élevée (pH 4,33 contre 4,41, acidité 118 contre 112 °D), mais cette différence provient d'une teneur plus faible en substance sèche du lait de fabrication (12,50 contre 12,62%) ce qui di-

minue d'autant le pouvoir tampon, d'autant plus qu'il s'agit de laits «poudrés». Par contre, les acidités atteintes dans les essais de Ramos (1989) sont identiques, mais il y a eu ajustement du poudrage.

La fermeté des gels formés n'était pas significativement différente (la différence de 5 unités Stevens entre dans l'écart habituel de mesure sur ce type de rhéomètre). La viscosité des yaourts brassés, mesurée au viscosimètre Brookfield, n'est pas significativement différente dans les essais labo 1 (pilotes 1 et 2) et significativement différente dans l'essai labo 2, mais dans ce dernier essai, la teneur en substance sèche des deux laits mis en œuvre était significativement différente. Cette différence en matière sèche persistait au moment du traitement au Sometribove.

Lors de la bioconversion du lactose en acide lactique par les bactéries du yaourt, on ne remarque aucune différence significative en ce qui concerne la cinétique et l'acidité finale entre le lait des vaches traitées au Sometribove et le lait des vaches non traitées. Cette conclusion est confortée par les résultats de Desnouveaux *et al* (1988a), de Ramos (1989) et par ceux de Van den Berg et de Jong (1987) qui utilisèrent deux mélanges de souches sur des laits non additionnés de poudre. Les qualités organoleptiques (acidité, texture) des yaourts obtenus ne sont pas significativement différentes pour des laits de fabrication (laits + poudre ajoutée) identiques.

Transformation du lait en fromage

Outre la bioconversion du lactose en acide lactique par des bactéries mésophiles dans le cas des fromages frais, des fromages à pâte molle et des fromages à pâte demi-dure – mésophiles et thermophiles dans le cas des fromages à pâte pressée cuite – la transformation du lait en

fromage met en œuvre une coagulation en général enzymatique conduisant à un gel aux caractéristiques très précises, une concentration différentielle en général réalisée par égouttage et une bioconversion des protéines et des lipides du lait par divers facteurs : enzymes du lait, bactéries lactiques, flore bactérienne et/ou fongique d'affinage. Les expérimentations réalisées ont permis de montrer que :

- l'aptitude à la coagulation par la présure ne différait pas en ce qui concerne le temps de prise, la vitesse de raffermissement et la fermeté maximale du gel formé entre les laits de vaches traitées au Sometribove et les laits des vaches non traitées (Van den Berg et de Jong (1987) sur des troupeaux de race Holstein, Auberger *et al* (1988) sur des troupeaux de races Frisonne et Normande, Mietton *et al* (1990) sur des troupeaux de race Montbéliarde);
- l'aptitude à l'acidification par les bactéries mésophiles n'est pas modifiée; aucune différence significative n'a été relevée sur le lait destiné à la transformation en fromage Gouda (quatre mélanges testés, Van den Berg et de Jong, 1987) en fabrication de fromages à pâte molle (Desnouveaux *et al*, 1988b), ou en fabrication de fromages à pâte pressée cuite (Desnouveaux *et al*, 1989; Mietton *et al*, 1990).

Ces deux résultats étant acquis, l'aptitude à la transformation en fromages ne pouvait être démontrée que par la réalisation à l'échelle pilote de fabrications type pour chaque grande catégorie de fromages. Comme il est usuel en technologie fromagère, nous avons alors examiné les catégories de fromages, par ordre décroissant de teneur en eau.

Transformation en fromage à pâte lactique de type fromage frais

Aucune information n'est disponible sur la transformation du lait produit par les

vaches traitées au Sometribove en ce type de fromage. Cependant, les comportements de ces laits dans les opérations unitaires de cette technologie sont connus. Un fromage frais à pâte lactique lissée ou moulée est obtenu par acidification longue du lait à l'aide de bactéries mésophiles, addition d'une très faible dose de présure, le tout suivi d'un égouttage mécanique modéré réalisé le plus souvent à l'aide d'un séparateur centrifuge, mais aussi de plus en plus à l'aide d'un ultrafiltre.

L'aptitude à l'acidification lactique et à la formation d'un gel sous l'effet de la présure n'étant pas modifiée, les caractéristiques physico-chimiques du coagulum obtenu étant les mêmes que celles observées avec les laits témoins, le comportement de ces coagulums à l'égouttage par centrifugation, par filtration (cas des fromages faisselles) ou par ultrafiltration n'a aucune raison d'être modifié.

Transformation en fromages à pâte molle

Cette transformation a été étudiée par Desnouveaux *et al* (1988b), avec 1 essai comparatif de fabrication de Camembert, et par Come (1988), avec 11 fabrications comparatives de Coulommiers selon des protocoles classiquement utilisés dans les ateliers industriels.

Transformation en Camembert

La composition chimique des fromages à J + 13 et à J + 42 était conforme aux compositions type des camemberts (Desnouveaux *et al*, 1988b). Il en était de même de la composition des lactosérums d'égouttage. Aucune différence significative n'a été constatée entre les fromages provenant de lait de vaches traitées au Sometribove et ceux provenant de lait de vaches non traitées.

Le rendement plus élevé observé avec le lait essai est à attribuer à sa richesse en

MAT ($N \times 6,38$) : 36,6 contre 34,8 g/l. Cette différence, une fois prise en compte par le calcul, les deux coefficients G deviennent similaires : 32,4 et 32,5.

Le test organoleptique triangulaire a montré l'incapacité du jury (40 dégustateurs) à distinguer les deux lots de fromages.

Transformation en Coulommiers

Malgré quelques différences dans quelques paramètres technologiques, Come (1988) ne retrouve aucune différence significative entre les fromages témoins et essais, en ce qui concerne la composition des produits, le rendement de la transformation du lait en fromage ou les qualités organoleptiques des fromages (dégustés à 14, 21 et 28 jours après fabrications). L'auteur trouve en revanche une différence significative dans les poids moyens à l'emballage des fromages issus de laits témoins et de laits Sometribove. Une telle différence est incompréhensible, car elle aurait obligatoirement provoqué une différence significative entre les rendements, or l'auteur dit le contraire. On peut supposer que la méthodologie de mesure des poids moyens n'était pas adaptée aux larges variations des poids unitaires (écarts-types : $\pm 16,4$ g pour les témoins; $\pm 8,1$ g pour les essais).

Les résultats obtenus par Come (1988) et Desnouveaux *et al* (1988b) démontrent, sous réserves de vérifications à plus large échelle, que les laits des vaches traitées au Sometribove sont parfaitement aptes à la transformation en fromages à pâte molle et que ces fromages sont identiques à ceux issus de laits produits par des vaches non traitées.

Transformation en fromage Gouda

L'analyse biochimique des deux lots de fromages obtenus selon le protocole usuel pour la transformation en fromage Gouda

de 4 kg ne révèle aucune différence de composition 12 jours après la fabrication (Van den Berg et de Jong, 1987). Les jurys de dégustation composés de 8 personnes pour le test à six semaines et de 12 personnes pour le test à trois mois d'affinage ont identiquement apprécié les deux lots de fromages.

Étant donné que la standardisation des fabrications hollandaises de fromage Gouda peut révéler de très petites variations de composition du lait, on peut affirmer que le lait de vaches traitées au Sometribove se transforme en fromage de Gouda de façon identique à celui des vaches non traitées et donc, par extension, en tous les fromages similaires à pâte demi-dure.

Fromages à pâte pressée cuite

Deux transformations ont été étudiées : la transformation du lait en Emmental (Desnouveaux *et al*, 1989) et la transformation du lait en Gruyère thermisé (Mietton *et al*, 1990).

Transformation en fromage Emmental

Le protocole de fabrication était celui suivi dans les grandes fromageries mécanisées de l'Ouest de la France. Les résultats obtenus par Desnouveaux *et al* (1989) peuvent être résumés comme suit.

Les laits étaient de très mauvaise qualité bactériologique (5×10^6 bactéries par ml) à cause d'une panne des refroidisseurs avant thermisation. Leur composition était identique pour tous les critères déterminés avec une teneur très légèrement plus élevée en matière sèche, protéines et matière azotée totale pour le lait Sometribove. Cette même tendance a été retrouvée dans les lactosérums de laits Sometribove.

A la coupe, les deux fromages avaient la même présentation et leurs caractéristiques analytiques étaient très semblables

avec toutefois une teneur en matière grasse, dans la substance sèche, plus élevée pour le fromage issu de lait Sometribove (50,3 contre 49,4%) accompagnée d'une pâte légèrement plus ferme.

Transformation en fromage de type Gruyère

Un suivi extrêmement complet des 11 expérimentations (2×500 l) menées au cours du premier semestre 1989 a été réalisé par Mietton *et al* (1990). Les conclusions de ces auteurs en ce qui concerne les laits Sometribove par rapport aux laits témoins se résument comme suit :

- une augmentation non significative du temps de prise;
- un refroidissement en moule lors du pressage légèrement moins rapide;
- une acidification légèrement supérieure, une déminéralisation plus importante et des fromages légèrement plus humides à l'entrée en cave, toutes observations statistiquement significatives au seuil $P = 5\%$ et dues au fait que les fromages BST étaient plus gros et donc se refroidissaient plus lentement;
- des rendements bruts et corrigés pour les laits BST supérieurs de 2% (valeur significative à $P = 1\%$).

Ces quatre observations sont la conséquence directe d'une teneur en matières azotées protéiques des laits BST supérieure (0,4 g/kg) à celle des laits témoins.

Après affinage (3 semaines en cave froide à 14°C et des durées d'affinage à 18°C ajustées couple par couple), les fromages BST et témoins ont été analysés sur les plans biochimique et sensoriel. A part une protéolyse légèrement plus poussée de la caséine β dans les fromages témoins, aucune autre différence biochimique (par rapport à celles observées à l'entrée en cave) n'a été mise en évidence. Les 158 juges ayant dégusté les 11 couples de fromage n'ont pu départager les fromages essais des fromages té-

moins, sur les critères d'aspect (forme et croûtage), d'ouverture, de texture ou de goût.

D'après les résultats obtenus par Mietton *et al* (1990) et Desnouveaux *et al* (1989), le traitement des vaches au Sometribove n'induit aucune modification majeure de l'aptitude des laits produits à la transformation en fromages à pâte pressée cuite (préparation des laits, fabrication et affinage).

CONCLUSION

Les études exhaustives qui ont été menées quant aux conséquences du traitement des vaches laitières au Sometribove sur le lait qu'elles produisent, permettent de tirer les conclusions qui suivent.

Compte tenu des méthodes disponibles, les laits de troupeaux et la teneur des constituants du lait produit par les troupeaux de vaches traitées au sometribove n'est pas modifiée de façon statistiquement significative, non seulement pour les composants majeurs, mais aussi pour les composants mineurs, y compris ceux ayant des propriétés hormonales. L'accroissement en facteurs de croissance insulinoïdiques ne peut être mis en exergue du fait des variations normalement constatées pour ces composants dans le lait humain (Juskevich et Guyer, 1990).

Les laits produits sont parfaitement aptes à la transformation en laits pasteurisés, laits stérilisés par traitement UHT, laits concentrés par évaporation et laits en poudre. Les traitements thermiques appliqués lors des expérimentations revues dans cet article sont représentatifs de l'ensemble des couples temps-température utilisés dans les entreprises des grands pays laitiers. Si aucune différence de stabilité physico-chimique, de flaveur et d'odeur n'est trouvée dans les laits traités à 72 °C–25 s; 115 °C–10 min; 145 °C–3 s, on peut

en conclure qu'il en sera de même pour tout lait traité à un couple temps-température intermédiaire.

Pour la transformation en laits fermentés, aucune modification relative à la bioconversion du lactose en acide lactique (cinétique d'acidification, quantité d'acide produit) n'a été relevée lors des fabrications expérimentales menées avec les bactéries du yaourt et les bactéries mésophiles; les produits finaux étaient indistinguishables au plan de leurs qualités organoleptiques (texture, flaveur).

Aucune modification des processus technologiques et des qualités organoleptiques des produits proposés aux consommateurs n'était à craindre lors des transformations en fromages. Les principales catégories de fromages ont été expérimentées et toutes les études ont conclu à l'absence de différences significatives.

Bien que certaines transformations n'aient pas été étudiées (fabrications de crèmes et de beurre notamment) et que les expérimentations décrites aient été réalisées à l'échelle pilote industriel, l'ensemble des résultats permet d'affirmer que le lait des vaches soumises à un traitement Sometribove est parfaitement apte à toutes les transformations laitières.

La standardisation en matière des laits de fromagerie a montré que l'aptitude à l'écémage grasse des laits Sometribove n'était pas modifiée, ce qui signifie que les qualités physico-chimiques des crèmes de consommation seront inchangées. Par ailleurs, la composition de la matière grasse et le potentiel enzymatique des laits Sometribove étant identiques à celle des laits témoins, les qualités physiques et organoleptiques des beurres issus de laits Sometribove n'ont aucune raison d'être modifiées.

On peut craindre qu'à l'échelle industrielle ces conclusions ne soient pas confirmées. C'est le propre de toute expérimentation menée à l'échelle pilote, mais étant

donné la rigueur et la qualité des protocoles et des analyses, ces risques semblent minimes.

RÉFÉRENCES

- Aiais C (1984) *Science du Lait*. SEPAIC, Paris
- Asimov GJ, Krouze NK (1937) The lactogenic preparation from the anterior pituitary and the increase of milk yield in cows. *J Dairy Sci* 20, 289-306
- Auberger B, Lenoir J, Remeuf F (1988) L'incidence du traitement des vaches laitières par la somatotropine bovine sur la composition et les aptitudes technologiques du lait. *Tech Lait* 1030,1-3
- Auriol P, Jarrige R (1962) Possibilités de modifier la composition du lait. *Bull FIL* 2, 217-255
- Baer RJ, Tieszen KM, Schingoethe DJ, Casper DP, Eisenbeiz WA, Shaver RD, Cleale RM (1990) Composition and flavor of milk produced by cows injected with recombinant bovine somatotropin. *J Dairy Sci* 72, 1424-1434
- Barbano DM, Lynch JM, Bauman DE, Hartnell GF (1988) Influence of Sometribove (recombinant methionyl bovine somatotropin) on general milk composition. *J Dairy Sci* 71 (suppl 1) 101 (Abstr)
- Barbano DM (1989) Overview of results from research to determine the impact of recombinant bovine somatotropin on milk composition and processing characteristics. Cornell Univ Monsanto Report. Cornell Symposium, Oct 24th
- Bauman DE, Eppard PJ, De Geeter MJ, Lanza GM (1985) Responses of high-producing dairy cows to long treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin. *J Dairy Sci* 68, 1352-1362
- Bauman DE, Hard DL, Crooker BA, Partridge MS, Garrick K, Sandles LD, Erb HN, Franson SE, Hartnell GF, Hintz RL (1990) Long term evaluation of a prolonged release formulation of N-Methionyl Bovine Somatotropin in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 72, 642-651
- Bruneau P, de Kerchove G (1990) Efficacy of Sometribove in French commercial dairy forms. Proceedings of the Monsanto Symposium Telfs (Austria), March "Sometribove: where do we stand?"
- Chilliard Y (1988) Rôles et mécanismes d'action de la somatotropine (hormone de croissance) chez le ruminant en lactation. *Reprod Nutr Develop* 28, 39-59
- CNIEL (1990) *L'économie laitière en chiffres*. Paris
- Collier RJ, Hartnell (1989) Effect of Sometribove on milk composition in dairy cattle. Monsanto report MSL 9640
- Cordonnier P, Journet M, Chilliard Y, Lienard G (1989) La somatotropine bovine, nouvel outil de gestion des élevages laitiers. INRA, *Sci Soc* 3, 1-4
- Come A (1988) Qualités d'usage des laits de vaches traitées à la somatotropine : étude particulière des transformations fromagères. Thèse, Maisons-Alfort
- Daughaday WH, Barbano DM (1990) Bovine somatotropin supplementation of dairy cows, is the milk safe? *J Am Med Assoc* 264, 1003-1005
- Desnouveaux R, Montigny H, Le Treut JH (1988a) Aptitudes à la transformation du lait des vaches supplémentées à la BST. Rapport Monsanto-ULN, MLL 90382
- Desnouveaux R, Montigny H, Le Treut JH, Schockmel L (1988b) Vérification de l'aptitude fromagère du lait de vaches traitées à la somatotropine méthionylée. *Tech Lait* 1030, 17-22
- Desnouveaux R, Montigny H, Le Treut JH (1990) Propriétés technologiques du lait des vaches supplémentées au Sometribove : fabrication expérimentale d'Emmental. Rapport Monsanto-ULN, MLL 90400
- Desnouveaux R, Moulin J, Le Treut JH (1990) Vérification de l'aptitude à la concentration et au séchage du lait des vaches supplémentées en somatotropine méthionylée. Rapport Monsanto-ULN, MLL 90437
- Eppard PJ, Bauman DE, Bitman J, Wood DL, Akers RM, House WA (1985) Effect of dose of bovine growth hormone on milk composition: α -lactalbumin, fatty acids and mineral elements. *J Dairy Sci* 68, 3047-3054
- FIL (1986) Monograph on pasteurized milk. Bull IDF 200
- Hannah Institute (1989) The effect of BST treatment on milk composition, processing and products. *Hannah Res Inst Rep*, Ayr, Scotland

- Hartnell GF (1986) Sensory and chemical evaluation of milk produced from cows treated with CP 115099 in a prolonged release system. A preliminary study. Monsanto report MSL 5429
- Hartnell GF, Madsen KS, Peel CJ (1989) Evaluation of biotin in milk produced from cows treated with CP 115099 in a prolonged release system in four Michigan dairy herds. Monsanto report MSL 8918
- Hartnell GF, Hintz RL, Sorbet RH, Lynch JM, Barbano DM, Murphy SC, Senyk GF, Bauman DE (1990) Effect of a prolonged release formulation of N-methionyl bovine somatotropin (Somatitrove) on milk protease and lipase activity. Monsanto report MSL 10224
- Heeschen W (1988) BST in der Milch. BST-Symposium Braunschweig-Völkenrode 87. In: *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 88, 20-23
- Horn A (1987) World distribution. In: *Dairy Cattle Production* (HO Gravert, ed). Elsevier Sci Publ, 1-33
- Juskevich JC, Guyer CG (1990) Bovine growth hormone: human food safety evaluation. *Science* 249, 875-884
- Kindstedt PS, Rippe JK, Pell AN (1988) Effect of long term administration of Somatitrove, USAN (recombinant methionyl bovine somatotropin) in a prolonged release formulation on protein distribution in Jersey milk. *J Dairy Sci* 77 (Suppl 1) 96
- Koldovsky O, Thornburg (1987) Hormones in milk. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 6, 172-196
- Lynch JM, Barbano DM, Bauman DE, Hartnell GF (1988) Influence of Somatitrove (recombinant methionyl bovine somatotropin) on the protein and fatty acid composition of milk. *J Dairy Sci* 71 (suppl 1) 100 (abstr)
- Mietton B, Gauzère Y, Poulain A, Grouaille F, Dumoulin D (1990) Étude comparative en technologie gruyère thermisé de la supplémentation de vaches laitières à la BST. Rapport ENILBIO-Monsanto, *Rev ENIL* 144, 14-24
- Prosser CG, Fleet IR, Corps AN (1989) Increased secretion of insulin like growth factor I into milk of cows treated with recombinantly derived bovine growth hormone. *J Dairy Res* 56, 17-26
- Ramos P (1989) Aptitudes à la transformation du lait des vaches supplémentées à la BST : production expérimentale de yaourts brassés. Rapport Monsanto-SODIMA, MLL 90386
- Ramos P (1990) Étude de la stabilité thermique de laits provenant de vaches supplémentées à la somatotropine bovine. Rapport Monsanto-SODIMA
- Rémond B, Chilliard Y, Cisse M (1988) Effects of somatotropin (Somatitrove) on feed intake, performances and metabolism of dairy cows fed with two levels of concentrates. Study report INRA-Monsanto, France
- Rico A (1989) BST, sécurité du consommateur. Journée d'information sur la somatotropine bovine (BST), Paris
- Schams D (1988) Analytik des endogenen und exogenen wachstumshormons beim Rind-BST. Symposium Braunschweig Völkenrode 87. In: *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft*, 88, 211-219
- Van den Berg G, de Jong E (1987) The influence of the treatment of lactating cows with methionyl bovine somatotropin on milk properties. Nizo-Monsanto, report 90310
- Vandeweghe J, Maubois JL (1987) The yield of cheese. Predetermination and measurement. In: *Cheesemaking* (A Eck, ed) Lavoisier, Paris, 469-477
- Vérité R, Rulquin H, Faverdin P (1988) Effects of slow released somatotropin on dairy cows performances. Proceedings EEC Seminar on "Use of somatotropin in Livestock production", Bruxelles, Sept
- Wolter R (1989) La somatotropine bovine : son utilisation en élevage bovin laitier. *Rev Méd Vét* 5, 423-432; 11, 871-878
- Young FG (1947) Experimental stimulation (galactopoiesis) of lactation. *Br Med Bull* 5, 155-160